



12

MILJØVURDERING DET MARINE OMRÅDE

VVM-REDEGØRELSE FOR DEN FASTE
FORBINDELSE OVER FEMERN BÆLT (KYST-KYST)

Femern
Sund ≈ Bælt

INDHOLD

12	MILJØVURDERING – DET MARINE OMRÅDE	658
12.1	Belastninger	658
12.1.1	Belastninger for sænketunnel i det marine område	658
12.1.2	Belastninger i anlægsfasen	658
12.1.3	Følsomhedsvurdering af sedimentspild	667
12.1.4	Fysiske strukturer og arealinddragelser til havs	672
12.1.5	Støj og øvrige forstyrrelser fra anlægsarbejder	674
12.1.6	Belastninger i driftsfasen	676
12.2	Hydrografi	680
12.2.2	Hydrografi i Femern Bælt og i Østersøen	680
12.2.3	Vurderede komponenter	681
12.2.4	Afværgeforanstaltninger inkluderet i projektets design	682
12.2.5	Projektets belastninger	682
12.2.6	Betydning	683
12.2.7	0-alternativet	684
12.2.8	Analyse af miljøkonsekvenserne	684
12.2.9	Vurdering af hydrografiske virkninger i Femern Bælt og Bælthavet	690
12.2.10	Vurdering af hydrografiske virkninger i den centrale Østersø	704
12.2.11	Konklusion på projektets virkninger	704
12.3	Vandkvalitet	705
12.3.1	Vurderede komponenter	706
12.3.2	Projektets belastninger	707
12.3.3	Afværgeforanstaltninger inkluderet i design	709
12.3.4	Betydning	709
12.3.5	0-alternativet	710
12.3.6	Vurdering af virkninger på vandkvalitet	710
12.3.7	Sårbarhed	710
12.3.8	Vurderingskriterier	711
12.3.9	Metoder	716
12.3.10	Analyse af virkninger i Femern Bælt i anlægsfasen	718
12.3.11	Analyse af virkninger i Femern Bælt i driftsfasen	730
12.3.12	Ny strand (vest)	732
12.3.13	Lagunestranden	733
12.3.14	Naturlagunen (vådområde)	735
12.3.15	Konklusion vedrørende projektets virkninger	737
12.4	Sedimenter og bundformer	738
12.4.3	Projektets belastninger	741
12.4.4	Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger	741
12.4.5	Afværgeforanstaltninger inkluderet i projektets design	741
12.4.6	Størrelse af belastninger	741
12.4.7	Betydning	742
12.4.8	0-alternativet	743
12.4.9	Sårbarhed	743
12.4.10	Vurderingskriterier for omfang af forringelser	746

12.4.11	Metoder	748
12.4.12	Omfang af miljøvirkninger for projektet	748
12.4.13	Samlede virkninger på havbundstyperne	754
12.4.14	Konklusion på projektets virkninger	759
12.5	Kystmorfologi	760
12.5.1	Vurderede komponenter	761
12.5.2	Afværgeforanstaltninger inkluderet i projektets design	762
12.5.3	Projektets belastninger	762
12.5.4	Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger	763
12.5.5	Vurdering af betydning	763
12.5.6	0-alternativet	767
12.5.7	Sårbarhed	767
12.5.8	Vurderingskriterier	767
12.5.9	Metodebeskrivelse	768
12.5.10	Omfang af virkninger af projektet	770
12.5.11	Konklusion på projektets virkninger	797
12.6	Plankton og gopler	798
12.6.1	Vurderede komponenter	798
12.6.2	Projektets belastninger	799
12.6.3	Betydning	802
12.6.4	0-alternativet	803
12.6.5	Analyse af miljøkonsekvenserne	803
12.6.6	Konklusion på projektets virkninger	812
12.7	Bundflora	813
12.7.1	Vurderede komponenter	813
12.7.2	Projektets belastninger	814
12.7.3	Betydning	816
12.7.4	0-alternativet	819
12.7.5	Vurdering af virkninger på bundfloraen	819
12.7.6	Størrelse af belastningen	820
12.7.7	Sårbarhed	822
12.7.8	Vurderingskriterier	825
12.7.9	Analyse af miljøkonsekvenserne	826
12.7.10	Konklusion på projektets virkninger	845
12.8	Bundfauna	850
12.8.1	Vurderede komponenter	850
12.8.2	Projektets belastninger	851
12.8.3	Betydning	853
12.8.4	0-alternativet	856
12.8.5	Analyse af miljøkonsekvenserne	856
12.8.6	Konklusion på projektets virkninger	878
12.9	Fiskeøkologi	881
12.9.1	Vurderede komponenter	882
12.9.2	Projektets belastninger	883
12.9.3	Betydning	884
12.9.4	0-alternativet	886
12.9.5	Analyse af miljøkonsekvenserne	886
12.9.6	Størrelsen af belastninger	887

12.9.7	Følsomhed	887
12.9.8	Vurderingskriterier	889
12.9.9	Projektets påvirkninger	890
12.9.10	Konklusion på projektets virkninger	893
12.10	Marine pattedyr	895
12.10.9	Vurderede komponenter	895
12.10.10	Projektets belastninger	895
12.10.11	Vurderingskriterier	897
12.10.12	Betydning	899
12.10.13	0-alternativ	902
12.10.14	Analyse af miljøkonsekvenserne	902
12.10.15	Følsomhed	908
12.10.16	Projektets virkninger i anlægs- og driftsfase	910
12.10.17	Sammenfatning	915
12.10.18	Konklusion på projektets virkninger	917
12.10.19	Samlet vurdering af væsentlighed	918
12.10.20	Yderligere afværgeforanstaltninger	918
12.11	Fugle på havet	919
12.11.1	Vurderede komponenter	919
12.11.2	Vurderingskriterier	921
12.11.3	Betydning	922
12.11.4	Følsomhed	926
12.11.5	Screening af følsomhed	929
12.11.6	Vurdering af 0-alternativet	929
12.11.7	Metoder for miljøvurdering	929
12.11.8	Analyse af miljøkonsekvenserne	931
12.11.9	Konklusion på projektets virkninger	937
12.12	Migrerende flagermus	939
12.12.1	Vurderede komponenter	939
12.12.2	Projektets belastninger	939
12.12.3	Vurderingskriterier	940
12.12.4	Betydning	941
12.12.5	Følsomhed	941
12.12.6	0-alternativet	942
12.12.7	Vurdering af virkninger	942
12.12.1	Konklusion	942
12.13	Fiskeri	943
12.13.1	Vurderede komponenter	943
12.13.2	Projektets belastninger	944
12.13.3	Betydning	945
12.13.4	0-alternativet	949
12.13.5	Kommercielle fiskearter (fiskeressourcen)	949
12.13.6	Analyse af miljøkonsekvenserne	950
12.13.7	Vurderingskriterier	951
12.13.8	Grad af virkning	952
12.13.9	Konklusion på projektets virkninger	957
12.14	Kulturarv og arkæologi	958
12.14.1	Fortidsminder	959

12.14.2	Projektets belastninger	959
12.14.3	Virkninger i anlægsfasen	959
12.14.4	Virkninger i driftsfasen	960
12.14.5	Afværgeforanstaltninger	960
12.14.6	Konklusion på projektets virkninger	961
12.15	Materielle goder	961
12.15.1	Vurdering af miljøkonsekvenserne	963
12.15.2	Konklusion på projektets virkning	964
12.16	Lystbådssejlad og friluftsliv	964
12.16.1	Projektets belastninger	964
12.16.2	Datagrundlag og metoder	964
12.16.3	0-alternativet	965
12.16.4	Femern Bælts lystbådssejlad og friluftsliv	965
12.16.5	Afværgeforanstaltninger	965
12.16.6	Vurdering af virkninger i anlægsfasen	966
12.16.7	Vurdering af virkninger i driftsfasen	966
12.16.8	Konklusion på projektets virkninger	966
12.17	Referencer	967

12 MILJØVURDERING – DET MARINE OMRÅDE

I dette kapitel redegøres for, hvordan en sænketunnel under Femern Bælt potentielt kan påvirke det marine område. Ligeledes vurderes miljøpåvirkningens omfang.

Kapitlet er opbygget således, at de fysiske og kemiske forhold (hydrografi, vandkvalitet, sedimenter, bundformer og kystmorfologi) beskrives først. Herefter beskrives de biologiske forhold (plankton og gopler, bundflora, bundfauna, fiskeøkologi, marine pattedyr, fugle på havet og migrerende flagermus). Kapitlet afsluttes med en beskrivelse af emner, der kan relateres til mennesket (fiskeri, kulturarv og arkæologi, materielle goder samt lystbådssejls og friluftsliv).

For en nærmere gennemgang af kapitlets opbygning og af grænsefladen mellem dette kapitel og andre kapitler, der indeholder information af relevans for den marine miljøvurdering, henvises til kapitel 11 som udgør en introduktion til den samlede miljøkonsekvensvurdering (kapitel 11 - 28).

12.1 BELASTNINGER

12.1.1 Belastninger for sænketunnel i det marine område

Anlæg af en tunnel under Femern Bælt vil medføre en række belastninger på miljøet i Femern Bælt og tilstødende havområder. Nogle typer belastninger er knyttet til anlægsfasen, andre typer er knyttet til driftsfasen, mens enkelte typer af belastninger kan forekomme i både anlægs- og driftsfasen.

Dette afsnit beskriver de belastninger på det marine område, der primært er fokus på i forbindelse med anlæg og drift af en sænketunnel. Der er en række andre belastninger end de i dette afsnit nævnte. Disse er, hvor det er relevant, beskrevet nærmere i de afsnit, hvor virkningen vurderes for de forskellige specifikke miljøfaktorer og komponenter.

12.1.2 Belastninger i anlægsfasen

I anlægsfasen er der primært fokus på følgende belastninger på det marine område:

- Sedimentspild
- Fysiske strukturer og arealinddragelser
- Støj og andre forstyrrelser fra anlægsarbejder

Sedimentspild

Det forventede sedimentspild, spredningen i det marine område og aflejringen heraf på havbunden er beregnet med en matematisk model. I det følgende er givet et kort resumé af spildmængderne, analysemetoden samt en vurdering af vigtige områder, hvor sedimentspildet påvirker miljøet. For detaljerne i analysen af sedimentspildet henvises til baggrundsrapporten (FEHY 2013).

Sedimentspildet stammer fra grave- og indbygningsarbejderne, som skal udføres i forbindelse med projektet. Udgravningen til tunnelrenden og adgangskanalen, søsætningsbassinene ved produktionsfaciliteten, indbygning af overskydende havbundsmaterialer i landområderne samt den efterfølgende tilbagefyldning af tunnelrenden er alle potentielle kilder til sedimentspild.

Erosionsklienten på det nye landområde øst for Rødbyhavn vil først blive frilagte for erosion ved slutningen af anlægsfasen, og den tilhørende sedimentfrigivelse er derfor behandlet under driftsfasens belastninger (afsnit 12.1.6)

I henhold til projektet planlægges der afgravet omkring 19 mio. m³ havbundsmateriale, som transporteres og indbygges i landområderne ud for Rødbyhavn og Puttgarden. Sedimentspildet medfører, at havvandet lokalt bliver mindre klart (har højere turbiditet) i en del af anlægsperioden.

Sedimentspildet vil have en skyggevirkning i vandet, inden det aflejres på havbunden. I perioder med kraftig bundstrøm og bølgeaktivitet vil noget af det aflejrede, spildte materiale (den finere fraktion) kunne hvirvles op igen (resuspenderes) og på ny medføre en miljøpåvirkning, inden det når de naturlige aflejningsmiljøer for finkornet materiale (bl.a. Arkonabassinet, områder i det sydlige Lillebælt og kystnære laguneområder), hvor det aflejres permanent. Resuspensionen er medtaget i beregningerne.

Der er udarbejdet en detaljeret opgørelse over det nødvendige marine gravearbejde og jordhåndtering for projektet kombineret med forslag til tidsplan for aktiviteterne.

Gravearbejdet inkl. tilbagefyldning mv. forventes at have en varighed på ca. 4,5 år.

Gravearbejdet er inddelt i en række deloperationer, som er vist i tabel 12.1-1. For hver deloperation er vist den teoretisk beregnede volumen af den håndterede jordmængde og det tilhørende forventede sedimentspild. Oversigten inkluderer ikke sedimentspild fra en mulig sandindvinding fra indvindingsområder i Østersøen (Kriegers Flak og Rønne Banke). Grundet afstanden fra den kommende linjeføring for Femern Bælt-forbindelsen til indvindingsområderne ved Kriegers Flak og Rønne Banke vurderes virkningerne på miljøet i disse områder i separate kapitler (kapitel 24 og 25).

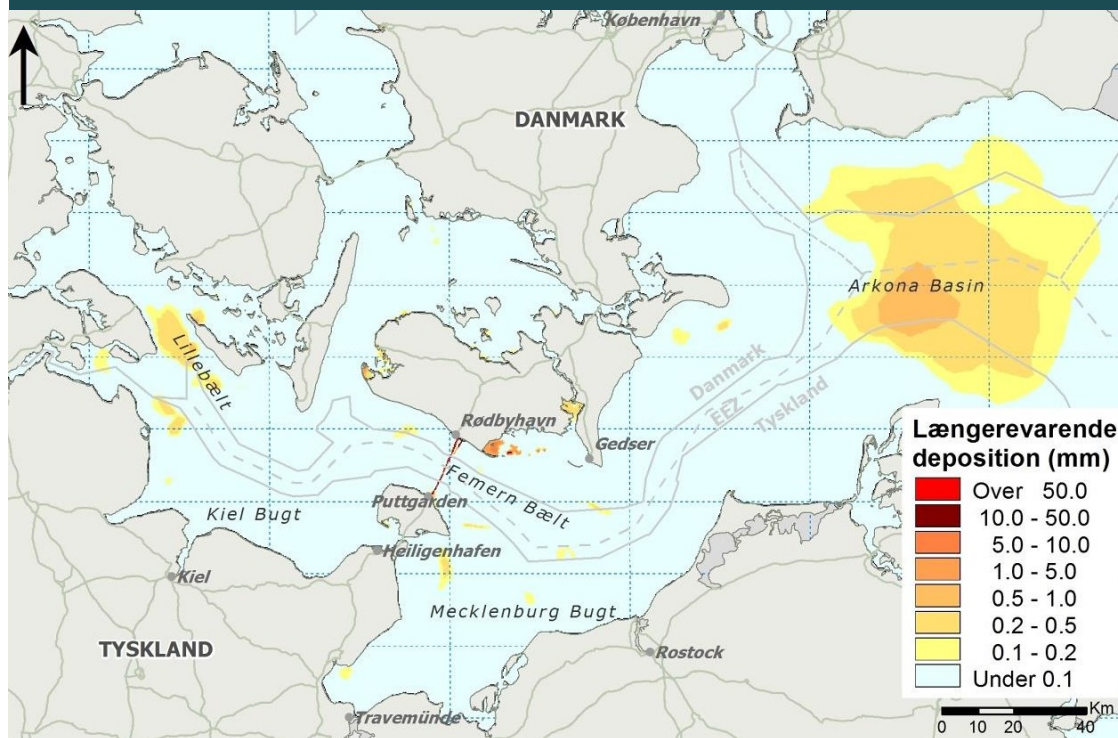
Sedimentspild fra marine gravearbejder afhænger hovedsageligt af lokale strømforhold, typen og størrelsen af gravemaskinerne samt af materialet, der graves i. Hovedparten af det opgravede materiale i Femern Bælt vil være moræneler og senglacialt ler.

TABEL 12.1-1 Anslået sedimentspild fra de marine graveoperationer for projektet

Deloperation	Volumen af jordmængde (mio. m ³)	Spildmængde (mio. m ³)
Uddybning af tunnelrenden og sejlrenden til arbejdshavn	15,5	0,540
Opbygning af diger	1,2	0,007
Uddybning portal og ramper Lolland	0,36	0,002
Uddybning portal og ramper Fehmarn	0,32	0,002
Uddybning arbejdshavn Lolland	2,87	0,020
Uddybning arbejdshavn Fehmarn	0,10	0,001
Indbygning af uddybet materiale, inkl. genhåndtering	20,80	0,104
Tilbagefyldning tunnelrende (DK)	3,40	0,015
Tilbagefyldning tunnelrende (DE)	3,00	0,013
Opbygning af landskab på landopfyldning	4,31	0,039
I alt	51,86	0,743

Tabel 12.1-1 giver en oversigt over håndteringen af sedimenter og det anslåede spild omfattende alle projektets jordarbejder i Femern Bælt. Det samlede sedimentspild fra anlægsprojektet for sænketunnelen er ca. 0,75 mio. m³. Størstedelen af spildet sker ved udgravning af tunnelrenden, og udgør ca. 0,5 mio. m³. Indbygningen af opgravet materiale i landopfyldningen forventes at give et sedimentspild på 0,1 mio. m³. Sedimentspildet forventes at være størst i perioden, hvor udgravningen af adgangskanalen og tunnelrenden sker (figur 12.1-1).

FIGUR 12.1-2 Modellering af den endelige sedimentdepositionen fra projektets sedimentspild efter anlægsperiodens afslutning



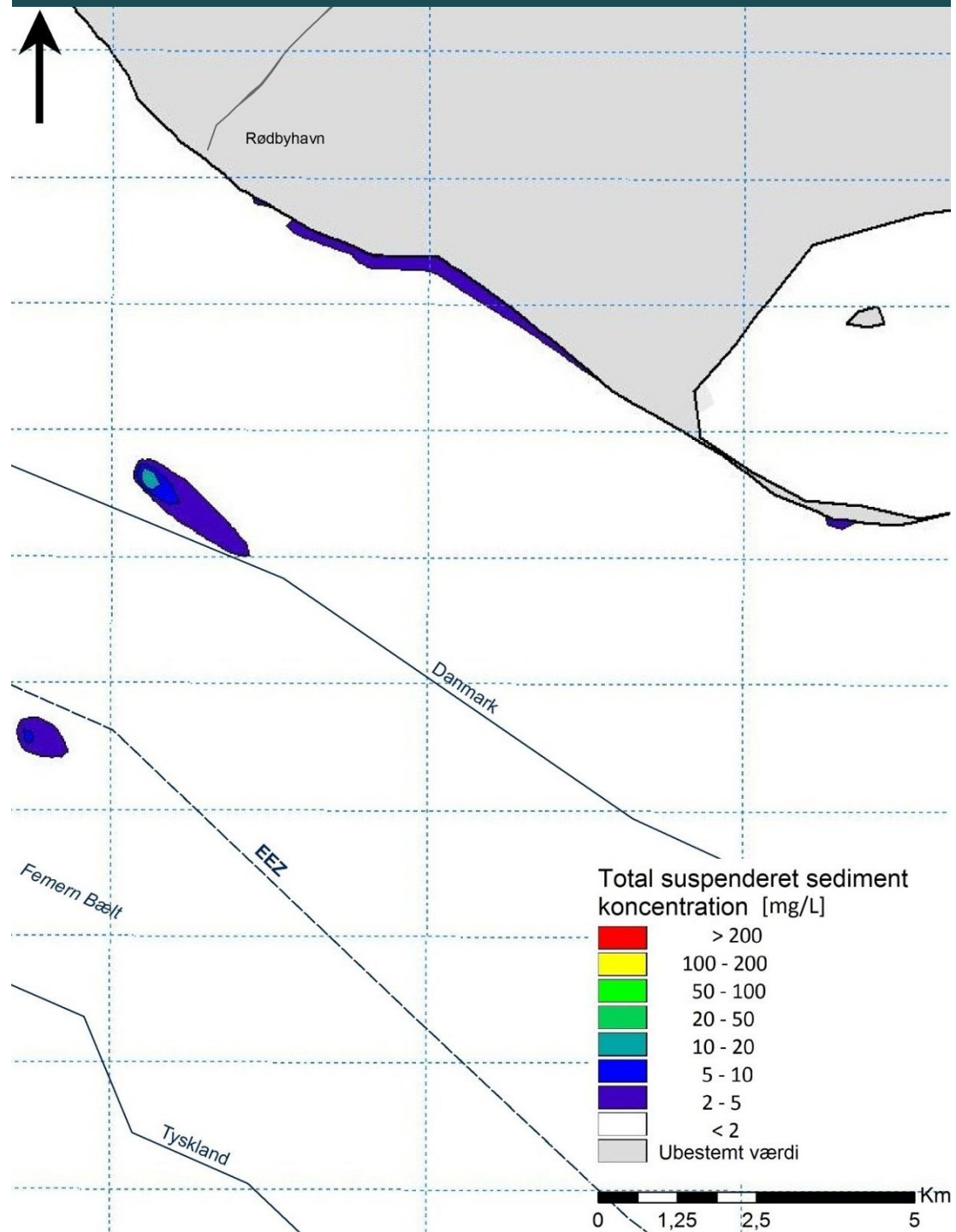
Note: Sedimentationen sker i de naturlige områder for aflejring af finkornet materiale

Modellen tager hensyn til sedimentation og resuspension. Resultatet af modellens simuleringer giver oplysninger om variationen i projektets særskilte bidrag til sedimentkoncentrationen i tid og rum gennem hele graveperioden samt mængden af aflejret materiale på bunden.

Figur 12.1-3 og 12.1-4 viser et eksempel på et øjebliksbillede af sedimentfanerne fra gravningen af tunnelrenden. Projektets bidrag til sedimentkoncentrationen kaldes overkoncentrationen og er det modelberegnete bidrag fra projektets sedimentspild til den samlede koncentration af finkornet sediment i vandet. Figur 12.1-3 viser overkoncentrationerne i overfladen, og figur 12.1-4 viser overkoncentrationerne ved bunden.

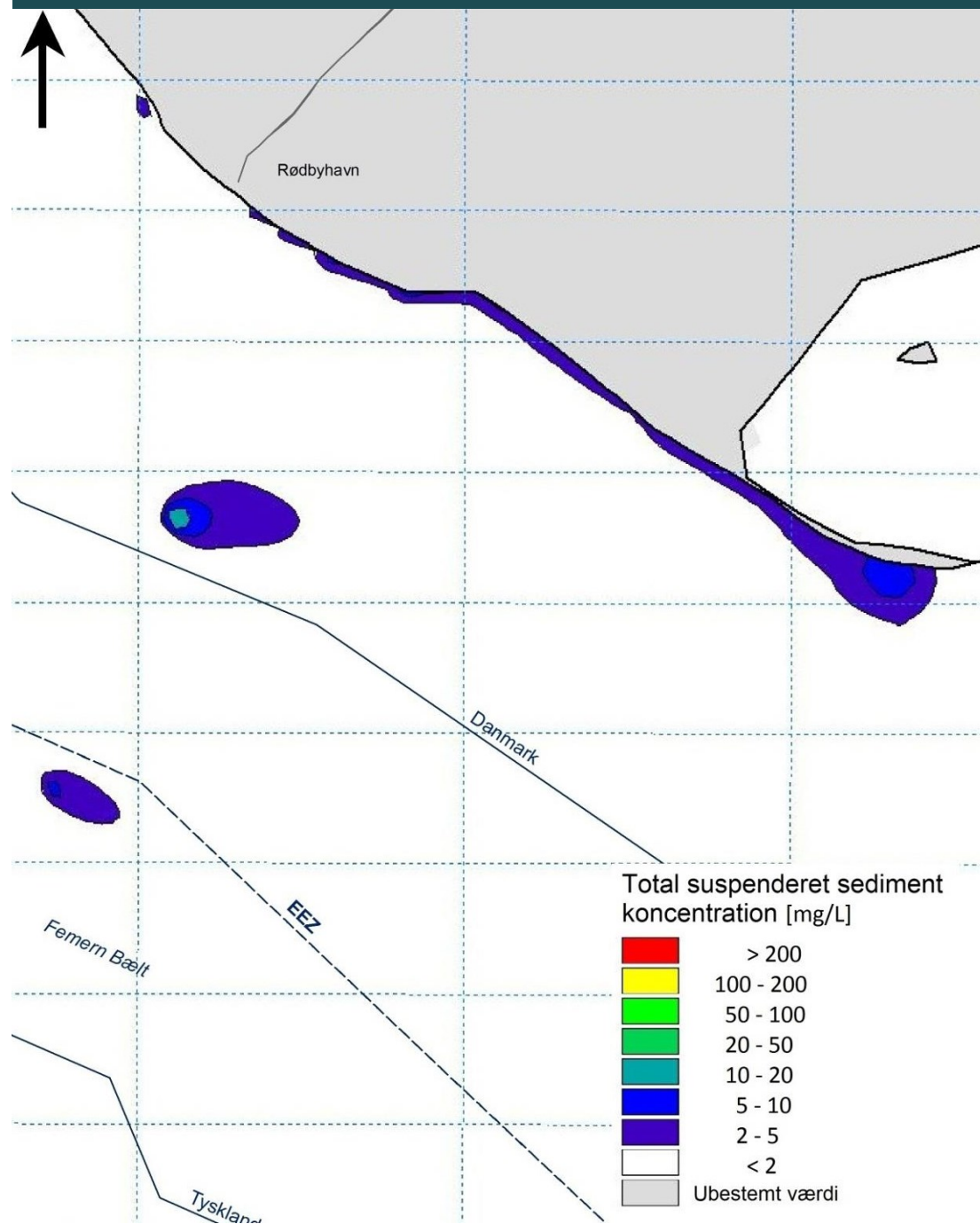
I eksemplet er der en overkoncentration af suspenderet materiale på 2 - 5 mg/l ca. 1 - 3 km nedstrøms for gravepositionen i overfladen. Tæt på Lolland ses en længere fane (2 - 10 mg/l), som skyldes en kombination af spild fra indbygningsarbejderne og resuspension af tidligere aflejret materiale. 2 mg/l er grænsen for, hvornår suspenderet materiale umiddelbart er synligt i vandet.

FIGUR 12.1-3 Eksempel på modellering af overkoncentrationen af suspenderet sediment i overfladen fra sedimentspildet



Note: Eksemplet afspejler en situation med østgående strøm, hvor der graves på to positioner langs tunnelrenden, og materialet indbygges i landområdet ved Lolland

FIGUR 12.1-4 Eksempel på modellering af overkoncentrationen af suspenderet sediment ved bunden fra sedimentspild

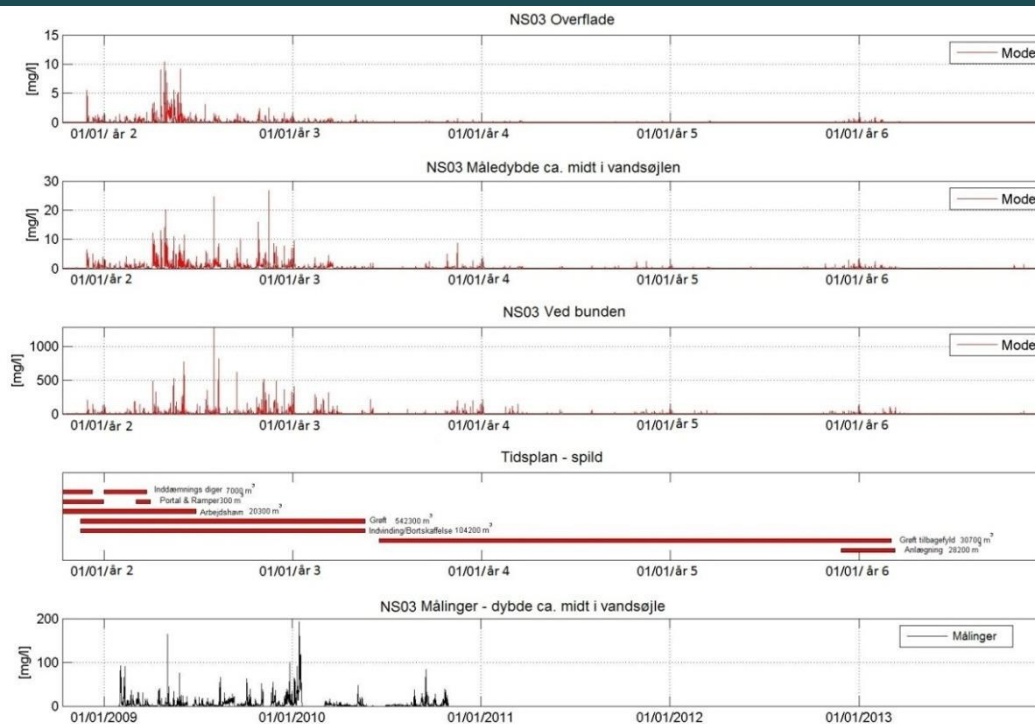


Note: Eksemplet afspejler en situation med østgående strøm, hvor der graves på to positioner langs tunnelrenden, og materialet indbygges i landområdet ved Lolland

De modelberegnete bidrag under hændelser med resuspension, hvor sedimentspildet indgår som et ekstra bidrag til det naturligt forekommende finkornede sediment, vil altid forekomme i situationer, hvor der naturligt optræder forhøjede til meget høje koncentrationer af suspenderet materiale i vandfasen. Efter anlægsperiodens afslutning vil overkoncentrationerne ophøre, idet det finkornede materiale er slutflejret i de naturligt forekommende sedimentationsområder.

Figur 12.1-5 viser den forventede overkoncentration gennem anlægsperioden for tunnelen på positionen NS03 sydøst for Rødbyhavn (figur 12.1-7). I 1. år af anlægsfasen vil overkoncentration af sediment være størst. På NS03 når overkoncentrationen i enkelt tilfælde op til 20 - 30 mg/l midt i vandsøjlen. De målte maksimale baggrundskoncentrationer i samme dybde på stationen NS03 er 100 - 200 mg/l.

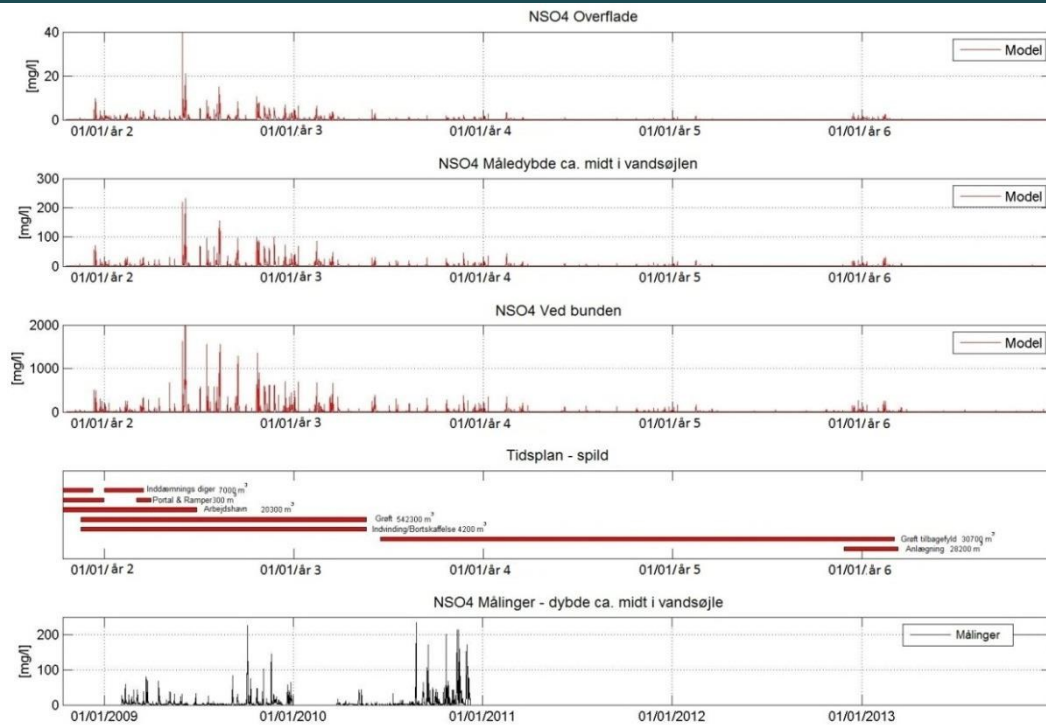
FIGUR 12.1-5 Modelleret suspenderet sediment overkoncentration på position NS03



Note: NS03 er beliggende sydøst for Rødbyhavn. Figureerne viser overkoncentration (i overfladen, midt i vandsøjlen og ved bunden) fra sedimentspildet for anlægsarbejdet på tunnelen. Næstnederste række viser intensiteten af graveoperationen, mens den nederste række viser den naturlige baggrundskoncentration målt i 2009 og 2010. Bemærk de forskellige skalaer

Figur 12.1-6 viser tidsserien for positionen NS04 i Rødsand Lagune. Her når de maksimale overkoncentrationer, som optræder samtidig med perioder med kraftig naturlig resuspension, midt i vandsøjlen op på 200 mg/l i første år efter projektstart. De maksimale målte baggrundskoncentrationer på sammen position, som ligeledes optræder i perioder med resuspension, er ca. 200 mg/l. I de efterfølgende anlægs-år vil de maksimale overkoncentrationer falde betydeligt.

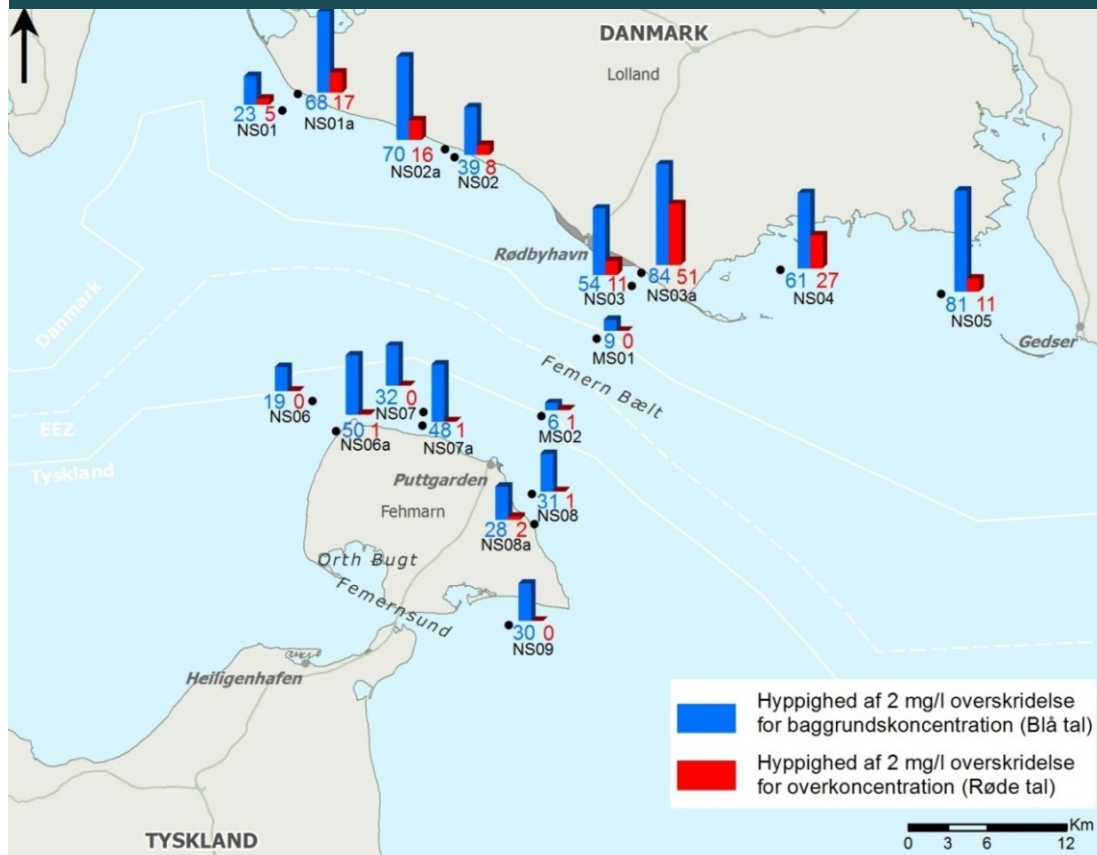
FIGUR 12.1-6 Modelleret overkoncentration af suspenderet sediment på position NSO4



Note: NSO4 er beliggende i Rødsand lagune. Figurene viser overkoncentration (i overfladen, midt i vandsøjlen og ved bunden) fra sedimentspildet fra anlægsarbejdet på tunnelen. Næstnederste række viser intensiteten af graveoperationen, mens den nederste række viser den naturlige baggrundskoncentration målt i 2009 - 2010. Bemærk de forskellige skalaer

Der er gennemført en statistisk sammenligning af overkoncentrationen af suspenderet materiale med baggrundskoncentrationen fra måleprogrammet i 2009 - 2011. Figur 12.1-7 viser de sammenlignede hyppigheder for overskridelse af koncentrationen 2 mg/l. I Rødsand Lagunes vestlige del (position NSO4) og helt kystnært ved opfyldningen ved Rødbyhavn (position NSO3a) vil hyppigheden af sedimentoverkoncentrationer som følge af projektet på mere end 2 mg/l være størst, men som nævnt oftest forekomme samtidigt med naturligt optrædende forhøjede sedimentkoncentrationer, da der er tale om resuspensionshændelser.

FIGUR 12.1-7 Hyppigheden (i pct. af tiden) af overskridelse af 2 mg/l suspenderet koncentration (midt i vandsøjlen) for overkoncentrationen af suspenderet materiale for projektets år 1, sammenholdt med hyppigheden (i pct. af tiden) af en naturligt forekommende baggrunds-koncentration på mere end 2 mg/l



Note: Bemærk at overkoncentrationen er baseret på det år med størst anslået spild fra anlægsarbejderne (første hele kalenderår), mens baggrundskoncentrationen repræsenterer målte data fra de viste positioner, målt inden for perioden 2009 - 2011

Sedimentspild påvirker havbunden og vandkvaliteten samt øvrige miljøforhold, herunder dyr og planter. Såvel de direkte som indirekte virkninger på havbunden, vandkvaliteten, plankton, fisk, bundfauna, bundflora og fugle afhænger af miljøfaktorernes specifikke sårbarhed overfor de konkrete påvirkninger og vurderes i de efterfølgende kapitler særskilt for de enkelte miljøfaktorer.

Vandkvaliteten kan påvirkes af øgede mængder af suspenderet materiale i vandsøjlen, herunder også vandets iltindhold. Da havbundsmaterialerne er påvirkede af stærk strøm i Femern Bælt, har det opgravede materiale ikke nogen væsentlig iltgæld. Plankton kan både påvirkes af en mulig frigivelse af næringsstoffer fra sedimentspildet og af den lydæmpning, som sedimentet giver anledning til.

Bundfauna og -flora kan yderligere blive påvirket af materiale, som aflejres på organismerne, hvor visse bunddyr f.eks. kan få skader på filterorganerne. Planter kan blive påvirket af skyggevirkningen af både sediment i vandsøjlen og aflejret materiale på bladene. Følsomme fiskearter vil typisk undgå områder med høj sedimentkoncentration, og visse fugle kan få sværere ved at finde føde på grund af dårligere lysforhold i vandet.

De modellerede tre- og todimensionale udbredelser af forhøjede sedimentkoncentrationer og øgede aflejringer på bunden er anvendt som belastninger for de efterfølgende vurderinger af virkninger på miljøet.

12.1.3 Følsomhedsvurdering af sedimentspild

Dele af de kystnære strækninger omkring Lolland og Fehmarn er vigtige områder for f.eks. rastende og fouragerende fugle. Sedimentspildets skygge- og aflejringseffekter kan således forringe fødegrundlaget for fuglene, der lever i de kystnære områder, og hvor flere af disse er Natura 2000-områder. Miljøvurderingen viser at, de mere lavvandede kystnære områder er mere følsomme end de dybere områder midt ude i bæltet, hvor sedimentspild vil have mindre virkninger. Strømforholdene på dybt vand vil hurtigt sprede det spildte sediment, således at koncentrationsniveauer og aflejring kun kortvarigt vil afvige fra de naturligt forekommende variationer i de disse miljø forhold.

Dernæst vil der i et dynamisk miljø som Femern Bælt og for et projekt med en anlægsfases varighed, som den der gælder for etableringen af den faste forbindelse over Femern Bælt (kystkyst), kunne ske afvigelser i det tekniske design og udførelsesmetoder i forhold til det, som er beskrevet i projektet (kapitel 4) og som ligger til grund for miljøvurderingen. Ændrede vejrforhold fra år til år er en afvigelse, der resulterer i forskellige bølge- og strømforhold. En anden afvigelse i anlægsprojekter er, at detaljer i de geologiske forhold ofte afviger lidt fra den foretagne kortlægning. En tredje afvigelse kan være sejladsmyndigheders krav om ændrede sejlplaner for uddybningsskibene i tid og rum, som følge af ændringer i det overordnede sejladsbillede i Femern Bælt.

For at vurdere miljøkonsekvensvurderingens følsomhed over for det konkrete sedimentspilds forekomst i tid og rum, er der gennemført en følsomhedsvurdering af udbredelse af sedimentspild og skyggeeffekten på den marine bundflora. Skyggeeffekter er i basis-gravescenariet fundet at være en af de væsentligste påvirkninger i det marine miljø uden for selve graveområdet.

Parametre for følsomhedsvurdering af sediment

Bundflora påvirkes kraftigst af sedimentspild i vækstsæsonen. Følsomhedsvurderingen beskriver betydningen af, på hvilken årstid sedimentspildet sker.

Derudover er bundflora mest udbredt på lavt vand. Spild på lavt vand, det vil sige ved kysten, kan derfor være mere kritisk end spild på dybt vand, som f.eks. i midten af Femern Bælt. Dog kan virkninger på dybt vand være længere tid om at regenerere på grund af den generelt set mindre lystilgængelighed. Følsomhedsvurderingen beskriver sammenhængen mellem spild i en given afstand til kysten og effekten på bundflora. Der er særligt fokus på de kystnære områder og på Rødsand Lagune, hvor ålegræsset er beskyttet, fordi det er karakterplante i en beskyttet naturtype og udgør en vigtig del af økosystemet i Natura 2000-området.

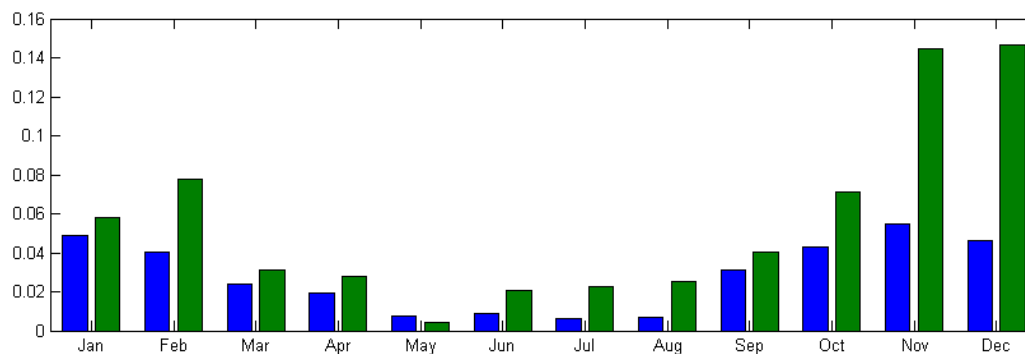
I det følgende præsenteres hovedresultater og konklusioner fra undersøgelserne.

Sedimentdynamikken i Rødsand Lagune

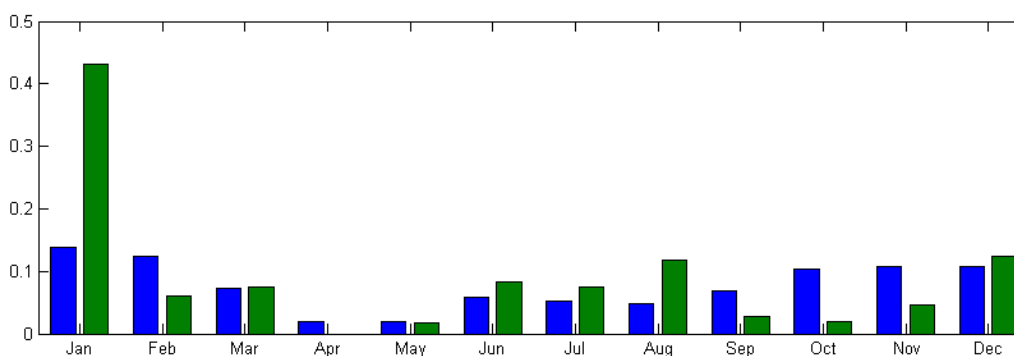
Følsomheden for sedimentspild på forskellige årstider og spildpositionens afstand fra kysten er undersøgt med særligt henblik på Rødsand Lagune. Sediment, spildt ved anlægsarbejdet, hvoraf dele vil sedimentere i Femern Bælt, kan under særlige betingelser trænge ind i lagunen, som vurderet i afsnit 12.1. Det spildte sediment kan ved østgående strøm spredes hen mod lagunens indløb, hvor det under rolige vejrforhold vil blive aflejret foran lagunen. Hvis der, efter en sådan periode med østgående strøm og roligt vejr, optræder en situation med stigende vandstand og samtidig kraftig pålandsvind, hvor bølgerne bringer sedimentet i suspension, vil en indadgående strøm til Rødsand Lagune kunne bringe sediment ind i lagunen. Det skal bemærkes, at der statistisk set ved pålandsvind ofte er lavere vandstand på Lollands sydkyst, da vandet i sådanne situationer presses ind i den centrale Østersø. Indstrømningen til lagunen sker gennem det smalle lavvandede vestlige indløb ved Hyllekrog og gennem det bredere og dybere østlige indløb ud for Nysted. Der sker både ind- og udstrømning af sediment gennem begge indløb, men nettotransporten af primært finsand og silt er indadgående. Ved at sammenligne den beregnede sedimentindstrømning med modelleret vandføring ud for de to indløb i året 2005 er der fundet et omtrentligt strømstyrke-niveau, som indstrømningen skal overskride, for at der trænger væsentlige mængder spildt sediment ind i lagunen. Strømforholdene er herefter blevet modelleret for perioden 1994 - 2009. Overskridelseshyppigheden for strømstyrke-niveauet for potentiel ind-

trængning af væsentlige mængder spildt sediment er blevet analyseret for alle årene. I figur 12.1-8 ses en sammenligning af sandsynligheden for overskridelse pr. måned i året 2005 sammenlignet med sandsynligheden for overskridelse i gennemsnit for alle 16 år (1994 - 2009).

FIGUR 12.1-8 Sandsynligheden for overskridelse af strømstyrke-niveauet for indtrængning af væsentlige mængder spildt sediment til Rødsand Lagune fordelt over året



Note: Østlige indløb. Grøn: 2005, blå: 1994 - 2009



Note: Vestlige indløb. Grøn: 2005, blå: 1994 - 2009

Det ses, at der i det hydrografiske år 2005 er en højere sandsynlighed for indtrængning af spildt sediment specielt i vintermånederne (November, december og januar) end i gennemsnit for perioden 1994 - 2009. Året 2005 vurderes således at kunne betragtes som et konservativt år med hensyn til indtrængning af spildt sediment til lagunen.

Det skal bemærkes, at der i lagunen både sker ind- og udstrømning af sediment, og at nettosedimentstrømmen til lagunen relativt set er størst om sommeren. I efterårs- og vintermånederne skaber højere bølger en større resuspension, og generelt set højere strømhastigheder i Femern Bælt vil derfor transportere sedimentet forbi Rødsand Lagune.

Som følge af den naturlige erosion og sedimentdynamik i Femern Bælt sker der også naturligt en import af finkornet sediment i samme størrelsesorden til Rødsand Lagune. Den naturlige import varierer fra år til år.

Miljøets følsomhed for sedimentspild på forskellige årstider

Effekten af sedimentspild på forskellige tider af året er undersøgt ved at kvantificere effekten af fire sæsonale tre måneders konstante spild fra et punkt 1 km fra kysten ud for Rødbyhavn. Der er regnet med en spildsammensætning svarende til gravning i moræneler og med en konstant spildrate på 20 kg/s. Denne spildrate er af samme størrelse som spildraten i det basis-scenarium, som virkningsanalyserne i afsnit 12.1 er baseret på. Omtrent halvdelen af gravearbejdet på kyst-

kyst projektet forventes at foregå i moræneler. Moræneler har en bred kornsammensætning, så resultaterne af følsomhedsanalyserne giver information om, hvorledes de forskellige fraktioner spredes i miljøet.

Spildperioderne i denne følsomhedsvurdering er efterår (september - november), vinter (december - februar), forår (marts - maj) og sommer (juni - august).

Afstanden 1 km fra kysten er valgt, da spild tæt på den danske kyst giver større effekt på miljøet i Rødsand Lagune end spild i større afstand fra kysten (afstandsparameteren er behandlet i nedenfor). Følsomhedsanalysen er, ligesom undersøgelserne af basis-scenariet, gennemført for det hydrografiske år 2005.

Variationen i hydrografien gennem året har stor indflydelse på, hvor stor en andel af det spildte sediment, der transporteres ind i Rødsand Lagune, og hvor stor en andel, der sedimenterer i lagunen. Tabel 12.1-2 viser spildperioderne og den procentandel af det totale spild, der findes i lagunen pr. den 1. i de viste måneder. Det ses, at de generelt højere strømhastigheder og højere bølger i efterår- og vintermånederne bevirker, at sedimentet passerer forbi Rødsand Lagune i disse perioder, og at andelen af spildet, der netto-transporteres ind i lagunen, er op mod tre gange mindre, når spildet finder sted i vintermånederne end i forår- og sommermånederne.

TABEL 12.1-2 Sedimenttransport ind i Rødsand Lagune ved sedimentspild på forskellige årstider ved konstante spild i tre måneders perioder

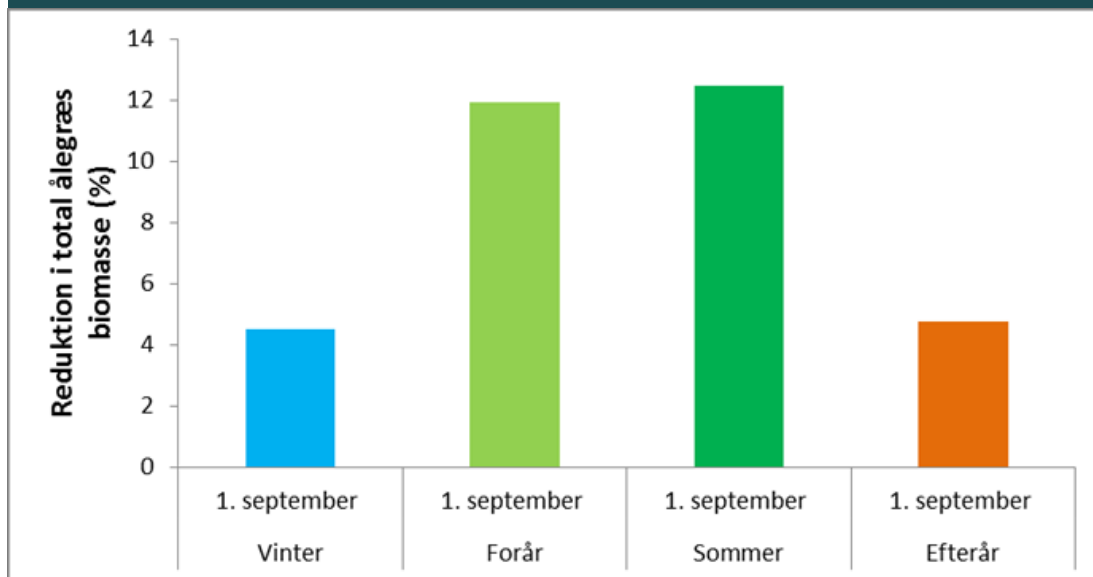
	September Oktober November	December Januar Februar	Marts April Maj	Juni Juli August	September Oktober November	December Januar Februar	Marts April Maj	Juni Juli August	September
Spild, efterår	x								
Pct. i Rødsand Lagune		5,3	3,9	3,8	3,8				
Spild, vinter		x							
Pct. i Rødsand Lagune			3,3	3,4	3,2				
Spild, forår			x						
Pct. i Rødsand Lagune				8,7	11,0	9,5	6,9	6,8	6,7
Spild, sommer				x					
Pct. i Rødsand Lagune					15,4	12,2	8,5	8,4	8,3

Note: Tallene angiver andel af spildet, der nettotransporteres ind i Rødsand Lagune, som pct. af spildet den 1. i de angivne måneder. Spildperioderne er angivet med grå bjælker. Bemærk: Simuleringerne starter ved spildets start og fortsætter til 1. september i den følgende eller næstfølgende vækstsæson. Simuleringens længde er angivet med brun markering. Spildet sker i linjeføringen 1 km fra kysten ved Rødbyhavn

Inden det spildte sediment endeligt sedimenterer, vil det findes i vandet som suspenderet sediment eller midlertidigt sedimentere for at re-suspendere ved næste kraftige bølge- og strømpåvirkning. Det suspenderede sediment øger vandets turbiditet og reducerer dermed den mængde lys, der kan trænge ned i vandet og stå til rådighed for de bundlevende planters vækst. Den øgede turbiditet i vandet som følge af sedimentspild, der transporteres ind i lagunen, kan derfor reducere biomasseproduktionen af bl.a. ålegræs i Rødsand Lagune. Ålegræsset er mest følsomt i vækstsæsonen, som er sammenfaldende med, at der relativt set sker størst indtrængning af spildt sediment til lagunen. Figur 12.1-9 viser reduktionen i ålegræssets biomasse i Rødsand Lagune ved slutningen af den første vækstsæson (1. september) efter hvert spild. Det

ses, at den samme mængde spild fra et punkt langs linjeføringen 1 km fra kysten giver ca. tre gange større reduktion i ålegræsbiomassen i Rødsand Lagune, hvis spildet sker i sommerperioden, end hvis det sker i vinterperioden. Ved sammenligningen er det dog vigtigt at bemærke, at der er forskel på, hvor lang tid der er til genvækst, fra spildet er sket og indtil 1. september.

FIGUR 12.1-9 Modelleret reduktion i den totale ålegræsbiomasse i Rødsand Lagune ved slutningen af vækstsæsonen (1. september) for spild i forskellige sæsoner



Note: Modelleret effekt af et konstant spild i linjeføringen 1 km fra kysten. Spildet er konstant i tre måneder, henholdsvis vinter, forår, sommer og efterår, med en spildrate på 20 kg/s. Bemærk at der er forskel på, hvor lang tid der er mellem sedimentspildet og opgørelsen 1. september (vinter – seks måneder, forår – tre måneder, sommer – nul måneder og efterår – ni måneder), det vil sige, at retableringstiden er forskellig

Reduktionen i den totale makroalgebiomasse langs en 25 km lang strækning, centralt omkring Rødbyhavn er ligeledes blevet modelleret for de samme konstante tre måneders spild. Reduktionen i total makroalgebiomasse pr. 1. september er ca. fire gange større for spild om sommeren (reduktion: ca. 20 pct.) end for spild om vinteren (reduktion: ca. 5 pct.).

Miljøets følsomhed for spild på forskellige positioner

For at undersøge, hvorledes effekter af spildt sediment aftager med afstanden af spildpositionen fra Lollands kyst, er der gennemført en testrække, hvor der spildes med en konstant rate på 20 kg/s gennem et helt år fra 1. januar - 31. december, og hvor der graves i moræneler i positioner placeret langs linjeføringen, henholdsvis 1 km, 2 km, 3 km, 4 km, 5 km og 8 km fra kysten. Denne følsomhedsanalyse er, ligesom undersøgelserne af basis-scenariet, gennemført for det hydrografiske år 2005.

Indledningsvist er det beregnet, dels hvor stor en andel af det spildte sediment, der findes i Rødsand Lagune ved årets slutning, dels hvilken kornsammensætning dette materiale vil have. Følsomhedsberegninger viser, at spildt sediment i den grove siltfraktion har størst tendens til at blive nettotransporteret ind i Rødsand Lagune. Partikler i sandfraktionen vil sedimentere, før de når lagunen, og de meget fine silt- og lerpartikler vil typisk blive transporteret ud af lagunen igen uden at sedimentere her i større omfang.

Tabel.12.1-3 viser, hvorledes andelen af spildt sediment, der aflejres i Rødsand Lagune, falder med afstanden af spildpositionen fra kysten. Tabellen viser, at andelen af spildet, der findes i lagunen ved årets slutning aftager med afstanden fra kysten. Dette skyldes de hydrografiske forhold. I perioder med østgående strøm aflejres spildt sediment foran lagunen. Dette sediment

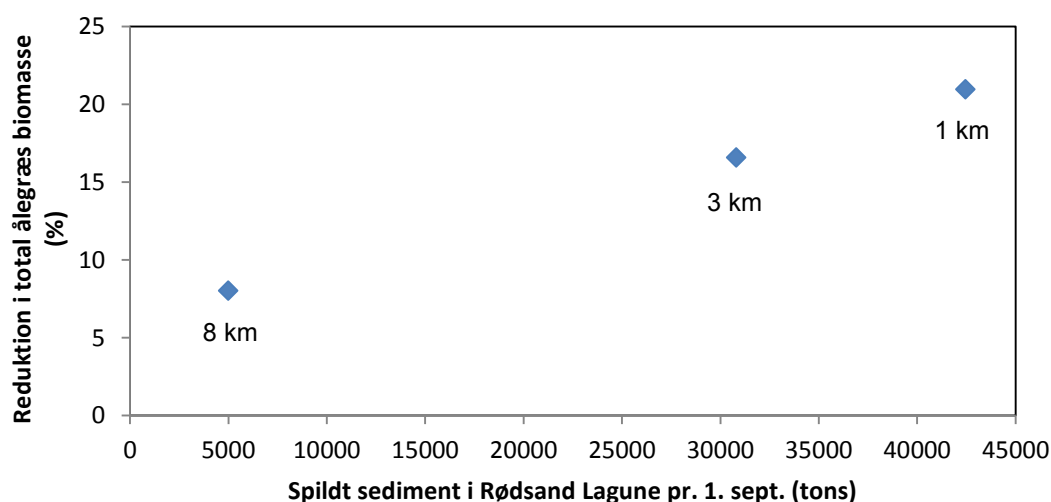
kan efterfølgende, ved stigende vandstand og kraftig bølgepåvirkning, re-suspenderes og bringes ind i lagunen. Lagunen er afgrænset mod Femern Bælt af en lav barriere-formation. Der er to hovedindløb til lagunen, dels vest for og dels øst for barrieren. Sedimentudvekslingen sker både i det vestlige indløb rundt om Hyldekrog og i det østlige, bredere indløb ud for Nysted. Nettoimporten af spildt sediment er af samme størrelsesorden i de to indløb til lagunen.

TABEL 12.1-3 Andelen af spildt sediment i Rødsand Lagune ved årets slutning ved konstant spild over et helt år fra 1. januar til 31. december og i forskellig afstand fra kysten

Afstand af spildposition fra Lollands kyst	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km	8 km
Procentandel af spildet i Rødsand Lagune ved årets slutning	8,0 pct.	6,3 pct.	5,6 pct.	5,3 pct.	4,1 pct.	2,1 pct.

Reduktionen i ålegræsbiomasse i Rødsand Lagune er blevet kvantificeret for tre af de i alt seks positioner for spild, henholdsvis 1 km, 3 km og 8 km fra kysten. Reduktionen i ålegræsbiomassen er opgjort ved vækstsæsonens afslutning 1. september. Figur 12.1-10 viser reduktionen i ålegræsbiomassen som funktion af mængden af spildt sediment i lagunen pr 1. september, som er bestemt af spildpositionens afstand fra kysten. Resultaterne illustrerer, at reduktionen i ålegræsbiomassen aftager med reduktionen i spilmængden i lagunen, som igen aftager med gravearbejdets afstand fra kysten. Således vil gravning foretaget 8 km fra kysten medføre en reduktion i ålegræsset i lagunen, der er en faktor 2 - 3 mindre end gravning 1 km fra kysten, selvom der spildes lige meget sediment ved de to positioner.

FIGUR 12.1-10 Reduktionen i ålegræsbiomasse som funktion af mængden af spildt sediment, der findes i Rødsand Lagune 1. september, efter graveoperationer foretaget i forskellige afstande fra kysten på Lolland. Bemærk at selvom disse data indikerer det, er der ikke en lineær sammenhæng mellem spildt sediment og reduktion i ålegræsbiomasse



For makroalgebiomassen langs et 25 km langt område langs Lollands sydkyst omkring Rødbyhavn viser beregningerne, at reduktionen ved slutningen af vækstsæsonen er ca. tre gange mindre ved gravning 8 km fra kysten sammenlignet med gravning 1 km fra kysten. Når spildet

sker 3 km fra kysten, er biomassereduktionen ca. halvt så stor, som når det sker 1 km fra kysten. Det er således især spildet tæt på land, der forårsager reduktioner i biomassen.

Sammenfatning

Det er ovenfor analyseret, hvilke forhold omkring sedimentspildet, der har størst betydning for virkningerne på bundfloraen. Bundflora er vurderet at være den komponent, der er mest påvirket af gravearbejdernes sedimentspild. Følgende kan konkluderes:

- Sedimentspildets afstand fra kysten ved det marine gravearbejde er afgørende for transporten af spildt sediment ind i Rødsand Lagune og for virkningerne på den kystnære bundflora
- Årstiden for gravearbejdet har betydning for påvirkningen af bundfloraen i Rødsand Lagune og i de øvrige kystnære habitater. Generelt ses den største påvirkning ved gravearbejder i forår og sommer måneder

De gennemførte følsomhedsvurderinger viser, at der er gode muligheder for at videreudvikle projektets basisgravescenarium og samtidig sikre, at sedimentspildets virkninger i alle dele af projektets influensområde fortsat i tilstrækkelig grad er belyst af VVM-redegørelsen, og at der samlet set ikke optræder yderligere væsentlige miljømæssige virkninger.

12.1.4 Fysiske strukturer og arealinddragelser til havs

Projektet inddrager allerede i anlægsfasen flere områder til havs (figur 12.1-11 og tabel 12.1-4). Der etableres to nye landområder. Ét område ved Lolland på ca. 330 ha og ét område ved Fehmarn på ca. 32 ha. Arealopgørelsen for de nye landområder er defineret som det beregnede havbundsareal, og er bl.a. fastlagt efter drøftelse med tyske myndigheder med henblik på en fastlæggelse af økonomisk kompensation. Arealerne er inkl. vandarealer inden for landområderne.

Beregnes arealopgørelsen alene som det område, der er over havoverfladen, udgør arealinddragelsen for det nye landområde på Fehmarn ca. 14 ha. Det er sidstnævnte tal, der ligger til grund for vurderingerne af det nye landområde på Fehmarns virkninger på miljøet. Dertil kommer den planlagte arbejdshavn ved Puttgarden.

Figuren viser derudover de områder tæt på land, hvor tunnelen vil være dækket af et beskyttelsesrev af sten over eksisterende havbunds niveau. Desuden inddrages arealer til en adgangs-kanal til produktionsfaciliteten på Lolland samt arealer til den gravede rende for sænketunnelen.

Det forudsættes, at det vil tage ca. 1,5 år at grave tunnelrenden, og at renden herefter vil stå åben i dens fulde længde, inden nedsænkningen af tunnelelementerne starter.

Tunnelrenden tilbagefyldes og efterlades med et beskyttende lag af sten ca. 0,5 m under nuværende niveau. Den naturlige øst- og vestgående sandtransport vil i løbet af nogle årtier fuldt ud retablere havbunden (afsnit 12.4 Sedimenter og bundformer).

Hele uddybnings-, nedsæknings- og aktiv tilbagefyldningsaktiviteter forventes at tage ca. 4,5 år.

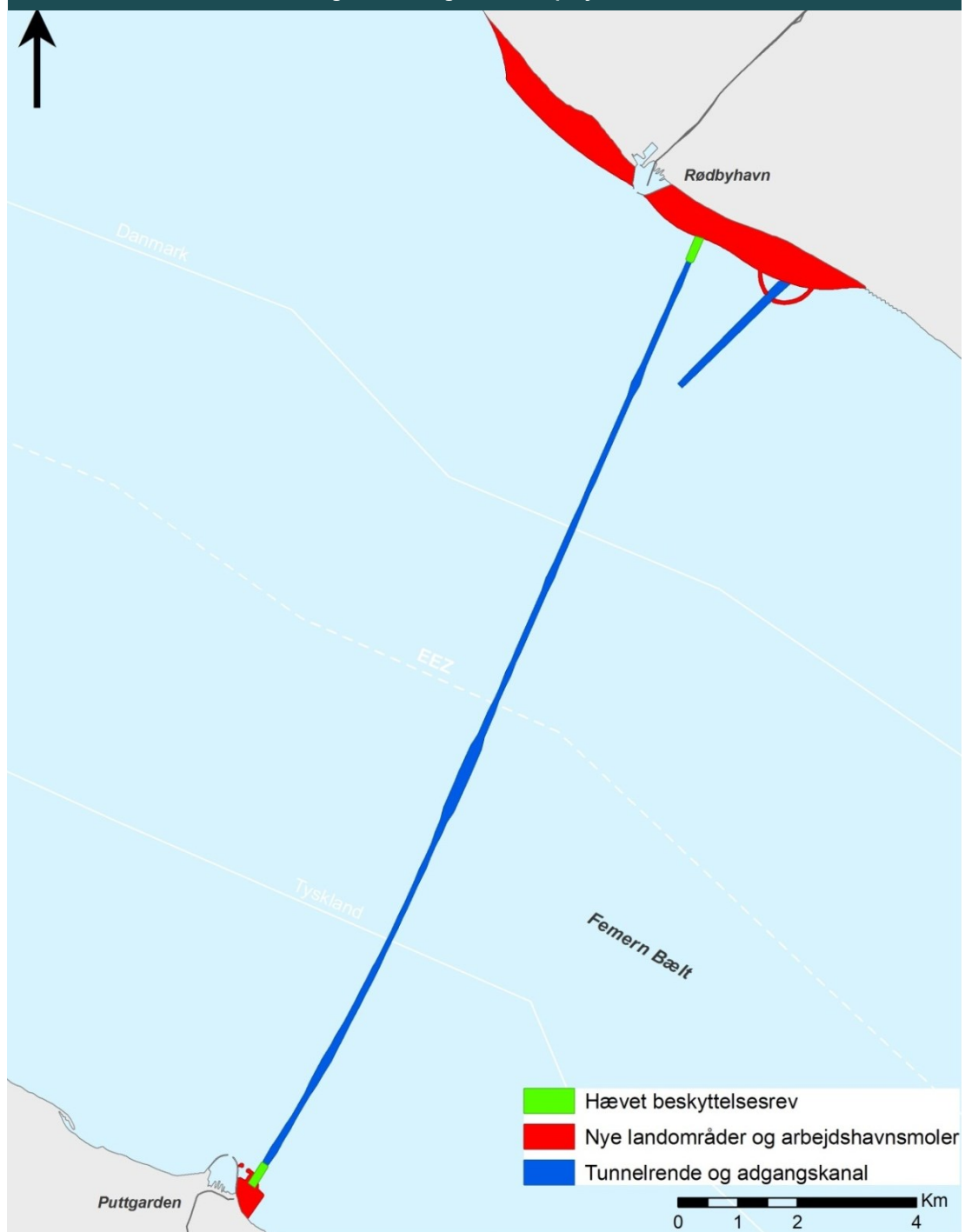
**TABEL 12.1-4 Den midlertidige marine arealinddragelse i anlægsfasen for projektet.
Arealinddragelsen til arbejdsbavne inkluderer havområdet inden for beskyttelsesværkerne**

Belastningselement	Arealinddragelse (ha)
Tunnelrenden	182 ¹
Arbejdsbavne uden for permanent footprint	-
Lolland inkl. adgangskanal	88 ²
Fehmarn	8 ²
Totalt marin del	278

Note: ¹ I miljøvurderingen af tunnelrendens midlertidige virkninger på havbunden (i alt 182 ha, fordelt med 104 ha og 78 ha på henholdsvis tysk og dansk område) er der valgt en lille margen omkring tunnelrendens forventede arealinddragelse mellem de to beskyttelsesrev. I projektets endelige udførelse forventes den midlertidige arealinddragelse at berøre et lidt mindre areal

² Arealet for arbejdsbavnene inkluderer havnebassinet, molerne og adgangskanalen til arbejdsbavnen på Lolland og dækker det areal, der ligger uden for landområdet og eventuelle arealinddragelser på land. Betragtes arbejdsbavnene og adgangskanalen til arbejdsbavnen på Lolland alene som det havbundsareal der midlertidigt tildækkes af beskyttelsesværker (ca. 15 ha) eller afgraves til at sikre adgangen til havneanlægget på Lolland (ca. 32 ha) udgør den midlertidige arealinddragelse i alt ca. 47 ha. Dette areal er i udgangspunktet lagt til grund for vurderingen de midlertidige arealinddragelsers påvirkning af havbundsforholdene.

FIGUR 12.1-11 Marin arealinddragelse i anlægsfasen for projektet



12.1.5 Støj og øvrige forstyrrelser fra anlægsarbejder

Der vil være anlægsaktiviteter med maskineri og skibe på hver side af linjeføringen, i landområdet og i arbejdshavnene. Belastningerne vil bl.a. være støj fra gravearbejder, sejlads samt forstyrrelse med kunstigt lys.

Maskineriet til udgravning til sænketunnelen består af forskellige mekaniske gravemaskiner (skovlgravemaskiner og grabbe) samt skære/sugemaskiner. Maskineriet vil afgive støj, som vil kunne høres både over og under vandet. Der vil endvidere forekomme øget sejlads med andre fartøjer, herunder pramme til transport af opgravet materiale, følgefartøjer, som sikrer anlæggene

mod ulykker, slæbefartøjer til flådning af tunnelelementer, pramtrafik til tilbagefyldning af renden mv. Derudover er der behov for pæleramning og opsætning af spunsvægge i forbindelse med anlæggelse af produktionsanlægget for tunnelelementer og arbejdshavnen ved Rødbyhavn og arbejdshavnen ved Puttgården.

Støj over vand fra forskellige gravemaskiner, fartøjer, vibrationshammer og pælehammer fremgår af tabel 12.1-5.

TABEL 12.1-5 Støjemissioner (sound power level SWL LWA) fra maskineri på havet ved konstruktion af tunnel og pilotering. Driftstiden angiver den forventede driftstid i pct. pr. arbejdsdag

Aktivitet	Maskineri	SWL LWA (dB)	Driftstid (pct.)
Udgravning af tunnel	Pramme	104	75
	Slæbe-suge uddybningsfartøjer	114	25
	Grabgravemaskiner	112	100
	Skovlgravemaskiner	114	100
	Sænkeponten	112	n.a.
Installation af tunnel elementer	Slæbebåd	110	100
Etablering af stenbeskyttelseslag på tunnelelementer	Grabgravemaskiner	112	50
	Stendumpningsfartøj	119	50
	Faldrørsfartøj	112	50
Etablering af produktionsanlæg for tunnelelementer og arbejdshavne	Vibrationshammer	125	25
	Pælehammer	126	25

Støj under vand i anlægsfasen vil fortrinsvist stamme fra anlægsfartøjer, gravearbejdet og pæleramning. Støjen fra anlægsfartøjer vil være sammenlignelig med den eksisterende baggrundsstøj fra skibstrafik. I støjberegningerne er der derfor lagt vægt på gravearbejdet og pæleramning, som er de støjklender, der i anlægsfasen vil øge støjniveauet i området.

Støjudbredelsen er udregnet for de gravearbejder, der støjer mest. Derfor modelleres støjen for gravearbejdet, hvor der anvendes slæbesuge-uddybningsfartøjer og pæleramning. I tabel 12.1-6 er vist støjudbredelsen fra de mest støjende anlægskilder under forudsætning af sfærisk støjudbredelse (FEMM 2013). Til sammenligning er vist støj fra et stort handelsfartøj.

TABEL 12.1-6 Støjudbredelse under vandet fra udvalgte støjkloder i anlægsfasen

Aktivitet	Frekvens- område	Lydtryk ved kilden, dB re 1 µPa ved 1 m	Estimeret modtagne lydniveau ved forskellige afstande, dB re 1 µPa			
			0,1 km	1 km	10 km	100 km
Slæbe-suge- udbygningsfartøj	0,032 - 1 kHz	157 - 181	117 - 141	97 - 121	77 - 101	57 - 81
	1 - 40 kHz	155 - 176	115 - 136	95 - 116	75 - 96	55 - 76
Stort handelsfartøj	0,05 - 0,9	160 - 190	120 - 150	100 - 130	79 - 109	58 - 88
Pæleramning	0,1 - 5	202	-	150	-	-

Note: Den eksisterende baggrundsstøj varierer mellem 103 - 132 dB re 1 µPa og ligger fortrinsvist i frekvensområdet under 1 kHz

Fugle kan blive påvirket af støj og forstyrrelser, men også fisk og havpattedyr kan påvirkes og udvise undvigeadfærd. Virkningerne afhænger af de tilstedeværende arters følsomhed, og virkningerne aftager i løbet af anlægsfasen. Derudover kan fartøjer, der medvirker til byggeriet, have barrierevirkning i forhold til især fugle og kan endvidere give øget risiko for kollisioner med fugle på dage med dårlig sigt.

Afledning af vand

Der forventes følgende spildevandstyper fra tunnelanlægget i anlægsfasen:

- Sanitært spildevand fra midlertidige arbejdsområder og camp vil blive afledt til Rødbyhavn Renseanlæg, som på grund af kyst-kyst projektet opgraderes med 4.500 PE. Sanitært spildevand fra midlertidige arbejdsområder på Fehmarn (en mindre forøgelse) afledes ligeledes til renseanlæg
- Procesvand fra tunnelementfabrikken på Lolland samt betonproduktion ved portal og ramper på såvel Lolland og Fehmarn udledes til Femern Bælt efter forudgående behandling i form af efterklaring og pH-neutralisering i overensstemmelse med Miljøstyrelsens branchebilag for virksomheder omfattet af listepunkt B202. Tunnelementfabrikken forventes reguleret af en selvstændig miljøgodkendelse
- Overfladevand fra arbejdsarealer renses i sandfang og olieudskiller og ledes til Femern Bælt
- Vand fra grundvandssænkning ledes til Femern Bælt
- Rejektvand fra en mulig afsaltnings af havvand til fremstilling af procesvand i betonproduktionen på Lolland vil blive udledt til Femern Bælt sammen med spildevandet fra Rødbyhavn Renseanlæg

Den eksisterende spildevandsledning fra Rødbyhavn Renseanlæg og en afvandingsledning fra en pumpestation skal forlænges til ydersiden af det nye landområde øst for Rødbyhavn i takt med, at landområdet etableres. Den nye spildevandsledning til Rødbyhavn Renseanlæg skal bl.a. medvirke til at sikre tilstrækkelig badevandskvalitet ved nærliggende strande samt overholdelse af renseanlæggets nye grænseværdier. Der er foretaget en særskilt beregning og vurdering af disse forhold (afsnit 12.3 Vandkvalitet).

12.1.6 Belastninger i driftsfasen

Nedenstående anses for de primære belastninger på det marine område i driftsfasen:

- Permanente fysiske strukturer og arealinddragelse
- Støj og forstyrrelser fra driftsfasen
- Spildevand

I driftsfasen forventes frigivelsen af finkornet materiale fra kyststrækningen øst for Rødbyhavn at blive reduceret i forhold til den eksisterende situation. Dette skyldes, at frigivelsen af finkornet materiale ved erosion af den havbund, der opfyldes til det nye landområde, er større end frigivelsen fra den ubeskyttede klint, der etableres ved slutningen af anlægsperioden, for at levere en del af den manglende sandtransport til området øst for opfyldningen. Materialebalancerne for finkornet materiale og sand er vist i tabel 12.1-7. Yderligere dokumentation for den ændrede sandtransport og mængden af frigivet finkornet sediment er givet i afsnit 12.5 Kystmorfologi.

TABEL 12.1-7 Frigivne mængder på strækningen fra Rødbyhavn til Hyldtofte Østersøbad ved tunnelopfyldningens østlige ende under de eksisterende forhold og i projektets driftsfasen

Kilde til materiale	Sand		Ler/silt	
	Eksisterende	Driftsfasen	Eksisterende	Driftsfasen
Erosion i havbund	19	0	7,5 - 10	0
Erosion i kunstig klint	-	5	-	4,0 - 5,0
Sandfodring	0	14	0	0
Total	19	19	7,5 - 10	4,0 - 5,0

Fysiske strukturer og arealinddragelse

De primære, marine arealinddragelser i driftsfasen for sænketunnelen er landopfyldningen på begge sider af Rødbyhavn og den mindre landopfyldning øst for Puttgården (figur 12.1-12 og tabel 12.1-7). Desuden omfatter arealinddragelserne de to beskyttelsesrev ud for tunnelportalerne.

Adgangskanalen til arbejdshavnen ved Lolland og tunnelrenden, efter indfyldning af stabiliseringsmateriale og beskyttelseslag af sten, efterlades som nævnt til naturlig tilbagefyldning.

Da tunnelrenden og adgangskanalen til arbejdshavnen vil blive reetableret fuldstændig på hele strækningen ved naturlig genfyldning, vil denne del af arealinddragelsen ikke være en blivende belastning i driftsfasen. I tabel 12.1-8 er vist omfanget af de marine arealinddragelser i driftsfasen, i alt 359 ha.

TABEL 12.1-8 Den marine arealinddragelse for driftsfasen for kyst-kyst projektet

Belastningselement	Arealinddragelse
Nye landområder:	
Lolland	330 ha
Fehmarn	32 ha
Beskyttelsesrev:	
Lolland	6 ha
Fehmarn	6 ha
Totalt marin del	374 ha

Note: Arealet for landområderne er defineret som det beregnede beslaglagte havbundsareal. Beregnes arealopførelsen alene som det område, der er over havoverfladen, udgør arealinddragelsen for det nye landområde på Fehmarn ca. 14 ha

FIGUR 12.1-12 Marin arealinddragelse i driftsfasen for projektet

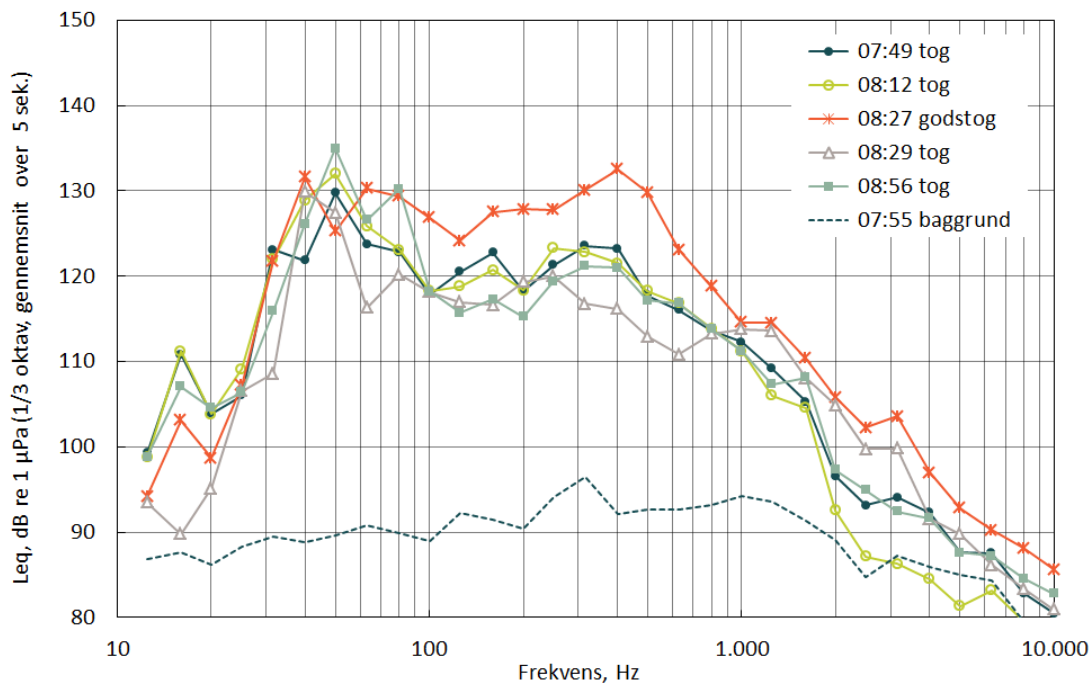


Støj og forstyrrelser

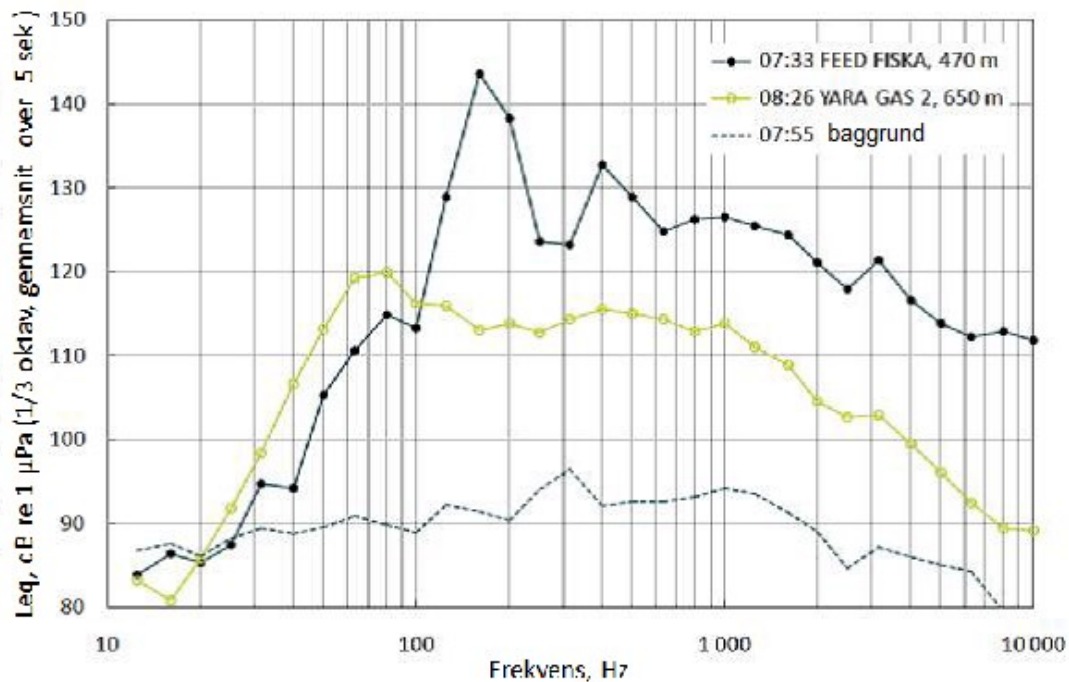
Emissioner af lys fra en sænketunnel betragtes ikke som et problem, da der ikke forekommer belysning i det marine område. Støj og forstyrrelser vil kunne komme fra trafik igennem tunnelen og vil kunne sammenlignes med støj fra den faste forbindelse over Øresund. Undersøgelser foretaget ved Drogden 2 m over havbunden umiddelbart over Øresundstunnelen og i en afstand af 400 m viser, at støj fra togtrafik i tunnelen er målelig (figur 12.1-13). Målingerne inkluderer både støj fra persontog og godstog. Den maksimale støj er ca. 140 dB re 1 μ Pa. Af figur 12.1-14 fremgår, at det maksimale støjniveau, der er målt for skibe i samme område og periode, er ca.

145 dB re 1 μPa . I en afstand af 500 m fra tunnelen forventes der ikke at være målelig støj forårsaget af person- og godstog.

FIGUR 12.1-13 Støj (bredbånd) fra togpassager målt ved Drogden - tunnel



FIGUR 12.1-14 Støj(bredbånd) fra skibe målt ved Drogden - tunnel



Afledning af vand

Der forventes følgende spildevandstyper fra tunnelanlægget i driftsfasen:

- Vejvand fra befæstede arealer, herunder nedkørslen til tunnelen. Dette forventes afledt til eksisterende afvandringsgrøfter på Lolland og Fehmarn efter gældende praksis i Danmark og Tyskland
- Sanitært spildevand fra serviceanlæg og vand fra vedligeholdelse af tunnel mv. forventes afledt til eksisterende renseanlæg ved Rødbyhavn og på Fehmarn

12.2 HYDROGRAFI

12.2.2 Hydrografi i Femern Bælt og i Østersøen

Hydrografien udgør det grundlæggende forhold for alle de marine dele af miljøet. Hydrografien omfatter vandstand, strømforhold og vandudveksling, lagdeling og opblanding, saltholdighed, vandtemperatur og bølgeforhold.

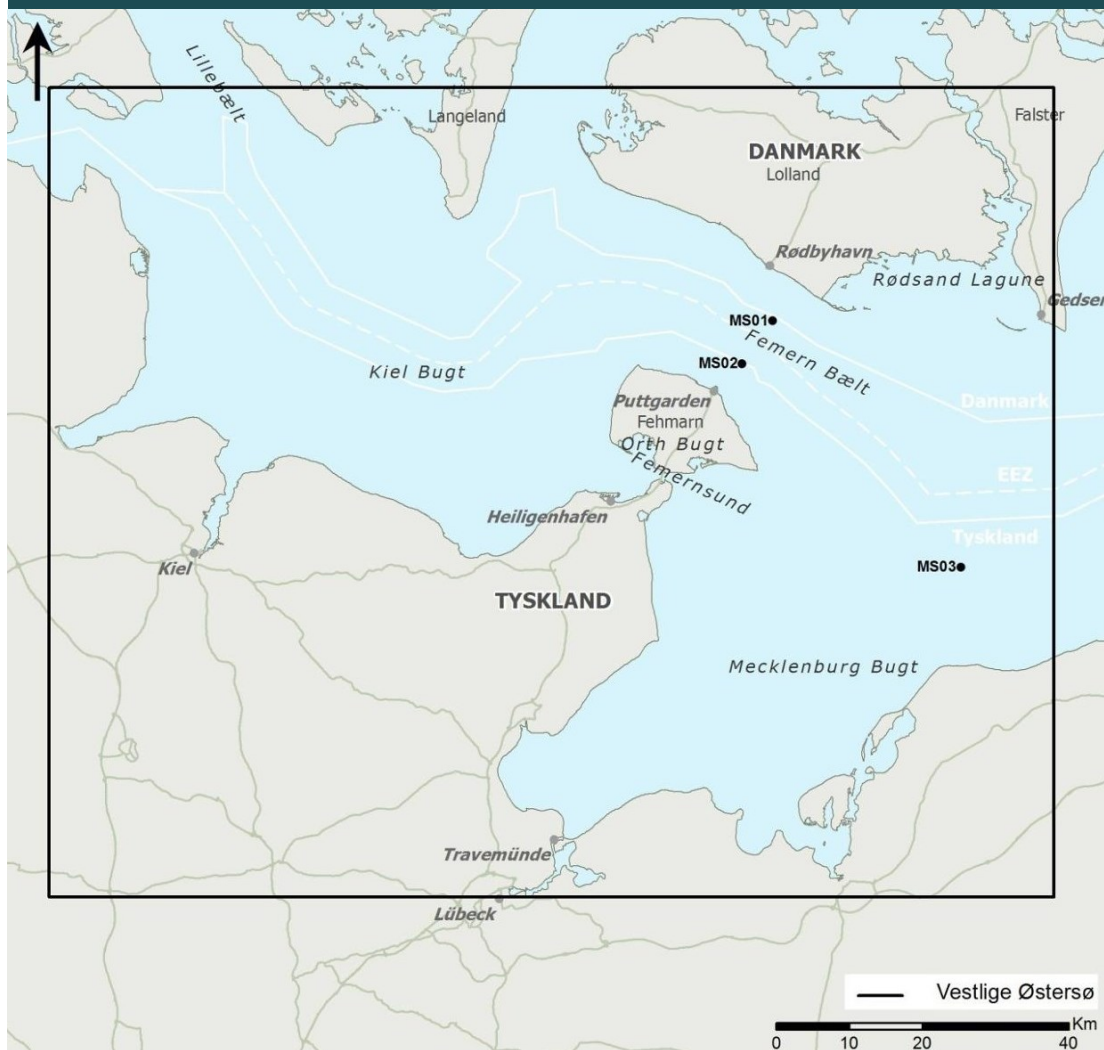
Dette afsnit beskriver de estimerede, permanente og midlertidige virkninger på hydrografien ved anlæg og drift af en sænketunnel. I kapitlet præsenteres først de vurderede komponenter og subkomponenter. Herefter beskrives belastninger, og hvilke projektoptimeringer, der foretages for at forebygge virkninger på hydrografien. Betydningen af de vurderede komponenter langs Lolland og Fehmarns kyster er desuden kort beskrevet. I analysedelen beskrives følsomhed overfor projektets belastninger, hvilke kriterier og metode, der er anvendt i vurderingen, og endeligt de konkrete virkninger på de vurderede komponenter. Der fokuseres i beskrivelsen på de subkomponenter, hvor der er en virkning. Til sidst i kapitlet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

Analysen er opbygget således, at der foretages en vurdering af mulige væsentlige virkninger på de hydrografiske forhold. Derudover er virkningerne dokumenteret på en sådan måde, at de kan lægges til grund for vurderingen af afledte virkninger på de øvrige miljøforhold i projektområdet.

De kriterier, der lægges til grund for vurderingen af projektets virkning på hydrografien, forholder sig til den kendte variabilitet i hydrografien og dokumenterer og graduerer virkningerne, således at der etableres det nødvendige grundlag for vurderingen af mulige afledte virkninger på øvrige miljøforhold.

De virkninger, der knytter sig til projektets driftsfase, opstår i løbet af anlægsfasen i takt med, at de permanente anlæg etableres og fortsætter gennem hele projektets levetid. Udstrækningen af virkningerne er potentielt i hele Femern Bælt og Bælthavet og i den centrale del af Østersøen. Undersøgelsen omfatter derfor hele dette område, hvor det centrale undersøgelsesområde er vist i figur 12.2-1.

FIGUR 12.2-1 Oversigt over det centrale undersøgelsesområde for hydrografi i Femern Bælt



Note: Det ydre undersøgelsesområde, omfattende Østersøen og Kattegat, er ikke vist her

12.2.3 Vurderede komponenter

De vurderede hydrografiske komponenter omfatter vandstand, strømforhold og vandudveksling, lagdeling og opblanding, saltholdighed, vandtemperatur og bølgeforskel. Der anvendes specifikke indikatorer for hver sub-komponent, med en specificeret angivelse af statistisk størrelse og hvilket niveau i vandsøjlen, der specifikt vurderes (tabel 12.2-1). For sub-komponenter, hvor ekstremværdier er kritiske, indgår disse i den valgte indikator (f.eks. vandstand og bølger), mens der anvendes middelværdier til andre indikatorer, hvor det mere er en beskrivelse af et hydrografisk regime.

TABEL 12.2-1 Hydrografiske komponenter, sub-komponenter og indikatorer

Miljøfaktor/ sub-faktor	Komponent	Sub-komponent	Indikator
Vand/havvand	Hydrografi	Vandstand	Middel og maksimal vandstand
		Strøm	Middel af strømhastighed ved overflade og bund
		Saltholdighed	Middel ved overflade og bund (år og sommer)
		Temperatur	Middel ved overflade og bund (år og sommer)
		Lagdelling	Middel af forskel mellem massefylde ved bund og overflade (år og sommer)
		Vandudveksling med Østersøen	Blokering på årsbasis
		Bølger	5 pct. overskridelsehyppighed for signifikant bølgehøjde (H_s , på 20 års basis)

12.2.4 Afværgeforanstaltninger inkluderet i projektets design

I designet af sænketunnelen er der allerede foretaget miljøoptimeringer for at begrænse virkningerne på de hydrografiske forhold:

- Det nye landområde ved Rødbyhavn strækker sig ud til spidsen af de nuværende havnemoler, og opfyldningen er strømlinjet i afslutningerne mod NV og SØ
- Tunnelportalopfyldningen ved Puttgarden ligger tilbagerykket i forhold til spidsen af havnemolerne
- Tunnelen er fuldt nedgravet, det vil sige under nuværende havbund på nær de to beskyttelsesrev ud fra tunnelportalerne

12.2.5 Projektets belastninger

Blandt de belastninger fra sænketunnelen, som er beskrevet i afsnit 12.1, kan følgende potentielt have betydning for de hydrografiske komponenter:

Belastninger i projektets driftsfase:

Det nye landområde omkring Rødbyhavn og opfyldningen til tunnelportalen ved Puttgarden

- De ændrede dybdeforhold og bundruhed ved beskyttelsesrevne 450 m ud fra tunnelportalerne og uddybningen til adgangskanalen til produktionsanlægget ved Rødbyhavn (uddybet til maksimalt -12 m), som efterlades til naturlig tilbagefyldning
- Midlertidige belastninger under anlægsfasen:
- Molerne omkring de midlertidige arbejdshavne i anlægsfasen, primært på Lollandssiden, hvor molerne rækker 400 m ud fra den nye kystlinje

Åbne sektioner af tunnelrenden gennem de samlede 4,5 år med graveoperationer

Med hensyn til de åbne sektioner af tunnelrenden vurderes det, at virkningen på hydrografien er uvæsentlig, da der er tale om kortere tidsrum, og renden er en smal, lokal uddybning, som ikke blokerer for strømmen i Femern Bælt. I den dybeste del af tunnelrenden midt i Femern Bælt kan vandskiftet i det vand, der befinder sig i tunnelrenden, være reduceret i det tidsrum, hvor renden står åben, men det vil ikke påvirke de generelle hydrografiske forhold.

Den nødvendige omlægning af spildevandsudløbet fra Rødbyhavn rensningsanlæg og af udløb fra pumpestationer for afvandingssystemet omkring Rødbyhavn samt rejktvand fra afsaltning er vurderet værende uden egentlig betydning for hydrografien som følge af de begrænsede vandmængder. Virkninger heraf er derfor ikke nærmere vurderet i det følgende. De øvrige belastninger påvirker hydrografien i forskellig grad.

Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet, og de eksisterende belastninger for havbundsmorfologien er beskrevet i afsnit 10.1.3 Sedimenter og bundformer. Det er især marine anlæg og skibstrafik, der er relevante eksisterende belastninger på hydrografien.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af vurderingskriterier. Modellerne indregner de eksisterende marine anlæg og projektets belastninger på strømforhold, iltforhold og de resterende hydrografiske subkomponenter. For eksempel er der taget højde for belastninger på hydrografien, der skyldes tilstedeværelsen af havvindmølleparkerne Nysted og Rødsand II og havnemolerne ved Rødbyhavn og Puttgården, da de indgår i lokalmodellen.

12.2.6 Betydning

I grundlaget for vurderingen af virkningerne på hydrografien i Femern Bælt indgår bl.a. en kortlægning af betydningen af hydrografien. Betydningen er klassificeret som særlig eller generel, og de anvendte kriterier for de to trin er givet i tabel 12.2-2. Figur 12.2-2 viser det resulterende betydningskort.

Da store dele af farvandet er over 10 m dybt, er størstedelen af særlig betydning, fordi forholdene i de dybere områder er afgørende for vandskiftet mellem den centrale Østersø og Kattegat. For Østersøen er der ikke gennemført en egentlig betydningsanalyse. Her anvendes "generel" betydning overalt.

TABEL 12.2-2 Kriterier for bestemmelse af betydningen af de hydrografiske forhold i Femern Bælt og den Vestlige Østersø

Betydningsgrad	Kriterier
Særlig	Områder af betydning for vandskiftet og opblanding (vanddybder større end 10 m)
	Områder omkring havnemundinger (radius 1.500 m, 120° vinkel)
	Områder ud for sandstrande (ud til 3 m vanddybde)
Generel	Øvrige vandområder

FIGUR 12.2-2 Betydningskort for hydrografi



12.2.7 0-alternativet

De hydrografiske forhold under 0-alternativet vurderes at være identiske med de eksisterende forhold, da der ikke som en konsekvens af et 0-alternativ, herunder en fortsat udvikling af færgedriften i området, forventes ændrede hydrografiske forhold. Projektets virkning er således vurderet i forhold til de eksisterende forhold (2009 - 2011).

12.2.8 Analyse af miljøkonsekvenserne

Vurderingsmetode

Vurderingen af omfanget af tab og forringelser er sket i henhold til den generelle metode beskrevet i kapitel 9. Ved tab forstås total inddragelse af vandsøjlen, f.eks. ved det nye land-område, mens der ved forringelser forstås ændringer i de hydrografiske sub-komponenter som følge af direkte belastninger fra projektet i henholdsvis anlægs- og driftsfasen. I den centrale del af Østersøen optræder intet direkte tab, da der ikke sker nogen arealinddragelse her.

Virkninger (forringelser) på de hydrografiske forhold er primært analyseret ved brug af dynamiske hydrografiske modeller suppleret med ekspertvurderinger. Disse modeller er også en del af grundlaget for vurdering af virkninger på vandkvaliteten, marinbiologien mv. i de følgende kapitler.

Til vurdering af de hydrografiske virkninger af en fast forbindelse i Femern Bælt er der generelt anvendt to sæt hydrodynamiske modeller, hver med to uafhængige modelværktøjer:

- To højopløselige lokalmodeller for Femern Bælt (og Bælthavet), etableret med modelværktøjerne MIKE 3 (fra DHI) og med GETM (fra Bolding og Burchard)

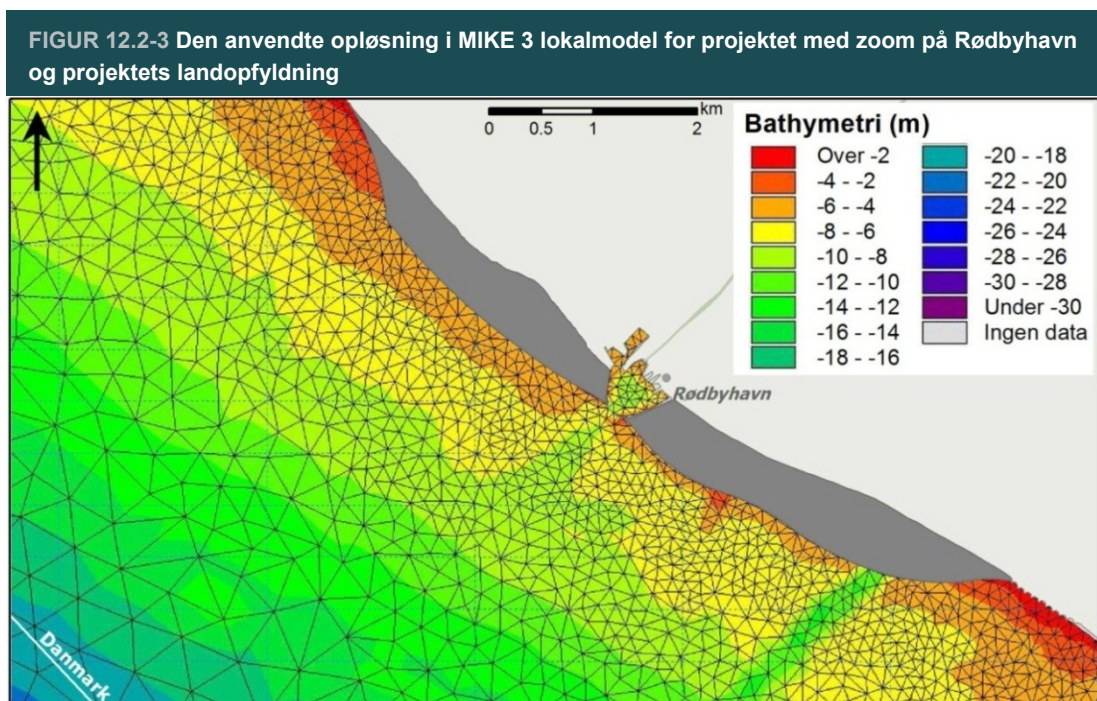
- To regionalmodeller, der dækker hele Østersøen ud til Skagerrak, etableret med modelværktøjerne MIKE 3 (fra DHI) og med MOM (anvendt af Institut für Ostseeforschung Warnemünde)

De to sæt modeller er etableret med henblik på både at kunne lave en højopløselig lokal vurdering samt en vurdering af en mulig langtidsvirkning i hele Østersøområdet for komponenterne vandstand, strøm, saltholdighed, temperatur, lagdeling og vandskifte med Østersøen.

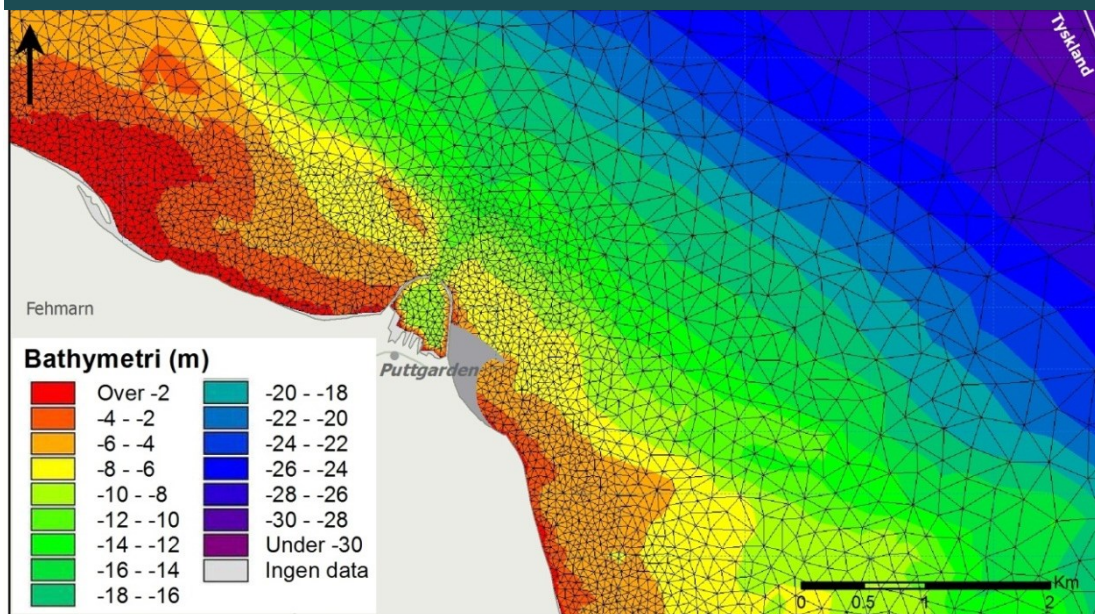
Formålet med anvendelse af to uafhængige modelværktøjer er et ønske om at skabe tillid til de anvendte vurderingsværktøjer ved at kunne sammenligne og styrke validiteten af modelresultaterne.

For projektet er kun anvendt det lokale MIKE 3 modelværktøj, som har den bedste mulighed for repræsentation af tunnelanlæggets udformning og dermed belastninger (figur 12.2-3 og 12.2-4). De implementerede belastninger omfatter den fremrykkede kystlinje, den lavere vanddybde og en større bundruhed hen over beskyttelsesrevne, den øgede vanddybde i adgangskanalen og de midlertidige moler i anlægsfasen.

Der er for tunnelprojektet ikke gennemført regionalmodellering af virkninger for hele Østersøen ud til Skagerrak, idet de fundne virkninger i lokalmodellen er meget beskedne, og det vurderes, at der ikke kan erkendes en virkning i den centrale Østersø.



FIGUR 12.2-4 Den anvendte opløsning i MIKE 3 lokalmodel for projektet med zoom på Puttgarden og projektets tunnelrampe



Effekterne på bølgeforhold er analyseret med den internationalt anerkendte numeriske bølgemodel MIKE 21 SW. Bølgemodellen dækker hele den Vestlige Østersø og har en højopløselig del i Femern Bælt med ned til 100 m opløsning. Kalibreringen af modellen er baseret på bølgedata fra Arkona, og fra de tre faste monitoringsstationer (MS01, MS02 og MS03), opsat af Femern A/S i og omkring Femern Bælt. Herefter er modellen afviklet for en 22 års periode, som definerer referencen, drevet af aktuel vind 1989 - 2010. I analysen af de permanente bølgeeffekter er den ændrede kystlinje, den ændrede vanddybde ved beskyttelsesrevne og adgangs-kanalen indbygget i modellen, som herefter er afviklet igen for 22 års-perioden.

Sårbarhed

De benyttede hydrografiske modeller bygger på de grundlæggende bevarelsesligninger for impuls og masse. De indgående led i disse ligninger beskriver de hydrografiske forhold, og gennem en fastlæggelse af forskellen mellem de nuværende forhold og forholdene med et tunnelbyggeri opnås et udtryk for hydrografiens overordnede sårbarhed over for projektets belastninger af hydrografiens, så som fremrykning af kystlinjen eller strukturer i vandet.

Der er udført et omfattende arbejde med at sikre en korrekt implementering af belastningerne i de anvendte modeller. Det gælder både for repræsentationen af den fremrykkede kystlinje i projektet og specielt for effekten af de permanente strukturers opbremsning af strømmen og vertikale opblanding mellem øvre og dybere vandlag som følge af den generede ekstra turbulens nedstrøms strukturerne.

Endvidere er der sket en omfattende kalibrering og validering af de opstillede modeller mod hydrografiske målinger fra området for at sikre en høj nøjagtighed og troværdighed af modellerne, når de anvendes til scenarieanalyser.

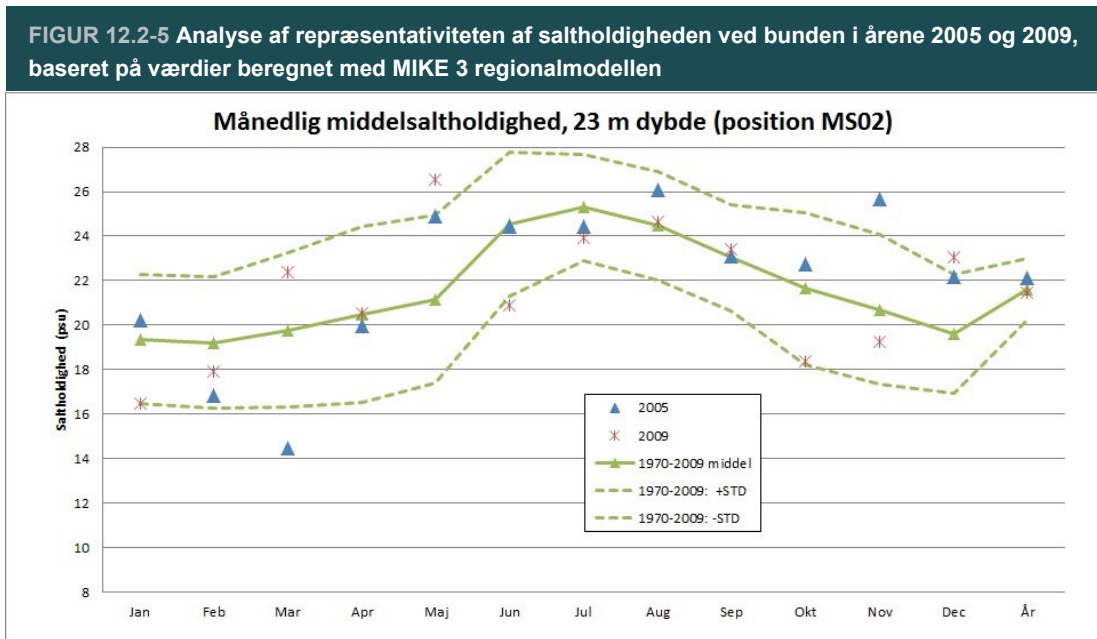
Kalibrering, validering og repræsentativitet af de hydrografiske modeller

Modelværktøjerne er grundigt kalibreret og valideret inden anvendelsen som analyseværktøjer:

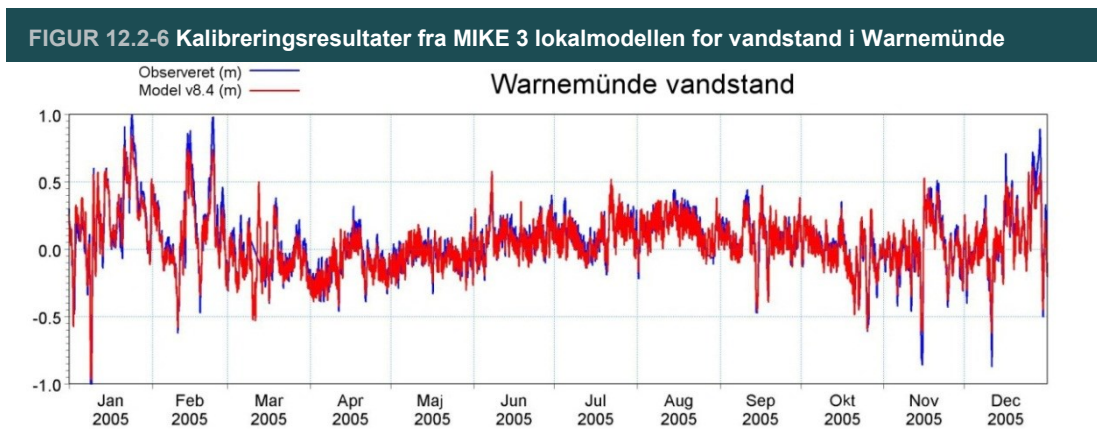
- Lokalmodellerne er kalibreret mod målinger fra 2005 ved modellering af året 2005 og efterfølgende valideret ved en modellering af 2009 mod det omfattende sæt af målinger af eksisterende forhold fra Femern Bælt i 2009 op til udgangen af september måned (kapitel 10)
- Regionalmodellen er kalibreret mod målinger fra perioden 1970 (1960 for MOM modellen) – 1999, og valideret mod målinger i perioden 2000 - 2008. Disse målinger stammer fra

nationale monitoringsprogrammer og HELCOM. Modelleringsperioden indeholder også hændelser med større tilstrømninger af saltvand til Østersøen gennem Bælthavet ("Major Baltic Inflow"), senest i 1973, 1993 og 2003

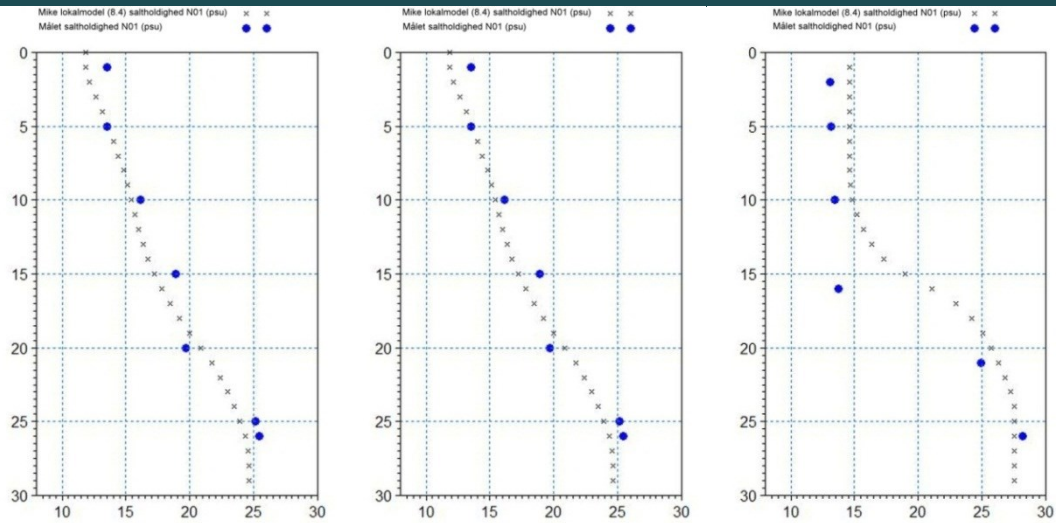
De anvendte år 2005 og 2009 til kalibrering og validering er analyseret for deres repræsentativitet for forholdene i Femern Bælt. Figur 12.2-5 viser eksempelvis, at saltholdigheden ved bunden i disse år følger det typiske sæsonmønster, og at værdierne kun i enkelte måneder falder uden for normalværdien ± 1 standardafvigelse.



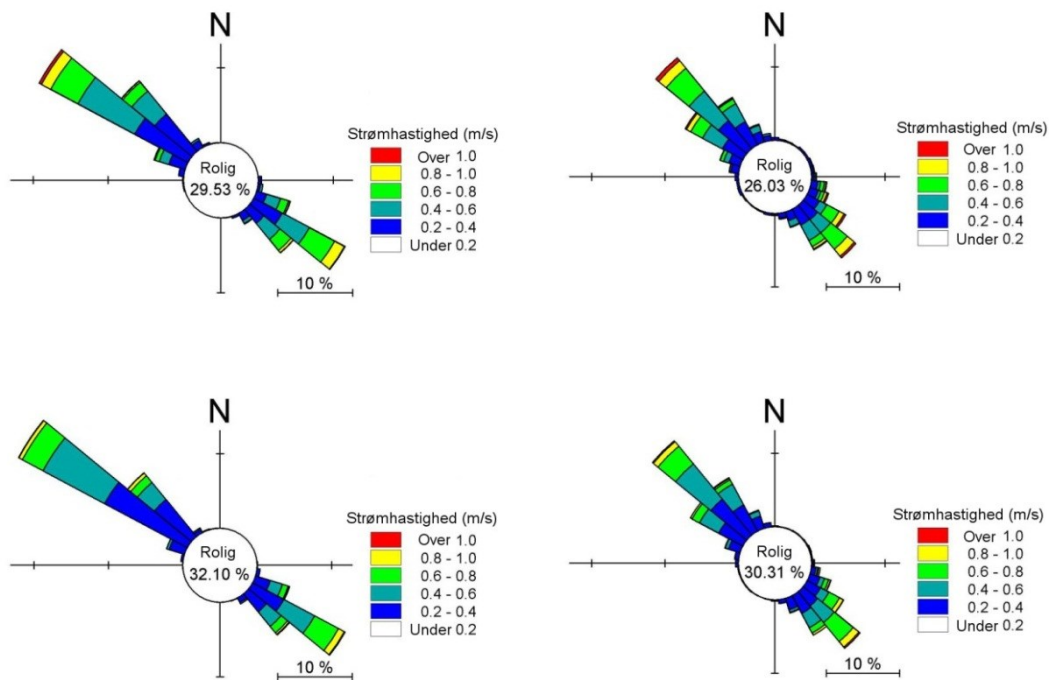
Figur 12.2-6 – 12.2-8 viser eksempler på kalibreringen og valideringen af MIKE 3 lokalmodellen. Tilsvarende dokumentation for lokalmodellen GETM og for regionalmodellerne foreligger i den hydrografiske baggrundsrapport. Generelt er der opnået en god overensstemmelse mellem modelresultater og målinger fra Femern Bælt og resten af Bælthavet både for vandstand, strøm, saltholdighed og vandtemperatur samt for lagdelingen. Modellen er således fundet anvendelig som analyseværktøj.



FIGUR 12.2-7 Modellerede og målte saltprofiler fra en position midt i Femern Bælt i tre forskellige strømningssituationer



FIGUR 12.2-8 Modellerede (til venstre) og målte (til højre) strømroser fra monitoringsstationen MS01 i Femern Bælt fra valideringsperioden i 2009. Øverst niveau -3 m, nederst niveauet -5 m



Vurderingskriterier for forringelser

Graduering af omfanget af forringelser er sket ved brug af en 4-trinsskala. Graden af ændringer i maksimumsvandstanden er fastlagt ud fra foreliggende viden om højvande med en gentagelsesperiode på 20 henholdsvis 50 år. Graden af ændringer for de andre komponenter er bestemt ud fra den naturlige variation, bestemt på basis af kortlægningen af de eksisterende forhold i området (kapitel 10). I kriterierne er der anvendt et afskæringsniveau således, at "lille" virkning først indtræffer ved en vis effekt i forhold til den naturlige variabilitet. De specifikke kriterier er angivet i tabel 12.2-3. og er efterfølgende begrundet.

TABEL 12.2-3 Kriterier for graden af virkning på hydrografien

Komponent	Projektets belastning	Vurderingskriterier	Varighed	Grad af virkning
Hydrografi	Anlæg og anlægsfase aktiviteter	Højvandshændelser med 20 år gentagelsesperiode forøges med 10 cm eller middelvandstand forøges 5 cm, eller	Permanent eller for anlægsfase	Meget stor
		Den specifikke bølgehøjde (H_s (5 pct.)) værdien ændres mere end 50 pct., eller		
		Mindst en af de andre komponenter ændrer indikatoren med mere end 100 pct. af den tidlige standardafvigelse.		
		Højvandshændelser med 20 år gentagelsesperiode forøges med 5 - 10 cm eller middelvandstand forøges 2 - 5 cm, eller	Permanent eller for anlægsfase	Stor
		H_s (5 pct.) værdien ændres 20 - 50 pct., eller		
		Mindst en af de andre komponenter ændrer indikatoren med mindst 20 pct. af den tidlige standardafvigelse		
		Højvandshændelser med 20 år gentagelsesperiode forøges med 2,5 - 5 cm eller middelvandstand forøges 1 - 2 cm, eller	Permanent eller for anlægsfase	Middel
		H_s (5 pct.) værdien ændres 10 - 20 pct., eller		
		Mindst en af de andre komponenter ændrer indikatoren med mindst 10 pct. af den tidlige standardafvigelse		
		Højvandshændelser med 20 år gentagelsesperiode forøges med 0,5 - 2,5 cm eller middelvandstand forøges 0,5 - 1 cm, eller	Permanent eller for anlægsfase	Lille
		H_s (5 pct.) værdien ændres 2 - 10 pct., eller		
		Mindst en af de andre komponenter ændrer indikatoren med mindst 5 pct. af den tidlige standardafvigelse		
Mindre ændringer end ovenfor		Ingen		

Begrundelsen for de valgte trin for virkningskriterier er som følger:

Maksimalvandstand

Maksimalvandstand er af betydning for oversvømmelser. I Femern Bælt er 20 år og 50 år gentagelsesperioden for højvandshændelser henholdsvis 1,5 m og 1,6 m over DVR90. Det vil sige 0,1 m forøgelse i maksimalvandstanden set over en 20 årig periode svarer til at flytte fra 20 års til 50 års gentagelsesperiode for de eksisterende forhold. 0,1 m er valgt som grænsen til "meget stor" virkning, og de underliggende trin fås ved at reducere med en faktor 0,5 mellem hvert trin.

Middelvandstand

Denne parameter vedrører de generelle hydrografiske forhold. Her er anvendt trin adskilt ved 25 pct., 10 pct., 5 pct. og 2 pct. af den tidlige standardafvigelse målt ved Gedser (tabel 12.2-4).

Andre subkomponenter

Disse parametre vedrører også de generelle hydrografiske forhold. Her anvendes trin adskilt ved 100 pct., 20 pct., 10 pct. og 5 pct. af den tidlige standardafvigelse målt i Femern Bælt henholdsvis i Østersøen (tabel 12.2-44).

Bølger

For bølger fokuseres på de mere dynamiske forhold, karakteriseret ved den signifikante bølgehøjde overskredet i 5 pct. af tiden (H_s (5pct)). Her anvendes trin adskilt ved 50 pct., 20 pct., 10 pct. og 2 pct. af den tidlige standardafvigelse målt i Femern Bælt, som er fundet til 1,35 m på station MS01.

Ovenstående procentsatser skal ses i sammenhæng med, at der ved f.eks. en ændring i middelværdien i en normalfordeling svarende til 20 pct. af standardværdien stadig vil være et overlap mellem den nye og den gamle fordeling på 92 pct., hvorimod 100 pct. ændring kun vil give et overlap på 60 pct. mellem de 2 fordelinger. De op til 20 pct. ændring repræsenterer således en begrænset ændring af det generelle hydrografiske regime. Dog anvendes skrappe kriterier for vandstand og bølger, da de afledte konsekvenser for disse parametre kan være større.

TABEL 12.2-4 Den tidlige standardafvigelse på hydrografiske parametre i Femern Bælt og i Østersøen

Indikatorer for subkomponenter	Standardafvigelse	
	Femern Bælt Station N01 1990 - 2007 eller MS02 (2009 - 2010)	Østersøen Station K02 Bornholm Bassin (1990 - 2007)
Vandstand	0,24 m (Gedser 2004 - 2009)	0,24 m (Gedser 2004 - 2009)
Strøm i overfladen (årsmiddel)	0,23 m/s (MS02 station 2009 - 2010)	(ikke anvendt)
Strøm ved bunden (årsmiddel)	0,09 m/s (MS02 station 2009 - 2010)	(ikke anvendt)
Saltholdighed i overfladen (årsmiddel)	3,2 psu	0,34 psu (middel for Østersø stationer)
Saltholdighed ved bunden (årsmiddel)	3,5 psu	1,1 psu
Temperatur i overfladen (årsmiddel)	5,7° C	5,8° C
Temperatur ved bunden (årsmiddel)	3,6° C	1,5° C
Temperatur ved bunden (sommerrmiddel)	2,3° C	(ikke anvendt)
Lagdeling (årsmiddel)	4,5 kg/m ³	0,8 kg/m ³
Lagdeling (sommerrmiddel)	2,8 kg/m ³	(ikke anvendt)

12.2.9 Vurdering af hydrografiske virkninger i Femern Bælt og Bælthavet

En sandsynlig men ikke givet følgevirkning af etableringen af den faste forbindelse er, at den nuværende færgedrift Rødbyhavn-Puttgarden indstilles. Derfor er analysen af de hydrografiske virkninger gennemført både for en fremtidig situation med og uden fortsat færgedrift.

Analyserne har vist, at effekten af færgedriften på hydrografien isoleret set er minimal. De nedenstående resultater er specifikke for situationen med en fremtidig fast tunnelforbindelse og opretholdelse af en færgedrift (tunnel + færge), men vurderes også at være gældende for en fremtidig situation uden fortsat færgedrift.

Scenarieanalyserne med lokalmodellen er gennemført på basis af generelle inputdata for det repræsentative år 2005 (figur 12.2-5). Den generelle procedure er, at modellen er afviklet for den historiske periode 2005 under forhold, repræsenterende 0-alternativet, og for de forhold, der gør sig gældende ved et tunnelprojekt. Ændringerne i de udvalgte indikatorer for subkomponenterne er herefter beregnet og klassificeret i forhold til virkningskriterierne.

Virkninger i driftsfasen

For kyst-kyst projektet er de fundne virkninger i driftsfasen på strømhastighederne primært lokale og af en beskeden størrelse (figur 12.2-9 og 12.2-12). Middelhastighederne af den varierende ind- og udgående strøm er reduceret omkring afslutningerne af opfyldningen på Lolland uden for færgehavnen og hen over beskyttelsesrevet med 0,02 - 0,06 m/s.

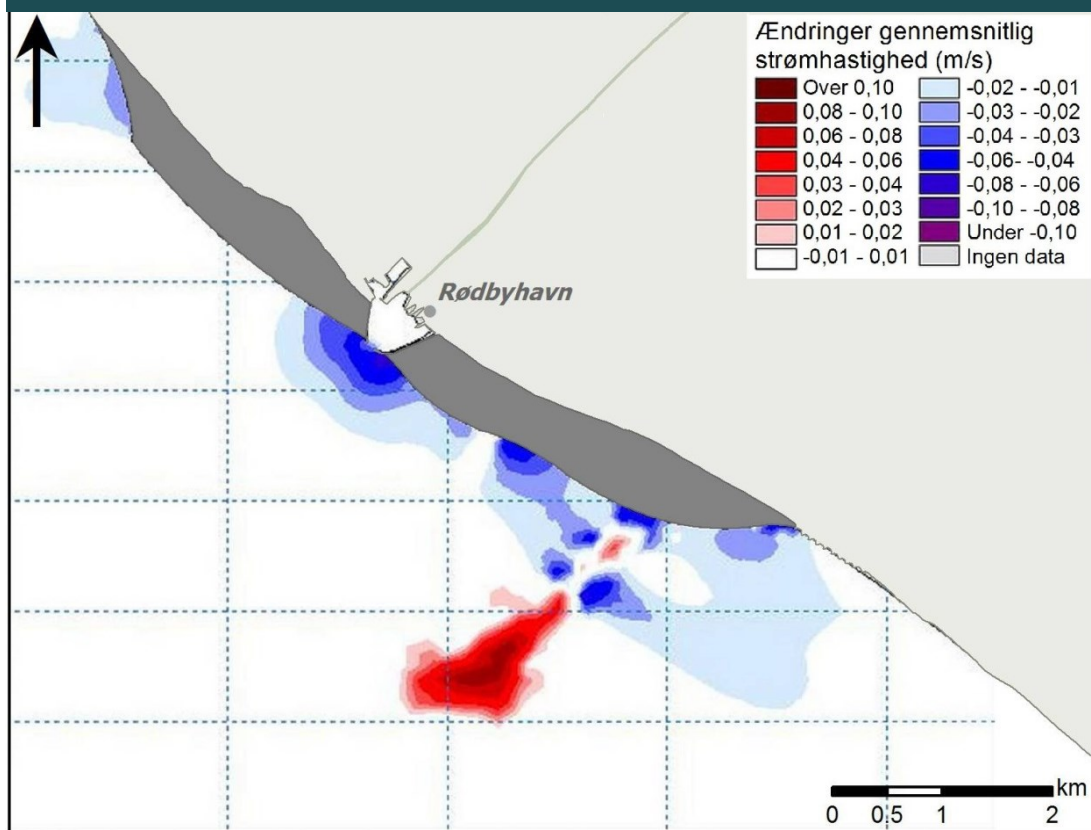
I den ydre del af adgangskanalen, og indtil denne genfyldes ved den naturligt forekommende transport af sand på havbunden, stiger strømhastighederne i overfladen i middel med op til 0,08 m/s, hovedsageligt på grund af lagdeling i en større del af tiden i den uddybede kanal. Strømhastigheden ved den nye dybereliggende bund i selve renden vil aftage i forhold til strømhastigheden ved den oprindelige bund. Ved Fehmarn reduceres hastighederne i middel op til 0,1 m/s tæt på rampen, men allerede på 500 m afstand er reduktionerne mindre end 0,03 m/s.

For de øvrige hydrodynamiske parametre er virkningen klassificeret som "ingen", jævnfør tabel 12.2-5, som opsummerer virkningerne på de enkelte komponenter. Der er således ikke fundet væsentlige ændringer i hverken vandstand, højvande, saltholdighed, temperatur eller lagdeling i Femern Bælt mv. fra projektets belastninger. Dette skyldes i høj grad også, at belastningerne kun sker på lavt vand langs kysten.

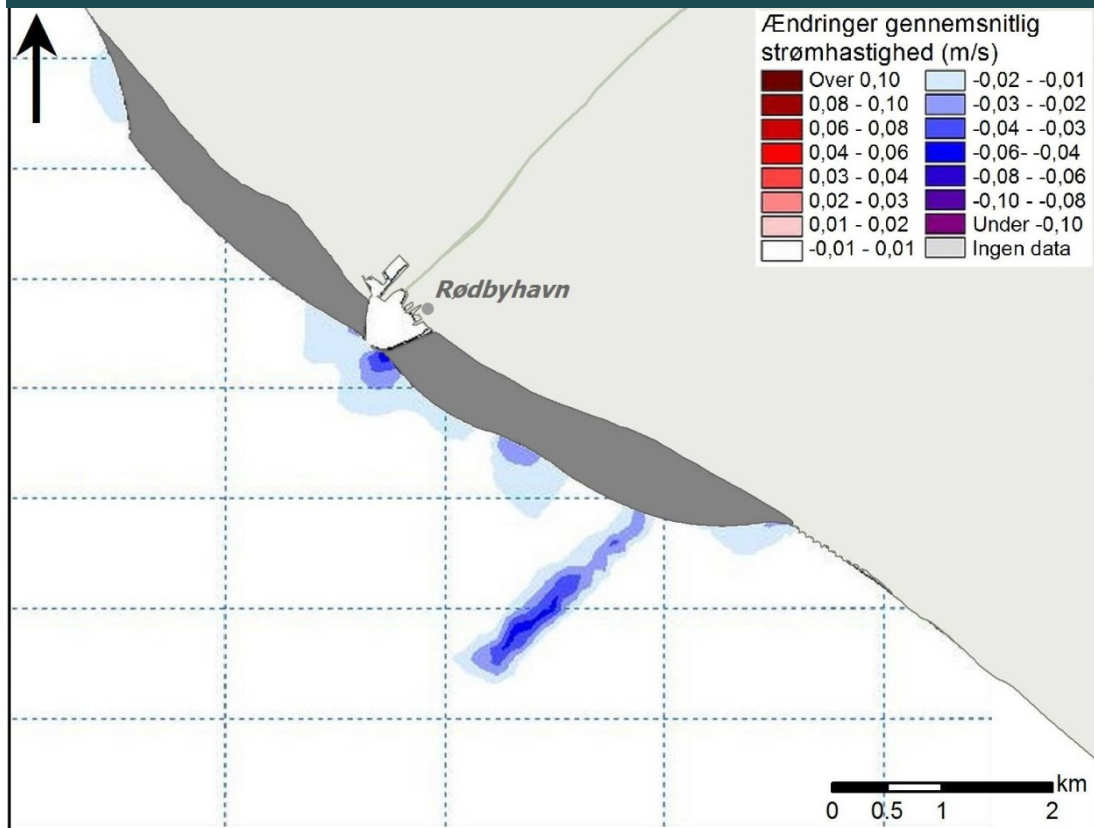
Virkningen på vandudvekslingen med Østersøen (opgjort ved Darss-tærsklen) er også vist i tabel 12.2-5. Dette parameter integrerer mange af de lokale effekter. Virkningen af det blivende tunnelanlæg er beregnet til -0,01 pct. for gennemstrømningen og 0,00 pct. for salttransporten. Dette er en minimal virkning og væsentlig mindre end usikkerhederne på 0-løsningerne for de faste forbindelser i Øresund og Storebælt (0,25 pct. henholdsvis 0,04 pct.).

Med denne minimale virkning på vandudvekslingen forventes der ingen virkninger på hydrografien i Østersøen for projektet. Derfor er der ikke gennemført en modellering af projektets virkninger på de hydrografiske og vandkemiske forhold i Østersøen med regionalmodellen.

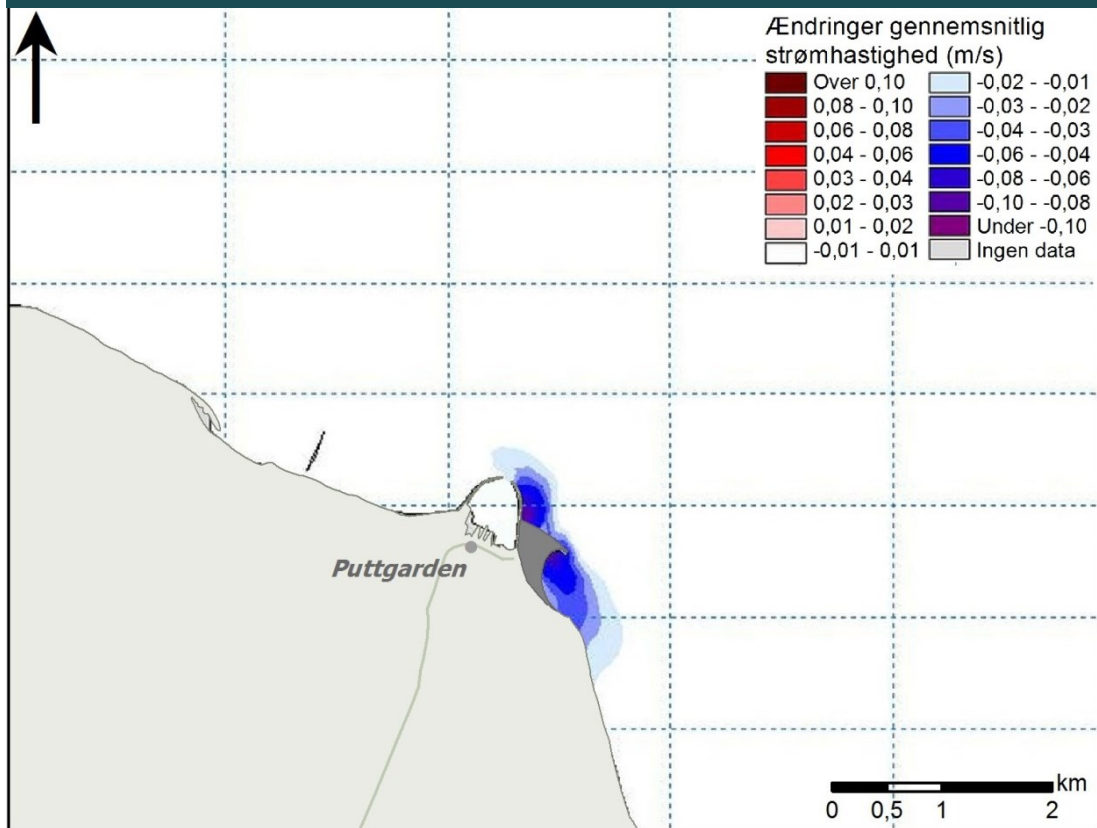
FIGUR 12.2-9 Modellerede virkninger på overfladestrømhastigheder ved Rødbyhavn for projektet i driftsfasen



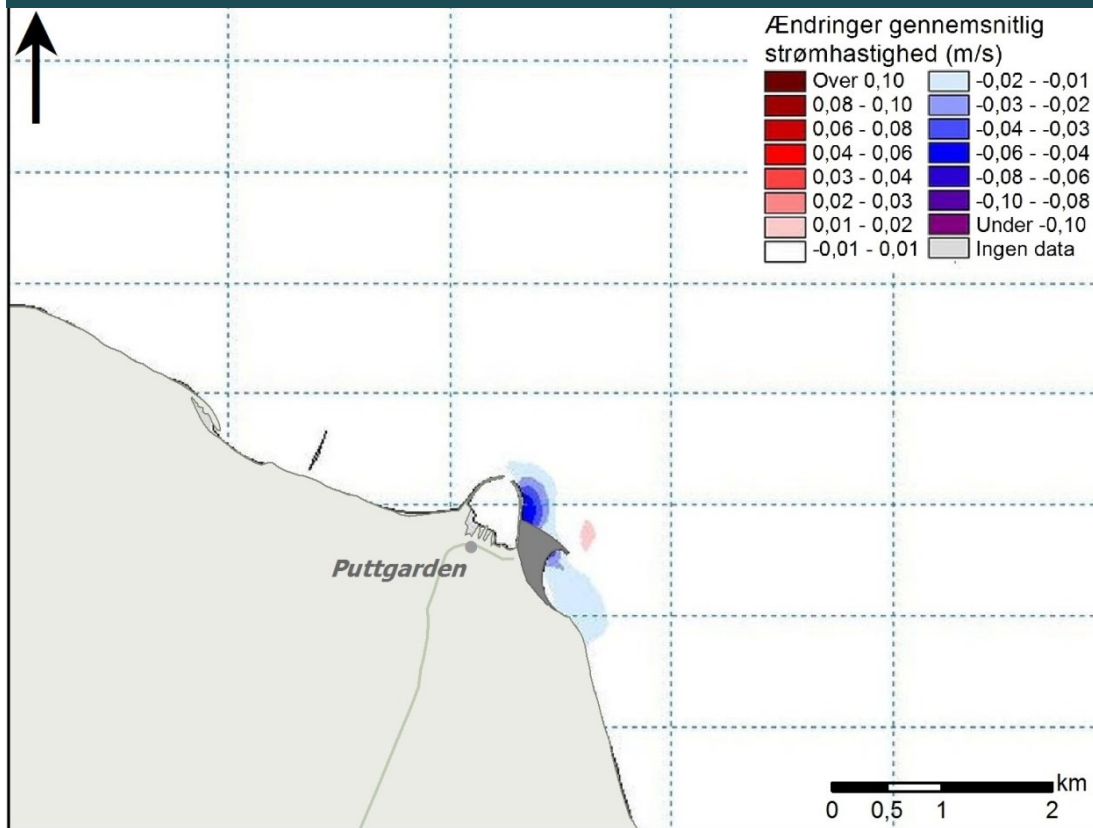
FIGUR 12.2-10 Modellerede virkninger på bundstrømhastigheder ved Rødbyhavn for projektet i driftsfasen



FIGUR 12.2-11 Modellerede virkninger på overfladestrømhastigheder ved Puttgarden i projektets driftsfase

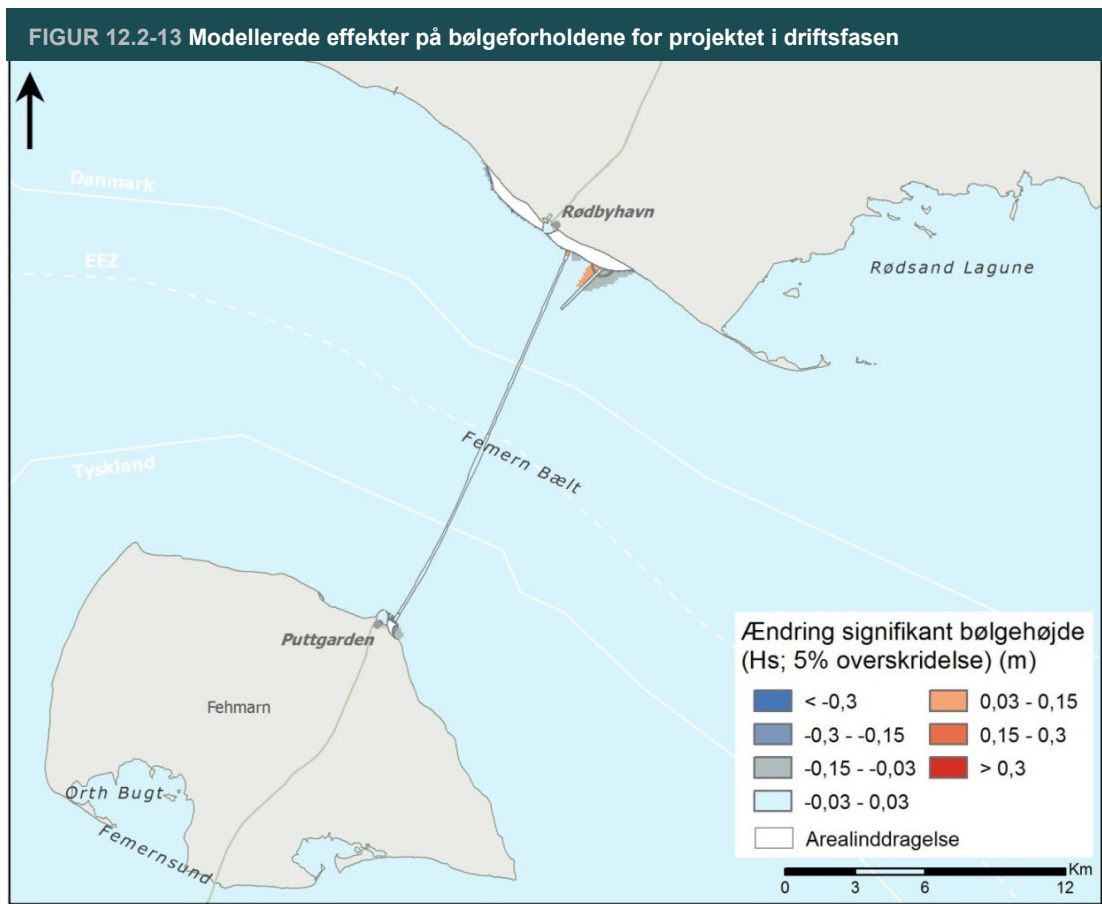


FIGUR 12.2-12 Modellerede virkninger på bundstrømhastigheder ved Puttgarden i projektets driftsfase



Resultater af bølgemodelleringen for de blivende dele af projektet er vist i figur 12.2-13. Her ses ved Lolland alene effekter lige omkring det nye landområde og ved adgangskanalen. Ved adgangskanalen stiger bølgehøjden en smule på den vestlige side, hvorfra de dominerende bølger kommer og aftager på østsiden. Ved Puttgarden ses et mindre område med reduceret bølgeklime lige øst for tunnelportalen.

De meget begrænsede effekter på bølgeforholdene på lige over $\pm 0,03$ m for H_s (5 pct.) har ingen betydning for hydrografien. De lokalt ændrede bølgeforhold og deres påvirkning af kystmorfologien er vurderet særskilt i afsnit 12.5.



Tabel 12.2-5 opsummerer virkningerne på de forskellige hydrografiske parametre.

TABEL 12.2-5 Oversigt over virkninger på de hydrodynamiske parametre i projektets driftsfase

Projektet sammenlignet med 0-alternativet	Øvre grænse for ændringer i lokalmodellens område	Standardafvigelse Station N01 Femern Bælt (1990 - 2007)	Grad af virkning/forringelse
Middelvandstand	Alle steder mindre end 0,0001 m	0,24 m (Gedser)	Ingen
Maksimal vandstand	Lokalt op til 0,0002 m, andre steder meget mindre	(kriteriebaseret på gentagelsesperiode)	Ingen
Vandskifte med Østersøen (ved Darss)	-0,01 pct.	(intet kriterium)	(ingen effekt for Østersøen)
Saltransport (ved Darss)	0,00 pct.	(intet kriterium)	(ingen effekt for Østersøen)
Strøm i overfladen (årsmiddel)	Lokalt uden for opfyldning op til $\pm 0,08$ m/s, andre steder mindre end $\pm 0,01$ m/s	0,23 m/s (MS02 station 2009 - 2010)	Helt lokalt lille til stor
Strøm ved bunden (årsmiddel)	Lokalt ved opfyldninger op til -0,06 m/s, ellers mindre end $\pm 0,005$ m/s	0,09 m/s (MS02 station 2009 - 2010)	Helt lokalt lille til middel
Saltholdighed i overfladen (årsmiddel)	Lokalt ved opfyldninger op til $\pm 0,1$ psu, andre steder mindre end $\pm 0,05$ psu	3,2 psu	Ingen
Saltholdighed ved bunden (årsmiddel)	Lokalt ved opfyldninger op til $\pm 0,2$ psu, andre steder mindre end $\pm 0,05$ psu	3,5 psu	Ingen
Temperatur i overfladen (årsmiddel)	Mindre end 0,05° C overalt	5,7° C	Ingen
Temperatur ved bunden (årsmiddel)	Mindre end 0,05° C overalt	3,6° C	Ingen
Temperatur ved bund (sommerrmiddel)	Mindre end 0,05° C overalt	2,3° C	Ingen
Lagdeling (årsmiddel)	Mindre end $\pm 0,04$ kg/m ³ overalt	4,5 kg/m ³	Ingen
Lagdeling (sommerrmiddel)	Mindre end $\pm 0,04$ kg/m ³ overalt	2,8 kg/m ³	Ingen
Bølgeklime (Hs (5 pct.))	Lige over $\pm 0,03$ m lokalt	(kriterium baseret på Hs (5 pct.) = 1,35 m)	Helt lokalt lille

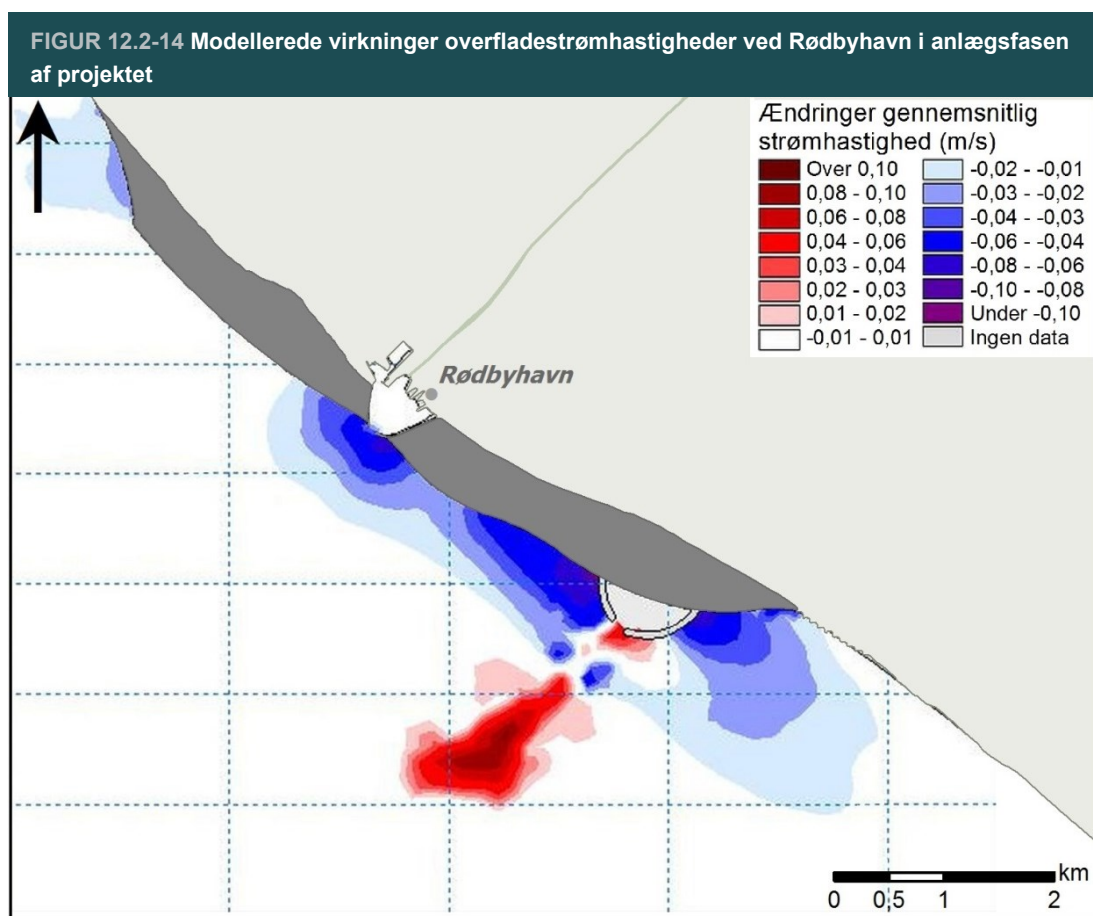
Hydrografiske virkninger i anlægsfasen

Der er også gennemført modellering af effekterne af de midlertidige havnekonstruktioner i anlægsfasen. Effekten på de lokale strømforhold ved opfyldningerne vil være lidt større, men stadig helt lokale omkring molerne (figur 12.2-14 og 12.2-15). Inde bag molerne i begge arbejds-havne vil strømhastigheden være reduceret til næsten nul.

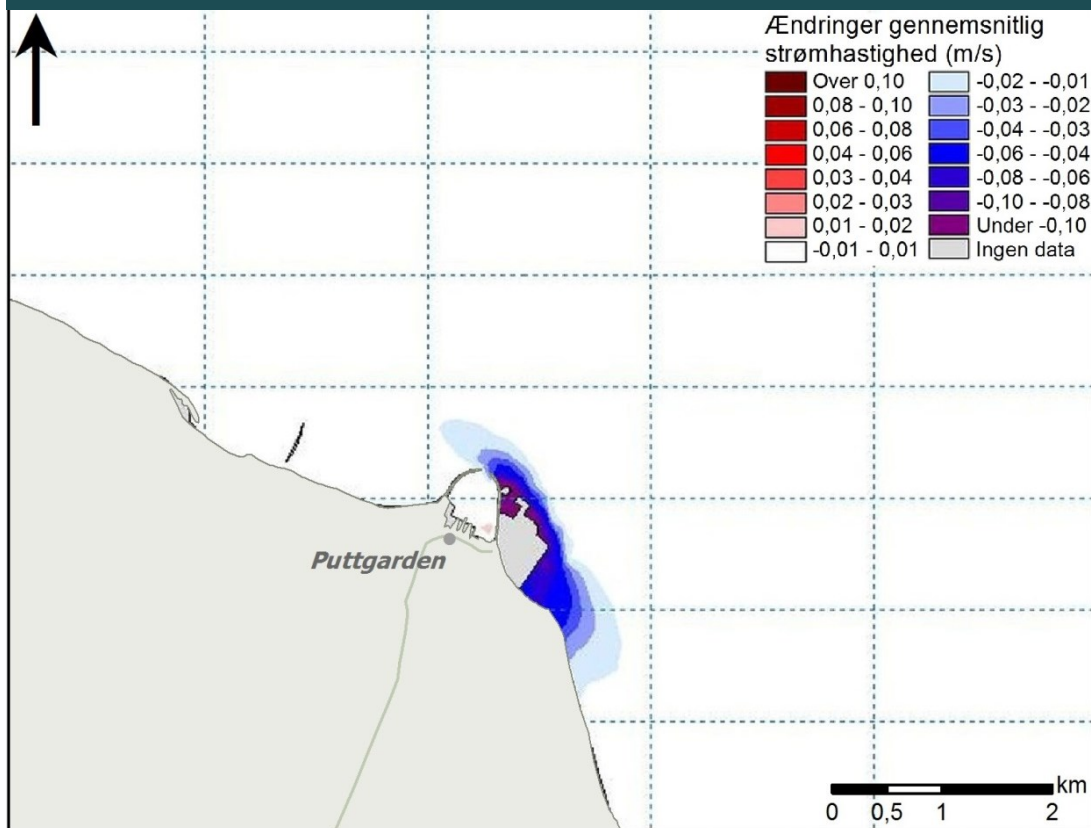
De øvrige komponenter i Femern Bælt påvirkes ikke af de midlertidige konstruktioner i nogen grad af betydning, gældende både for vandstand, lagdeling, saltholdighed og vandtemperatur.

Virksomheden på vandudvekslingen med Østersøen er fundet ligeledes at være minimal. Der vil således heller ikke i anlægsfasen være nogen virkning på hydrografien (eller følgeeffekter på de vandkemiske forhold) i Østersøen.

På baggrund af de meget begrænsede blivende virkninger på bølgeklimate, og de midlertidige strukturers begrænsede omfang i anlægsfasen, er der ikke gennemført en særskilt modellering af virkningerne på bølgeklimate i anlægsfasen. Som nævnt vil der omkring selve beskyttelsesværkerne for arbejdshavnene være en tendens til yderligere reduktion i bølgeklimate, dog vurderes det, at de blivende bølgeeffekter kan bruges som tilnærmelse også for anlægsfasens effekter på bølgerne.



FIGUR 12.2-15 Modellerede virkninger på overfladestrømhastigheder ved Puttgarden i anlægsfasen af projektet



Omfanget af virkninger på hydrografien i Femern Bælt og i Bælthavet i projektets driftsfase

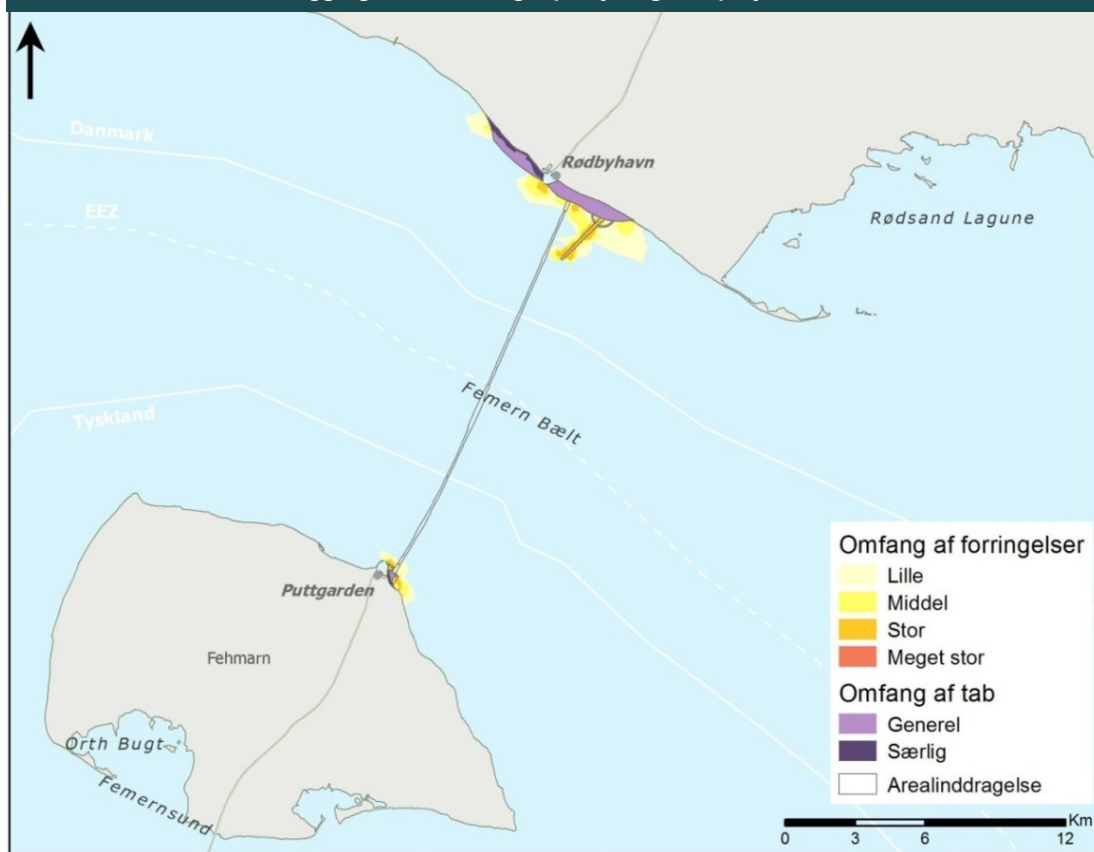
Der er lavet en aggregeret opstilling af det samlede omfang af de hydrografiske virkninger fra henholdsvis arealinddragelse og forringelse. Aggregeringen er gjort konservativt ved at anvende den højeste grad af forringelse i hvert punkt af de underliggende sub-komponenters grad af forringelse.

Resultatet er vist i figur 12.2-16 og i tabel 12.2-6 for projektet i driftsfasen. Det samlede område, hvor der i driftsfasen forventes at forekomme visse ændringer af de hydrografiske forhold som følge af projektet, er opgjort til 1.329 ha.

I hydrografisk sammenhæng er arealinddragelsen kun medregnet for de nye landområder, det vil sige områder, hvor havet helt forsvinder. Beskyttelsesrevet og uddybning indgår således ikke i arealinddragelsen under hydrografi. Det meste af tabet ligger inden for området med generel betydning. Dog er der to strandnære vandområder vest for Rødbyhavn og et øst for Puttgarden, som indregnes som af særlig betydning. I praksis kompenseres tabet begge steder med vandområder ved nye strande, som anlægges som en del af projektet, således at der reelt ikke bliver et tab.

Med hensyn til omfanget af ændringer/forringelser for hydrografien er der primært tale om små områder i umiddelbar tilknytning til de områder, hvor landopfyldningerne sker.

FIGUR 12.2-16 Kort over aggregerede virkninger på hydrografi i projektets driftsfase



Af tabel 12.2-6 fremgår det endvidere, at størstedelen af de hydrografiske virkninger ligger på dansk område og inden for den definerede nærzone på 500 m omkring projektet, og at resten af virkningerne ligger inden for den definerede lokalzone på ± 10 km omkring linjeføringen.

TABEL 12.2-6 Oversigt over det aggregerede omfang af virkninger på de hydrografiske parametre i Femern Bælt for projektet i driftsfasen

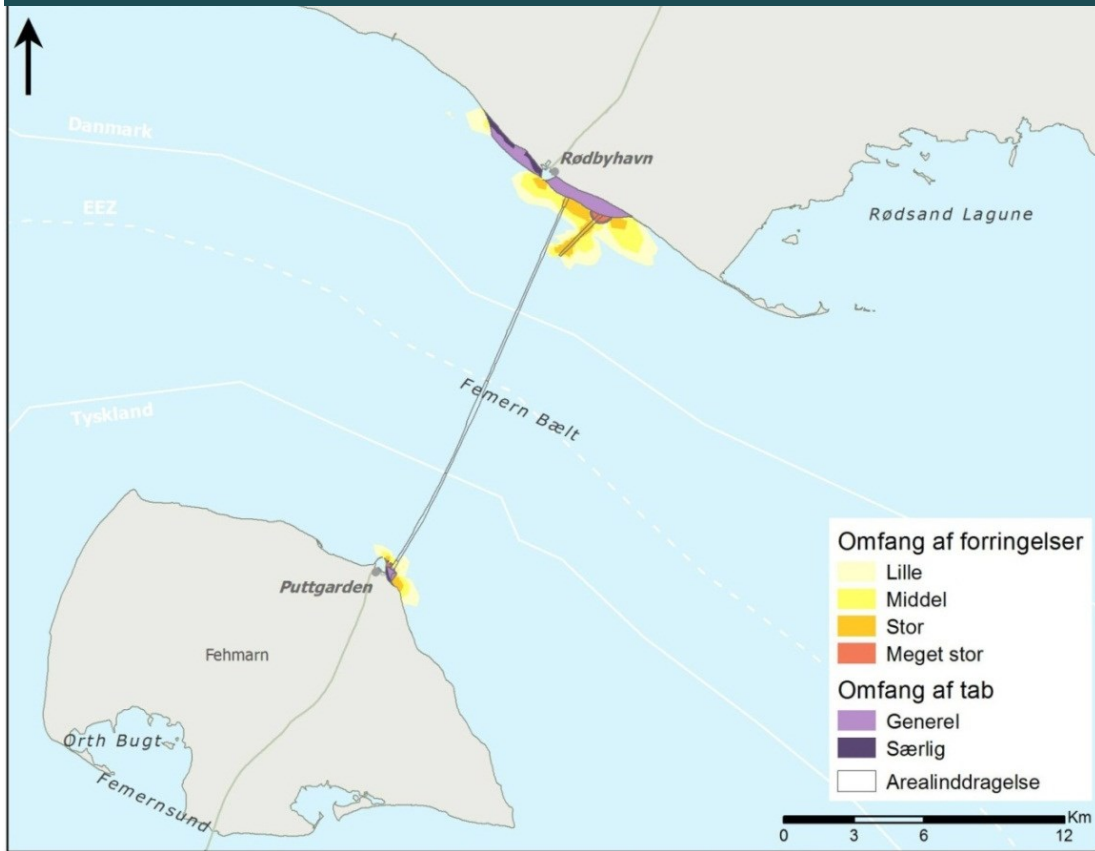
Omfang af permanente virkninger	Hydrografi for Tunnel					
	Totalt areal (ha) (DK/DE)	Forskellige delarealer (ha)				
		Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (excl. n.z.) (DK/DE)	Dansk National +EEZ	Tysk National	Tysk EEZ
Omfang af tab	-	-	-	-	-	-
Særlig	64 ¹	64 ¹	0	58 ¹	6 ¹	0
Generel	279	279	0	271	8	0
Totalt tab	343	343	0	329	14	0
Omfang af forringelser	-	-	-	-	-	-
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	136	65	71	114	22	0
Middel	274	199	75	235	40	0
Lille	575	211	364	497	78	0
Total forringelse	985	475	510	845	140	0
Totalt permanent	1.329 (0,2 pct.)	819 (34 pct.)	510 (1,3 pct.)	1.174	154	0
Reference areal	770.000 ²	2.440	39.006	-	-	-

Note: ¹⁾ Kompenseres med nye strandområder; ²⁾ Areal af vestlige Østersø (Femern Bælt mv.)

Omfanget af midlertidige virkninger i Femern Bælt og i Bælthavet

I anlægsfasen er omfanget af ændringer/forringelser lidt større på grund af specielt molerne ved produktionsanlægget på Lollandssiden, men der er tale om meget lokale virkninger. Omtrent ekstra 250 ha og 50 ha henholdsvis på dansk og tysk side forventes at være påvirkede i anlægsfasen. Det samlede omfang af tab og forringelser i anlægsfasen er vist i figur 12.2-17 og kvantificeret i tabel 12.2-7.

FIGUR 12.2-17 Kort over aggregerede virkninger på hydrografi i Femern Bælt i anlægsfasen for kyst-kyst projektet



TABEL 12.2-7 Oversigt over det aggregerede omfang af virkninger på de hydrografiske parametre i Femern Bælt i anlægsfasen for kyst-kyst projektet

Omfang af midlertidige virkninger	Hydrografi for Tunnel					
	Totalt areal (ha) (DK/DE)	Forskellige delarealer (ha)				
		Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (ekskl. n.z.) (DK/DE)	Dansk National +EEZ	Tysk National	Tysk EEZ
Omfang af tab	-	-	-	-	-	-
Særlig	60 ¹⁾	60	0	54	6	0
Generel	298	298	0	282	16	0
Totalt tab	359	359	0	336	22	0
Omfang af forringelser	-	-	-	-	-	-
Meget stor	23	20	0	20	3	0
Stor	212	136	69	187	24	0
Middel	416	179	240	373	43	0
Lille	636	170	466	521	115	0
Total forringelse	1,287	505	775	1,102	185	0
Totalt permanent	1,645 (0,2 pct.)	863 (35 pct.)	775 (2,0 pct.)	1,438	207	0
Reference areal	770.000 ²⁾	2.440	39.006	-	-	-

Note: Opgørelsen omfatter også de arealinddragelser der sker tidligt i anlægsfasen

1) Kompenseres med nye strandområder

2) Areal af den Vestlige Østersø (Femern Bælt mv.)

Tabel 12.2-8 resumerer det opgjorte omfang af projektets virkninger i såvel anlægs- og driftsfasen. De arealinddragelser, der medregnes i driftsfasen, medregnes også under anlægsfasens arealinddragelse, idet de fleste af disse etableres tidligt i anlægsfasen.

TABEL 12.2-8 Resume af omfang af virkninger på de hydrografiske parametre i Femern Bælt for kyst-kyst projektet

Hydrografi	Virkning på miljøet	Virkninger i driftsfasen (strukturer og drift)		Virkninger i anlægsfasen (inkluderer også projektets permanente arealinddragelser)	
		Arealinddragelse (ha)	Foringelse af miljøet (ha)	Arealinddragelse (ha)	Maksimal periode med midlertidige virkninger
Vurderede komponenter	Inddragelse af arealer med særlig eller generel betydning. Forringelser og deres omfang				
Maksimal vandstand	-	-	0	-	-
Hydrodynamiske komponenter og bølgeforhold	Meget stor (særlig)	64	0	80	6 år
	Stor	-	136	205	
	Middel (generel)	279	274	716	
	Lille	-	575	636	
Subtotal	Alle	343	985	1.638	
Total	Alle		1.329		1.638

12.2.10 Vurdering af hydrografiske virkninger i den centrale Østersø

Projektet vil ikke have nogen virkninger på de hydrografiske forhold i den centrale Østersø, idet der ikke er nogen påvirkning af vandskiftet med Østersøen.

12.2.11 Konklusion på projektets virkninger

Projektets virkninger på de hydrografiske forhold omfatter helt lokale og begrænsede ændringer for sub-komponenterne strøm og bølger samt et tab af kystvand til de nye landområder. De virkninger, der er beskrevet, er modelleret i en hydrodynamisk lokalmodel og er de aggregerede virkninger af samtlige relevante belastninger fra drift og anlæg af en sænketunnel.

For kyst-kyst projektet er de fundne virkninger i driftsfasen på strømhastighederne primært lokale og af en beskedent størrelse. Virkningen af det blivende tunnelanlæg er fundet til -0,01 pct. for gennemstrømningen og 0,00 pct. for salttransporten, hvilket ikke vil medføre virkninger på øvrige hydrografiske forhold, herunder vandstand og lagdeling i Femern Bælt eller påvirke vandudvekslingen eller tilførslen af saltvand til Østersøen.

Effekten på de lokale strømforhold ved opfyldningerne vil være lidt større i anlægsfasen, men stadig helt lokale omkring molerne. Inde bag molerne i begge arbejdshavne vil strømhastigheden være reduceret til næsten nul. De øvrige komponenter i Femern Bælt påvirkes ikke i anlægsfasen i nogen grad af betydning, gældende både for vandstand, lagdeling, saltholdighed og vandtemperatur. På baggrund af beregninger forventes der ingen regionale eller globale virkninger.

Det vurderes derfor, at der ikke vil være nogen væsentlig virkning på hydrografien i Femern Bælt ved anlæg og drift af en sænketunnel.

Projektets virkninger på hydrografien i Femern Bælt, i resten af Bælthavet og i hele Østersøen, og de i den sammenhæng relevante og analyserede hydrografiske indikatorer, vurderes derfor for

miljøfaktoren hydrografi at være ikke-væsentlige. De dokumenterede små og lokale ændringer af de hydrografiske forhold lægges dog til grund for vurderingen af mulige virkninger af de øvrige miljøforhold i projektområdet, herunder de kystmorfologiske forhold.

Den samlede vurdering af projektets virkninger på hydrografien er resumeret i tabel 12.2-9. Vurderingen gælder både for situationen med fortsat færgedrift og for en situation, hvor færge-driften ikke videreføres efter, at tunnelen er færdig.

TABEL 12.2-9 Samlet vurdering af hydrografiske virkninger af kyst-kyst projektet

Hydrografi komponenter	Virkninger af projektet	
	Virkninger i driftsfasen	Virkninger i anlægsfasen
Arealinddragelse	Meget begrænset	Meget begrænset
Maksimal vandstand	Ingen	Ingen
Øvrige hydrodynamiske komponenter	Strøm: Kun helt lokale virkninger Andre komponenter: Ingen	Strøm: Kun helt lokale virkninger Andre komponenter: Ingen
Bølgeforhold	Ingen	Ingen
Vandskifte med Østersøen	Ingen	Ingen
Forhold i Østersøen	Ingen	Ingen
Samlet vurdering af virkningernes væsentlighed	Ikke-væsentlige	Ikke-væsentlige

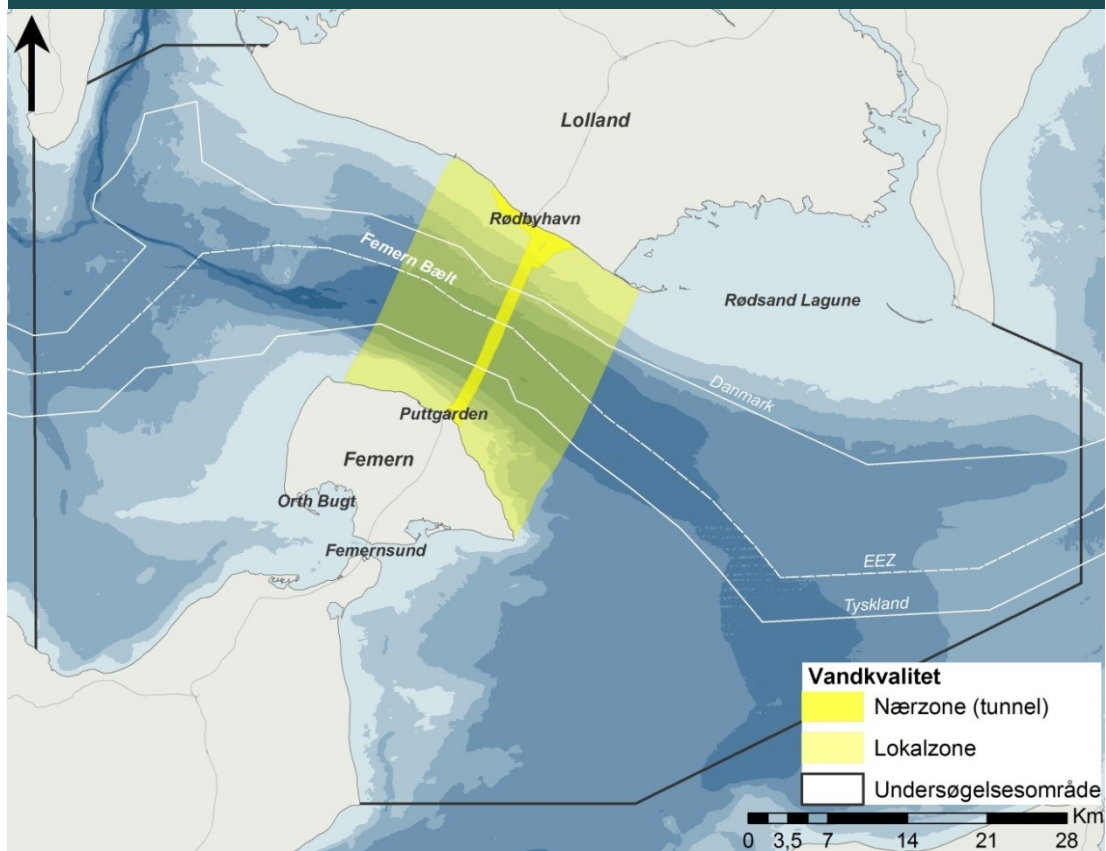
12.3 VANDKVALITET

Vandkvaliteten afspejler den miljømæssige kvalitet i bred forstand og kan ses som randbetingelser for vandlevende organismer og badevandskvaliteten. Vandkvaliteten påvirkes naturligt af de hydrografiske forhold, af stoftilførsler fra omgivende farvande og landområder, samt af udveksling med havbunden og atmosfæren.

Dette afsnit vedrører mulige væsentlige virkninger på vandkvalitet i både Femern Bælt og Østersøen som følge af anlæg og drift af en sænketunnel under Femern Bælt. Virkninger af eventuelle ændringer i vandkvalitet på plankton, bundflora, bundfauna og fisk, f.eks. som følge af mulige ændringer af iltforhold eller sigtdybde, behandles i de pågældende afsnit. Afsnittet indtager både den eksisterende viden om vandkvaliteten under de eksisterende forhold, og den foreliggende viden om vandkvalitetens påvirkning af øvrige, især marinbiologiske forhold. Således bygger kriterierne for iltkoncentrationer på kritiske grænseværdier for bundfaunaen.

Vandkvaliteten bestemmes af de hydrografiske forhold og af de forekommende naturlige og menneskeskabte tilledninger af faste og opløste stoffer. I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter, og de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Der beskrives også, hvilke projektoptimeringer, der vil blive implementeret for at forebygge negative virkninger på vandkvaliteten. Betydningen af de vurderede komponenter langs Lolland og Fehmarns kyst er kort beskrevet. I analysedelen beskrives følsomhed over for projektets belastninger, hvilke kriterier og metoder, der er anvendt i vurderingen og endeligt de konkrete virkninger på de vurderede komponenter, og om disse vurderes at være væsentlige. Der skabes endvidere sikkerhed for, at de på den måde dokumenterede virkninger yder det nødvendige grundlag for vurderingen af mulige afledte virkninger på øvrige miljøforhold. Området, hvor virkninger er vurderet i Femern Bælt, er angivet i figur 12.3-1.

FIGUR 12.3-1 Området for vurdering af virkninger af en sænketunnel på vandkvalitet



12.3.1 Vurderede komponenter

Marin vandkvalitet er en komponent under miljøfaktoren vand. De vigtigste sub-komponenter inden for vandkvalitet, som kan påvirkes af en sænketunnel, er næringsstoffer, miljøfarlige stoffer, iltforhold, suspenderet stof (vandets klarhed) samt badevandskvaliteten (tarmbakterier) (tabel 12.3-1).

TABEL 12.3-1 Komponenter og sub-komponenter under vandkvalitet, der indgår i miljøkonsekvensvurderingen

Faktor	Sub-faktor	Komponent	Sub-komponent
Vand	Havvand	Vandkvalitet	Næringsstoffer (kvælstofforbindelser, fosforforbindelser)
			Miljøfarlige stoffer (tungmetaller, svært nedbrydelige organiske forbindelser (HCB, PAH, TBT, PCB, DDT))
			Suspenderet sediment (sigtgybde)
			Iltforhold
			Badevandskvalitet (Tarmbakterier (E. coli, enterokokker) og sigtgybde)

12.3.2 Projektets belastninger

Virkningerne på vandkvalitet udløses af forskellige belastninger, som kan være specifikke for anlægsfasen og skyldes jordarbejder (opgravning og deponering af havbundsmateriale) eller knytter sig til driftsfasen og følger af arealinddragelse, herunder nye landområder, ændret udledning og fortynding af afvandings- og spildevand samt introduktion af faste strukturer og hårde overflader fra selve anlægget.

Arealinddragelse til nye landområder påvirker ikke vandkvaliteten direkte, fordi tab i vandkvalitet ikke kan opgøres i absolutte værdier, f.eks. i form af vægt eller antal. I tabel 12.3-2 er vist en oversigt over belastninger fra projektet, og hvordan disse kan påvirke de enkelte delkomponenter.

De væsentligste belastninger er midlertidige og lokale – det vil sige, at de ikke berører Østersøen i væsentlig grad - og er knyttet til sedimentspild i anlægsfasen.

Projektet påvirker vandkvaliteten direkte og indirekte (tabel 12.3-2). Direkte påvirkninger er:

- Frigivelse under gravearbejde af sediment, næringsstoffer (kvælstof og fosfor), miljøfarlige og iltforbrugende stoffer, som bl.a. kan være ophobet i havbundsmaterialets porevand
- Ændring af iltforhold, der er forårsaget af en større grad af blanding mellem overflade- og bundvand på grund af nye fysiske strukturer
- Udledninger af vand fra et muligt afsaltningsanlæg samt afvandings- og spildevand

Indirekte påvirkninger er:

- Reduktion af lysets nedtrængning i vandet (sigtdybden reduceres) som følge af frigivelse af sediment. Foringelse af lysforholdene kan have afledede effekter på iltforhold og koncentration af næringsstoffer i vandet, fordi planktonalgens og bundplanterens produktion nedsættes under forringede lysforhold
- En lavere iltproduktion ved bunden, fordi bundplanterens primærproduktion bliver lysbegrænset på grund af øget sediment i vandet

TABEL 12.3-2 Oversigt over direkte (D) og indirekte (I) belastninger og vandkvalitetskomponenter, der påvirkes af belastninger, samt mulige effekter af ændret vandkvalitet på planter og dyr i Femern Bælt og Østersøen

	Belastning	Sub-komponent	Mulige effekter
Anlægsfasen	Øget sediment i vandet	Næringsstoffer (D,I)	Øgning i næringsstofkoncentrationer kan føre til opblomstring af planktonalger og etårige alger.
		Miljøfarlige stoffer (D)	Miljøfarlige stoffer frigivet fra sediment kan påvirke plankton og øge dødeligheden af bundfauna.
		Iltkoncentration (D,I)	Reduktion i iltkoncentration som følge af frigivelse af iltforbrugende stoffer kan påvirke bundfaunaens vækst og overlevelse.
		Sigtedybde (I)	Reduktion i sigtedybde reducerer iltproduktion ved bunden samt væksten af bundplanter. Reduktioner kan også påvirke den æstetiske badevandskvalitet.
	Rejektvand fra afsaltning	Saltholdighed (D)	Påvirkning af marin biologi
Driftsfasen	Ændringer i hydrografien	Iltkoncentration (D)	Ændring af iltforhold ved bunden på grund af ændring i hydrografi.
		Nye hårde overflader	Faste strukturer kan øge arealet af makroalger, der muliggør en forøget iltproduktion.
	Udledninger af vand	Næringsstoffer (D)	Opblomstringer af alger (eutrofiering).
		Miljøfarlige stoffer (D)	Påvirkning af badevand og marin biologi.
		Tarmbakterier (D)	Påvirkning af badevand

Den største påvirkning af vandkvaliteten i anlægsfasen er spildet af finkornet materiale under etableringen af tunnelgraven, adgangskanaler og andre jordarbejder. Spredningen og aflejringen af sediment er modelleret detaljeret med afsæt i de beregnede mængder af spildt materiale, som beskrevet i afsnit 12.1 Belastninger. De modellerede scenarier for materialespild og spredningen af spildt materiale baserer sig på detaljerede oplysninger om gravning og deponering, det anvendte udstyr og timingen af gravningen og de øvrige jordarbejder. Det er primært etableringen af tunnelgraven, der giver sedimentspild.

Konsekvenser af frigivelse af miljøfarlige og iltforbrugende stoffer og virkningen af reduceret nedtrængning af lys i vandsøjlen er analyseret nærmere nedenfor.

En række belastninger er vurderet at være så små, at de er ubetydelige, og de beskrives derfor kun kort nedenfor. Disse belastninger vil ikke blive behandlet yderligere i analysen af virkninger.

Frigivelse af næringsstoffer fra sediment er undersøgt i laboratoriet, og der er beregnet gennemsnitlige daglige belastninger på 1 kg uorganisk kvælstof og 4 kg fosfat-P ved en graveintensitet på 40.000 m³/d, hvilket er den maksimale daglige graveintensitet. Sammenlignet med tilførsler fra land og transport fra Østersøen og Storebælt under de eksisterende forhold (ca. 500 t N, 70 t P) er bidraget fra sedimentet ubetydeligt. De frigivne næringsstoffer vurderes hverken særskilt eller som tillæg til den øvrige pulje af næringsstoffer at kunne medføre en væsentlig virkning på vandkvaliteten, hvorfor frigivelse af næringsstoffer ikke er vurderet yderligere.

Analysen af mulige påvirkninger fra nye hårde overflader har vist, at de er ubetydelige for vandkvaliteten, og der foretages derfor ikke en særskilt vurdering heraf. Analyser af den øgede iltkoncentration, som dannes på grund af større primærproduktion, når makroalger etablerer sig på de nye strukturer, eller det øgede iltforbrug, som kan forekomme, når muslinger etablerer sig på nye strukturer, har vist, at virkningen i et område med stor vandudskiftning som Femern Bælt er ubetydelig og ikke væsentlig for vandkvaliteten.

De hydrografiske virkninger fra tunnelopfyldninger mv. er vurderet til at være minimale og kun af lokal udstrækning lige omkring de nye landområder på relativt lavt vand (afsnit 12.2 Hydrografi). Der vurderes derfor ikke at være nogen målbare virkninger fra hydrografien på vandkvaliteten i driftsfasen. Ligeledes er det vurderet i afsnit 12.2, at der ved en sænketunnel ikke er nogen virkning på vandudvekslingen med Østersøen, hvorfor hydrografien og vandkvaliteten i Østersøen ikke påvirkes i driftsfasen.

Hvis det vælges at afsalte havvand til tunnelelementproduktionen vil der ske en udledning af såkaldt rejktvand med forhøjet saltholdighed (tabel 12.3-2). Udledningen vil, når den er maksimal, være på ca. 1 m³/s (3. år i anlægsfasen; i andre år mindre end 0,5 m³/s). Vandet udledes sammen med afvandings- og spildevand. Rejktvandet fortyndes derfor inden udledning til havet og vurderes ikke at påvirke de hydrografiske og vandkemiske forhold i havet.

Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet og de eksisterende belastninger for vandkvaliteten er beskrevet i afsnit 10.1.2 Vandkvalitet. Det er især miljøfarlige stoffer og eutrofiering, der er relevante i forhold til mulige kumulative virkninger fra eksisterende belastninger på vandkvaliteten.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af de anvendte vurderingskriterier.

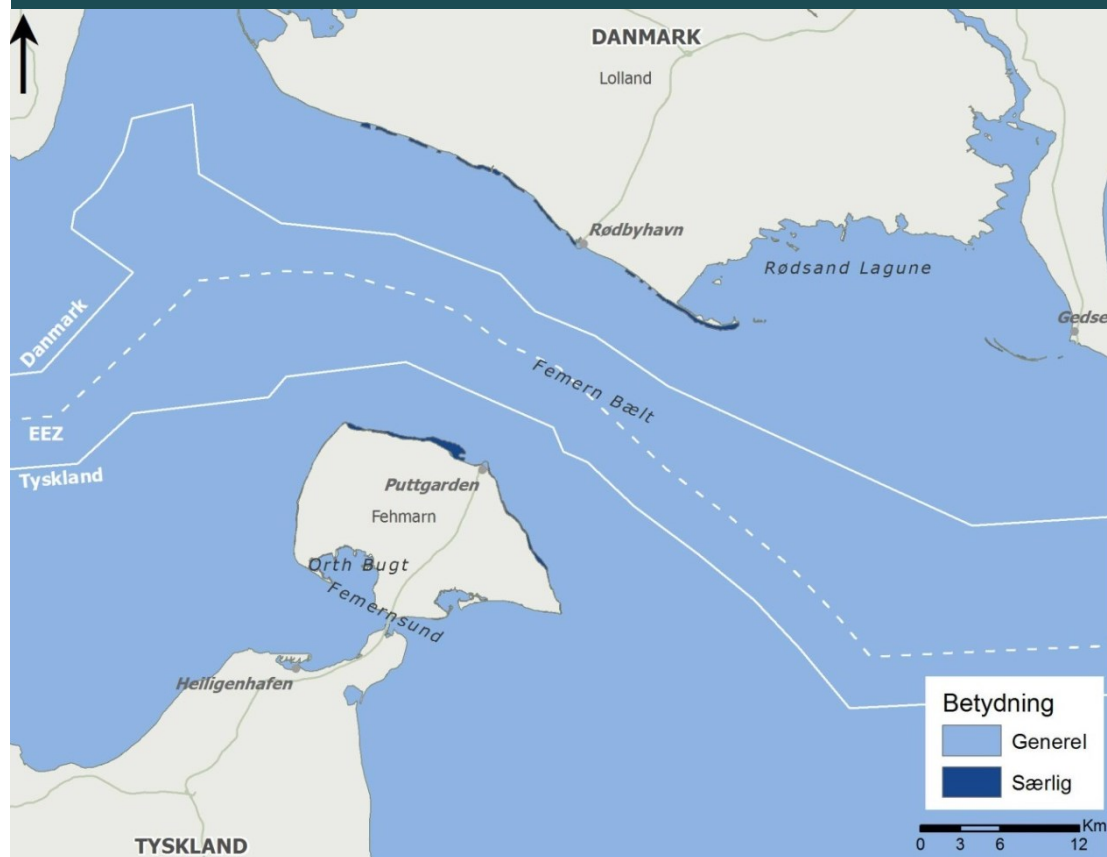
12.3.3 Afværgeforanstaltninger inkluderet i design

En række afværgeforanstaltninger er indarbejdet i projektets design og i valget af anlægsarbejdets udførelse med det sigte at undgå eller minimere virkninger på miljøet. Foranstaltningerne vedrørende vandkvaliteten omfatter optimeringer af gravearbejdet, så spildet af materiale reduceres, og behandling af spildevand og anden afstrømning som følger af projektet, på en sådan måde, at projektet ikke vil medføre en væsentlig negativ virkning på vandkvaliteten i Femern Bælt.

12.3.4 Betydning

Klassificeringen af vandkvaliteten er baseret på miljøkomponentens funktionelle værdi og er på det grundlag opdelt i to niveauer. Vandkvaliteten har en særlig betydning på lave vanddybder (under 3 m) (figur 12.3-2), bl.a. fordi kvaliteten af badevand skal tages i betragtning, herunder vandets klarhed og indhold af tarmbakterier. Alle andre områder er vurderet til at være af generel betydning for vandkvaliteten.

FIGUR 12.3-2 Områder af særlig og generel betydning for vandkvalitet



12.3.5 0-alternativet

Et 0-alternativ og en dertil knyttet fortsat udvikling af færgedriften i området vurderes ikke, hverken i projektets anlægsfase eller driftsfase, særskilt at påvirke vandkvaliteten sammenlignet med de eksisterende forhold. Det vurderes derfor at være korrekt at vurdere projektets miljøkonsekvenser med udgangspunkt i de eksisterende forhold. Disse er beskrevet i kapitel 10.

12.3.6 Vurdering af virkninger på vandkvalitet

Overordnet er opgørelse af belastninger og virkninger på vandkvaliteten i videst muligt omfang baseret på kvantitative metoder og suppleret med eksisterende viden om de forskellige komponenters sårbarhed over for belastninger.

Virkningen af de væsentlige belastninger kvantificeres som ændringer i vandkvaliteten ved at kombinere belastningers størrelse med sårbarhed af de forskellige vandkvalitetskomponenter over for belastningen.

12.3.7 Sårbarhed

Komponenternes sårbarhed over for projektets belastninger er generelt bestemt af dosis-responsrelationer. En reduceret tilgængelighed af lys forårsaget af spildt sediment er således integreret i de dynamiske modeller i form af dosis-respons mellem f.eks. algers vækst og iltproduktion (respons) og intensitet af lys (dosis).

12.3.8 Vurderingskriterier

Miljøfarlige stoffer

For miljøfarlige stoffer frigivet fra sedimentet under gravearbejdet anvendes kriterier fastsat af EU (europæiske miljøkvalitetsstandarder – (EQS, der omfatter Liste 1 stoffer) eller af Miljøstyrelsen (vandkvalitetskriterier (VKK) for Liste 1 og 2 stoffer). De danske vandkvalitetskriterier er blandt de mest restriktive i EU. Der foreligger EQS eller VKK værdier for 25 af de miljøfarlige stoffer, som er påvist i sedimentet i Femern Bælt (tabel 12.3-3).

TABEL 12.3-3 Miljøkvalitetsstandarder (EQS) fastsat af EU og danske vandkvalitetskriterier (VKK). De mest restriktive kriterier er anvendt

Stof (µg/l)	EU EQS Liste 1		Dansk VKK (i høring) Liste 1 og 2	
	Årligt gennemsnit	Max tilladte	"Generel"	Max tilladte
As	-	-	0,11a)	1,1a)
Ag	-	-	0,2a)	1,2a)
Cd	0,2	0,45	-	-
CrIII	-	-	3,4	124
CrIV	-	-	3,4	17
Hg	0,05	0,07	-	-
Ni	20	-	0,23a)-3	6,8
Pb	7,2	-	0,34	2,8
Zn	-	-	7,8a)	8,4a)
TBT			0,0002	0,0015
Total DDT	0,025	-	0,002	-
p,p-DDT	0,01	-	-	-
HCB	0,01	0,05	-	-
Napthalen	1,4	-	-	-
Acenaphthalen	-	-	0,39	3,8
Acenaphthylen	-	-	0,13	3,6
Anthracen	0,1	0,4	-	-
Dibenz(a,h)anthracen	-	-	0,00014	0,018
Benz(a)anthracen	-	-	0,0012	0,018
Benzo(a)pyren	0,05	0,1	-	-
Benzo(b)fluoroanthen	0,03	-	-	-
Benzo(k)fluoroanthen	0,03	-	-	-
Benzo(g,h,i)perylene	0,002	-	-	-
Chrysen	-	-	0,0014	0,014
Phenanthren	-	-	1,3	4,1
Pyren	-	-	0,0017	0,023

Note: Prioriterede stoffer (Liste 1) og andre miljøfarlige stoffer (Liste 2) påvist i sedimenter i Femern Bælt
a) "tilføjet koncentration" dækker over den ekstra koncentration, som punktudledning giver anledning til

Det årlige gennemsnit af miljøkvalitetsstandarder og de generelle vandkvalitetskriterier udtrykker den højeste koncentration af et stof, som et akvatisk økosystem kan tåle (uden negative virkninger) under en kontinuerlig eksponering, mens kriterierne for det maksimalt tilladte er udviklet for at beskytte økosystemer mod kortvarige (af få dages varighed) eksponeringer.

Standarderne og kriterierne angivet i tabel 12.3-3 skal ses i forhold til "baggrundskoncentrationen" af de enkelte stoffer i Femern Bælt. Bortset fra tungmetaller kender man ikke vandkoncentrationerne af stofferne, men koncentrationerne formodes at være meget lave. For metallerne Cd, Hg, Pb og Zn ligger baggrundskoncentrationen mellem 10 (Zn) og 200 (Hg) gange lavere end de laveste kriterier vist i tabel 12.3-3. I praksis kan man derfor se bort fra "baggrundskoncentrationerne" og alene basere vurderinger på den del, der friges under gravearbejdet.

Den administrative praksis i Danmark baseres på to koncentrationsniveauer: Generel VKK og maksimal tilladte VKK (tabel 12.3-3), samt på, at stofferne vurderes enkeltvist. Samme praksis bruges i resten af EU.

Projektets vurderingskriterier tager udgangspunkt i den laveste grænse, hvor ingen af stofferne på noget tidspunkt overskrider de laveste standarder angivet i tabel 12.3-3. Dette er i overensstemmelse med dansk praksis, og hvis dette overholdes, betragtes virkningen som ubetydelig. Stigende grad af virkning forventes, hvis ét stof eller flere overskrider de gældende standarder eller kriterier. Samtidig forekomst af stoffer med samme eller forskellige virkemekanismer kan give anledning til såkaldte "cocktail"-effekter. Sådanne effekter er ikke udmøntet i egentlige kriterier, men mulige cocktail-effekter vil blive vurderet i de konkrete tilfælde.

Iltkoncentration

Bundfaunasamfund i Femern Bælt, som lever på større dybder, hvor vandet er lagdelt og adskilt af et springlag (det vil sige, at der findes et lag af mere saltholdigt vand ved bunden, under det brakke overfladevand,) udsættes for sæsonmæssige ilt-sænkninger, hvor iltindholdet typisk når ned til 2,5 mg O₂/l i sensommeren, mens bundsamfund på lavere dybde uden lagdeling/springlag sjældent eller aldrig oplever iltkoncentrationer under 5 - 6 mg O₂/l. Det antages derfor, at samfundene i dybe områder er mindre sårbare over for iltreduktioner end samfund på lavere dybder. Dette forhold bekræftes af bundfaunaundersøgelserne i efteråret 2010, hvor der i de dybe områder kun var svage effekter af meget kraftigt iltvind (< 0,5 mg O₂/l) af flere dages varighed.

Der foreligger en omfattende dokumentation af virkninger forårsaget af lave iltkoncentrationer på individer og arter i kontrollerede laboratorieundersøgelser og på samfund, der har været ramt af iltvind. Disse undersøgelser er ikke umiddelbart sammenlignelige, især fordi iltvind i naturen ofte forekommer samtidigt med frigivelse af giftigt svovlbrinte fra havbunden, mens det i laboratorieforsøg alene er effekten af lave iltindhold, der bestemmes. Udover koncentrationer har også varigheden af ilt-sænkninger en betydning, men her er vores viden betydeligt mindre sammenlignet med viden om forskellige arters følsomhed.

Kriterierne for iltkoncentrationer bygger på kritiske grænseværdier for bundfaunaen; under 5,7 mg O₂/l kan man forvente, at mobile dyr (fisk og krebsdyr) begynder at flygte, ved koncentrationer under 4 mg O₂/l vil omkring halvdelen af mobile arter flygte eller påvirkes på anden vis, ca. halvdelen af krebsdyrarterne påvirkes ved forbigående ilt-sænkninger (timer-dag), og larvestadier hos en mindre del af muslingearterne vil begynde at dø inden for 2 - 4 dage. Ved 2,5 mg O₂/l kan man forvente ikke-dødelige effekter hos en stor del af bløddyrarterne efter 3 - 10 dage.

Selv den mest sårbare bundfauna, som krebsdyr, kan overleve kortvarige ilt-sænkninger uden mén, men med stigende varighed af ilt-sænkninger øges påvirkningen. Derfor indgår varigheden af lave iltkoncentrationer også som en del af kriterierne (tabel 12.3-4).

TABEL 12.3-4 Kritiske iltkoncentrationer (opløst ilt: DO) og deres virkning på iltforholdene i områder uden springlag/lagdeling

Varighed (dage)	DO \geq 2,5 mg/l	2,5 < DO \leq 4 mg/l	4 < DO < 5,7 mg/l	DO \geq 5,7 mg/l
10 - ∞	Meget stor	Meget stor	Stor	Ubetydelig
3 - 10	Stor	Stor	Middel	Ubetydelig
1 - 3	Middel	Middel	Lille	Ubetydelig
< 1	Middel	Lille	Ubetydelig	Ubetydelig

For vandkvaliteten i dybe områder med lagdeling, inkl. Østersøen, er virkningen vurderet på basis af reduktioner i iltkoncentrationerne i sensommeren (juli - september), som er den kritiske periode for bundfauna, fordi ilten under de eksisterende forhold når ned på 2 - 3 mg O₂/l i et gennemsnitsår, mens der i visse år som i 2010 kan optræde betydeligt lavere koncentrationer. Intervaller og grænser er baseret på statistik af monitoringsdata (20 år) af ilt i bundvandet i Femern Bælt og Østersøen (tabel 12.3-5).

TABEL 12.3-5 Kriterier for kritiske reduktioner i iltkoncentrationer(DO) og deres påvirkning af iltforholdene i dybe områder med springlag/lagdeling. Kriterier baseret på analyse af monitorings- og modeldata (FEHY-FEMA 2013, FEHY 2013)

DO-red > 1,5	1,5 > DO-red > 0,6	0,6 > DO-red > 0,3	0,3 > DO-red > 0,15	0,15 > DO-red
Meget stor	Stor	Middel	Lille	Uden betydning

Sigt dybde

Vandets gennemsigtighed er vigtig især for bundplanter, fordi vækst og iltproduktion afhænger af mængden af lys ved bunden. Vandets gennemsigtighed kan f.eks. udtrykkes ved sigt dybden. Kortvarige reduktioner i sigt dybden er naturligt forekommende bl.a. under storme, og denne effekt er uden væsentlig betydning. Længerevarende forringelser (inden for en vækstsæson, over flere vækstsæsoner) i sigt dybden kan føre til reduceret udbredelse og biomasse af bundplanter, grundet den akkumulerende effekt af nedsat vækstrate.

Kriterier for vurdering af omfang af forringelsen af sigt dybde tager udgangspunkt i afvigelser (i pct.) fra årsgennemsnit udregnet på basis af tidsserier af overvågningsdata (2009 - 2010) fra Femern Bælt og Østersøen. I Femern Bælt ligger den naturlige variation inden for \pm 10 pct. defineret ved variationskoefficienten (Standardafvigelse/Gennemsnit), mens den naturlige variation i den åbne del af Østersøen er langt lavere.

I beregningerne af lysdæmpningen som følge af projektets sedimentspild og påvirkning af sigt dybden er lysdæmpningsspecifikationerne valgt i den absolut høje ende af forsøgsresultaterne, hvilket resulterer i et konservativt og mere sikkert grundlag for vurderinger af mulige afledte marinbiologiske virkninger.

Der er opstillet to sæt kriterier: Ét korttids, som relaterer sig til virkninger i anlægsfasens forskellige år gældende for Femern Bælt, og ét sæt kriterier, der relaterer til virkninger i driftsfasen primært gældende for Østersøen. Det betyder, at forringelser i anlægsfasen, som er lavere end 10 pct. af sigt dybden under de eksisterende forhold, vurderes at være uden betydning. Forringelser, der er relateret til Femern Bælt-forbindelsens blivende strukturer, og er lavere end 1 pct. af et årsgennemsnit, vurderes også at være uden betydning. Ved større reduktioner i sigt dybden øges graden af påvirkning successivt (tabel 12.3-6).

TABEL 12.3-6 Kriterier anvendt til at opgøre virkningen på sigtdybden i Femern Bælt og Østersøen i anlægsfasen og i driftsfasen. For både anlægs- og driftsfasen opgøres virkninger årligt

Komponent		Kriterier				
Sigt dybde		Meget stor	Stor	Middel	Lille	Uden betydning
	Anlægsfase	> 50 pct.	30 - 50 pct.	30 - 20 pct.	20 - 10 pct.	< 10 pct.
	Driftsfasen	> 20 pct.	4 - 20 pct.	2 - 4 pct.	1 - 2 pct.	< 1 pct.

Badevandskvalitet

Formelt bestemmes kvaliteten af badevand ud fra vandets indhold af fækale colibakterier (*E. coli*, tarmbakterier) og enterokokker (fækale streptokokker). Grænseværdier og hyppighed af prøvetagning er fastlagt i EU's badevandsdirektiv (BD) fra 2006 og i en dansk bekendtgørelse fra 2012. Kvaliteten af badevand karakteriseres ved fire koncentrationsniveauer af de to typer bakterier (tabel 12.3-7). Kriterierne gælder for fireårige perioder, og vurderingen skal ske på basis af statistiske beregninger baseret på kontrolmålinger fordelt over badevandssæsonerne.

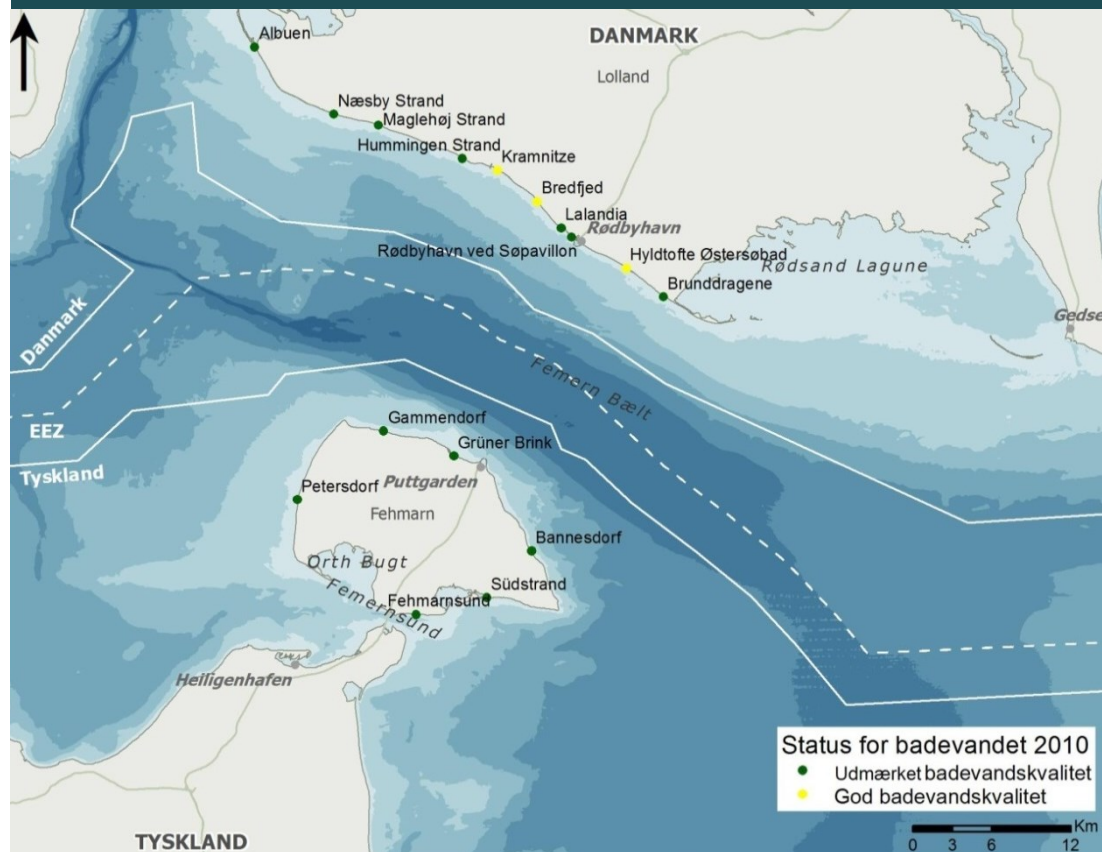
TABEL 12.3-7 Grænseværdier for badevandets indhold (antal pr 100 ml) af fækale bakterier for fire niveauer af badevandskvalitet fastlagt i badevandsdirektivet (Bekendtgørelse nr. 939 af 18/9/2012).

Bakterie	Kriterier			
	Udmærket	God	Tilfredsstillende	Ringe
<i>E. coli</i>	250*	500*	500**	>500**
Enterokokker	100*	200*	185**	>185**

Note: Skal overholdes i 95 pct. af tiden *) Skal overholdes i 90 pct. af tiden

Badevandskvaliteten ved de 16 officielle strande i Femern Bælt (status for badevandskvaliteten i 2010 er vist i figur 12.3-3) er overvejende "udmærket" til "tilfredsstillende". Der findes kun ét eksempel på en tilstand, der ikke opfylder kriterierne for tilfredsstillende badevandskvalitet i løbet af fire års målinger (2007 - 2010) svarende til samlet opfyldelse af tilstrækkelig god badevandskvalitet i ca. 99 pct. af de foretagne målinger for de 16 strande set under ét og med en udmærket badevandskvalitet i 84 pct. af de årlige bestemmelser.

FIGUR 12.3-3 Placering af badestrande i Femern Bælt og deres badevandskvalitet i 2010



Gravearbejde, ændrede udledninger samt flytning af spildevandsudledning kan potentielt påvirke forekomsten af fækale bakterier ved de konkrete strande og derved forringe badevandskvaliteten.

I forbindelse med udarbejdelsen af projektets endelige design og den fremtidige udledning af afvands- og spildevand til Femern Bælt vil der i forhold til de eksisterende udledninger ske en fornyet vurdering af udledningernes mængde og vandkvalitet. Udledningen vil ske på en sådan måde og i en sådan afstand fra kysten, at den lever op til de gældende krav og sammenlignet med de eksisterende forhold ikke vil give anledning til væsentlige virkninger på badevandskvaliteten i området. I nærværende VVM-redegørelse er badevandsbekendtgørelsens kriterier anvendt for enkeltbegivenheder, og der er dermed tale om en konservativ vurdering.

I anlægsfasen kan udgravnings- og opfyldningsarbejde medføre forringelser i vandets gennemsigtighed langs kysterne, og dette kan påvirke badegæsters brug af de enkelte strande.

Da badevandsdirektivet ikke angiver grænseværdier for badevandets gennemsigtighed, er omfanget af forringelsen vurderet på basis af kriterier udviklet i New Zealand. Kriterierne er baseret på interviewundersøgelser af, hvornår badegæster fravælger strande med uklart vand.

Her kunne man sammenholde badegæsters benyttelse af strande med vandets uklarhed bestemt ved sigtdybden. Ved sigtdybder lavere end 1,5 m fravalgte ca. 50 pct. af badegæster strandene, mens de var indifferente, blot sigtdybden var højere end 2,75 m. For at tage højde for, at danske og tyske badegæster kan være mere kritiske, er der indført endnu en grænse ved 5 m, og samtidigt er varigheden af forringede forhold inkluderet i definitionen af kriterierne. De anvendte kriterier fremgår af tabel 12.3-8.

TABEL 12.3-8 Kriterier anvendt til at vurdere virkningen på badevandskvalitet som følge af mindre gennemsigthed i vandet. Varigheden angiver pct.-delen af badesæsonen (1. juni – 31. august)

Varighed (pct.)	Sigtdybde (m)			
	< 1,5	1,5 – 2,75	2,75 - 5	>5
100	Meget stor	Stor	Middel	Ubetydelig
50	Stor	Middel	Lille	Ubetydelig
25	Middel	Lille	Ubetydelig	Ubetydelig
5	Lille	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig

12.3.9 Metoder

Direkte belastninger af vandkvalitet med miljøfarlige og iltforbrugende stoffer fra sedimentet er beregnet ud fra stoffernes koncentration i sediment, andele heraf, som kan frigives ved opgravning, spildprocent af det opgravede materiale samt strømhastigheder, der påvirker spredningen og fortyndingsgraden. Beregningerne er anvendt som grundlag for at vurdere sandsynlighederne for overskridelse af miljøkvalitetsstandarder fastsat af EU eller vandkvalitetskriterier fastsat nationalt for de miljøfarlige stoffer samt af generelt accepterede grænseværdier for kritiske iltkoncentrationer.

Indirekte påvirkninger af sedimentspild er gennemgående kvantificeret ved brug af dynamiske modeller, som beskriver strømme (hydrodynamisk model), spredning af sediment (sedimentspredningsmodel) og vandkvaliteten (økologisk model) (kapitel 9 Metode til vurderingen af virkninger på miljøet og afsnit 12.1 Belastninger). Den økologiske model beskriver sedimentpartiklers hæmning af lysets nedtrængen i vandet, og de deraf følgende virkninger på vandkvaliteten (sigtdybde og iltkoncentrationer) samt planktonalgens og bundplanterens optag af næringsstoffer, primærproduktion og vækst.

Ved modelleringen af virkninger i Femern Bælt er der alene anvendt et MIKE 3 modelsystem. MIKE-systemet er det eneste af de tre anvendte modeller, hvor både hydrografi, sedimentspredning, bølgepåvirkning af havbunden samt vandkvalitet kan afvikles på en hensigtsmæssig måde inden for det samme modelsystem.

Ved vurdering af permanente effekter på vandkvaliteten i Østersøen er der anvendt en MIKE 3 og en MOM model, som er beskrevet i afsnit 12.1. Indledende beregninger med lokalmodellen viste, at der ikke vil opstå midlertidige virkninger relateret til gravearbejdet øst for undersøgelsesområdet i Femern Bælt. Der er derfor ikke modelleret effekt af gravespild på vandkvaliteten i Østersøen.

Modelleringen af vandkvaliteten ved hjælp af såvel lokalmodel og regionalmodel er foretaget for de samme perioder som den hydrografiske modellering (afsnit 12.2 Hydrografi).

Sedimentmodel for Femern Bælt

En særlig opsætning af MIKE 3 lokalmodellen er anvendt til at modellere spredningen og aflejringen af finkornet sediment som følge af gravearbejder, tilbagefyldning mv. Modellen opererer med en høj opløsning (ned til 100 m) i Femern Bælt, hvor anlægsarbejder finder sted, og hvor virkninger kan forekomme. Modellen opererer også med en høj vertikal opløsning for at kunne foretage en nøje beskrivelse af forholdene tæt på havbunden. Sedimentmodellens resultater er omtalt i afsnit 12.1.

Vandkvalitetsmodel for Femern Bælt

Sedimentspildets virkning på lysets nedtrængen i vandet afhænger af partiklernes mængde/vægt og især af partiklernes størrelse. Således vil lyssvækkelsen øges relativt med faldende partikel-

størrelse, fordi lysspredningen fra en samlet større partikeloverflade øges. I tabel 12.3-9 vises med et eksempel og en sedimentkoncentration på 2 mg/l, at lyset svækkes langt mere, hvis sedimentet i vandet består af meget små partikler (diameter 0,0065 mm) sammenlignet med et sediment bestående af finsand/silt (0,064 mm).

TABEL 12.3-9 Optiske egenskaber af de fire fine partikelstørrelser, der indgår i modeller over sedimentspredning og vandkvalitet

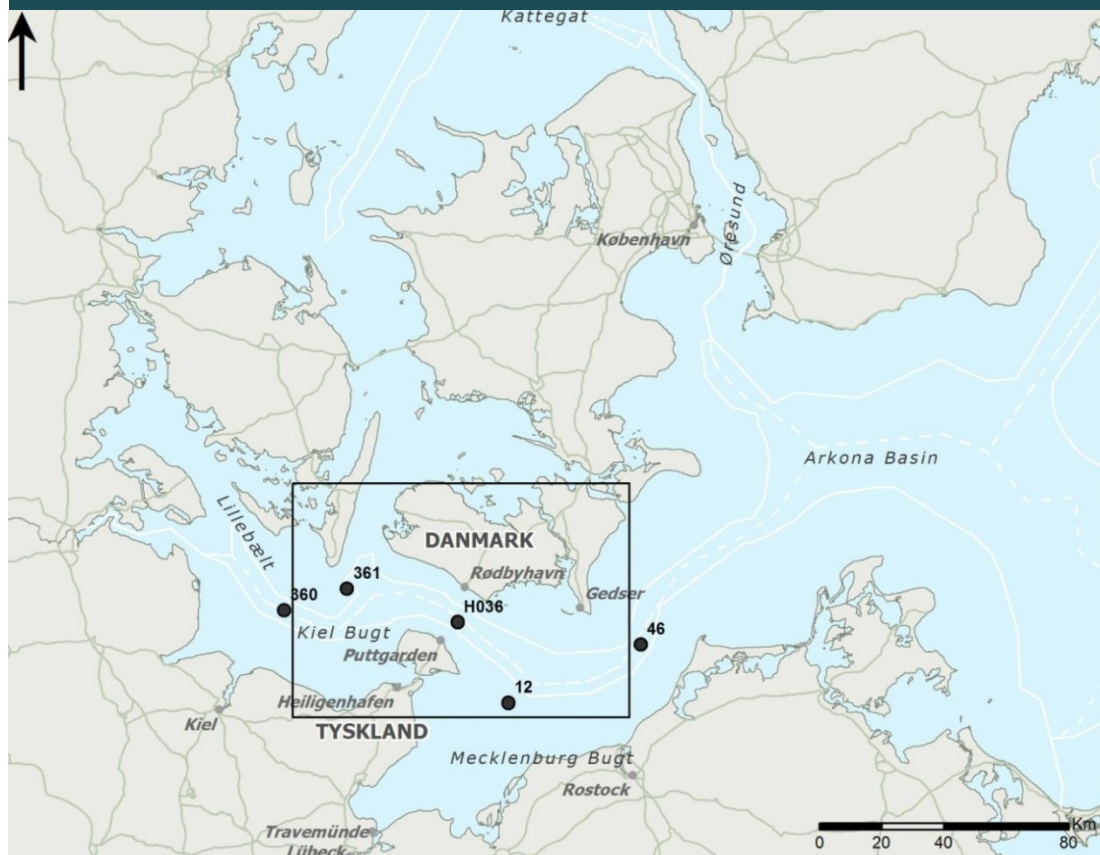
Sediment fraktion	Diameter (mm)	Lyssvækkelse forårsaget af 2 mg/l suspenderet sediment angivet som pct. lys i 5 m's dybde
Finsand/silt	0,064	18,0
Flokkuleret ler	0,028	14,5
Flokkuleret ler	0,010	10,0
Flokkuleret ler	0,0065	7,5

Den tredimensionale vandkvalitetsmodel er en integreret del af den økologiske model, som også anvendes til at vurdere virkninger på den marine flora og fauna. Modelkomplekset er særskilt sat op, kalibreret og valideret i forbindelse med herværende undersøgelser af de hydrografiske, geokemiske og marinbiologiske forhold i Femern Bælt.

Modellen beskriver interaktionen mellem næringsstoffer og primærproduktion, herunder også den interaktive konkurrence mellem de særskilte grupper af primære producenter, pelagisk planteplankton, bundlevende makroalger og rodfæstede bundplanter (f.eks. ålegræs). Effekten af lys er beskrevet ved hjælp af mætningsfunktioner, hvor behovet for lys varierer mellem de forskellige primærproducenter. Ud over lys er næringsstofbehov, foretrukken næringsstofkilde og bundsubstrat de faktorer, der differentierer de forskellige primærproducenter i modellen.

Udstrækning af den lokale vandkvalitetsmodel, positioner for vandkvalitetsstationer anvendt til kalibrering og validering samt afgrænsning af det område, som miljøvurderes for vandkvalitet er vist i figur 12.3-4.

FIGUR 12.3-4 Område dækket af lokal vandkvalitetsmodel samt afgrænsning af delområde, der miljøvurderes for vandkvalitet



Note: Stationer, anvendt til modelvalidering (46, 12, H036, 361, 360), er angivet

Hvis modeller skal anvendes til at forudsige effekter af sedimentspild, er det en forudsætning, at modellerne kan opfylde visse kvalitetskrav, hvor succesfuld modelkalibrering og validering er de vigtigste.

Den anvendte lokalmodel for vandkvalitet er kalibreret mod målinger af næringsstoffer, sigtdybde og ilt foretaget i 2005 i Storebælt, Øresund, sydlige Kattegat og vestlige Østersø, det vil sige stationer beliggende uden for Femern Bælt (figur 12.3-4). Efterfølgende er modellen valideret mod data indsamlet i Femern Bælt som en del af miljøundersøgelserne af de eksisterende forhold gennemført i 2009 - 2010. Baseret på tre forskellige indeks for troværdighed, bedømmes modellerne som gode til meget gode. Troværdigheden af modellernes forudsigelser af virkninger anses derfor for at være høj.

12.3.10 Analyse af virkninger i Femern Bælt i anlægsfasen

Virkningerne af belastningerne i anlægsfasen på vandkvaliteten er vurderet for de enkelte sub-komponenter. De væsentligste virkninger omfatter potentielt sub-komponenterne:

- Miljøfarlige stoffer
- Iltkoncentration
- Sigtdybde

Desuden er virkningen på badevandskvaliteten og virkningen af spildevand på næringsstofkoncentrationerne vurderet.

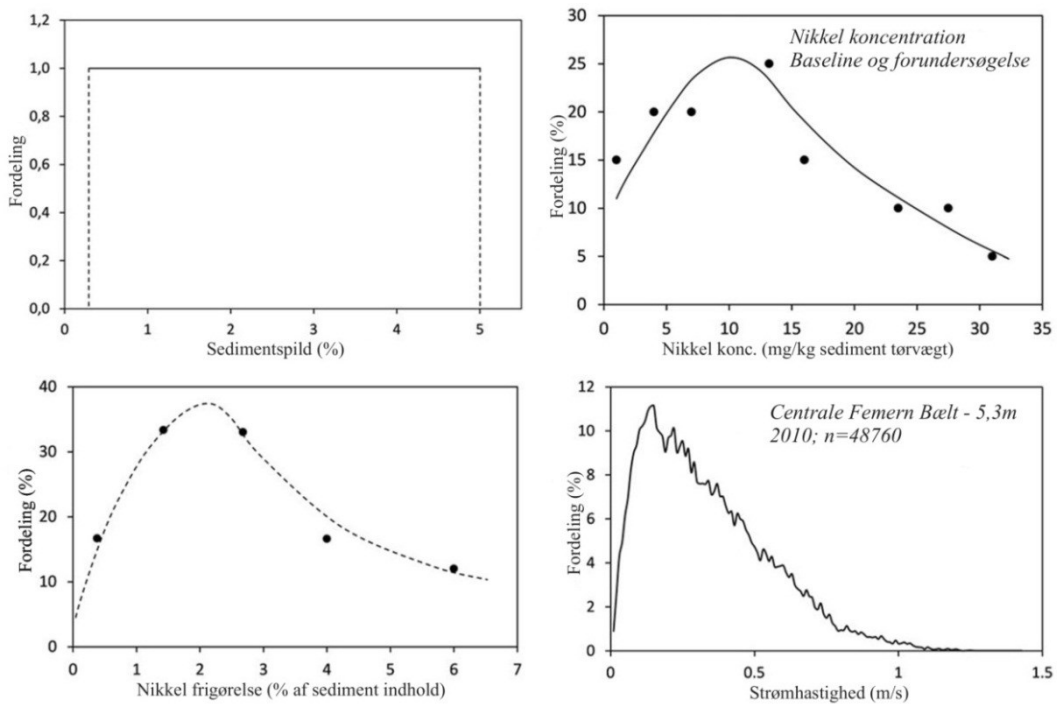
Miljøfarlige stoffer

Sandsynligheden for overskridelser af miljøkvalitetsstandarder (EQS) og vandkvalitetskriterier (VKK) for tungmetaller, pesticider, aromatiske kulbrinter (PAH'ere), PCB'ere og TBT ved anlægsarbejdet med sænketunnelen er blevet beregnet ud fra den daglige graveintensitet af, spildets størrelse, stoffernes koncentration i sedimentet, tab af stoffer til vandet samt initialfortyndingen, beskrevet ved bredde og dybde af sedimentfanen og strømhastigheden:

- $\Delta\text{Tox} = \text{Graveintensitet (9.000 t/d)} \times \text{Spild (var)} \times \text{Miljøfarligt stof-konc (var)} \times \text{Miljøfarligt stof - tab (var)} / [\text{Bredde af sedimentfane (25m)} \times \text{Dybde (15m)} \times \text{Strømhastighed (var)}]$

Fire af disse forhold (spild, koncentration af miljøfarligt stof, tab af stof, strømhastighed) vil variere under gravearbejdet, mens graveintensitet samt bredde og dybde af sedimentfane kan antages at være konstante. De variable forhold kan beskrives ved "fordelingsfunktioner", hvor sedimentkoncentration og tab vil være karakteristisk for et givet stof, mens funktioner for sedimentspild og strømhastighed vil være ens for alle stoffer (figur 12.3-5).

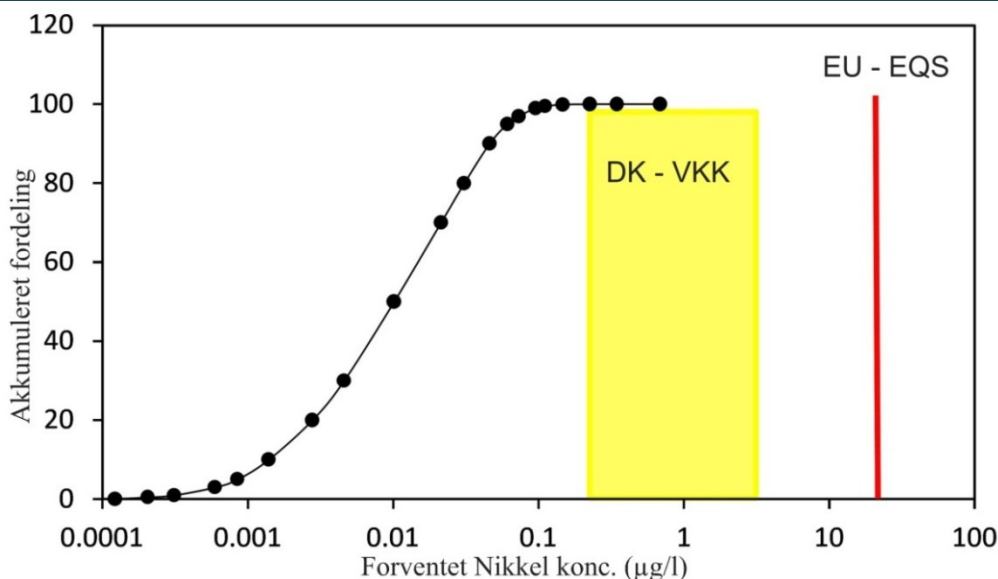
FIGUR 12.3-5 Fordelingsfunktioner for sedimentspild, koncentration af nikkel i sediment, tab af nikkel og strømhastighed i Femern Bælt under gravearbejde



Fordelingsfunktioner for de variable forhold er vist i figur 12.3-6 for nikkel, der forekommer i forholdsvis høje koncentrationer i overfladesedimentet, dog stadig under grænseværdien for forurenat sediment, og som samtidigt har den største villighed af de forskellige stoffer til at overgå fra at være bundet i sedimentet til opløsning i vandet.

For nikkel lå de beregnede koncentrationer i "sedimentfanen" mellem 8 (generelle vandkvalitetskriterier VKK) - 550 (EU miljøkvalitetsstandarder EQS) gange under de laveste kriterier under middelforhold, og 12 gange under den maksimalt accepterede koncentration (99,9 percentil: 0,55 $\mu\text{g/l}$; VKK_{max}: 6,8 $\mu\text{g/l}$). For zink lå mediankoncentrationen ca. 50 gange under det generelle VKK, mens den maksimale koncentration (99,9 percentil) lå ca. 3,5 gange under VKK_{max} (tabel 12.3-10).

FIGUR 12.3-6 Akkumuleret fordeling af beregnede koncentrationer af nikkel i sedimentfanen ved gravemaskinen



Note: Den røde linje angiver EQS fastsat af EU, og den gule boks angiver variationsbredden i VKK

TABEL 12.3-10 Beregnede fordelinger af koncentrationer af Cd, Ni og Zn (µg/l) i sedimentfanen nedstrøms spild fra gravemaskine og relevante EU miljøkvalitetsstandarder (EQS) og danske vandkvalitetskriterier (VKK).

Percentil	Cd	Ni	Zn
1	0,00006	0,001	0,01
50	0,0033	0,036	0,16
95	0,0092	0,13	0,91
99	0,023	0,26	1,4
99.9	0,029	0,55	2,5
EQS (EU), årsgennemsnit	0,45	20	-
VKK max (DK)	-	6,8	8,4
VKK general (DK)	-	0,23a) - 3	7,8a)

Note: Beregnede mediankoncentrationer og tilknyttede EQS og VKK er angivet i kursiv. Beregnede maksimal-koncentrationer (99,9 pct. percentiler) og tilknyttede VKKmax er angivet med fed skrift

a) Tilføjet koncentration til naturlige baggrundskoncentration. For nikkel findes to generelle VKK værdier: 0,23 µg/l tilføjet den naturlige baggrundskoncentration; dog må koncentrationen ikke overstige 3 µg/l

Koncentrationen af organiske forureninger i det opgravede sedimentet er forholdsvis meget lavere end koncentrationen af tungmetaller. Da disse stoffer kun forekommer i de øverste 10 - 50 cm af sedimentet, og da frigivelsen under gravearbejdet typisk ligger på 0,1 pct. af sedimentets indhold eller lavere, vil de beregnede koncentrationer i sedimentfanen være meget lave. For benz(a)pyren lå den beregnede maksimale koncentration ca. 300 gange under VKK_{max} .

Forureninger med tungmetaller og organiske forbindelser kan også ske ved udledning af spildevand. Ifølge oplysninger fra Rødbyhavn Renseanlæg modtager anlægget kun begrænsede mængder af industrispildevand, og udledninger af tungmetaller og organiske forbindelser anses

for ubetydelige. Projektets anlægsfase indebærer ikke aktiviteter, som normalt forbindes med problemer med udledning af forurenende stoffer, og spildevand fra f. eks. Tunnelementproduktionen forbehandles i form af bundfældning, olieudskiller og neutralisering inden udledning til Femern Bælt.

Det konkluderes derfor, at frigivelsen af tungmetaller og organiske forureninger under gravearbejdet og tungmetaller og organiske forureninger i spildevandet fra projektet er uden betydning for vandkvaliteten, og baseret på de generelt lave koncentrationer vil der heller ikke være risiko for "cocktail"-effekter.

iltindhold i bundvand

Gravearbejdet kan påvirke bundvandets iltindhold på to måder, dels direkte og lokalt som følge af iltning af reducerede forbindelser frigivet fra sedimentet, dels indirekte og over større områder, fordi bundplanternes iltproduktion reduceres på grund af skyggeeffekt fra suspenderet sediment. Højere oppe i vandsøjlen er virkningerne på vandets iltindhold væsentlig mindre og oftest meget små. Den direkte lokale virkning opstår, hvor spildet sker og er derfor relateret til spild fra den enkelte gravemaskine. Vurderingen er derfor baseret på det maksimale spild (5.000 m³/d) fra én gravemaskine.

Laboratorieforsøg med sediment fra Femern Bælt viser, at det direkte iltforbrug ved en graveintensitet på 5.000 m³/d og med et sedimentspild på 3 pct. i middel vil udgøre 23 kg ilt/d og maksimalt 45 kg ilt/d. Det vil under meget pessimistiske antagelser (det vil sige lav strømhastighed, maksimal iltforbrug, al sedimentspild sker i bundvandet) medføre en maksimal reduktion på 0,25 mg O₂/l i spildfanen. Hvis spildet sker over hele vandsøjlen, vil reduktionen i vandets indhold af ilt være 0,04 mgO₂/l.

Når der graves uden for sommerperioden vil den mest sandsynlige reduktion i ilt være 0,01 mg O₂/l (tabel 12.3-11). For vandmiljøet over springlaget vil reduktionen i vandets iltkoncentration under de mest pessimistiske antagelser ligge på 0,14 mg O₂/l. Under disse forhold vil der ske en løbende geniltning fra luften, og den realiserede nedgang i iltkoncentrationen vil være lavere.

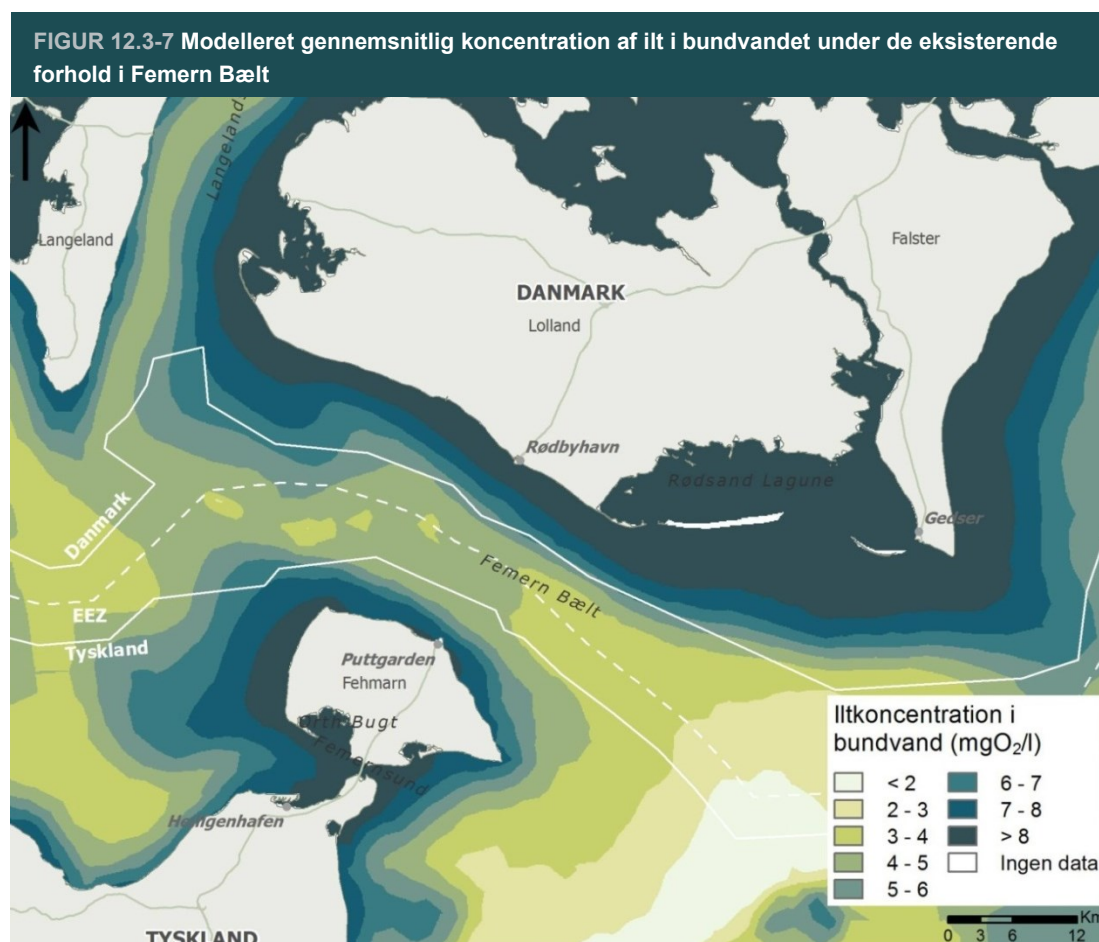
TABEL 12.3-11 Beregnet iltreduktion i mg/l i bundvandet som følge af oxidation af reducerede forbindelser i det opgravede spildte sediment (materialets iltgæld)

	Under springlag (18 m)			Over springlag (6 m)
	worst-case 1	worst-case 2	median	worst-case
Strømhastighed (m/s)	0,028	0,028	0,063	0,025
Iltkonc (g/m ³)	2,6	2,6	7,5	7,5
Iltgæld (kg/d)	45,25	45,25	23,25	45,25
Bredde af sedimentfane (m)	25	25	25	25
Iltgæld (kg/m/d)	2,51	15,08	1,29	7,54
Vandsøjle for spild	18	3	18	6
Daglig iltflux (kg/m)	157	157	1021	405
Ilt reduktion (mgO ₂ /l)	0,04	0,25	0,01	0,14

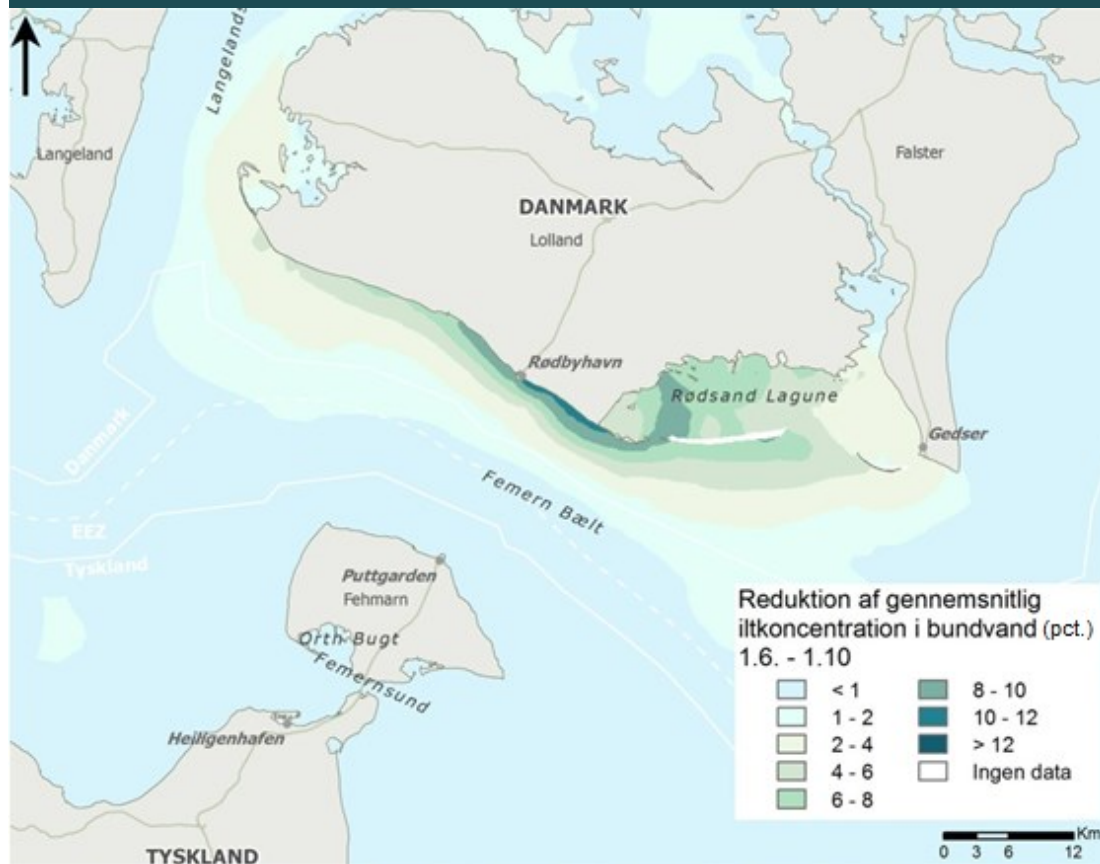
Note: Tre eksempler fra et graveområde beliggende på 18 m's dybde er vist; worst case 1: Stor iltgæld, lav strømhastighed, spild fordelt over hele vandsøjlen på 18 m; worst case 2: Som worst case 1 men al sedimentspild sker under springlaget; median: Middelforhold uden for sommerperioden; worst case for graveområde beliggende på lavere vanddybde (6 m)

Indirekte effekter forårsaget af sedimentspild blev vurderet på baggrund af den modellerede reduktion i iltkoncentration i bundvandet om sommeren og efteråret (1. juni - 1. oktober). Da det mest intensive gravearbejde sker i starten af anlægsfasen, er det også i denne periode, at de største virkninger vil forekomme. Den gennemsnitlige nedgang i iltkoncentration varierer i det 1. år af anlægsfasen, mellem 0 pct. i den sydlige (tyske) del af Femern Bælt til 10 - 13 pct. ($\approx 0,7 - 0,9 \text{ mg O}_2/\text{l}$) på lavt vand langs Lollands kyst fra Rødbyhavn til Rødsand Lagune (figur 12.3-8). De største iltreduktioner forudses derfor i områder, hvor iltindholdet i vandet er fuldt mættet på 7 - 8 $\text{mg O}_2/\text{l}$ (figur 12.3-8), og iltkoncentrationerne vil ikke komme under kritiske niveauer. I ålegræsbestandene i Rødsand Lagune, hvor iltindholdet under naturlige forhold viser de største variationer, kommer iltindholdet ikke under 6 $\text{mg O}_2/\text{l}$ i det 1. anlægs-år. I de efterfølgende år i anlægsperioden bliver reduktionen i iltindholdet mindre.

Sammenfattet vil nedgangen i vandets iltindhold under gravearbejdet være meget begrænset og uden betydning for vandkvaliteten.



FIGUR 12.3-8 Beregnet reduktion af den gennemsnitlige iltkoncentration i bundvandet i Femern Bælt i sommeren og efteråret i det mest graveintensive 1. anlægs-år



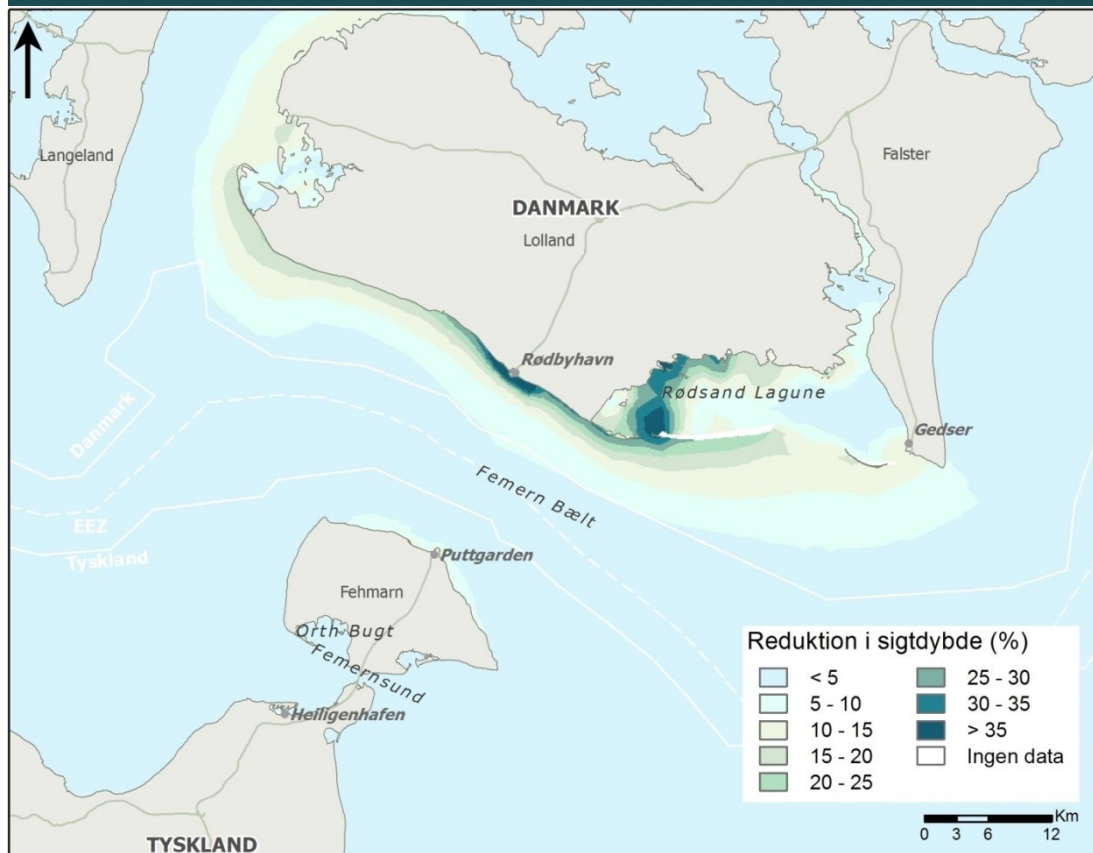
Virkning på sigtddybden

Under de eksisterende forhold varierer sigtddybden fra 7 - 8 m i de centrale dele af Femern Bælt til 2,5 - 3,5 m i de ikke-vegetationsdækkede områder i Rødsand Lagune. Som konsekvens af gravearbejdet i anlægsfasens mest graveintensive fase på 15 måneder reduceres sigtddybden primært på tidspunkter, hvor der også naturligt optræder forhøjede sedimentkoncentrationer. Figur 12.3-9 viser den modellerede maksimale reduktion af sigtddybden som følge af anlægsarbejder i projektets mest graveintensive første 15 måneder. Langs Lollands kyst og i Rødsand Lagune forudses de største maksimale reduktioner på op til ca. 40-45 pct. I gennemsnit over en graveperiode vil reduktionerne være betydeligt lavere. En mindre reduktion i sigtddybde kan også forekomme i Nakskov Fjord, i Langelandssund og på lavt vand nordvest for Lolland. Omkring Fehmarn er reduktionen i sigtddybde lille og overstiger ikke 5 - 15 pct i den første intensive fase.

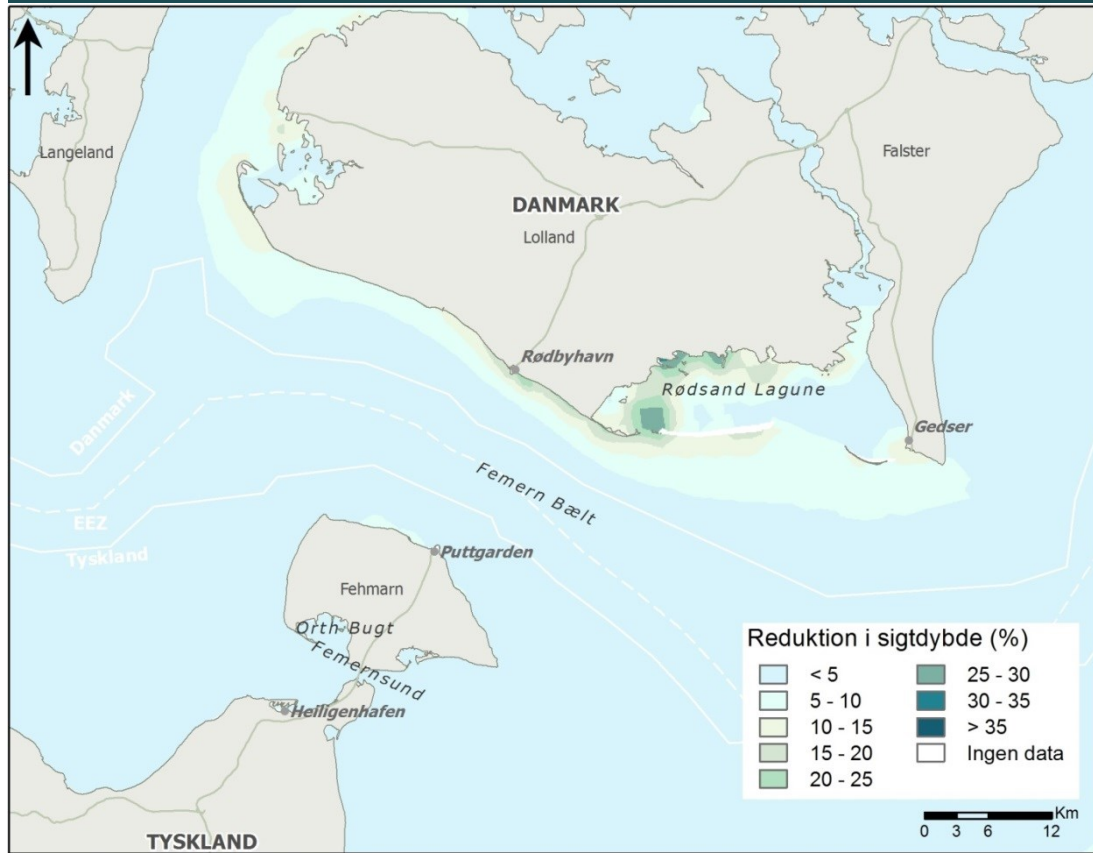
Påvirkning fra gravearbejdet aftager gennem anlægsfasen (figur 12.3-10). Modelberegninger viser i det 2. år efter anlægsstart en væsentlig mindre reduktion i Rødsand Lagune, og i det 3. år efter anlægsstart er påvirkningen meget lille og lokal. I tyske farvande ses reduktioner i sigtddybden alene vest for Puttgarden, men reduktionen er ubetydelig, op til 7 pct. I anlægsfasens sidste to år er reduktionen i sigtddybden meget begrænset og i praksis ikke afvigende fra de eksisterende forhold.

Størrelsen af påvirkning, herunder arealer med forskellige grader af påvirkning, er opgjort i tabel 12.3-12. Reduktionen af sigtddybden svarer til en lokal, middel til stor forringelse i starten af anlægsfasen, hvorefter der kun vil optræde en lille forringelse lokalt.

FIGUR 12.3-9 Modelleret maksimal reduktion af den gennemsnitlige sigtdybde som følge af anlægsarbejder i projektets mest graveintensive første 15 måneder



FIGUR 12.3-10 Modelleret maksimal reduktion af den gennemsnitlige sigtdybde som følge af anlægsarbejder 2. år efter projektstart



TABEL 12.3-12 Forringelse af sigtddybden (areal i ha) forårsaget af øget sediment i vandet

	Total	DK national + EEZ	DE national	DE EEZ
1. anlægs-år				
Meget stor	0	0	0	0
Stor	1.975	1.975	0	0
Middel	5.952	5.952	0	0
Lille	35.858	35.745	113	0
Total	43.785	43.672	113	0
2. anlægs-år				
Meget stor	0	0	0	0
Stor	7	7	0	0
Middel	1.926	1.926	0	0
Lille	15.874	15.874	0	0
Total	17.807	17.807	0	0
3. anlægs-år				
Meget stor	0	0	0	0
Stor	0	0	0	0
Middel	0	0	0	0
Lille	2.022	2.022	0	0
Total	2.022	2.022	0	0

Virkning på badevandskvalitet

Badevandets æstetiske kvalitet kan påvirkes af midlertidige forringelser af vandets sigtbarhed som følge af suspenderet sediment fra sedimentspildet, mens den hygiejniske kvalitet kan påvirkes af midlertidig forøgelse af spildevandsudledningen, som følge af det øgede indbyggerantal i anlægsfasen.

Æstetisk badevandskvalitet

Ud af de 16 strande, der løbende overvåges for badevandskvalitet i Femern Bælt (langs Lollands sydkyst og omkring Fehmarn), vil to strande, "Lalandia" og "Rødbyhavn ved Søpavillon", blive påvirket af det nye landområde, som etableres langs Lollands kyst. De to strande nedlægges i begyndelsen af anlægsfasen og erstattes af nye strande, som beskrevet i kapitel 4 Sænk tunnel – beskrivelse af den tekniske løsning – og neden for under vurdering af virkninger i driftsfasen.

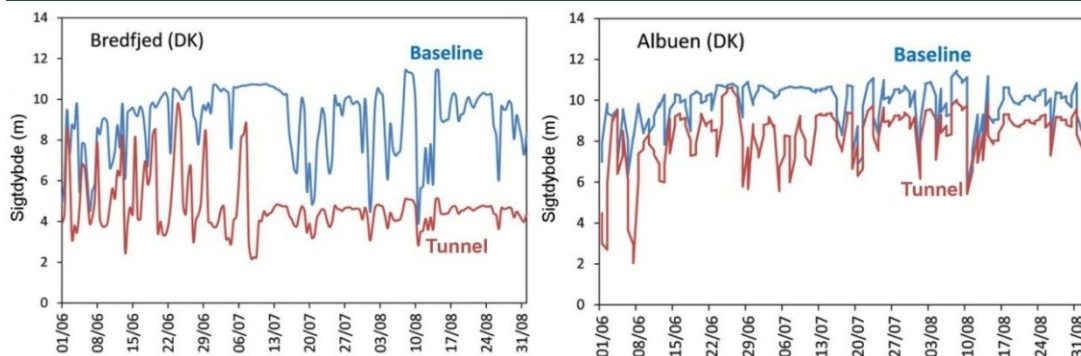
Ved de øvrige strande er der specielt ved strandene på Lolland i 1. og 2. anlægs-år en mulighed for påvirkning af vandets sigtddybde som følge af gravearbejdet. Ved strandene på Lolland forudses en nedsat sigtddybde med reduktioner på maksimalt mellem 16 - 48 pct., som følge af gravearbejdet i 1. anlægs-år (tabel 12.3-13 samt eksempel fra to strande i figur 12.3-11).

Ud fra vurderingskriterierne, som er baseret på badegæsters opfattelse af uklart vand, vil én strand på Lolland, Bredfjed, være påvirket med lille omfang af forringelse i den første sommer efter projektstarten. Påvirkningen for resten af strandene vil være uden betydning.

I resten af anlægsperioden vil påvirkningen af strandene være ubetydelig (tabel 12.3-13). Det gælder også den Ny strand (vest) (kapitel 4 og figur 12.3-12), der åbnes i 3. anlægs-år, det vil sige efter perioden med det største sedimentspild.

Ved strandene på Fehmarn overstiger reduktionen af sigtddybden ikke på noget tidspunkt 1 pct.

FIGUR 12.3-11 Variation i sigtdybde i badesæsonen (1. juni - 31. august) ved strandene ved Bredfjed og Albuen



Note: Den blå kurve angiver de eksisterende forhold, den røde kurve angiver forholdene under de planlagte projektarbejder det første år efter projektstart. Målinger er foretaget med udstyr monteret på stationære bøjler og er derfor målt ved vanddybde på ca. 4 m. Tilsvarende er den modellerede sigtedybde modeleret for en vanddybde på ca. 4 m

TABEL 12.3-13 Badevandets forringelse som følge af forringet sigt dybde. Pct.-angivelserne viser den maksimale reduktion i sigt dybden i forhold til de eksisterende forhold

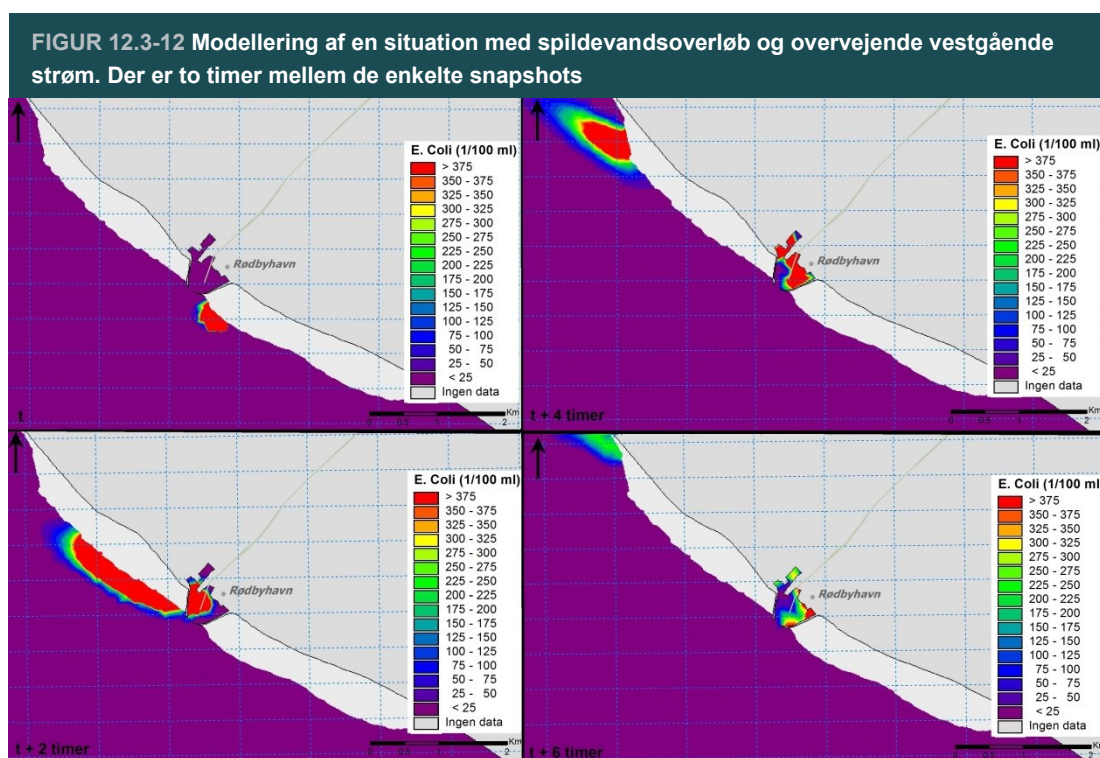
14. Strande	År 1 i anlægsfasen		År 2 i anlægsfasen
Albuen (DK)	uden betydning	(-16 pct.)	uden betydning
Næsby Strand (DK)	uden betydning	(-17 pct.)	uden betydning
Maglehøj Strand (DK)	uden betydning	(-20 pct.)	uden betydning
Hummingen Strand (DK)	uden betydning	(-18 pct.)	uden betydning
Kramnitze (DK)	uden betydning	(-27 pct.)	uden betydning
Bredfjed (DK)	lille	(-48 pct.)	uden betydning
Holeby (Hyldtofte) Østersøbad (DK)	uden betydning	(-16 pct.)	uden betydning
Brunddragerne (DK)	uden betydning	(-16 pct.)	uden betydning
Petersdorf (DE)	uden betydning	(-0,2 pct.)	uden betydning
Gammendorf (DE)	uden betydning	(-0,4 pct.)	uden betydning
Gruener Brink (DE)	uden betydning	(-0,9 pct.)	uden betydning
Bannesdorf (DE)	uden betydning	(-0,7 pct.)	uden betydning
Suedstrand (DE)	uden betydning	(-0,5 pct.)	uden betydning
Fehmarnsund (DE)	uden betydning	(-0,2 pct.)	uden betydning

Hygiejnisk badevandskvalitet

Inden anlægsfasens start anlægges der en ny spildevandsledning til udledning af spildevand fra Rødbyhavn spildevandsanlæg. Det sker ved at forlænge den gamle spildevandsledning, så udledning sker uden for den nye kystlinje. Den nøjagtige længde af spildevandsledningen er ikke fastlagt. Rødbyhavn Renseanlæg vil blive opgraderet inden anlægsfasens start, så anlægget kan rumme og håndtere den ekstra belastning, som følger af den midlertidige øgning i belastningen i projektets anlægsfase (primært fra mandskabsfaciliteter). Opgraderingen omfatter udvidelse af kapaciteten til at opbevare vand under spidsbelastninger (kraftigt regnvejr).

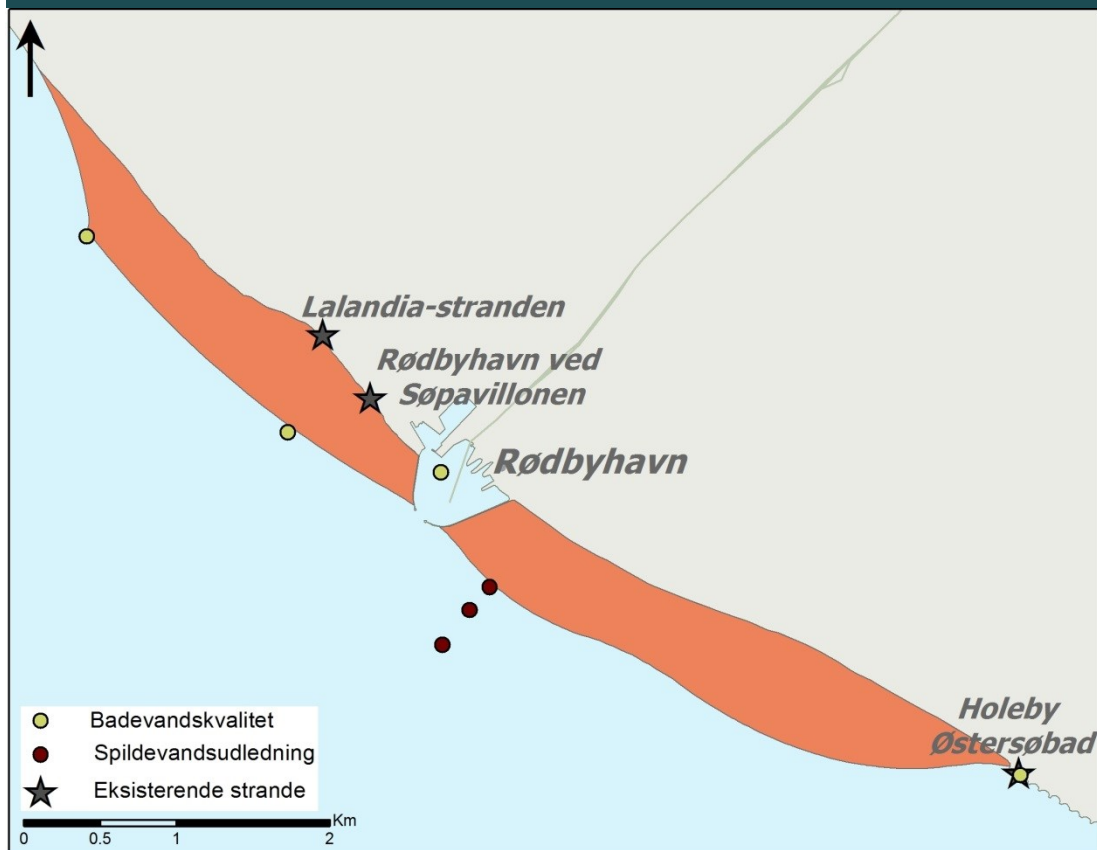
Udledning af spildevand medfører forurening med fækale bakterier. Spredningen af fækale forureninger fra spildevandsledninger er meget dynamisk i tid og rum. Strøm vil transportere forure-

ningen rundt i recipienten (figur 12.3-12). Også vandets temperatur og især solindstrålingen har stor betydning, da de er bestemmende for nedbrydningen af de fækale bakterier, der udledes. Eventuelle effekter af spildevandsudledningen er derfor undersøgt ved dynamisk modellering af en 21 dages periode med forskellige strømforhold. Modelleringen er konservativ, fordi den valgte periode i november har lav solindstråling og vandtemperatur. Undersøgelsen omfatter flere tænkte udledningspunkter ved den nye kystlinje, op til 500 m fra den nye kystlinje. Figur 12.3-13 viser lokalisering af spildevandsledningen og af de eksisterende og kommende strande, der ligger i nærheden af udledningspunktet.



Note: Bemærk at den højeste koncentrationsklasse, >375 tællinger pr. 100 ml, ikke indikerer overskridelse af badevandskriterierne. Det er i denne modellering antaget, at udledning sker ved den nye kystlinje

FIGUR 12.3-13 Lokalisering af spildevandsudledning fra Rødbyhavn Renseanlæg og strande i nærheden af udløbet, som potentielt kan påvirkes af udledninger. Det brune område er det nye landområde



Note: De røde punkter angiver spildevandsledningens udløb (henholdsvis 0 m, 200 m og 500 m fra den nye kystlinje). De eksisterende strande er angivet med stjerner. Badevandskvaliteten (koncentration af indikatorbakterier) er specifikt undersøgt ved positionerne markeret med gule cirkler

Den midlertidige befolkningstilvækst i anlægsfasen er estimeret til maksimalt 4.400 PE (personekvivalenter). Modelleringen af virkningen af det ekstra husspildevand viser, at virkningen er minimal og uden væsentlig indflydelse på badevandskvaliteten. Uanset udledningspunkt gav det ekstra rensede spildevand fra projektet ikke anledning til overskridelser af badevandskriterierne på nogen af badevandspositionerne. Modelleringen af både den nuværende belastning med rensede spildevand og den øgede mængde i anlægsperioden gav meget lav til ingen koncentration af bakterier i badevandet.

Badevandskvaliteten bestemmes generelt af spidsbelastningssituationer, hvor rensningsanlæggets kapacitet overskrides, og der sker udløb af urensede spildevand og regnvand via overløbsbassiner. Modellering af spidsbelastninger (by-pass) under forskellige strømforhold viste, at der på enkelte dage forekommer overskridelser af badevandskriterierne i vandet ud for strandene ved Lalandia og Rødbyhavn Søpavillon samt forhøjede værdier ved Holeby/Hyldtofte Østersøbad, men samlet set vurderes badevandskvaliteten at være god/udmærket. Dette er i overensstemmelse med de eksisterende badevandsprofiler udarbejdet af Lolland Kommune. Det er ikke undersøgt, hvad den udvidede sparekapacitet (bassin til opbevaring af spildevand indtil der er kapacitet på rensningsanlægget) betyder for overløbene, men det er rimeligt at antage, at den vil reducere betydningen af spidsbelastninger, og at de ekstra belastninger fra projektet ikke vil øge hyppigheden eller mængden af overløb. Betydningen af overløb faldt med udløbets afstand til kysten, og ved en position 500 m fra den nye kystlinje viste modelleringen ingen overskridelser af badevandskriterier. Uanset afstand fra den nye kystlinje forventes det ikke, at strandenes klassificering som god/udmærket ændres, da antallet af overskridelser er begrænset.

Udledninger af næringsstoffer (total kvælstof og total fosfor)

Generelt er vandkvaliteten i Femern Bælt-området bestemt af tilførsler fra tilstødende havområder, mens de lokale udledninger har lille betydning (se basisanalysen i forbindelse med implementering af vandrammedirektivet). Dette gælder både næringsstoffer og miljøfarlige stoffer.

Af målinger i udløbsvandet fra Rødbyhavn Renseanlæg fremgår det, at koncentrationerne af næringsstoffer ligger under det gældende afløbskrav (tabel 12.3-14). Baseret på koncentrationerne i 2011 er den årlige udledning fra rensningsanlægget på henholdsvis 11 t total kvælstof (TN) pr. år og 0,8 t total fosfor (TP) pr. år. Antages de samme koncentrationer for anlægsfasen, vil projektets ekstra bidrag til husspildevand give en midlertidig stigning til 15 t TN/år og 1 t TP/år. Til sammenligning svarer den nuværende afløbstilladelse til en årlig udledning på 16 t TN/år og 3 t TP/år.

Andre afstrømninger af næringsstoffer i anlægsfasen antages ikke at ændre ovenstående estimater betydeligt og dermed det beregnede niveau for belastningen med næringsstoffer.

Sammenlignet med andre tilledninger til Femern Bælt er belastningen meget lille. Nettostrømningen i Femern Bælt er vestgående og på ca. 850 km³ vand pr. år. Baseret på vandets gennemsnitskoncentrationer (250 mg TN/m³ og 35 mg TP/m³) er overfladetransporten på mere end 200.000 t kvælstof og 30.000 t fosfor pr. år, det vil sige betydeligt større end udledningen fra rensningsanlæg og andre afstrømningskilder.

TABEL 12.3-14 Rødbyhavn Renseanlægs afløbskoncentration i 2011 samt gældende afløbskrav

	Enhed	Gennemsnitlig afløbskoncentration i 2011	Gældende afløbskrav
BOD	mg/l	2,5	15
COD	mg/l	33	75
SS	mg/l	4	25
Total N	mg/l	5,6	8
Total P	mg/l	0,4	1,5

12.3.11 Analyse af virkninger i Femern Bælt i driftsfasen

Virkninger på den generelle vandkvalitet

Mulige påvirkninger fra projektet i driftsfasen kunne være øget opblanding af øvre og dyberiggende vandmasser og øget forurening fra afstrømmende vand. Vurderingen af virkningerne på hydrografien (afsnit 12.2) viser, at projektets strukturer ikke påvirker opblandingen af vandet i hverken Femern Bælt eller Østersøen, og projektets strukturer har derfor ingen virkning på vandkvaliteten.

Tilsvarende vurderes de fremtidige belastninger med næringsstoffer som følge af projektet ikke at have betydelige virkninger på vandkvaliteten. Som nævnt tidligere er vandkvaliteten i Femern Bælt-området bestemt af tilførsler fra tilstødende havområder, mens de lokale udledninger har lille betydning. I driftsfasen vil mængden af husspildevand reduceres igen. Derimod vil der være behov for rensning af vejvand fra tunnelen. Samlet set er denne belastning mindre end belastningen fra mandskabsboligerne, men den vil omfatte andre stoffer så som olie fra trafikken. Oliefiltre og opgraderingen af rensningsanlægget tager højde for dette og sikrer, at forureningerne i udledningen i såvel anlægsfasen som driftsfasen ikke overstiger de generelt accepterede udledninger fra rensningsanlæg. Som det fremgår af tabel 12.3-14 er den nuværende rensning af iltforbrugende stoffer, suspenderet stof og næringsstoffer effektiv set i forhold til den gældende spildevandstilladelse, og det opgraderede rensningsanlæg vil være tilsvarende eller mere effektivt.

bakterier en enkelt dag give ringe badevandskvalitet ud for indløbet til Lagunestranden. Ved Holeby/Hyldtofte Østersøbad overskrides kriteriet for udmærket badevandskvalitet en enkelt dag. Hvis udledningspunktet placeres 500 m fra den nye kystlinje, overskrides kriteriet for udmærket badevandskvaliteten ikke på nogen af strandene.

Samlet set er badevandskvaliteten god; også når der tages højde for overløb. Den nye spildevandsledning vil ikke forringe badevandskvaliteten, hverken på de eksisterende strande eller de to nyanlagte strande (Ny strand vest og Lagunestranden). Den bedste sikring af badevandskvaliteten sker, når udledningen sker mellem 200 - 500 m fra den nye kystlinje.

12.3.12 Ny strand (vest)

Klarheden (sigtdybden) af vandet ved den Ny strand (vest) bliver bestemt af den sedimenttransport og resuspension, som naturligt sker i området. Det vil sige, at den fremtidige tilstand vil svare til de eksisterende forhold. Målinger af suspenderet sediment langs Lollands kyst under de eksisterende forhold viste koncentrationer fra ca. - 20 mg/l under rolige vejrforhold og maksimumværdier på 300 mg/l under storm. Højere værdier forekommer især i efterårs - vinterperioden.

Som ved de eksisterende strande vil der være perioder med flydende plantedele (løstrevne ålegræsblade og makroalger) i badevandet. Tang og ålegræsblade akkumuleres specielt i sensommeren på strandene (figur 12.3-15).

FIGUR 12.3-15 Akkumulering af tang på den eksisterende strand vest for Rødbyhavn



Som følge af den naturlige sandtransport langs kysten vil stranden vokse mod vest, så der skabes et nyt og større rekreativt område (figur 12.3-16). Akkumuleringen af sand vil forsætte. Med tiden vil der dannes en sandrevle ud for stranden (efter 10 - 20 år) i lighed med forholdene ud for den nuværende strand vest for Rødbyhavn. Revlen vil yde en vis beskyttelse af stranden i stormsituationer, hvor der vil forekomme bølgebrydning på revlen. Strandens vil under hele forløbet udvikles som en typisk eksponeret sandstrand, og den rekreative værdi af området vil øges i takt med, at stranden vokser sig bredere og længere.

FIGUR 12.3-16 Prognose for udviklingen af kystlinjen ved Ny strand (vest) gennem 0 - 30 år efter anlægsfasens afslutning



Kilde: Luffoto er fra 2009 (©COWI Orthophoto April 2009)

12.3.13 Lagunestranden

Vandkvaliteten ved Lagunestranden vil primært blive bestemt af forholdene i kystområdet uden for lagunen.

Sandtransporten langs det nye landområdes kyst vil være begrænset i de første 15 år, indtil der er dannet en sandrevle ved Ny strand (vest). Sandtransporten vil derefter føre til aflejring af sand i åbningen ind til Lagunestranden, som ved resuspensionshændelser kan føres ind i lagunen. Dette vil ikke have betydning for den rekreative værdi af lagunen, men aflejringen i åbning og lagune medfører en langsom tilsanding af lagunen. Det vurderes dog, at der vil gå 30 - 45 år før det kan være nødvendigt at uddybe området.

Da vandområdet ved lagunestranden er et gennemstrømningsområde med en relativ kort opholdstid, vil næringsstofniveauet overvejende være bestemt af forholdene i Femern Bælt. I perioder med planktonopblomstringer i Femern Bælt vil algerne sandsynligvis også transporteres ind i lagunen. Forekomsten af større opblomstringer i Femern Bælt er dog begrænset. Risikoen er størst i sensommeren, hvor koncentrationen af cyanobakterier stiger i hele den vestlige Østersø.

Flydende tang (forstået som afrevne ålegræsblade og makroalger) vil i perioder transporteres ind i lagunen. Da molerne omkring åbningen virker som en barriere, vil akkumuleringen på stranden være mindre end på de eksisterende strande ved Lalandia og Rødbyhavn ved Søpavillonen (anslået til ca. 30 pct. af den eksisterende).

Udover vandkvaliteten (den hygiejniske og æstetiske) har bundens beskaffenhed betydning for den rekreative værdi af Lagunestranden. Strømforholdene i lagunen sikrer, at den gamle havbund bevares uden betydelig akkumulering af finere materiale, som ville kunne ændre bundens karakter til mudderbund.

De mindre eksponerede forhold i lagunen, den sandede bund og vandudvekslingen med kystområdet (tabel 12.3-15) giver mulighed for, at ålegræs og andre blomsterplanter kan kolonisere lagunen. Det er imidlertid usikkert, præcist hvilke forhold der kræves, for at der sker en kolonisering. De fysiske forhold vil forhindre, at der udvikles en rørskov langs bredden. På sten på bunden kommer der sandsynligvis makroalger. Ålegræs og alger vil bidrage til akkumuleringen af tang på stranden, men det forventes ikke at være til gene for de besøgende. Et varieret liv på bunden åbner mulighed for, at besøgende kan udforske den biologiske mangfoldighed.

TABEL 12.3-15 Opholdstid i det nye landområdes laguner og i Rødbyhavn (i dage, afrundet)

Område	Opholdstid i dage
Lagunestranden	1,5 - 5
Indre lagune	0,5 - 2
Rødbyhavn	4 - 8
Naturlagunen	1,5 - 9,5

Den Indre lagune (soppestrand)

I den Indre lagune sker vandudvekslingen gennem to smalle kanaler, der forbinder den til henholdsvis Lagunestranden og Rødbyhavn havn (figur 12.3-14). Baseret på modellering er det beregnet, at vandets opholdstid typisk er 0,5 - 2 dage, og at strømmen gennem havn og laguner i 2/3 af tiden vil være vestgående og i 1/3 af tiden østgående.

Forbindelsen til havnen indebærer en risiko for spredning af mulige forureninger fra havnen. Analyser af havnesedimentet i 2011 og 2012 viste, at det vestlige havnebassin lokalt har koncentrationer af tributyltin (TBT), der ligger over myndighedernes øvre aktionsniveau på 200 µg TBT/kg sediment (Naturstyrelsen; Klaptilladelse til Rødby Havn; juni 2012). Opfølgende analyser i foråret 2013 af indholdet af TBT og andre organotiner i muslinger indsamlet i Rødbyhavn Havn, viser, at der i de indre havnebassiner optræder forhøjede koncentrationer. Vandudskiftningen her er stærkt begrænset.

Koncentrationen af tungmetaller overskred ikke grænseværdierne og lå på uproblematisk niveau, som man finder i åbne havområder.

Baseret på de gennemførte sediment- og muslingeanalyser er det derfor alene TBT, der potentielt kan udgøre et problem. Hvis der løbende sker en frigivelse af TBT fra sedimentet i det vestlige havnebassin, er der en risiko for, at TBT kan blive spredt til lagunerne.

TBT har en meget høj affinitet til fine partikler og især organisk stof og vil derfor bindes hårdt i sedimentet. Undersøgelser foretaget i felten eller under feltlignende forhold med TBT-forurenet havnesediment har ikke vist nævneværdig frigivelse af TBT fra sedimentet, selv ved meget høje TBT koncentrationer. Analyser af indholdet i muslinger indsamlet i havnens vestlige bassiner viser dog, at der på grund af den begrænsede vandudskiftning og manglende gennemstrømning sker en vis bioakkumulering af TBT i de muslinger, som opholder sig i de berørte havnebassiner.

Ved etableringen af lagunerne og forbindelserne mellem disse og Femern Bælt, hvilket mod øst vil ske gennem Rødbyhavn havn, skabes en så stor vandudskiftning og gennemstrømning over de lokale TBT-belastede sedimenter i det vestlige havnebassin, at den meget lave rate for frigivelse af TBT fra sedimentet ikke vurderes at kunne medføre TBT-koncentrationer i det gennemstrømmende vand, som vil være problematiske for miljøforholdene i lagunerne.

Spredningen af sediment fra havnen til lagunerne vil være meget lille og vurderes ikke ved opblanding i lagunens sedimenter at kunne medføre koncentrationer af TBT, som overskrider de restriktive OSPAR-kvalitetskriterier for havbundssedimenter.

Samlet set vurderes det, at risikoen for miljøskadelig koncentration af TBT i lagunerne er meget lille, og at udformningen af lagunerne og forbindelserne til Femern Bælt ikke vil føre til en miljøskadelig spredning af den observerede TBT-pulje i Rødbyhavn havn.

Alternativt kan lagunerne i den vestlige del af de nye landområde begge forbindes direkte med Femern Bælt. Der henvises til figur 5.16 i VVM-redegørelsens kapitel 5. Alternative løsninger. Denne løsning vil yderligere reducere risikoen for spredning af TBT og andre organotiner fra Rødbyhavn Havn til Femern Bælt og det nye landområdes laguner.

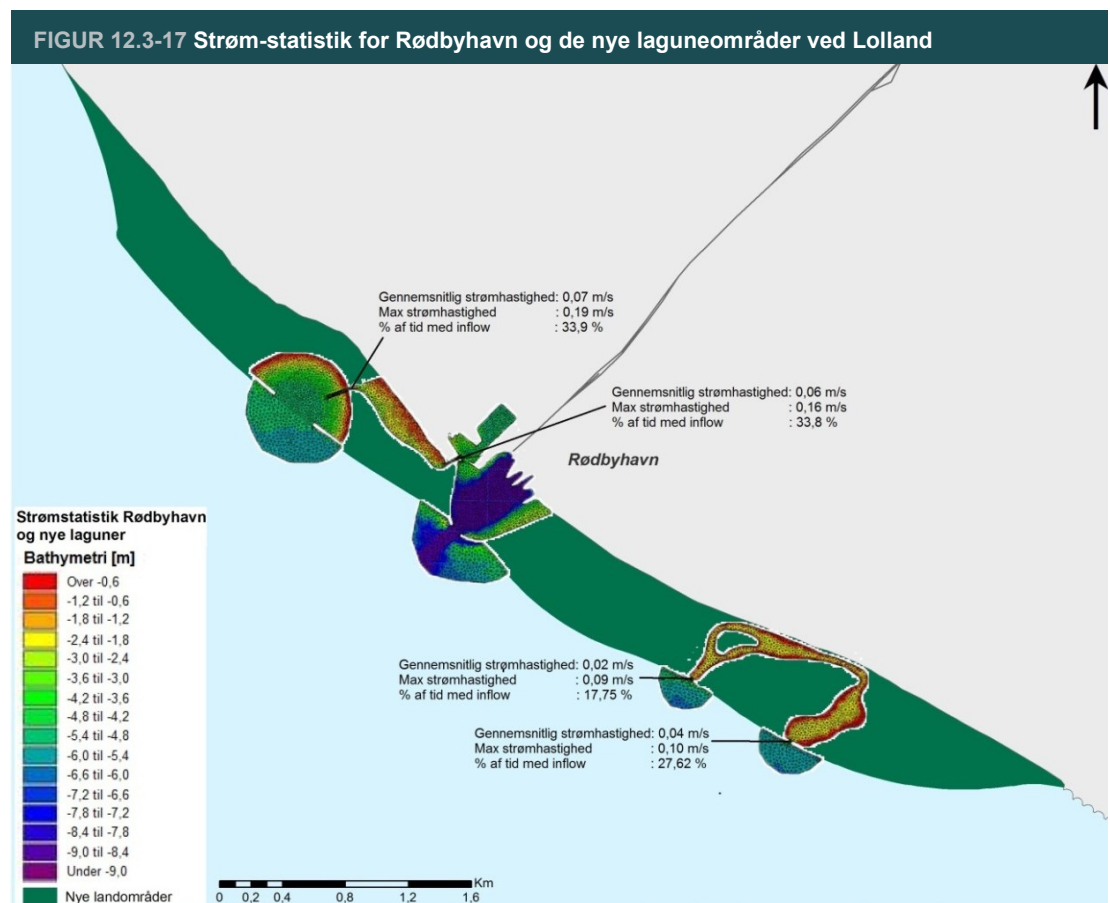
Mængden af suspenderet stof i vandet i den Indre lagune vil afhænge af vejrforholdene. Under rolige vejrforhold vil vandet være klart, mens der under blæsende forhold kan transporteres sediment ind i lagunen og resuspenderes sediment fra lagunens bund med mulighed for uklart

vand. Samlet set forventes der ikke større koncentrationer af suspenderet sediment i lagunen, end der forekommer under de eksisterende forhold langs kysten, og det er ikke sandsynligt, at det vil nedsætte områdets rekreative værdi.

Et konservativt estimat forudsiger en gennemsnitlig sedimentation i lagunen på ca. 1 cm pr. år. Set over en længere tidsperiode estimeres den samlede konsoliderede akkumulering til 20 cm over 50 år og 33 cm over 100 år. Der vil derfor gå mere end 50 år før, der kan være behov for ud-dybning af lagunen.

Lokale opblomstringer af alger kan forekomme, men forventes med den beregnede vand-udskiftning hurtigt at blive skyllet ud af området. I perioder med planktonopblomstringer i Femern Bælt vil dette også kunne påvirke forholdene i den Indre lagune. Forekomsten af større opblomstringer i Femern Bælt er dog begrænset.

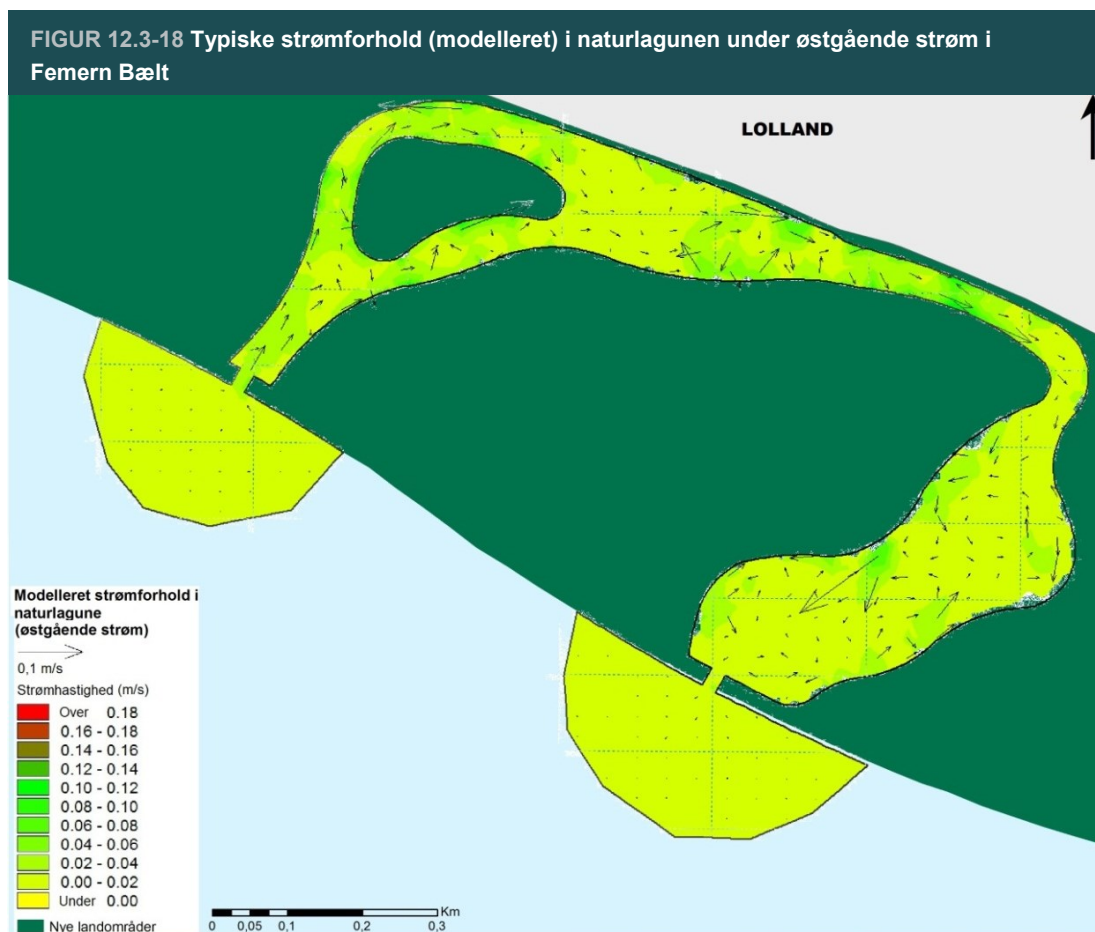
Den nordøstlige bred vil være gammel havbund med en relativ stejl hældning med vedvarende sandet bund. Da der her i de lavvandede dele indrettes en soppestrand, er det ikke sandsynligt, at der vil dannes rørskov. Baseret på vanddybden (omkring 1,5 - 2 m i størstedelen af lagunen), strømforholdene (figur 12.3-17), opholdstiden og bundforholdene er der mulighed for, at blomsterplanter som ålegræs og havgræs med tiden vil kolonisere de lidt dybere områder, mens makroalgerne kan finde grosted på stenene.



12.3.14 Naturlagunen (vådområde)

Strømforholdene og vandkvaliteten i naturlagunen øst for Rødbyhavn afhænger af forholdene i Femern Bælt. Strømforholdene vil ofte være uden en entydig strømretning (figur 12.3-17), fordi der ikke er langt mellem de to åbninger, og indløb og udløb vil ske samtidig i de to åbninger. Det er ensbetydende med, at opholdstiden er længere end for den Indre lagune, op til 9,5 dage, hvor

den længste opholdstid er estimeret for perioder, hvor østgående strøm langs kysten er dominerende. Sedimentation som følge af sandtransport langs kysten er ubetydelig, fordi Rødbyhavns moler udgør en effektiv barriere for den østgående transport. Nettotransporten langs denne del af det nye landområde vil være vestgående. Dertil kommer, at selvom der altid vil ske en mindre sedimentation, er hverken strømmen eller bølgemiljøet ved laguneåbninger kraftig nok til at transportere nævneværdige mængder sand ind i lagunen. Estimer af sedimentationen af sand i lagunen viser, at den efter 50 år er 4 cm og efter 100 år 6 cm.



Hensigten med naturlagunen er at skabe et naturtro strandlagune-område, hvor nogle dele vil være åbne for offentligheden, mens andre områder helt eller delvist bliver lukket for offentlig adgang. Lagunen konstrueres, så vanddybden stiger langsomt fra bredderne ud mod de dybeste områder. Med tiden vil der akkumuleres finkornet materiale langs de lavvandede bredder, hvilket vil fremme rørskovdannelse. Lignende udvikling er set i Amager og Køge Bugt strandparker.

Havbunden i naturlagunen vil blive konstrueret af blandede fyldmaterialer, idet bunden skal ligge højere end den naturlige havbund. Der vil også forekomme en langsom sedimentation ved udfældning af suspenderet finkornet materiale. Da bundmaterialerne overvejende kommer til at bestå af blandet morænemateriale, og vandudvekslingen i perioder er begrænset, forudses det, at lagunen udvikler sig til et vådområde med rørskov. På morænematerialets spredte sten kan der udvikles algesamfund. Derimod er det ikke sandsynligt, at der sker en kolonisering af ålegræs og andre blomsterplanter.

Der forventes en god vandkvalitet i naturlagunen, som afspejler de betingelser, der er til stede i en forholdsvis lukket kystlagune i et kystlandskab præget af moræneler.

Vurdering af virkninger på Østersøen

Gravearbejder i forbindelse med projektet kan potentielt medføre en spredning af sediment, næringsstoffer og toksiske stoffer til Østersøen. Herudover kunne en mulig blokering af udvekslingen af vand og salt mellem Nordsøen og Østersøen påvirke vandets lagdeling i Østersøen og derved potentielt også iltforholdene i de dybereliggende vandmasser.

De gennemførte undersøgelser viser, at projektet ikke påvirker vandkvaliteten i Østersøen:

- Hydrografiske beregninger viser, at udvekslingen af vand og salt henover Darss-tærsklen ikke vil blive påvirket af projektet, og lagdelingen af vandmasserne og iltforholdene i Østersøen vil derfor ikke blive påvirket
- Koncentrationerne af suspenderet sediment fra gravearbejder i Femern Bælt vil, når de når til de centrale del af Østersøen, være så ubetydelige og ligge så langt under de naturligt forekommende koncentrationer i f.eks. Arkonabassinet, at de projektrelaterede sedimentkoncentrationer ikke vil have en målbar virkning på sigtddybderne i Østersøen
- De næringsstoffer og toksiske stoffer, som frigives under gravearbejdet, vil ikke have nogen virkning på vandkvaliteten i Femern Bælt, hvorfor der heller ikke vil være virkninger i Østersøen
- Spildevandsudledninger vil som under de eksisterende forhold kun have meget små og uvæsentlige lokale virkninger i Femern Bælt, og der vil ikke forekomme virkninger i Østersøen

Sammenfattende vurderes det, at sænketunnelen hverken i anlægsfasen eller driftsfasen vil påvirke vandkvaliteten i Østersøen.

12.3.15 Konklusion vedrørende projektets virkninger

Vurderingen af væsentligheden af projektets virkninger er baseret på de virkninger, der forventes fra de enkelte belastninger hver for sig, og på de aggregerede virkninger af projektet.

Det er vurderet, at sedimentspildet i anlægsfasen er den eneste belastning, der påvirker vandkvaliteten i en grad, der har betydning for Femern Bælt. Belastningen fra hydrografiske ændringer, nye hårde overflader og udledning af vand fra afsaltningsanlæg, afvandingskanaler og rensningsanlæg er således vurderet at være ubetydelige og dermed ikke-væsentlige.

Den største påvirkning som følge af sedimentspildet skyldes en øget mængde af suspenderede partikler i vandet og dermed en reduktion i sigtddybden. Sedimentspildet vil i 1. og 2. år af anlægsfasen kortvarigt og lokalt forårsage en reduktion i sigtddybden på 35 – 60 pct. langs kysten ved Rødbyhavn og op til 30 pct. i Rødsand Lagune. Projektet har dermed i anlægsfasens første 18 måneder en midlertidig, væsentlig og udbredt virkning på sigtddybden og dermed på vandkvaliteten i den danske del af Femern Bælt og specielt ved Lollands kyster. I den tyske del af Femern Bælt forventes en reduktion i sigtddybden på under 10 pct., og virkningen er derfor vurderet som ikke-væsentlig. Som en følge af det afgravede havbundmateriale meget lave indhold af næringsstoffer samt miljøfarlige og iltforbrugende stoffer vurderes det, at projektet ikke for de nævnte belastninger og sub-komponenter har nogen betydende eller væsentlige virkninger på vandkvaliteten, som kan henføres til håndteringen af havbundmaterialer (opgravning og deponering).

To strande ved "Lalandia" og "Rødbyhavn ved Søvavilionen" lukkes, når anlægsarbejdet starter, og det nye landområde etableres. De nedlagte strande kompenseres ved at oprette nye strande i tilknytning til det nye landområde. Hverken i anlægsfasen eller driftsfasen forventes der væsentlige virkninger på den hygiejniske badevandskvalitet som følge af projektet. Det gælder både de eksisterende strande og de nye strande. Den beregnede forringelse af sigtddybden og dermed virkningen på den æstetiske badevandskvalitet i Femern Bælt er kun tydelig den første sommer i anlægsperioden og alene ved én strand på Lolland. Dette vurderes ikke at være en væsentlig virkning på sub-komponenten badevandskvalitet.

Baseret på designet af de nye vandområder i forbindelse med det nye landområde ved Lolland og de estimerede vandgennemstrømninger og relativt korte opholdstider, forventes vandkvaliteten i

områderne for en stor del at være styret af forholdene i Femern Bælt. Med tiden vil der ske en vis aflejring af organisk stof og finere partikler, f.eks. ved import af materiale fra Femern Bælt og opskyl af tang. Det vil give basis for udvikling af en varieret natur med rørskov og bundflora og -fauna. De nye strande vurderes at være stabile, og der vil ikke umiddelbart være behov for vedligeholdelse. Der forventes ikke væsentlige virkninger, som nedsætter den rekreative værdi.

Samlet vurdering af virkningernes væsentlighed

Tabel 12.3-16 viser en oversigt over projektets virkninger på vandkvaliteten i Femern Bælt og Østersøen, samt de samlede virkninger fra projektet. Det vurderes, at projektet vil have en væsentlig virkning på vandkvaliteten i Femern Bælt i anlægsfasen. Der forventes ikke en væsentlig virkning i andre dele af Østersøen i anlægsfasen. I driftsfasen vil der ikke være nogen væsentlige virkninger fra projektet, hverken lokalt i Femern Bælt eller regionalt i Østersøen.

TABEL 12.3-16 Virkninger på vandkvaliteten ved etablering og drift af projektet og virkningernes væsentlighed

Sub-komponent	Virkninger for projektet			
	Femern Bælt		Østersøen	
	Virkninger i driftsfasen	Virkninger i anlægsfasen	Virkninger i driftsfasen	Virkninger i anlægsfasen
Næringsstoffer	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Miljøfarlige stoffer	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Iltforhold	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Sigt dybde	Ingen	Store, midlertidige negative virkninger i danske områder	Ingen	Ingen
Badevand	Ingen	Begrænset negativ virkning (lokal effekt) på Lolland	Ingen	Ingen
Samlet vurdering af virkningen på vandkvalitet	Ikke-væsentlig	Væsentlig i første tredjedel af anlægsfasen	Ikke-væsentlig	Ikke-væsentlig

12.4 SEDIMENTER OG BUNDFORMER

Dette afsnit vedrører virkninger på havbundsmorfologien og de dynamiske bundformer på havbunden i Femern Bælt som følge af anlæg og drift af en sænketunnel.

Store dele af havbunden i Femern Bælt er dækket af dynamiske bundformer, fortrinsvist sandbølger og måneformede bundformer. Gravearbejdet i forbindelsen med etableringen af tunnelrenden vil påvirke en del af disse bundformer. Der er også en mulig påvirkning på sedimenter og havbundsmorfologien fra anlæg af midlertidige arbejdshavne og aflejring af sediment som følge af sedimentspild ved gravearbejdet.

I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse, samt deres størrelse. Betydningen af de vurderede komponenter er kort beskrevet. I analysedelen beskrives følsomhed over for projektets belastninger, hvilke kriterier og metode der er anvendt i vurderingen, og endelig de konkrete virkninger på de vurderede komponenter. Der fokuseres i beskrivelsen på de bundformer og områder, hvor der er en virkning. Til sidst i afsnittet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

Rev er oftest at betragte som erosionsprægede områder/bundformer i det marine miljø, hvor grove materialer herunder sten og blokke kan udgøre en varierende andel af bundens substrat. Sådanne revstrukturer kan udgøre attraktive og vigtige levesteder for den bentiske flora og fauna med afledt positiv virkning på det marine økosystems biodiversitet. Rev betragtes i denne VVM-redegørelse som en biotop, og kortlægningen og miljøvurderingen af rev behandles derfor ikke under miljøfaktoren havbund, men som en del af marinbiologien. Virkninger på kystmorfologi (vanddybder mindre end 6 m) beskrives i afsnit 12.5.

Havbundsmorfologi er en komponent under miljøfaktoren "Jord" og sub-faktoren "Havbund". Sub-komponenterne består af fire forskellige typer af havbundsformer: Tre aktive typer af strømbetingede bundformer og "øvrige havbund" (tabel 12.4-1). Den sidste type består af havbunden uden for områder med markante, strømbetingede bundformer.

TABEL 12.4-1 Sub-komponenter under havbundsmorfologi

Miljøfaktor	Sub-faktor	Komponent	Sub-komponent
Jord	Havbund	Havbundsmorfologi	Sandbølger
			Måneformede bundformer
			Andre strømbetingede bundformer
			Øvrig havbund

Området, inden for hvilket virkningerne kan forekomme, og derfor er vurderet, er angivet på figur 12.4-1. I samme figur er også vist en kortlægning af de markante, strømbetingede og dynamiske havbundsformer, som vurderingen primært vedrører.

I Femern Bælt er der to hovedtyper af markante strømbetingede bundformer – sandbølger og måneformede bundformer. Sandbølgerne er store sandbanker, der ligger på tværs af strømretningen og er op til 4 m høje og nogle hundrede meter lange. De findes i områder med store mængder tilgængeligt sand på vanddybder mellem 10 - 20 m.

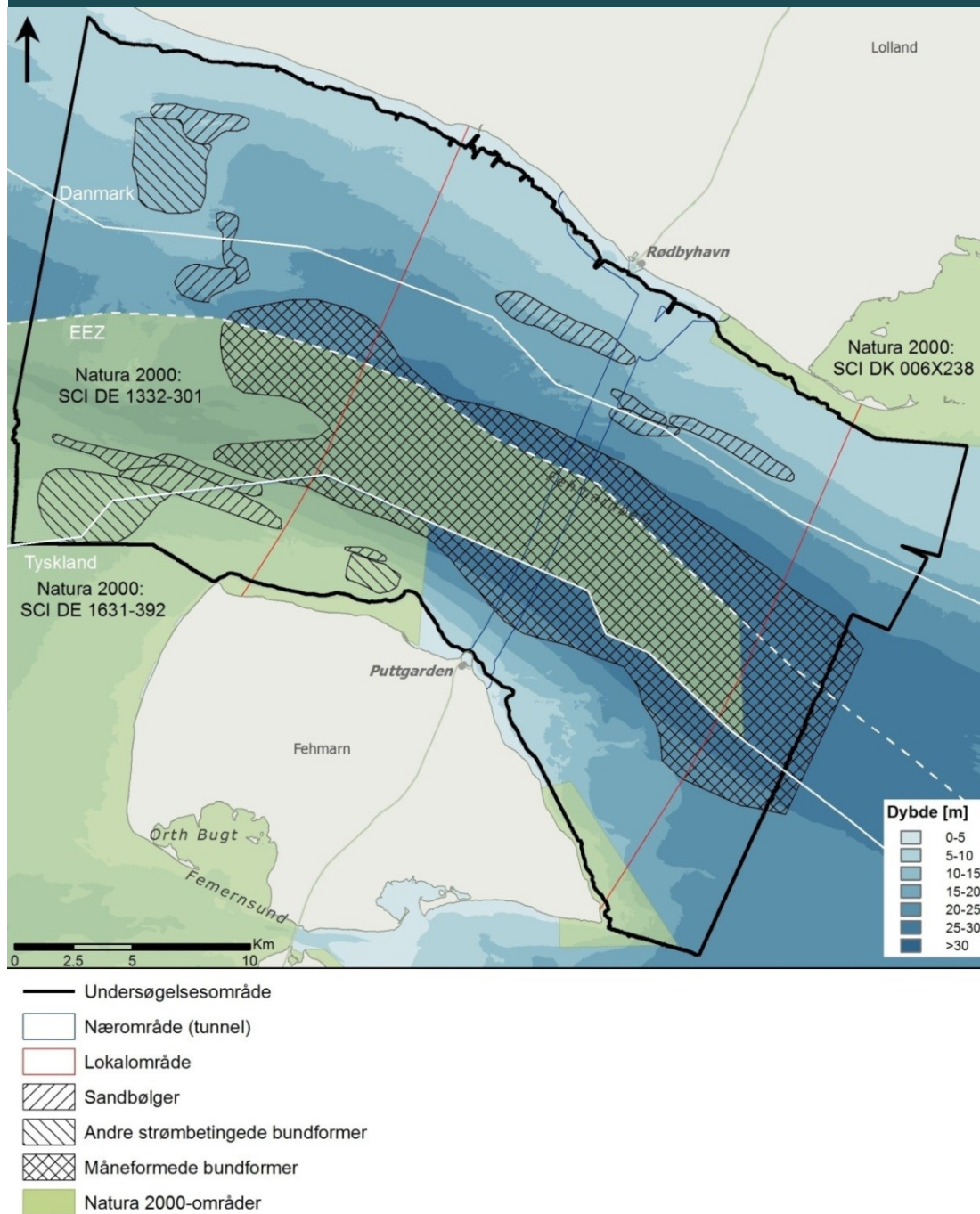
De måneformede bundformer er op til ca. 1 m høje og har en udformning, der minder om en halvmåne med "arme" i retning mod Østersøen. De findes centralt i Femern Bælt, hvor mængden af tilgængeligt sand er mindre, og de består af løst lejrede sedimenter på en mere eller mindre fast bund og findes i områder, hvor vanddybden er større end ca. 20 m.

De to hovedtyper dækker størstedelen af bundformerne i Femern Bælt, men der er områder, hvor bundformerne er mindre karakteristiske men stadig har en vis størrelse. Disse områder benævnes "andre strømbetingede bundformer".

Bundformerne påvirkes af ændringer i tilgængeligheden af løst lejret materiale på bunden eller af ændringer i materialevandringen på bunden, det vil sige af den naturlige strømbetingede transport af silt, sand og grus, der sker langs med havbunden. Bundformerne udvikles og opnår deres form og størrelse som følge af denne transport af havbundsmateriale.

Materialevandringen foregår primært under hændelser med høje strømhastigheder, mere end ca. 0,2 m/s, ved bunden. Bundformerne vandrer mod øst eller mod vest i størrelsesordenen 1 - 5 m i retning af materialevandringen under sådanne større hændelser, der typisk forekommer 2 - 5 gange om året. Bundformernes årlige nettovandring er op til 10 m og er i samme retning som netto-materialetransporten, det vil sige mod Østersøen.

FIGUR 12.4-1 Undersøgelsesområdet og områder med markante, strømbetingede og morfologisk aktive havbundsformer inden for undersøgelsesområdet



Virkningerne på disse fire typer udgør den samlede vurdering af virkningerne på havbundsmorfologien.

Havbundssedimenter er ikke vurderet som separat komponent. Påvirkningerne fra projektet ændrer ikke sammensætningen af havbundsmaterialet i en væsentlig grad, således at havbundsmorfologien ændres som følge heraf (se diskussion nedenfor).

Overfladesedimenter og dybereliggende jordlag langs linjeføringen er analyseret for tungmetaller, aromatiske kulbrinter (PAH), polyklorede bifenyl (PCB), DDT-forbindelser, hexaklorbenzen (HCB) og tributyltin (TBT) (FEMA 2013). Koncentrationer af disse stoffer er sammenholdt med danske, tyske og internationale sedimentkvalitetskriterier for forurenede sediment. Koncentra-

tionerne fra Femern Bælt overholder disse kriterier, og overfladesediment og havbundssedimenter må karakteriseres som værende ikke-forurenede. Forurenede havbundssedimenter er derfor ikke her vurderet som separat komponent.

12.4.3 Projektets belastninger

De væsentligste belastninger på de aktive havbundsformer er:

- Permanente strukturer, som optager en del af havbunden, så som landområder og erosionsbeskyttelse af tunnelelementerne
- Udgravning af tunnelrende, der medfører, at bundformerne graves væk og midlertidigt fjernes fra havbunden, indtil de naturligt gendannes
- Udgravning af sejlrende til produktionsfaciliteter på Lolland, som medfører uddybning i havbunden og afgravning af naturlig havbund. Her sker også en naturlig gendannelse af havbunden og dens former
- Arbejdshavne på Lolland og Fehmarn, som midlertidigt optager/ændrer en del af havbunden
- Aflejring af sedimenter, der spildes under grave- og tilbagefyldningsarbejder, ændrer i områder med bundformer midlertidigt disses geometri

Belastningerne påvirker potentielt en eller flere sub-komponenter. Det bemærkes, at strømforholdene i Femern Bælt kun påvirkes ubetydeligt af projektet og dets landområder. Egentlige ændringer er begrænset til områder tæt på landområderne. Områder med bundformer, som potentielt kunne påvirkes af ændrede strømforhold, er ikke påvirkede af de lokalt ændrede strømforhold, hvorfor de lokalt ændrede strømforhold ikke her indgår som en belastning.

Belastningen på den øvrige havbund, det vil sige uden for områder med aktive bundformer, udgøres derudover af aflejring af sedimenter fra gravearbejderne. De beregnede aflejringstykkelser her har en størrelsesorden, der ikke påvirker havbundsmorfologien eller de geomorfologiske processer i væsentlig grad.

12.4.4 Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet, og de eksisterende belastninger på havbundsmorfologien er beskrevet i afsnit 10.1.3 Sedimenter og bundformer. Det er især sandindvinding og klappning af opgravet havbundsmateriale fra Rødbyhavn og Gedser Havn, der er relevante eksisterende belastninger på bundformerne.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af vurderingskriterier.

12.4.5 Afværgeforanstaltninger inkluderet i projektets design

Følgende afværgeforanstaltninger er inkluderet i designet for projektet for at undgå/mindske tab eller forringelser af havbundsområder med bundformer:

- Havbunden uden for det nye landområde genskabes i områder med arbejdshavne/opmagasineringsområder, idet de midlertidige havnemoler fjernes

12.4.6 Størrelse af belastninger

Anlægsfase

Størrelsen af belastninger, der relaterer sig til anlægsperioden, er:

- Arealet af tunnelrenden ved afslutning af anlægsperioden
- Arealer af arbejdsbunds og produktionsfaciliteter på Lolland og Fehmarn
- Areal af sejlrænder til produktionsfaciliteter på Lolland
- Tykkelsen af aflejring af spildte sedimenter på havbunden samt dybden af tunnelrenden og sejlrænderen til produktionsfaciliteten ved afslutning af anlægsperioden, da dybden er betydelig for den naturlige reetablering af disse områder

Aflejring af sedimenter på bunden er en belastning på bundformerne som en følge af spild under grave- og tilbagefyldningsarbejder. Spildet består primært af havbundsmateriale fra dybereliggende jordlag, der hovedsageligt består af relativt finkornet morænemateriale. Beregninger af spredningen af de finere fraktioner af det spildte materiale (ler, silt) viser, at dette ikke aflejres – eller i så fald kun kortvarigt – i Femern Bælt (afsnit 12.1 Belastninger). Det fine materiale aflejres i områder med roligere strømforhold uden for Femern Bælt, hvor der også naturligt sker aflejring af finere fraktioner.

Belastning af bundformerne skyldes det aflejrede lag af lidt grovere materiale (primært sand) i det opgravede materiale, der i tilknytning til gravearbejdet aflejres i nærområdet, og indgår som materiale i de dynamiske bundformer.

Driftsfase

I driftsfasen optager de permanente strukturer (landområderne og beskyttelseslag over cut-and-cover tunnel) havbundsarealer.

Udover de nævnte arealinddragelser vurderes der i driftsfasen ikke at være påvirkninger, der medfører væsentlige virkninger på havbundsmorfologien.

12.4.7 Betydning

Betydning er et mål for værdien af bundformerne på havbunden som en del af det naturlige miljø.

Områder både med og uden markante og strømbetingede bundformer er tildelt et betydningsniveau (lille, middel, stor og meget stor betydning) baseret på om de:

- Indeholder lovmæssigt beskyttede strømbetingede bundformer inden for Natura 2000-områder i Femern Bælt
- Har markante og strømningsbetingede bundformer, der bidrager til diversiteten af havbundsmorfologien i Femern Bælt
- Har en eksisterende tilstand, som er langt fra en naturlig tilstand på grund af påvirkninger fra menneskeskabte aktiviteter

Bundformernes påvirkning af den overordnede hydrografi i Femern Bælt (via den strømningsmodstand, de udgør – jf. kapitel 10) er beregnet til at være uvæsentlig, og derfor inkluderes dette aspekt ikke i vurderingen af deres betydning, eller som grundlag for en vurdering af en ændret bundmorfologisk mulige påvirkning af hydrografien.

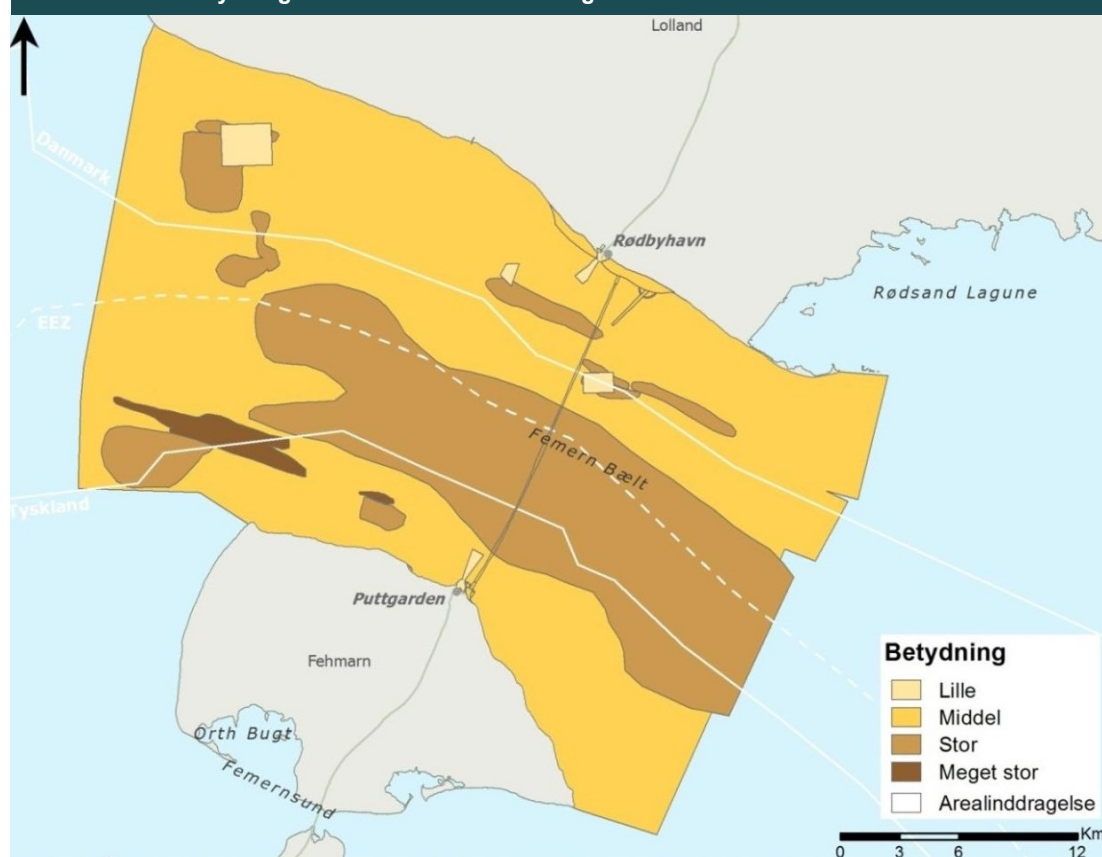
Betydningsniveauer for havbundsmorfologien er vist i tabel 12.4-2 og figur 12.4-2. Det fremgår, at alle områder med aktive bundformer er tillagt ”stor” eller ”meget stor” betydning. De aktive bundformer bidrager til diversiteten af havbundsmorfologien. Området med sandbølger på tysk område er tillagt ”meget stor betydning”, da sandbølgerne her er en del af udpegningsgrundlaget for et Natura 2000-område (DE 1332-301 og DE 1631-392).

Undtaget disse høje betydningsniveauer er områder med bundformer, hvor der er givet tilladelse til sandindvinding eller klapping. Sådanne områder kan sidestilles med uddybede områder og havneområder, der ligeledes er ”langt fra naturlig tilstand” og tillagt lille betydning.

TABEL 12.4-2 Betydningsniveauer for havbundsmorfologi

Grad af betydning	Tildelingsgrundlag
Meget stor	Lovmæssigt beskyttede strømbetingede bundformer inden for Natura 2000
Stor	Områder med markante og strømningsbetingede bundformer, som ikke er inkluderet under kategorien "meget stor"
Middel	Alle andre områder, som ikke er stærkt påvirket af menneskeskabte aktiviteter
Lille	Havbundsområder under stærk indflydelse af menneskelige aktiviteter

FIGUR 12.4-2 Betydningskort for havbundsmorfologi



12.4.8 0-alternativet

Alle virkninger på havbundsmorfologien er vurderet i forhold til de eksisterende forhold (2009 - 2010). Den nuværende viden om havbundsmorfologien i Femern Bælt giver ikke anledning til at antage, at forholdene i 2025 uden en Femern Bælt-forbindelse ville være væsentlig anderledes end forholdene i 2009 - 2010.

12.4.9 Sårbarhed

Havbundsmorfologiens sårbarhed over for belastningerne udtrykker i hvor høj grad havbundsformerne ændres som følge af en given belastning. Et eksempel kan være, hvor meget og over hvor lang tid bundformernes geometri ændres, hvis der aflejres en vis tykkelse af sediment i områder

med disse bundformer. Sårbarhed af de vurderede typer af havbund over for de væsentligste belastninger samt tidsskalaer for regenerering af bundformerne kvantificeres i det følgende.

Sårbarhed over for afgravning og tilbagefyldning

De tre forskellige typer af aktive bundformer (sandbølger, måneformede bundformer og "andre markante strømbetingede bundformer") påvirkes af og responderer på belastninger fra sænketunnelen på stort set samme måde. Det skyldes, at de fysiske mekanismer, der betinger deres eksistens og udvikling, er næsten de samme. Bundformerne bliver gravet væk i området, hvor der graves ud til tunnelrenden. Bundformerne gendannes naturligt, og udgravning af tunnelrenden anses derfor ikke for at medføre permanente virkninger på bundformerne.

Tunnelrenden medfører afgravning i områder med sandbølger, måneformede bundformer og "øvrig havbund". Der efterlades en rende med en dybde på ca. 0,7 m efter afslutningen af anlægsarbejdet. Beskyttelseslaget af sten over tunnelelementerne udgør bunden af renden.

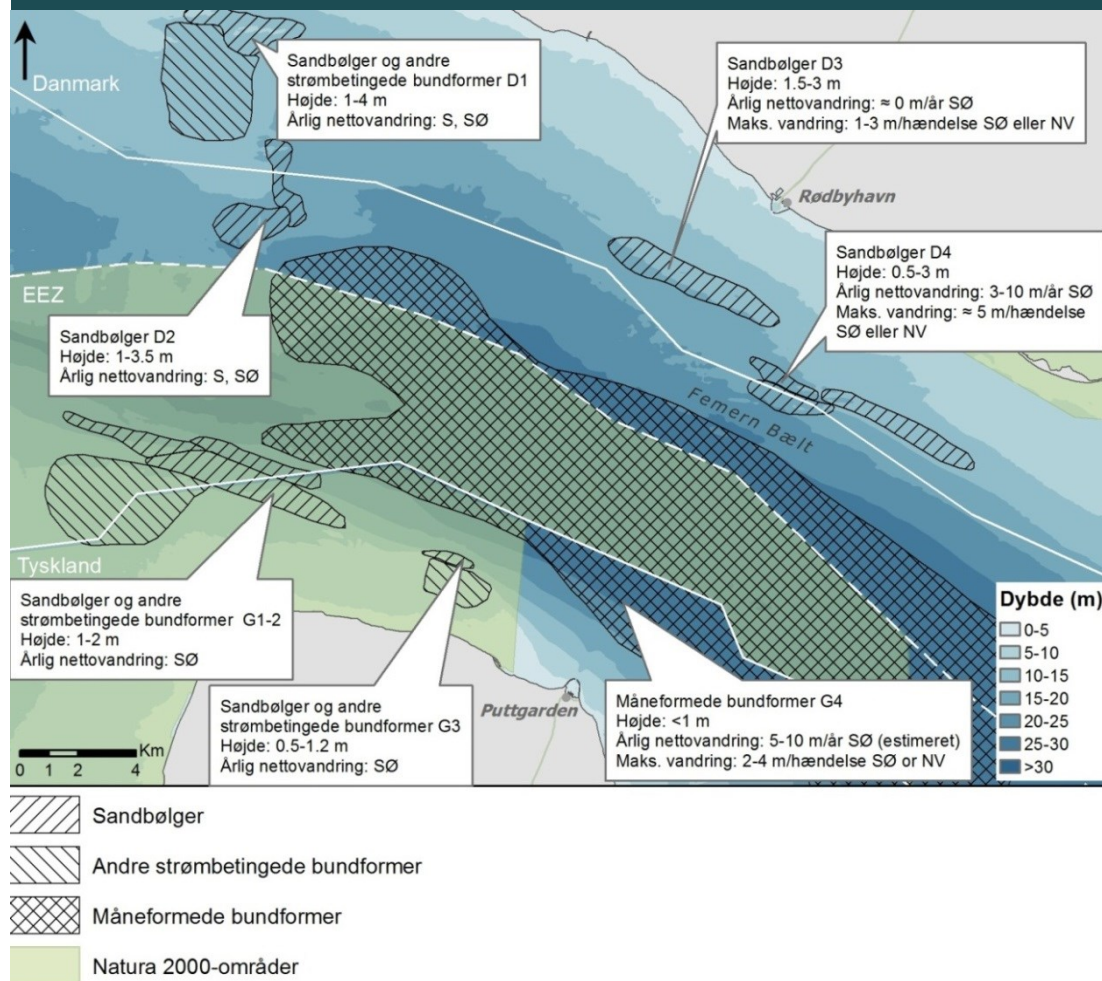
Havbundsmateriale såsom silt, sand og grus, der naturligt transporteres langs havbunden med strømmen (materialevandring), aflejrer sig i renden, som med tiden fyldes op, således at havbunden genetableres naturligt. Størstedelen af materialet aflejrer sig på siderne af renden, og genetableringen sker derfor primært ved, at renden snævres ind. Efter nogen tid udjævnes renden dog og fremstår som en svag fordybning i havbunden, indtil den er helt tilbagefyldt. Nye bundformer udvikler sig løbende under denne proces i det havbundsmateriale, der opfylder renden, og fuldt udviklede bundformer dannes efter, at renden er helt tilbagefyldt til naturligt havbundsniveau.

Den årlige bruttovandringsafstand for sandbølger i linjeføringsområdet er estimeret til omkring 10 - 15 m i gennemsnit. Længden af disse sandbølger i område D3 vest for linjeføringen (figur 12.4-3) er ca. 200 - 400 m. I sandbølgeområdet D4 øst for linjeføringen har sandbølgerne en længde på 50 - 100 m. De større og længere sandbølger i område D3 forventes at regenerere på 30 - 40 år, mens tidsskalaen for regenerering af de mindre bundformer i D4 er estimeret til 10 - 15 år. Udviklingen af bundformer i sandbølgeområde D4 efter en foregået sandindvinding, der har medført bortgravning af sandbølger, bekræfter størrelsesordenen for tidsskalaen for regenerering af sandbølger i det pågældende område (FEHY 2013a).

For at bundformerne kan udvikles fuldt ud til deres naturlige geometri, skal der som minimum være en lagtykkelse af havbundsmateriale til rådighed, som svarer til deres egen højde. De måneformede bundformer forventes derfor at regenerere helt til naturlig højde, da tykkelsen af havbundsmateriale over tunnelelementer inkl. beskyttelseslag er ca. 0,7 m eller omtrent samme højde som de måneformede bundformer. Sandbølgerne i området omkring linjeføringen er op til 3 m høje og derfor typisk højere end de måneformede bundformer. Beskyttelseslaget bliver derfor til tider blotlagt i sandbølgernes trug, det vil sige i de områder af bundformerne med de laveste havbundsniveauer.

Den naturlige tilbagefyldning af tunnelrenden og dermed regenerering af havbunden i områder uden bundformer sker på samme måde, som beskrevet ovenfor. Tilbagefyldningen sker fra begge sider i perioder med øst eller vestgående strøm og varierer med den naturlige transport af havbundsmateriale. Da denne varierer langs linjeføringen (afsnit 10.1.3 Sedimenter og bundformer) vil tiden for fuld tilbagefyldning variere fra ca. 1 år tættest ved kysterne til 20 år i de dybere områder.

FIGUR 12.4-3 Batymetri og områder med markante strømbetingede bundformer samt deres karakteristika



Note: Maksimal vandring er relateret til vandringer i enten østlig eller vestlig retning under hændelser med væsentlig materialetransport, typisk forekommende 2 - 5 gange pr år

Sårbarhed over for aflejring af sedimenter

Sediment, der spildes under gravearbejdet, kan aflejres i områder med bundformer. Virkninger på bundformer af aflejring er:

- Reduktion af bundformernes højde
- Øgning af volumen af havbundsmateriale i de enkelte bundformer
- Ændring af sammensætningen af sedimentet i bundformerne

Aflejring af spild på havbunden under gravearbejdet fordeler sig umiddelbart som et jævnt fordelt lag over bunden uafhængigt af havbundens karakter. I områder med sandbølger og "andre strømbetingede bundformer" bliver aflejringerne af spildt sediment imidlertid ført med strømmen væk fra toppene af bundformerne til de dybere områder af bundformerne, trugene, hvor strømmen er mindre kraftig end omkring toppene. Aflejringen akkumuleres således i trugene og fylder dem delvist op. Dermed reduceres højden af sandbølgerne/"andre strømbetingede bundformer", da højden defineres som niveauforskellen mellem en top af en bundform og det dybeste niveau af det nærmeste trug, der som følge af aflejring bliver mindre dybt. Når sedimentet samles i trugene, vil aflejringstykkelsen her være større end den jævnt fordelte umiddelbart efter aflejring, som er den tykkelse, der er beregnet i sedimentspredningsmodellen. Aflejringstykkelsen i trugene vil være afhængig af geometrien af bundformerne (arealet af de dybere områder i forhold til areal-

erne af toppene). Aflejringstykkelser af akkumulerede lag i trugene er for de berørte bundformers geometri estimeret til at være ca. 2,5 gange større end den jævnt fordelte (og beregnede) tykkelse umiddelbart efter aflejring på bunden.

Sårbarheden af bundformerne over for aflejring af sedimenter er defineret som sammenhængen mellem ændring af bundformshøjden i forhold til tykkelsen af aflejringen. Beregnes der for eksempel en gennemsnitlig aflejring på 20 - 50 mm i et sandbølgeområde, kan der akkumuleres en aflejring af spildte sedimenter på op til 125 mm i sandbølgernes trug, jf. ovenstående. 125 mm er anset for en egentlig ændring af højden af mindre sandbølger, der typisk har højder på 0,5 - 1 m. En ændring på mindre end 10 pct. af bundformshøjden vurderes at være inden for den naturlige variation af bundformshøjden inden for et år, og er derfor anvendt som grænse for en egentlig ændring af sandbølgerne og "andre strømbetingede bundformer".

For de måneformede bundformer er volumenændringen af bundformerne anvendt som et mål for aflejringens virkning. Volumenændringen er valgt som mål, da disse former er begrænset i deres størrelse af mængden af løst lejet materiale på havbunden. En typisk måneformet bundform i Femern Bælt består af omtrent 1.000 m³ løst havbundsmateriale/sand. I gennemsnit er der én bundform pr ca. 35.000 m² havbund. Aflejres der en tykkelse på for eksempel 10 mm spild fra gravearbejdet jævnt fordelt over de 35.000 m², tilføjes 350 m³ løst materiale til hver måneformet bundform, svarende til en øgning i volumen på omtrent en tredjedel. Den nedre grænse for, hvornår aflejring af sedimenter fra gravearbejdet har en substantiel virkning på de måneformede bundformer, er sat til 5 mm. Det svarer til en øgning af volumen af en typisk måneformet bundform på 10 - 20 pct., hvilket vurderes at være indenfor den naturlige variation.

Det aflejrede materiale fra gravearbejdet opblandes med det naturlige overfladehavbundsmateriale i bundformerne, når bundformerne vandrer. Der sker dog samtidig en udvaskning/fra-sortering af den del af det aflejrede materiale, som er finere end det naturlige havbundsmateriale på stedet. Det er derfor stort set kun materiale med karakteristika som det oprindelige, der bliver opblandet med det eksisterende og indgår som en del af bundformerne.

Virkingen af aflejring af spild fra gravearbejdet på alle tre typer af bundformers geometri og sedimentsammensætning aftager med tiden, og bundformerne vil vende tilbage til deres naturlige tilstand i ligevægt med de hydrodynamiske forhold. Tidsskalaen for dette kan være adskillige år.

12.4.10 Vurderingskriterier for omfang af forringelser

Virkningerne af en sænketunnel på havbundsmorfologien rangordnes på en 4-trinsskala (lille, middel, stor, meget stor). Gradueringen beskriver, i hvilket omfang virkningerne afviger fra bundformernes naturlige variation, og hvor tydelige virkningerne vil være på bundformerne.

Vurderingskriterier er anvendt til at fastlægge hvilke ændringer, her kaldt forringelser af havbundsmorfologien, der kategoriseres inden for hver af de fire gradueringer (tabel 12.4-3).

Kriterierne for forringelser er udarbejdet under hensyntagen til følgende:

- Ændringer i en så høj grad, at havbundsmorfologien/bundformerne kan anses for at ændre karakter, det vil sige, at den oprindelige karakter af havbundsmorfologien går tabt, tildeles den højeste grad af forringelse, det vil sige graden "meget stor"
- Størrelsen i ændringer tages i betragtning, f.eks. den relative ændring af højde eller volumen af bundformerne
- Mulighed for naturlig regenerering af havbundsmorfologien tages i betragtning (både i områder med og uden bundformer)

TABEL 12.4-3 Vurderingskriterier for graden af forringelser af havbundsmorfologi

Komponent	Sub-komponent	Vurderingskriterier	Grad af forringelse
Havbunds-morfologi	Sandbølger Måneformede bundformer Andre strømbetingede bundformer Øvrig havbund	Permanent eliminerings af bundformer eller permanent ændring af karakteren af bundformerne.	Meget stor
		Eliminering af bundformer eller ændring af karakteren af bundformer i tilfælde, hvor en regenereringstid på op til 25 - 30 år forventes.	Stor
		Ændring af bundformernes højde med mere end 25 pct. Ændring af volumen af måneformede bundformer med mere end 25 pct. Sænkning af havbundsniveauet med mere end 2 m under naturligt havbunds niveau i områder med "øvrig havbund".	Middel
		Ændring af bundformernes højde med 10-25 pct. Ændring af volumen af måneformede bundformer med 10 - 25 pct. Sænkning af havbunds niveauet med 0,5 - 2 m under naturligt havbunds niveau i områder med "øvrig havbund" Arealinddragelse af "øvrig havbund" begrænset til anlægsperioden.	Lille

Ændringerne i højden af sandbølger og "andre strømbetingede bundformer" samt ændringerne i volumen af de måneformede bundformer er vurderet i forhold til den gennemsnitlige aflejringstykkelser af spild under gravearbejdet, jf. diskussionen i afsnittet vedrørende sårbarhed ovenfor. Sammenhængen mellem aflejringstykkelser og den vurderede grad af forringelse for sandbølger og "andre strømbetingede bundformer" af varierende højde er angivet i tabel 12.4-4. På tilsvarende vis er sammenhængen mellem aflejringstykkelser og grad af forringelse ved volumenændring af måneformede bundformer angivet i tabel 12.4-5.

TABEL 12.4-4 Sammenhæng mellem aflejringstykkelser af spild og grad af forringelse for sandbølger og "andre strømbetingede bundformer" af varierende højde

Grad af forringelse	Højde af sandbølger/"andre strømbetingede bundformer" (m)			
	0,5	1,0	2,0	3,0
	Gennemsnitlig aflejringstykkelser (mm)			
Stor (eliminering med forventet regenerering)	>200	>400	>800	>1.200
Middel (>25 pct. ændring i højde)	50 - 200	100 - 400	200 - 800	300 - 1.200
Lille (10 - 25 pct. ændring i højde)	20 - 50	40 - 100	80 - 200	120 - 300
Ingen (<10 pct. ændring i højde)	<20	<40	<80	<120

TABEL 12.4-5 Sammenhæng mellem gennemsnitlig aflejringstykkelse og grad af forringelse af måneformede bundformer

Grad af forringelse	Gennemsnitlig aflejringstykkelse (mm)
Stor (eliminering med forventet regenerering)	>200
Middel (>25 pct. ændring i volumen)	10 - 200
Lille (10 - 25 pct. ændring i volumen)	5 - 10
Ingen (<10 pct. ændring i volumen)	<5

12.4.11 Metoder

Virkningerne på havbundsmorfologien er vurderet og dokumenteret primært på basis af arealer, som påvirkes direkte af gravearbejder, på basis af beregninger af materialevandringen langs havbunden og på basis af spredningen af spildt materiale under gravearbejdet. Beregningerne er udført med numeriske beregningsmodeller.

Modellen anvendt til beregning af materialevandring på bunden er beskrevet i kapitel 9 Metode til vurdering af virkninger på miljøet, hvor den er anvendt til at bestemme materialevandringen i den eksisterende situation og til at estimere bundformernes vandringshastigheder. Modellen anvendt til beregning af sedimentspredning som følge af gravearbejdet er beskrevet i afsnit 12.1 Belastninger. Størrelserne af de påvirkede arealer er fastlagt ved GIS-analyse, f.eks. ved at kombinere kort over bundformer i Femern Bælt med kort over aflejring af sediment som følge af gravearbejdet.

De numeriske modeller er baseret på et omfangsrigt datamateriale. Datamaterialet, der dels er indhentet som en del af VVM-arbejdet dels består af historiske informationer/data, er anvendt til at etablere modellerne, så de repræsenterer de fysiske forhold i Femern Bælt. For eksempel er data vedrørende havbundsmaterialet i Femern Bælt anvendt til beregning af materialevandringen, og målinger af strømforholdene tæt ved bunden er anvendt til at kalibrere og validere de modellerede strømhastigheder, der ligeledes anvendes i materialevandringsmodellen.

12.4.12 Omfang af miljøvirkninger for projektet

Omfang af tab af havbundsmorfologi

Tab af havbund forekommer på grund af arealinddragelser ved landområderne på både dansk og tysk side og i områder med cut-and-cover tunnel nær kysterne, hvor beskyttelseslaget hæver sig over den naturlige havbund, som omtalt i kapitel 4 Sænketunnel – beskrivelse af den tekniske løsning. Det totale tabte areal af havbund udgør 341 ha og berører såkaldt "øvrige havbund", det vil sige områder uden markante, strømningsbetingede bundformer. Det tabte areal er størst på dansk side, da det nye landområde her er væsentligt større end på tysk side og udgør 321 ha af det totale areal på 341 ha. Det nye landområde på tysk side udgør ca. 20 ha. Arealerne for de nye landområder er inklusiv beskyttelsesrev.

Arealtabet er derefter vurderet ved at inddrage områdernes betydningsniveauer. Hele det tabte areal af havbund er klassificeret med en mellem betydningsgrad.

Omfang af forringelser

Forringelserne forårsages af direkte og indirekte belastninger på havbundsmorfologien. De direkte belastninger består af midlertidige arealinddragelser relateret til anlægsperioden. Arealinddragelser inkluderer tunnelrenden, arbejdshavnene på Lolland og Fehmarn, der hvor disse breder sig over et større havbundsareal end de permanente arealinddragelser til nye landområder, og af sejlløbet til produktionsfaciliteterne på Lolland. De indirekte belastninger udgøres af spild af sedimenter under gravearbejdet, der aflejres i områder med bundformer. Aflejringen medfører

ændringer af bundformernes geometri, som beskrevet under afsnittet om sårbarhed ovenfor. Omfanget af forringelser af havbundsmorfologien inkluderer således alene arealer, der påvirkes som følge af processer under anlægsperioden. Tidsskalaen for forringelserne er i alle tilfælde ikke-væsentlig længere end 25 - 30 år, hvilket ligger til grund for at benævne dem som midlertidige forringelser.

De påvirkede arealer fordelt på typer af belastning og berørte havbundstyper er opgjort og fremgår af tabel 12.4-6. Arealerne omfatter ikke områder, hvor virkningerne er vurderet at være ubetydelige. Inddrages sårbarheden over for de forskellige belastninger samt vurderingskriterierne i tabel 12.4-3, fås graden af forringelse for de enkelte påvirkede arealer. Nogle belastninger giver anledning til en varierende grad af forringelse afhængig af både størrelsen af belastningen og/eller typen af bundformer. Tidsskalaen for regenerering varierer mellem 1 - 40 år afhængig af havbundstype. Indikationer af tidsskalaen for regenerering for kombinationer af belastning og bundformstype er inkluderet i tabel 12.4-6.

TABEL 12.4-6 Arealer (ha) med midlertidige forringelser. Sammenhæng mellem belastninger og arealer med forringelser fordelt på sub-komponenter

Arealer af midlertidige forringelser fordelt på belastninger (ha)	Havbundstyper (= Sub-komponenter inden for havbundsmorfologi)					Maksimal periode med midlertidige forringelser
	Sandbølger	Måneformede bundformer	Andre strøm-betingede bundformer	Øvrig havbund	Total	
Tunnelrende	5	98	0	80	183	Sandbølger: Op til 40 år Måneformede: Op til 28 år Øvrig havbund: Op til 18 år
Arbejdshavne	0	0	0	15	15	Øvrig havbund: Op til 5 år
Sejlrende til produktions-faciliteter	0	0	0	32	32	Øvrig havbund: Op til 30 år
Aflejring af sedimenter	0	887	0	0	887	Måneformede: Op til 30 år
Total	5	984	0	126	1.115	-

Virkninger ved anlæg af tunnelrenden

Etablering af tunnelrenden medfører bortgravning af den eksisterende havbund inklusiv dens bundformer (figur 12.4-4). Ved afslutning af anlægsperioden fremstår tunnelrenden som en åben rende med en dybde på ca. 0,7 m øverst, bestående af beskyttelseslaget af sten over tunnel-elementerne.

På dansk side vil tunnelrenden gå igennem et område med sandbølger – (område B i figur 12.4-4). Etableringen af tunnelrenden medfører bortgravning af 5 ha med sandbølger. Sandbølgerne regenereres med tiden over tunnelrenden. Sandbølgerne anses derfor for at være midlertidigt eliminerede det vil sige, effekten er en "stor grad af forringelse", jf. vurderingskriterierne ovenfor.

En vurdering af tidsskalaen for regenerering af havbundsmorfologien er baseret på dels 1) en beregning af tilbagefyldningstiden af den åbne rende på baggrund af den beregnede materiale-vandring langs linjeføringen og dels 2) en vurdering af tidsskalaen for opvækst af bundformerne til fuld størrelse, det vil sige en situation, hvor de vil være i ligevægt med de hydrografiske forhold. For detaljer i beregningerne henvises til (FEHY 2013b). På grund af størrelsen af sandbølgerne i

det berørte område (op til 3 m) er tidsskalaen for regenerering af sandbølgerne til fuld størrelse vurderet til at være 30 - 40 år efter afslutning af anlægsperioden.

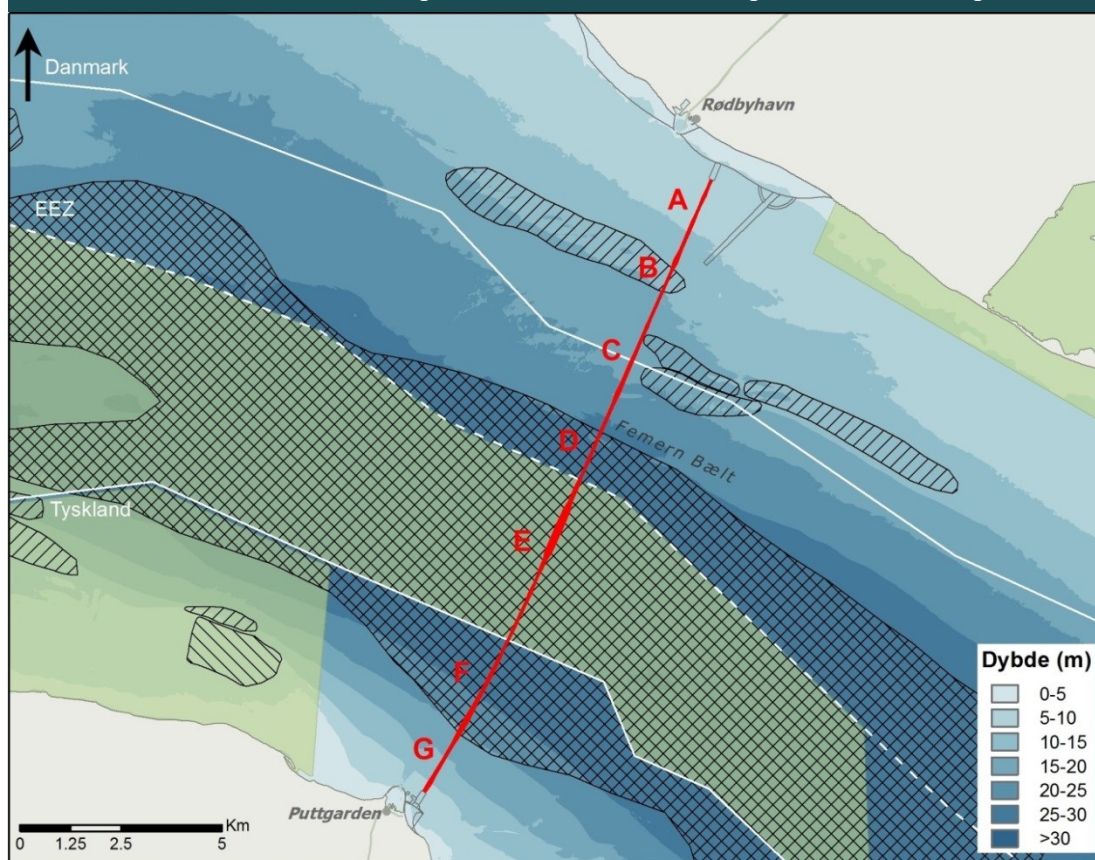
Tunnelrenden påvirker i alt 98 ha (område D, E og F i figur 12.4-4) med måneformede bundformer i den centrale del af Femern Bælt. De måneformede bundformer regenereres i lighed med sandbølgerne også med tiden, og virkningen er derfor midlertidig. Graden af forringelsen i området med de måneformede bundformer er således ifølge vurderingskriterierne "stor".

De måneformede bundformer genetableres på samme måde som sandbølgerne ved en kombination af gendannelse i det naturligt tilbagefyldte materiale og vandring af bundformer indover siderne af tunnelrenden.

Inden for relativt kort tid forventes der at blive dannet bundformer (dog i begyndelsen af en mindre størrelse end de eksisterende) i takt med, at tunnelrenden naturligt genfyldes. Tidsskalaen, før de måneformede bundformer har nået deres fulde størrelse, er betinget af den begrænsede mængde og -vandring på havbunden og er vurderet til at være ca. 15 - 28 år efter afslutning af anlægsperioden, afhængig af den varierende materialevandingsrate og bredde af tunnelrenden i dette område.

Udgravningen berører ca. 80 ha øvrig havbund uden bundformer, hvor havbunden ved afslutning af anlægsperioden fremstår med en åben rende med en dybde på ca. 0,7 m. Graden af forringelse af havbunden er således ifølge vurderingskriterierne "lille". Havbundsmorfologien vender tilbage til en naturlig tilstand i takt med den naturlige tilbagefyldning af tunnelrenden. Tidsskalaen for regenerering af denne havbund (uden bundformer) er beregnet til at variere mellem ca. 1 - 18 år. Opfyldning sker hurtigst tættest ved kysterne, hvor materialevandringen er størst.

FIGUR 12.4-4 Tunnelrendens forløb gennem områder med forskellige havbundsmorfologi



- Tunnelrende
- Andre arealindragelser
- Sandbølger
- Strømbetingede bundformer
- Måneformede bundformer
- Natura 2000-områder

Virksomheder ved anlæg af arbejdshavne

15 ha af havbunden påvirkes af arbejdshavne. Dette dækker ikke de dele af arbejdshavnene, der efterfølgende inddrages til de permanente strukturer, herunder landområder. Områderne består udelukkende af arealer uden bundformer. Den naturlige havbundsmorfologi forventes at være regenereret ca. 5 år efter nedtagning af de strukturer, der udgør arbejdshavnene, hvilket primært er havnemolerne på både dansk og tysk side.

Virksomheder ved anlæg af sejlrende til produktionsfaciliteter på Lolland

Etablering af en sejlrende til produktionsfaciliteterne medfører uddybning i havbunden og fjernelse af den eksisterende havbundsmorfologi i et areal på ca. 32 ha. Alene "øvrige havbund", hvor der ikke er markante, strømbetingede bundformer, berøres af uddybningen. Sejlrenden etableres, så den har en vanddybde på ca. 12 m (der uddybes til - 12 m DVR90). Den naturlige vanddybde i området med sejlrenden varierer mellem ca. 5,5 m ved grænsen til landområdet ved Lolland og 12 m længst væk fra kysten. Der skal således uddybes til mellem 6,5 m - 0 m under det eksisterende havbundsniveau (figur 12.4-5). Bredden af renden varierer fra 170 m tættest ved landområdet til 100 m længst fra kysten.

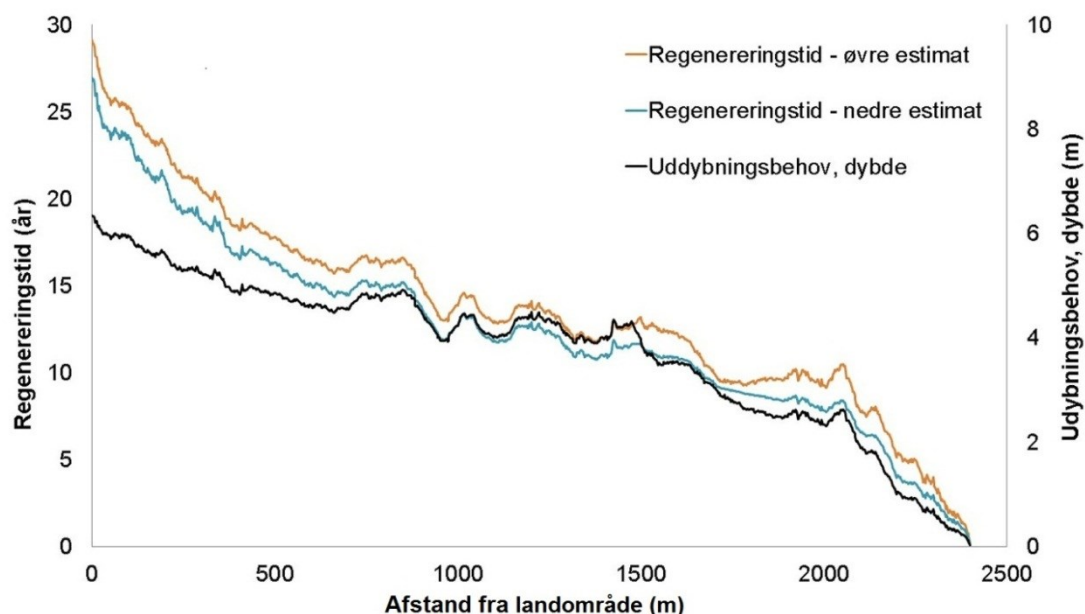
Graden af forringelse i forbindelse med sænkning af havbundsniveauet i områder med "øvrige havbund" er afhængig af, hvor meget der uddybes, jf. vurderingskriterierne i tabel 12.4-3. I alt er

det opgjort, at 29 ha havbund skal uddybes med over 2 m og derfor anses for at være forringet i "middel grad", mens 3 ha uddybes med 0,5 - 2 m og forringes i "lille grad".

Det er planlagt at efterlade sejlrunden til opfyldning ved naturlig materialevandring i området. Tidsskalaen for regenerering af naturlig havbundsmorfologi over sejlrunden er afhængig af, hvor hurtigt runden fyldes op. Beregninger af tilbagefyldningen er baseret på beregninger af materialevandringen i linjeføringsområdet, som er beskrevet i afsnit 10.1.3.

Tilbagefyldningstiden er beregnet til at variere mellem 0 - ca. 30 år. Området tættest på land-området ved Lolland, hvor sejlrunden er bredest og dybest, er længst tid om at regenerere. Estimer af tilbagefyldningstiden langs med sejlrunden er angivet i figur 12.4-5.

FIGUR 12.4-5 Uddybningsbehov for sejlrunde til produktionsfaciliteter samt tiden for regenerering af havbundsmorfologi i områder langs med sejlrunden til produktionsfaciliteter på Lolland



Virkninger af aflejring af sedimenter

Aflejring af sedimenter, som følge af gravearbejdet i anlægsperioden, vil forekomme tæt ved tunnelrenden og sejlrunden til produktionsfaciliteterne og herunder påvirke områder med sandbølger og måneformede bundformer. Aflejring af sand, som kan påvirke bundformerne (jf. afsnittet om belastninger ovenfor), vurderes kun at forekomme i nærområdet omkring tunnelrenden og sejlrunden til produktionsfaciliteter. Figur 12.4-6 viser aflejringstykkelser af sedimenter sammen med forekomsten af de forskellige typer af havbundsformer. Aflejringstykkelser varierer langs med tunnelrenden som følge af forskelle i det opgravede materiale.

Sandbølgefeltet på dansk side vest for linjeføringen, består af sandbølger med en højde mellem 1,5 - 3 m. Den gennemsnitlige aflejringstykkelser inden for dette område er ca. 13 mm, hvilket, jf. diskussionen i afsnittet om sårbarhed, medfører en reduktion af sandbankernes højde på 2,5 gange 13 mm = ca. 33 mm, da sedimentet samles i de dybe sandbølgetrug. Dette svarer til en reduktion af sandbølgenes højde på ca. 0,5 - 1 pct. Denne aflejring er så lille, jf. vurderingskriterierne, at den ikke har nogen egentlig virkning på sandbølgerne i dette område.

De berørte sandbølger i området øst for linjeføringen, har typiske højder mellem 0,5 - 1,5 m. Aflejringen i dette område er beregnet til at være ca. 15 mm, hvilket reducerer sandbølgenes højde med ca. 38 mm, når det samles i sandbølgetrugene. Denne reduktion svarer til ca. 8 pct. af

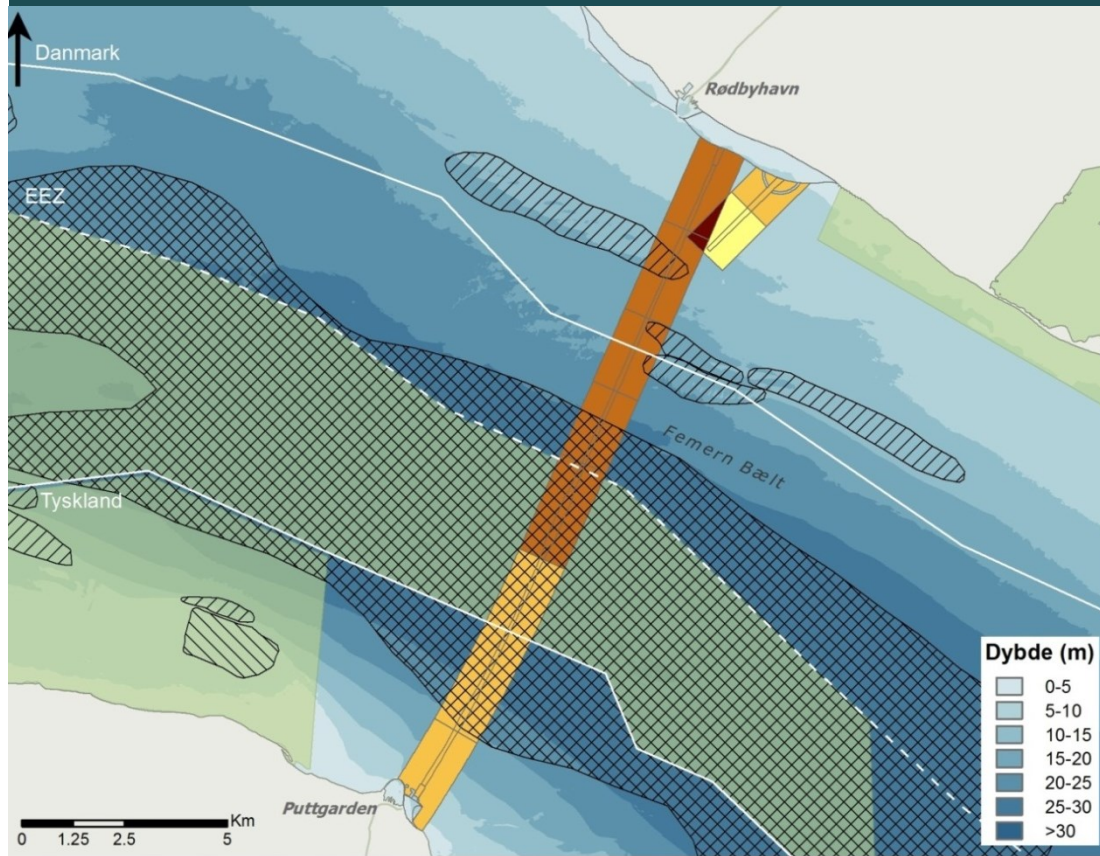
højden på de mindste sandbølger, hvilket også er mindre end de 10 pct., som er den valgte grænse for en egentlig effekt på sandbølgerne.

I området med de måneformede bundformer, hvor der aflejres mellem 5 - 10 mm, tilføres bundformerne mellem 10 - 25 pct. mere materiale. Effekten på disse bundformer, i alt 473 ha, anses ifølge vurderingskriterierne som en "lille grad" af forringelse. I et område med måneformede bundformer på 414 ha er den beregnede aflejring 10 - 15 mm, og her ændres bundformernes volumen med mere end 25 pct. Effekten på dette areal klassificeres med en "middel grad af forringelse".

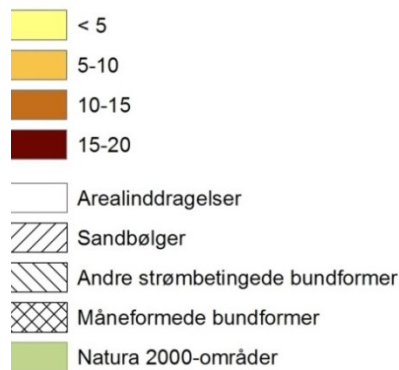
Aflejring af den beregnede størrelsesorden har, jf. vurderingskriterierne, ingen effekt på havbundsmorfologien uden for områder med bundformer.

Både sandbølger og måneformede bundformer vender med tiden tilbage til deres nuværende geometri. Noget af det aflejrede materiale udvaskes, og andet integreres med det naturlige havbundsmateriale, uden at det forventes at påvirke bundformerne. Begge dele forekommer i takt med den naturlige materialevandring og bundformernes vandring. Tidsskalaen for en fuldstændig genskabelse af den nuværende havbundsmorfologi er vanskelig at vurdere. Effekten af sediment-spild på de måneformede havbundsformer forventes at være ubetydeligt ca. 30 år efter afslutning af anlægsperioden.

FIGUR 12.4-6 Aflejringstykkelser af spildt sand ved anlægsperiodens afslutning gennem områder med forskellig havbundsmorfologi



Aflejringstykkelser ved anlægsperiodens afslutning (mm)



12.4.13 Samlede virkninger på havbundstyperne

Virkningerne på havbundstyperne fra alle belastninger som følge af en sænketunnel er summeret nedenfor. Figur 12.4-7 og figur 12.4-8 viser omfanget af de samlede virkninger fordelt på henholdsvis tab og midlertidige forringelser. Virkningerne er opgjort for hver af de fire havbundstyper (tre typer af bundformer og for øvrige områder på havbunden) (tabel 12.4-7). Virkningerne er i tabel 12.4-8 ligeledes opdelt på forskellige zoner af Femern Bælt. Virkningerne på havbundsmorfologien fra sænketunnelen berører et samlet areal på 1.471 ha. Heraf er 356 ha virkninger i form af tab af havbund, og 1.115 ha er midlertidige forringelser.

Permanente virkninger

Tab af havbundsarealer forekommer udelukkende i områder, hvor der ikke er markante strømbetingede bundformer. Tabet udgøres hovedsageligt af det areal, der inddrages i forbindelse med landområdet på dansk side. De tabte arealer for projektet er alle tildelt betydningsniveauet "middel", hvorfor virkningerne på de givne arealer er klassificeret med graden "middel", når betydningsniveauet tages i betragtning.

Midlertidige virkninger

Alle virkninger på de tre vurderede typer af bundformer er midlertidige forringelser. Bundformerne påvirkes dels af bortgravning i forbindelse med etablering af tunnelrenden og dels af aflejring af spildte sediment. Det er opgjort, at belastninger fra sænketunnelen medfører midlertidige virkninger på i alt 989 ha med bundformer. Virkningerne på bundformerne fordeler sig på 5 ha sandbølger og 984 ha måneformede bundformer. Der er ingen virkninger på bundformer i kategorien "andre strømbetingede bundformer".

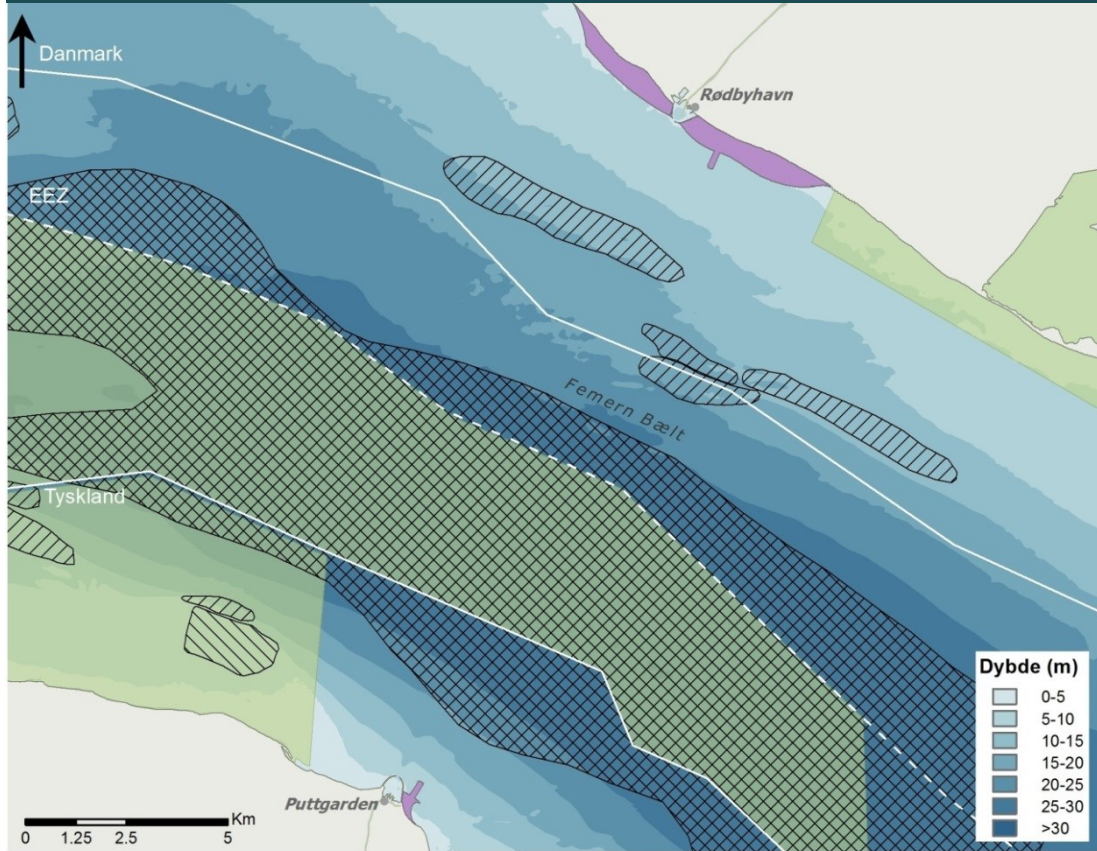
Bundformer er dynamiske elementer på havbunden, der vil regenerere efter bortgravning. Baseret på vurderingskriterierne og de ovenfor beskrevne påvirkninger er forringelserne vurderet til at være hovedsageligt enten af "middel" eller "lille" grad. For ca. 10 pct. af arealet med midlertidige forringelser af bundformerne (103 ha ud af 989 ha) er vurderingen en "høj grad" af forringelse. Dette udgøres af området over tunnelrenden, hvor bundformerne midlertidigt elimineres. Tiden for en fuld regenerering er vurderet til at være i størrelsesordenen 30 år efter afslutning af anlægsperioden for langt hovedparten af det påvirkede areal med bundformer. En lille del tager op imod 40 år om at regenerere fuldt ud.

De midlertidige virkninger på havbunden uden markante strømbetingede bundformer, "øvrige havbund", er vurderet til udelukkende at være fra udgravning af tunnelrenden. Det påvirkede areal udgør 126 ha. Opfyldning af renden med havbundsmateriale som følge af den naturlige materialevandring i disse områder er beregnet til at tage maksimalt 18 år, og i områder tættest ved kysterne fyldes renden op inden for 10 år efter afslutning af anlægsperioden.

Geografisk udbredelse af virkninger

Den geografiske udbredelse af de samlede virkninger på de vurderede typer af havbundsformerne ses i figur 12.4-7 og figur 12.4-8 for henholdsvis de permanente og de midlertidige virkninger. Alle virkningerne på havbundsmorfologien sker i eller ganske tæt på projektets nærzone (500 m på hver side af linjeføringen). Mindre end 15 pct. sker umiddelbart uden for nærzonen i lokalzonen (tabel 12.4-8). Lokalzonen er defineret som 10 km til hver side af linjeføringen bortset fra nærzonen. Virkningerne er derfor alle lokale og i ingen tilfælde regionale.

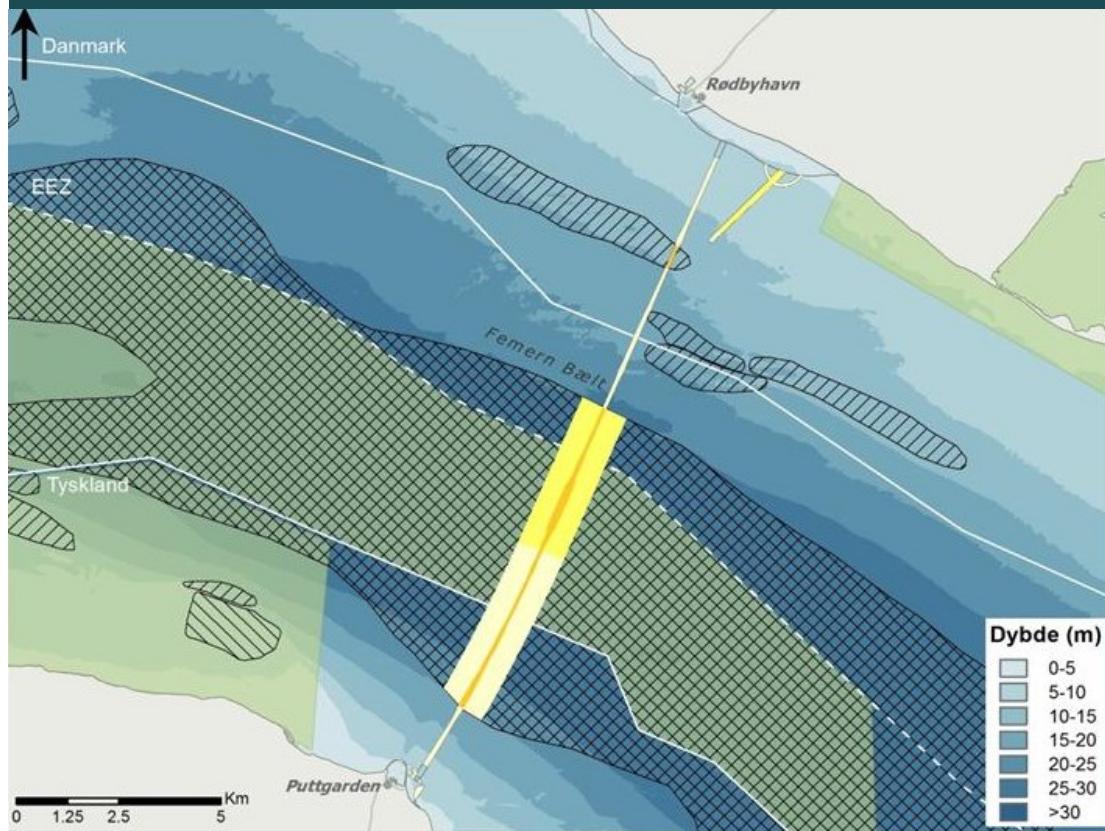
FIGUR 12.4-7 Den geografiske udbredelse af tab af havbundsmorfologi



Omfang af tab

- Lille
- Middel
- Stor
- Meget stor
- Sandbølger
- Andre strømbetingede bundformer
- Måneformede bundformer
- Natura 2000-områder

FIGUR 12.4-8 Den geografiske udbredelse af forringelser af havbundsmorfologi



Omfang af midlertidige forringelser

- Lille
- Middel
- Stor
- Meget stor
- Sandbølger
- Andre strømbetingede bundformer
- Måneformede bundformer
- Arealinddragelse
- Natura 2000-områder

TABEL 12.4-7 Arealopgørelse (ha) af virkninger på havbundsmorfologi fordelt på havbundstyper. Andel af påvirkede arealer med given type af havbund er opgivet i pct. af arealet af den givne type havbund inden for det samlede område af nærzone + lokal zone

Virkninger på havbunds- morfologi Omfang af tab/forringelse fordelt på grader	Vurderede havbundstyper									
	Total		Sandbølger		Måne- formede bundformer		Andre strøm- betingede bundformer		Øvrig havbund	
	ha	pct.	ha	pct.	ha	pct.	ha	pct.	ha	pct.
Permanente virkninger: Omfang af tab										
Meget stor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Middel	356	0,9	0	0	0	0	0	0	356	1,4
Lille	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, permanente virkninger	356	0,9	0	0	0	0	0	0	356	1,4
Midlertidige virkninger: Omfang af midlertidige forringelser										
Meget stor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stor	103	0,2	5	0,4	98	0,7	0	0	0	0
Middel	442	1,1	0	0	414	2,8	0	0	29	0,1
Lille	570	1,4	0	0	473	3,2	0	0	98	0,4
Total, midlertidige virkninger	1.115	2,7	5	0,4	984	6,7	0	0	126	0,5
Maksimal periode med midlertidige virkninger, [år]	40		40		30		-		30	
Total, permanente + midlertidige virkninger	1.471	3,6	5	0,4	984	6,7	0	0	482	1,9
Reference arealer	41.446		1.261		14.789		244		26.049	

Note: Omfang af tab er baseret på betydning. Omfang af forringelser er baseret på vurderingskriterier

TABEL 12.4-8 Arealmæssig (ha) opgørelse af beregnede virkninger på havbundsmorfologi fordelt på zone-opdeling af de påvirkede arealer

Virkninger på havbundsmorfologi	Zone-opdeling af påvirkede arealer					
	Total		Nærzone – 500 m fra projektet		Lokal zone – 10 km fra linjeføring	
	ha	Pct. af nærzone + lokal zone (DK/DE)	ha	Pct. af nærzone (DK/DE)	Ha	Pct. af lokal zone (DK/DE)
Permanente virkninger:						
Omfang af tab						
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	0	0	0	0	0	0
Middel	356	0,9	356	11,8	0	0
Lille	0	0	0	0	0	0
Total - permanente virkninger	356	0,9	356	11,8	0	0
Midlertidige virkninger:						
Omfang af midlertidige forringelser						
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	103	0,2	103	3,4	0	0
Middel	442	1,1	389	12,9	53	0,1
Lille	570	1,4	431	14,3	139	0,4
Total – midlertidige virkninger	1.115	2,7	923	30,6	192	0,5
Maksimal periode med midlertidige virkninger, år	40		40		30	
Total – permanente + midlertidige virkninger	1.471	3,6	1.279	42,4	192	0,5
Reference – areal	41.446		3.019		38.427	

12.4.14 Konklusion på projektets virkninger

Vurderingen af virkningerne på havbundsmorfologien ovenfor viser, at virkninger berører et areal på i alt 1.471 ha inden for lokalzonen. Der forventes ingen globale og regionale virkninger. Virkningerne er dels et tab af et areal på 356 ha af "øvrige havbund", det vil sige uden markante bundformer, dels midlertidige forringelser af et totalt areal på 1.115 ha både med og uden markante strømbetingede bundformer. Væsentligheden af disse virkninger vurderes nedenfor.

Det permanente tab af havbund på 356 ha udgør 0,9 pct. af det totale havbundsareal inden for området 10 km fra linjeføringen (nærfelt + lokal zone). Havbunden inden for det tabte område har ingen særlig betydning for havbundsmorfologien i Femern Bælt-området, og tabet af havbund vurderes derfor som ikke-væsentligt.

Ligeledes vurderes de midlertidige virkninger i områder uden særskilte bundformer at være ikke-væsentlige. Arealet udgør ca. 126 ha, som retableres naturligt inden for 15 - 20 år efter afslutning af anlægsperioden.

Virkninger forekommer på i alt 989 ha med bundformer heraf 984 ha med måneformede bundformer og 5 ha med sandbølger. Virkningerne på ca. 890 ha er dog vurdereret at være af lille eller

middel omfang. Det påvirkede område udgør i alt 6,1 pct. af det totale areal på 16.293 ha med markante bundformer (sandbølger, måneformede bundformer og andre strømbetingede bundformer), der under de eksisterende forhold forefindes inden for området op til 10 km fra linjeføringen. Virkningerne på bundformerne er alle midlertidige.

Hovedparten af ændringerne (90 pct.) er alene relateret til en midlertidig ændring af bundformernes størrelse. I det resterende påvirkede areal (103 ha), svarende til under 1 pct. af arealet med markante bundformer inden for 10 km fra linjeføringen, bliver bundformerne midlertidigt eliminerede. I hovedparten af dette område vil bundformerne være fuldt gendannede inden for maksimalt 20 - 25 år.

I et område på 5 ha med sandbølger (som i øvrigt tidligere er anvendt til sandindvinding og klapning) vil regenerering af bundformerne tage længere tid, op til ca. 30 - 40 år.

Som det fremgår af ovenstående, er projektets aggregerede virkninger og kumulative virkninger i forhold til eksisterende belastninger indeholdt i vurderingen. Kumulative virkninger i forhold til fremtidige projekter er behandlet i kapitel 20.

Baseret på både den relativt begrænsede andel af påvirkede bundformer inden for Femern Bælt og på karakteren af ændringer af bundformerne, der hovedsageligt består i en midlertidig ændring i geometrien, der ifølge de anvendte kriterier er vurderet til at være en lille til middel grad af forringelse, anses virkningerne på bundformerne fra anlæg og drift af en sænketunnel for at være ikke-væsentlige for havbundsmorfologien.

12.5 KYSTMORFOLOGI

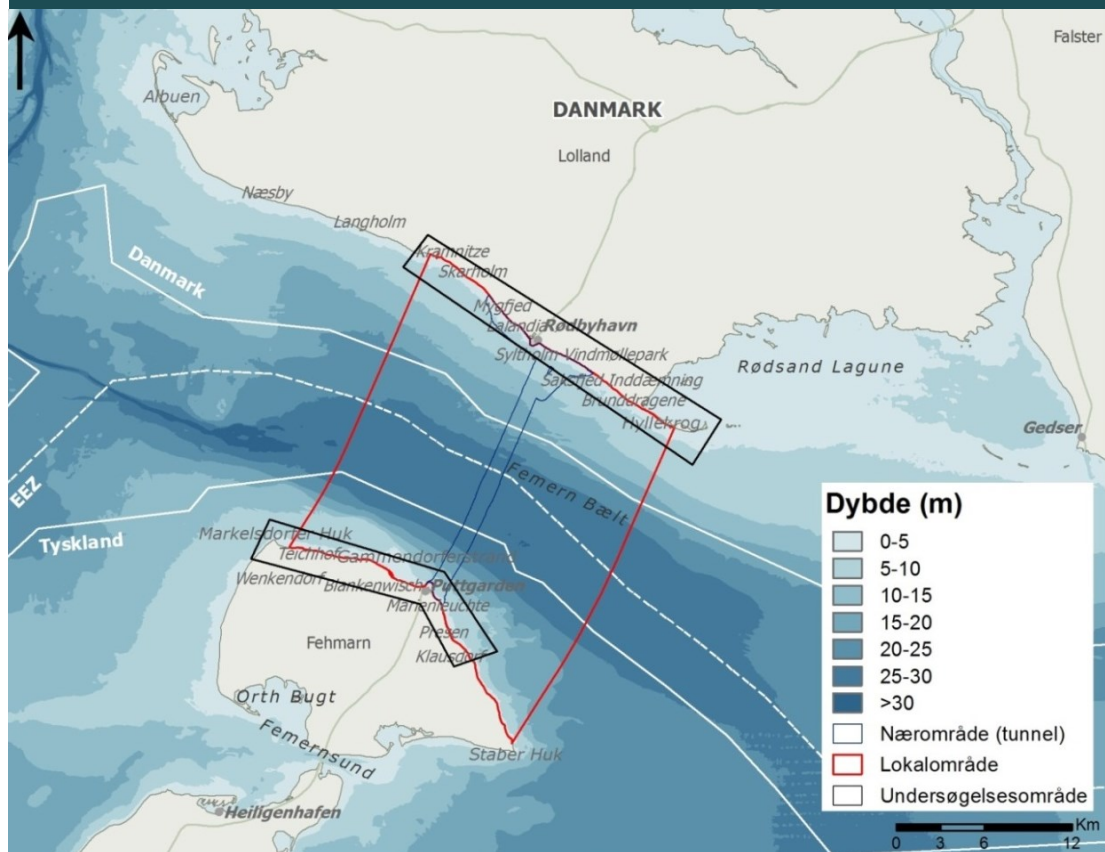
Dette afsnit vedrører påvirkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel på kystmorfologien langs kysterne af Lolland og Fehmarn. Anlæg af nye landområder, midlertidige arbejdshavne og ændringer af kysten ved tunnelportalerne kan have en virkning på erosion og materialetransport langs kysten, og følgerne af dette er analyseret og vurderet.

I kapitlet præsenteres først de vurderede komponenter. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse, og hvilke projektoptimeringer der forventes at blive udført for at forebygge virkninger på kystmorfologien. Betydningen af de vurderede komponenter langs Lolland og Fehmarns kyster er kort beskrevet. I analysedelen beskrives belastningernes størrelse, følsomhed overfor projektets belastninger, hvilke kriterier og metode, der er anvendt i vurderingen, og endeligt de konkrete virkninger på de vurderede komponenter. Der fokuseres i beskrivelsen på de kyststrækninger, hvor der er en virkning. Til sidst i kapitlet vurderes det, om virkningerne er væsentlige, og eventuelle yderligere afværgeforanstaltninger beskrives.

Områder, hvor virkninger kan forekomme, er vurderet og angivet i figur 12.5-1. Områderne omfatter ca. 20 km af Lollands kystlinje mellem Kramnitz og Hyllekrog og ca. 17 km af Fehmarns kystlinje mellem Markelsdorfer Huk og området ud for landsbyen Klausdorf. Mulige kumulative virkninger i forhold til øvrige projekter i området er behandlet i et særskilt kapitel (kapitel 20). Dette gælder også mulige projektvirkningers samspil med ændringer af kystens dynamik, som måtte ske som en følge af klimaændringer (kapitel 19).

Projektets virkninger på kystmorfologien kan udgøre en påvirkning af øvrige miljøforhold, herunder de kystnære marine og terrestriske naturtyper. Virkningerne på kysten indgår derfor, hvor det er relevant, som basis for vurderingen af andre øvrige virkninger i det kystnære miljø.

FIGUR 12.5-1 Undersøgte kystområder på Lolland og Fehmarn



Note: De sorte indramninger viser de undersøgte kyststrækninger. Området markeret med rød indramning udgør det samlede område for henholdsvis nærområde (500 m fra linjeføringen) og lokalområde (10 km fra linjeføringen)

12.5.1 Vurderede komponenter

Kystmorfologi er en komponent under miljøfaktoren "Jord" og subfaktoren "Havbund". Kysten er den del af kystprofilen, som udgøres af strandplanet, stranden og klitter/klinter samt eventuelle kystbeskyttelseskonstruktioner. De relevante sub-komponenter under kystmorfologi er angivet tabel 12.5-1.

Virkningerne på disse kystelementer på både Lolland og Fehmarn udgør grundlaget for den overordnede vurdering af virkningerne på komponenten kystmorfologi.

TABEL 12.5-1 Oversigt over subkomponenter under komponenten kystmorfologi

Miljøfaktor	Subfaktor	Komponent	Subkomponent
Jord	Havbund	Kystmorfologi	Strande og andre ubeskyttede dele af kystlinjen
			Kystbeskyttelse
			Individuelle kystkonstruktioner
			Specielle kystmorfologiske formationer

Kystbeskyttelse refererer til strukturer parallelt med kysten, som for eksempel stenkastninger (skråningsbeskyttelse), diger og bølgebrydere. Et eksempel på kystbeskyttelse er bølgebryderne ud for Hyldebofte Østersøbad. Individuelle kystkonstruktioner er punkt-strukturer på kysten som for eksempel høfder og havnemolerne ved Rødbyhavn og Puttgarden. Specielle morfologiske elementer er sandtanger, krumodder, barriereøer og strandlaguner, som er de elementer, der forekommer ved Hyllekrog, Rødsand, Markelsdorfer Huk og Grüner Brink.

12.5.2 Afværgeforanstaltninger inkluderet i projektets design

Følgende afværgeforanstaltninger er i udgangspunktet inkluderet i designet af projektet for at undgå/mindske de negative virkninger på miljøet.

- Den østligste 1,5 km lange strækning af landområdet på Lolland er udført som en delvis ubeskyttet kyst. Den naturlige erosion langs denne strækning vil frigøre en del sand, som vil blive transporteret videre mod øst. Herved vil landområdets blokerende virkning på den nuværende kystnære langsgående transport blive delvist kompenseret
- Der er som en del af udformningen af landområdet vest for Rødbyhavn inkluderet to nye strandsektioner (veststranden og strandlagunen) som kompensation for de strandsektioner, der går tabt på grund af landområdet. Veststranden vil grundet naturlig tilførsel af sand fra vest vokse i bredde og længde, således at strandarealet vil øges betydeligt over de næste ca. 30 år
- Der introduceres en ny strandsektion som en del af udformningen af landområdet øst for Puttgarden som kompensation for den strandsektion, der går tabt ved landområdet. Den nye strand på østsiden af landområdet vil få en orientering, så den vender op imod de fremherskende bølger fra østlige retninger

Som et resultat af den foretagne vurdering af virkninger på kystmorfologien vil der i projektets endelige design være indarbejdet yderligere specifikke foranstaltninger, som afværger virkninger på en række kystkonstruktioner og modvirker den øgede kysterrosion, som projektet skaber på dele af kysten. Disse supplerende afværgetiltag beskrives særskilt senere i dette kapitel.

12.5.3 Projektets belastninger

Anlægsfase

Virkningerne på kystmorfologien starter under anlægsfasen grundet belastning fra midlertidige strukturer på kysterne, eksempelvis fra arbejdshavnene, som påvirker den naturlige langstransport. Disse påvirkninger er kortvarige, og effekterne er af samme type som de senere virkninger fra de permanente strukturer. De permanente belastninger vil påvirke kysterne i hele projektets levetid. Påvirkninger fra det nye landområde er vedvarende. Belastningerne fra de midlertidige konstruktioner på kysten er derfor ikke vurderet separat.

TABEL 12.5-2 Belastninger på kystmorfologien og potentielle virkninger

Projektelementer	Belastning	Potentielle virkninger
Permanente konstruktioner	Landområder	Øget erosion/tilsanding langs strande/ubeskyttede dele af kystlinjen
	Beskyttelseslag over dele af tunnelen ved Lolland og Fehmarn	Øget erosion ud for/svigt af kystbeskyttelse og konstruktioner
	Adgangskanal til produktionsfaciliteter på Lolland	Ændringer af de specielle kystmorfologiske formationer

Driftsfase

De permanente strukturer i forbindelse med projektet, som eksempelvis landområder og den midlertidige, uddybede adgangskanal til produktionsanlægget ved Rødbyhavn, kan påvirke stabiliteten af kysterne på Lolland og Fehmarn. Belastningerne er oplistet nedenfor og er vist i tabel 12.5-2 sammen med de potentielle virkninger:

- Landområder på Lolland og Fehmarn
- Beskyttelseslagene over dele af tunnelen ved begge kyster. Beskyttelseslagene på disse kystnære strækninger fremstår som rev, der er højere end den omgivende havbund
- Uddybet sejlbare til arbejdshavnen og produktionsfaciliteterne på Lolland, som ikke aktivt tilbagefyldes

Længden af landområdet på Lolland, målt langs kystlinjen er i alt ca. 7,5 km, og den strækker sig 500 - 600 m ud fra kystlinjen ud til en vanddybde på ca. 6 m. På Fehmarn er længden af det nye landområde, målt langs kystlinjen, ca. 700 m, og den strækker sig ca. 500 m ud fra kystlinjen til en vanddybde af ca. 5,5 m.

12.5.4 Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet, og de eksisterende belastninger på kystmorfologien er beskrevet i afsnit 10.1.4. Det er især eksisterende strukturer langs kysten, f.eks. havnemoler, kystbeskyttelse og havvindmølleparker, der er relevante eksisterende belastninger på kystmorfologien.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der er taget højde for de eksisterende belastninger i modelleringerne. Eksisterende anlæg indgår således i modellerne, der beregner langstransport, strømningsmønstre og bølgehøjder langs Lolland og Fehmarns kyst. Undtagelsen er Rødsand I og II vindmølleparker, der ikke er inkluderet i modellerne. På kyststrækningen mellem Rødbyhavn og Hyllekrog blev det vurderet i (DHI 2007), at Rødsand I og II medfører en lille øgning i erosionspresset. Den øgede på erosionsrate blev estimeret til ca. 0,1 m/år.

12.5.5 Vurdering af betydning

Betydning er et mål for værdien af kysten som en del af det naturlige miljø og af den funktionelle værdi af de enkelte kystelementer.

Kystelementer/sektioner af kysten er tildelt et betydningsniveau (lille, middel, stor og meget stor betydning) baseret på om de:

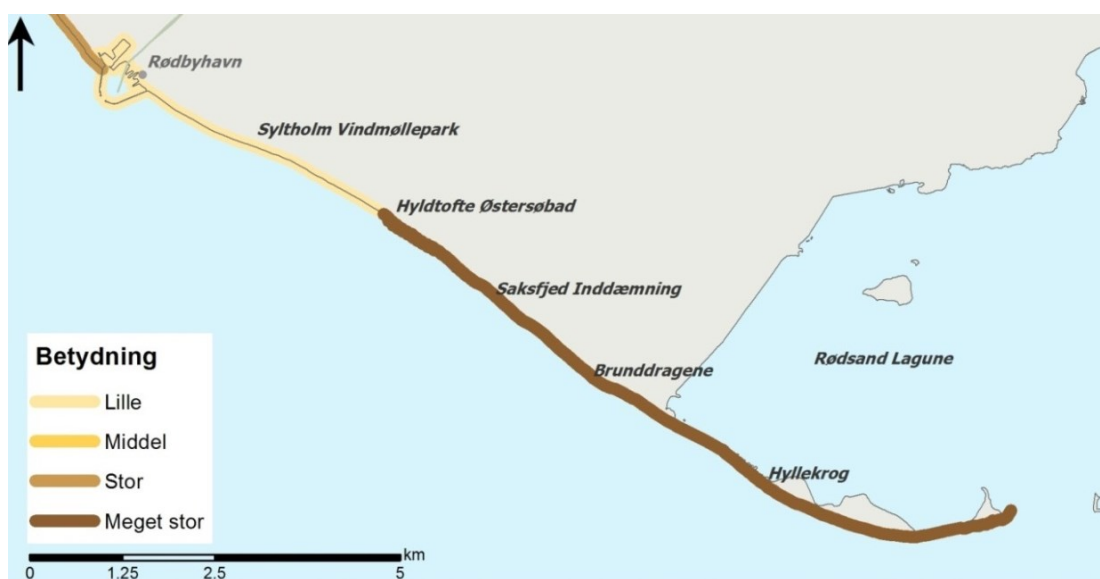
- Indeholder lovmæssige bevaringsmål relateret til kystmorfologi
- Har en rekreativ værdi
- Har en eksisterende tilstand, som er langt fra en naturlig tilstand på grund af for eksempel kystkonstruktioner som havne og kystbeskyttelse

Tildeling af grad af betydning for havbunds-komponenten kystmorfologi er summeret i tabel 12.5-3, og kort over betydningsniveauer for relevante dele af Lollands kystlinjer er præsenteret i figur 12.5-2 for Lolland og i figurene 12.5-3 og 12.5-4 for Fehmarn.

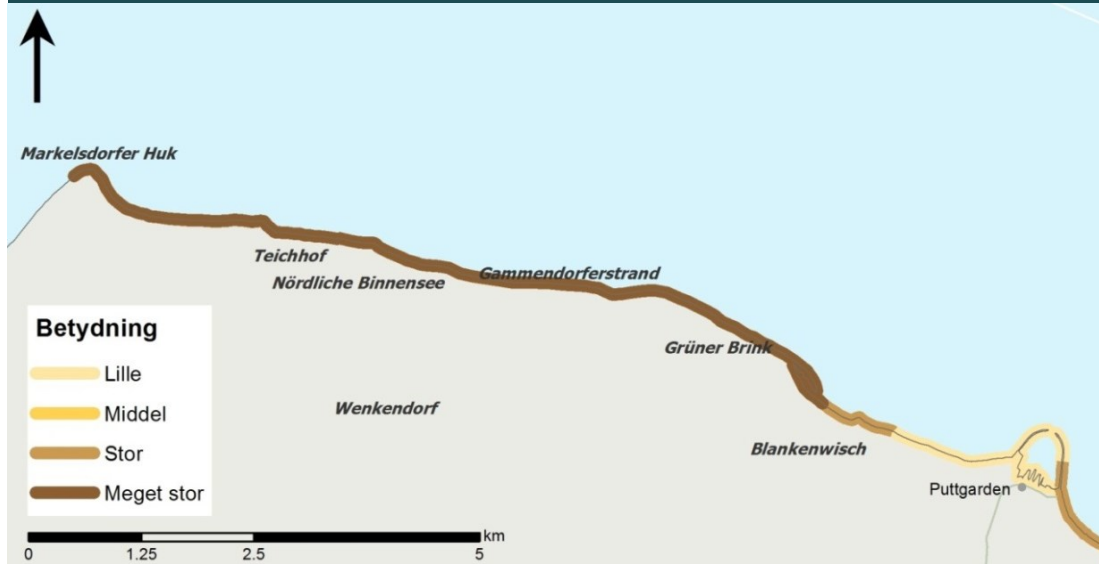
TABEL 12.5-3 Betydningsniveauer for kystmorfologi

Grad af betydning	Tildelingsgrundlag
Meget stor	Kystsektioner i Natura 2000-områder, hvor kystmorfologi er en del af udpegningsgrundlaget. Kystsektioner, som er beskyttet under tysk lovgivning som særlige naturbeskyttelsesområder (Naturschutzgebiete).
Stor	Kyststrækninger med sandstrande, sandtanger, krummodder, barriereøer og kystlaguner, som ikke er inkluderet under kategorien "Meget stor".
Mellem	Alle andre kyststrækninger, som ikke er stærkt påvirket af menneskelige aktiviteter, som nævnt under kategorien: "Lille".
Lille	Kyststrækninger, under stærk indflydelse af menneskelige aktiviteter, f.eks. havneområder og strækninger med dominerende kystbeskyttelse uden strand.

FIGUR 12.5-2 Betydningskort for kystmorfologi langs Lollands kyst, vest og øst for Rødbyhavn



FIGUR 12.5-3 Betydningskort for kystmorfologi langs Fehmarns kyst vest for Puttgarden



FIGUR 12.5-4 Betydningskort for kystmorfologi langs Fehmarns kyst sydøst for Puttgarden



12.5.6 0-alternativet

0-alternativet er defineret som situationen uden en fast forbindelse og med fortsat færgedrift. Antal afgang pr. døgn og motorkraften antages at være uændret, og ændringer af færgetrafikken vurderes ikke at have nogen ekstra virkning på kystlinjerne på Lolland og på Fehmarn. Den fremtidige udvikling i kystlinjerne vil derfor følge den beskrivelse af kystmorfologien, som er givet i kapitel 10 – Eksisterende miljømæssige forhold.

12.5.7 Sårbarhed

Kystudviklingen udtrykt i størrelse eller hastighed af kysterosion eller kystfremrykning afhænger af forskellige fysiske forhold, såsom bølgeforholdene langs kysten, strømmen i det kystnære område, sammensætningen af bundsedimenterne, kystprofilen og blokering af langtransporten som følge af kyststrukturer. Kysten er derfor sårbar over for ændringer i samtlige nævnte forhold.

Sårbarhed er defineret som forholdet mellem påvirkning og reaktion. Kystmorfologiens sårbarhed over for påvirkningerne udtrykker, i hvor høj grad kystelementerne reagerer på disse. Virkningerne er bestemt af, hvor meget belastningerne, som her hovedsageligt udgøres af de permanente strukturer, ændrer på de fysiske forhold nævnt ovenfor.

Sårbarheden af kystudviklingen på Lolland og Fehmarn er kvantificeret ved hjælp af numeriske modeller, der beregner ændringerne i langtransporten og dermed kystudviklingen som følge af påvirkninger fra bl.a. ændrede bølgeforhold, ændrede blokerende strukturer.

12.5.8 Vurderingskriterier

En kyst udgør overgangen mellem havet og land og er en morfologisk aktiv del af kystlandskabet, som reagerer på de skiftende påvirkninger med kysterosion eller fremrykning af kystlinjen. Kysten er et værdifuldt naturelement, som er af både naturmæssig og rekreativ værdi, og som yder beskyttelse for de faciliteter, som befinder sig landværts for kystlinjen.

Virkningerne af en sænketunnel på kystelementerne gradueres på en 4-trinsskala (lille, middel, stor, meget stor). Graderne beskriver, hvor markante virkningerne anses for at være på de enkelte elementer, under hensynstagen til kystens funktioner og værdi, som beskrevet ovenfor.

Vurderingskriterier er anvendt til at fastlægge, hvilke forringelser af de enkelte kystelementer, der kategoriseres inden for hver af de fire grader. Kriterierne for forringelser er udarbejdet under hensyntagen til følgende:

Strande/ubeskyttede kystsektioner, kystbeskyttelse, individuelle strukturer

En meget stor grad af forringelse af disse kystelementer defineres som en situation, hvor de inden for en tidshorisont på 5 år mister deres funktion eksempelvis, at stranden eroderes bort eller, at kystbeskyttelseskonstruktioner bliver skadet grundet øget kysterosion.

Stor grad af forringelse defineres som en øget kysterosionsrate på ca. 1 m årligt. På Lollands og Fehmarns kyster svarer dette omtrent til et underskud i transportbudgettet på $> 5 \text{ m}^3/\text{år}/\text{m}$ af kystlinjen. Tilsvarende vurderes et overskud i transportbudgettet på $> 5 \text{ m}^3/\text{år}/\text{m}$ af en kystlinje i forbindelse med en havn eller ved et udløb – f.eks. fra en pumpestation – som er en stor grad af forringelse, da det kan medføre øget risiko for tilsanding.

Et overskud i sedimentbudgettet på en åben kyst klassificeres ikke som en negativ effekt, idet det ikke skader kystens funktion, at der sker en kystfremrykning.

Virkningerne på transportbudgettet gradueres, som det ses i tabel 12.5-4 for henholdsvis middel grad af forringelse og lille grad af forringelse. Erosion/tilsanding af mindre end $0,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{år}$ anvendes som nedre grænse for, hvornår der tilskrives en virkning på kysten. $0,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{år}$ svarer til tilbage- eller fremrykning af kystlinjen med ca. $0,1 \text{ m}/\text{år}$. Denne effekt er dels meget lille, dels inden for usikkerheden, med hvilken kystlinjeændringer kan beskrives.

Specielle morfologiske formationer

Barriereøerne/sandtangerne ved Hyllekrog og Rødsand og den vandrende barriereformation Grüner Brink er specielle morfologiske formationer i Femern Bælt. Disse formationer udgør barrierer mellem Femern Bælt og de bagvedliggende laguner, beskytter derved disse mod bølgepåvirkninger, regulerer vandskiftet mellem bæltet og lagunerne og skaber derfor den særlige hydrografiske og geomorfologiske funktionalitet, som kendetegner sådanne dynamiske barriere-lagunelandskaber.

En meget stor grad af forringelse af de morfologiske formationer tillægges den situation, hvor disse elementer som følge af påvirkninger fra tunnelen mister deres funktionalitet permanent, hvilket kunne være gennembrud af klitter eller barriereøer eller borterosion af store dele af dem. En stor grad af forringelse tillægges den situation, hvor sådanne ændringer forekommer midlertidigt. En middel grad af forringelse tillægges den situation, hvor den geomorfologiske funktionalitet ændrer sig, men ikke mistes, og en lille grad af forringelse er den situation, hvor der forekommer ændringer i de morfologiske elementer, men uden at funktionaliteten ændrer sig. En oversigt over vurderingskriterierne er præsenteret i tabel 12.5-4.

TABEL 12.5-4 Kriterier for vurdering af grad af forringelse for kystelementer inden for kystmorfologi

Komponent	Sub-komponent	Vurderingskriterier	Grad af forringelse
Kystmorfologi	Strande og andre ubeskyttede dele af kystlinjen	Tab af strande grundet alvorlig kysterosion Permanent tab af funktionalitet af specielle morfologiske formationer som Hyllekrog/Rødsand og Grüner Brink Svigt af kystbeskyttelse og andre kystkonstruktioner	Meget stor
	Kystbeskyttelse	Øget erosion af strand- og havbundsmateriale på mere end 5 m ³ pr. m kystlinje årligt Mere end 5 m ³ ekstra tilsanding årligt pr. m kystlinje i forbindelse med ved havne og indtag/udløb Midlertidigt tab af funktionalitet af specielle morfologiske formationer som Hyllekrog/Rødsand og Grüner Brink	Stor
	Individuelle kystkonstruktioner	Øget erosion af strand- og havbundsmateriale på 2,5 - 5 m ³ pr. m kystlinje årligt 2,5 - 5 m ³ ekstra tilsanding årligt pr. m kystlinje i forbindelse med havne og indtag/udløb Ændring af funktionalitet af specielle morfologiske formationer som Hyllekrog/Rødsand og Grüner Brink	Middel
	Specielle morfologiske formationer	Øget erosion af strand- og havbundsmateriale på 0,5 - 2,5 m ³ pr. m kystlinje årligt 0,5 - 2,5 m ³ ekstra gennemsnitlig tilsanding pr. m kystlinje årligt i forbindelse med havne og indtag/udløb Ændring af specielle morfologiske formationer som Hyllekrog/Rødsand og Grüner Brink uden tab af funktionalitet	Lille

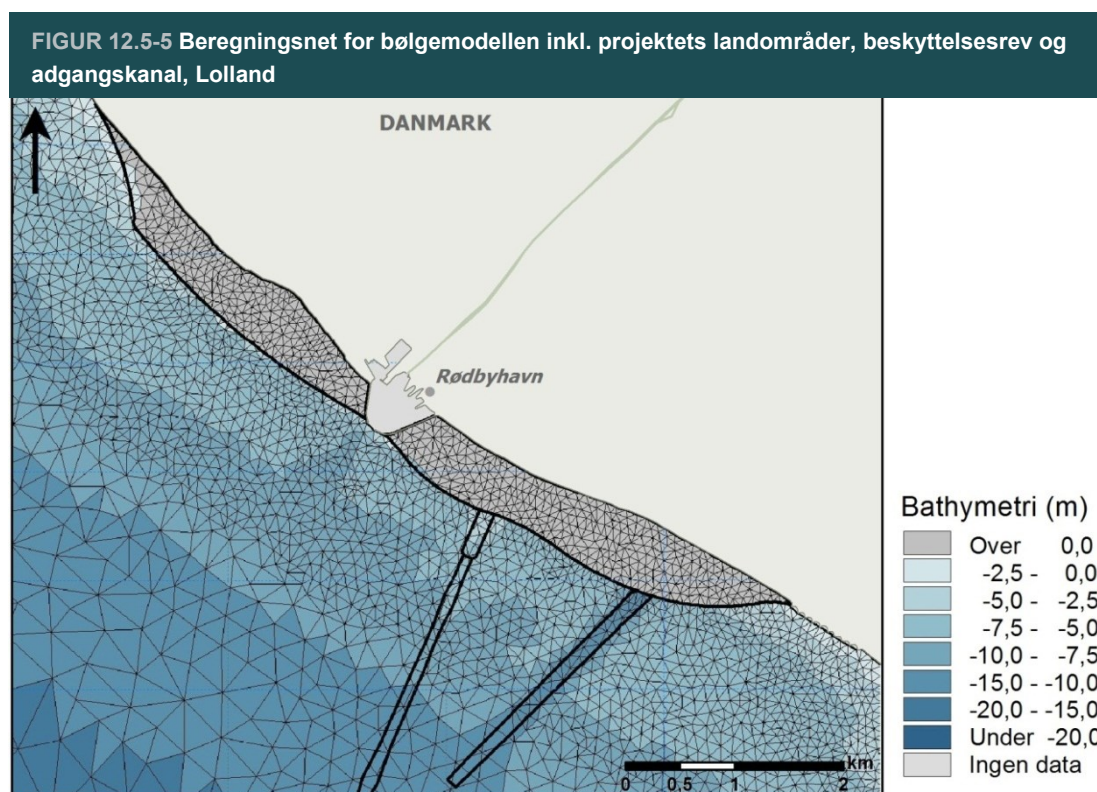
12.5.9 Metodebeskrivelse

Numeriske modeller udgør et grundlæggende værktøj i analysen af kystmorfologi. Som beskrevet i ovenstående afsnit om sårbarhed benyttes numeriske modeller til at bestemme kystnære bølge- og strømforhold og kystudvikling (erosion og aflejring).

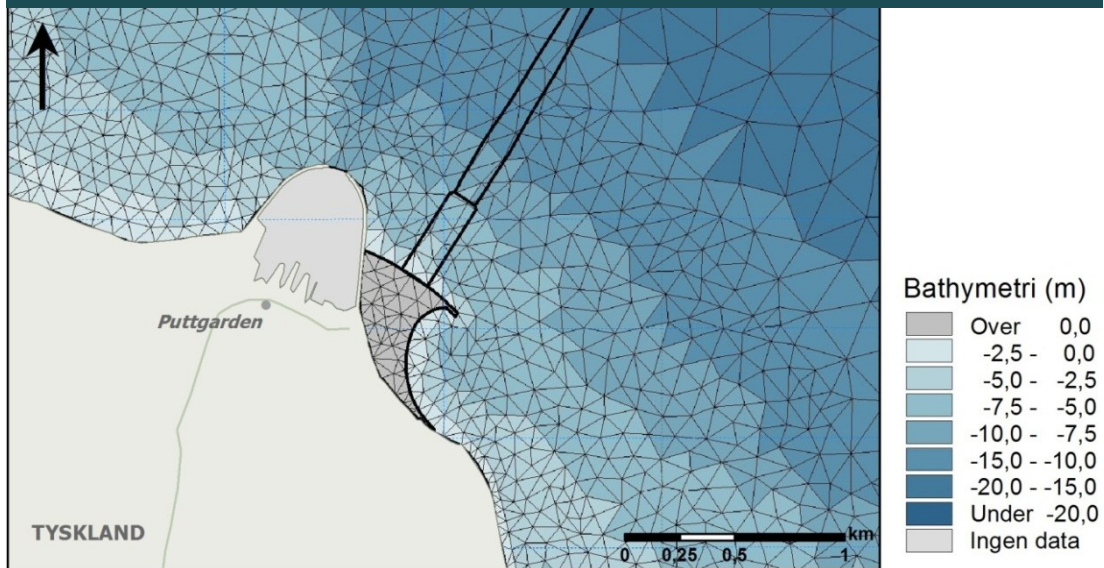
Bølgemodeller

Bølgerne er den vigtigste drivende kraft i generering af langstransporten, idet de brydende bølger danner en strøm langs kysten, som transporterer kystmaterialet langs kysten, samtidig med at bølgerne hjælper med til at mobilisere havbundsmaterialet. De kystnære bølgeforhold analyseres ved at simulere bølgefelte med den numeriske bølgemodel MIKE 21 SW, som er udviklet af DHI. MIKE 21 SW simulerer opvækst, henfald og transformation af vindgenererede bølger og døninger.

Dette modelleringsværktøj er beskrevet i kapitel 9 Metode til vurderingen af virkninger på miljøet, hvor det er anvendt til beregning af bølgeforhold under de nuværende forhold som grundlag for kortlægning af langstransporten. Bølgemodellering til beskrivelse af virkningerne af en sænketunnel følger den samme procedure, blot med tunnelforbindelsens konstruktioner implementeret i beregningsnettet. Beregningsnettene inkl. tunnelforbindelsens konstruktioner på henholdsvis Lolland og Fehmarn er præsenteret i figurerne 12.5-5 og 12.5-6. Beregninger af bølgeforholdene (bølgehøjde, bølgeretning og bølgeperioder) udføres for en tidsperiode på 21 år (1989 - 2010). På grundlag af værdier for de forskellige bølgeparametre på timebasis i den 21-årige periode beregnes statistikker for et repræsentativt år i punkter langs kysterne til anvendelse i beregninger af materialevandringen.



FIGUR 12.5-6 Beregningsnet for bølgemodellen inkl. projektets landområder, beskyttelsesrev og adgangskanal, Fehmarn



Hydrodynamisk modellering

De kystnære strømforhold bestemmes i en tredimensionel hydrodynamisk model. Året 2005 bruges som modelår, idet det vurderes, at strømforholdene for dette år er repræsentative for de gennemsnitlige strømforhold for den 21-årige periode, 1989 - 2011, der benyttes som grundlag for simuleringerne af langtransporten. Den anvendte metode følger den procedure, som blev benyttet i miljøkortlægningen af de eksisterende forhold (kapitel 10)

Langtransport-modellering og kystlinjeændringer

Modellering af langtransporten udføres ved anvendelse af LITDRIFT modulet i DHI's LITPACK model system. LITDRIFT simulerer fordelingen over kystprofilet af bølgehøjder, bølgepåvirkede vandstandsændringer, bølgestrøm og sedimenttransport for et vilkårligt kystprofil og vilkårlige sedimentkarakteristika langs kystprofilet.

Beregningerne af langtransporten med LITDRIFT i udvalgte kystprofiler langs kysten benyttes til at beregne sedimentbudgettet langs kystlinjen. Transportmodulet LITDRIFT er kalibreret og er også benyttet til beskrivelsen af de eksisterende kystmorfologiske forhold.

Variationen i langtransportraten medfører erosion eller aflejring grundet øgende eller aftagende transportrater i transportretningen langs kysten. Dette medfører henholdsvis kystlinjetilbage-rykning eller kystlinjefremrykning på strækninger uden kystbeskyttelse og tilbage/fremrykning af kystprofiler på strækninger med kystbeskyttelse. Vurderingerne af de specifikke virkninger på kysten sker ved at betragte de beregnede ændringer i sedimentbudgetter i forhold til den forekommende kysttype.

12.5.10 Omfang af virkninger af projektet

Virkninger på Lollands kyst

Virkningerne på Lollands kyst forekommer på grund af strukturer (landområdet), som dels optager en del af den eksisterende kyst, dog samtidig med at den tilføjer nye kystelementer, og dels blokerer for langtransporten af kystmateriale. Påvirkningen af bølgeforholdene har ligeledes en indirekte betydning for langtransporten, da ændring af bølgeforholdene har effekter på transportbudgettet.

Når transportbudgettet for kystmaterialet ændres, tilføres der mere eller mindre kystmateriale til en kyststrækning end i den eksisterende situation, og derved forekommer der en ændring i

erosion eller aflejring på kysten. Når der eroderes fra en kyststrækning, vil der fjernes materiale, og kystlinjen rykker tilbage.

Hvis kysten er beskyttet, f.eks. med skråningsbeskyttelse såsom sten, kan det forhindres, at kystlinjen rykker tilbage, men afhængig af kystbeskyttelsen vil erosion forekomme fra kystprofilen foran kyststrukturen.

Det skal understreges, at også uden en fast forbindelse er kystlinjen dynamisk. Erosion og aflejring forekommer også i den eksisterende situation, og kystlinjens placering er derfor under konstant udvikling på både kort sigt (sæsonvariationer, variationer fra år til år) og på en længere tidsskala.

Virkningerne på kystelementerne på Lollands kyst fra en sænketunnel udvikler sig over tid, og kysten vender ikke tilbage til en lignende tilstand som uden projektet.

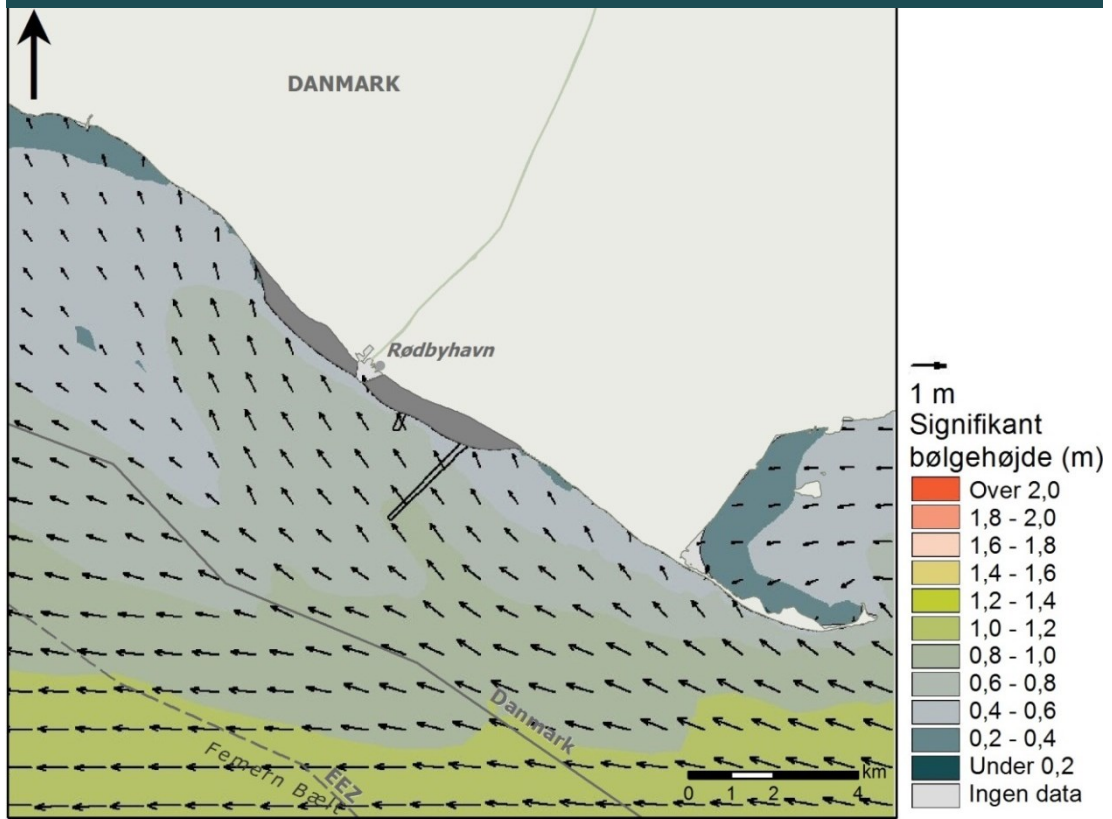
Ændringer af kystnære bølger og af transportbudget for langtransporten

Kvantificering af ændringerne i det kystnære bølgeklime forårsaget af projektet udgør grundlaget for vurderingen af ændringerne i transportbudgettet for Lollands kyst. Ændringerne i de kystnære bølgeforhold vurderes ved at sammenligne modelresultaterne for de kystnære bølgeforhold beregnet for en 21-årig periode (1989 – 2010) for a) den eksisterende situation uden fast forbindelse og b) situationen inkl. projektets permanente strukturer.

Vest for landområdet

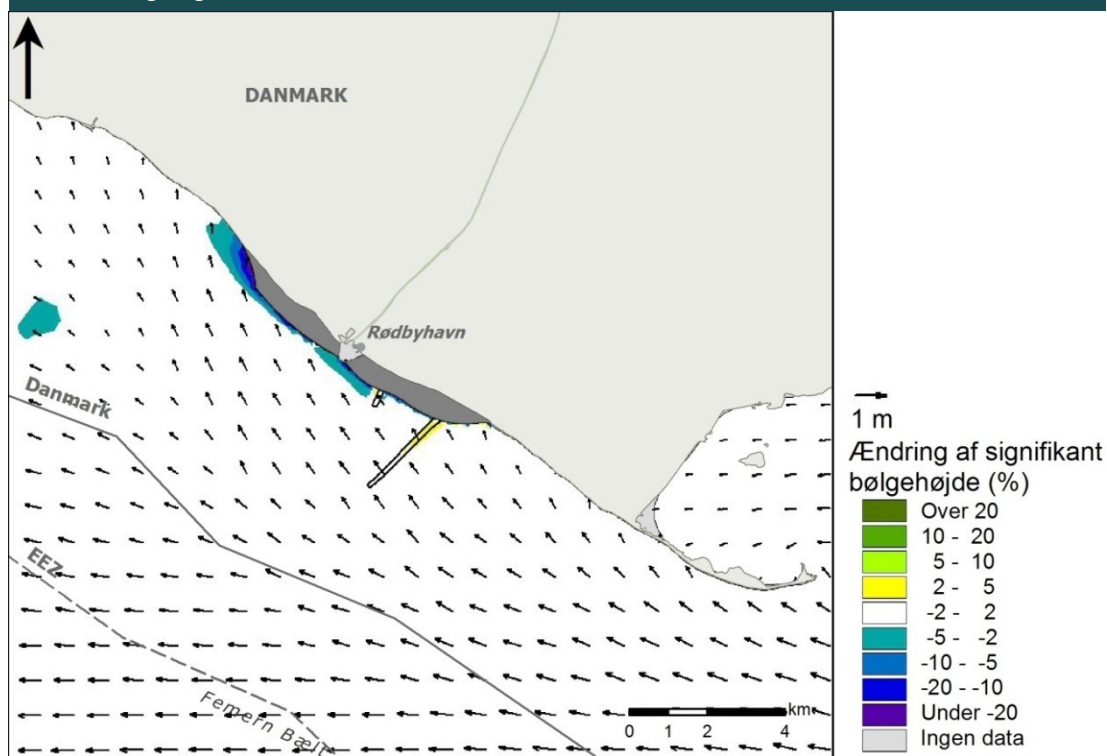
Et øjebliksbillede af bølgeforholdene langs Lollands sydkyst med projektet for en typisk situation med bølger fra øst og ændringerne i bølgehøjderne relativt til referencesituationen uden projektet er vist i figurene 12.5-7 og 12.5-8. Det fremgår, at der er en lille reduktion i bølgehøjderne langs kysten ca. 1,5 km vest for landområdet, hvor denne medfører en læ-zone for bølgerne. Der forekommer tilsvarende små ændringer i bølgeretningerne. Der forekommer ikke ændringer i bølgehøjderne langs kysten øst for landområdet ved bølger fra øst. De små ændringer i bølgeforholdene langs landområdet skyldes indflydelsen af beskyttelseslaget over dele af tunnelen, af sejlløbet til arbejdshavnen og stenkastningerne.

FIGUR 12.5-7 Typisk bølgemønster langs Lollands kyst for en situation med bølger fra øst ved anlæg af en tunnel. Modelberegninger



Note: Dato: 28.12.2005. Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

FIGUR 12.5-8 Relative ændringer i bølgehøjden (som pct. af bølgehøjderne i reference-situationen) for en typisk situation med bølger fra øst langs Lollands kyst med et tunnelprojekt. Modelberegninger

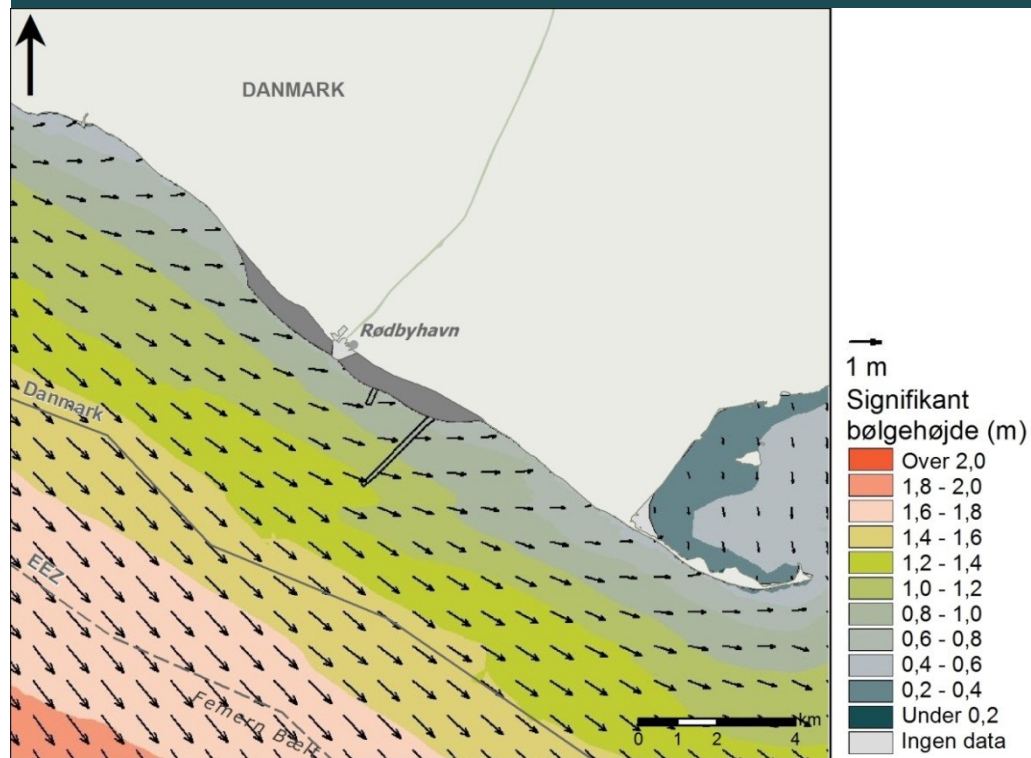


Note: Dato: 28.12.2005. Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

Øst for landområdet

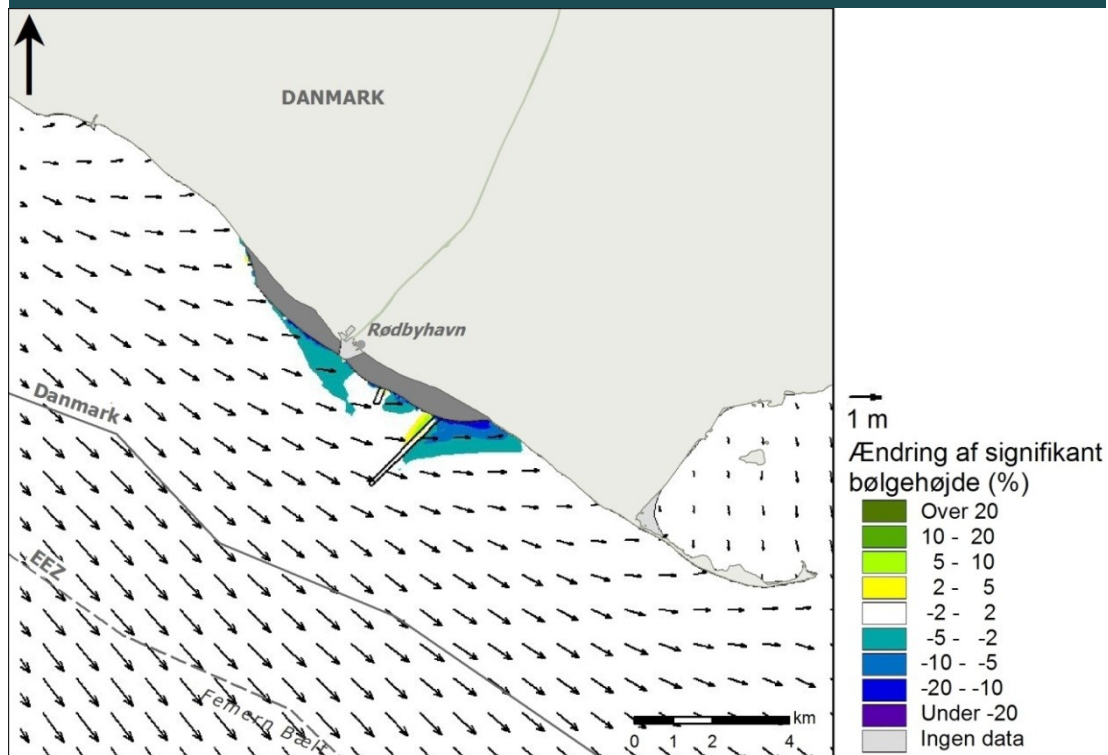
Tilsvarende viser figurerne 12.5-9 og 12.5-10 et øjebliksbillede af bølgeforholdene langs Lollands sydkyst med projektet for en typisk situation med bølger fra vestlige retninger og ændringerne i bølgehøjderne relativt til referencesituationen uden projektet. Det fremgår, at der er en lille reduktion i bølgehøjderne og små ændringer i bølgeretningerne langs kysten ca. 1 km øst for landområdet. Der er ingen ændringer i bølgehøjderne langs kysten vest for landområdet ved bølger fra vestlige retninger. Igen ses små ændringer i bølgeforholdene langs landområdet, som skyldes indflydelsen af beskyttelseslaget over tunnelen, af sejltredden til arbejdshavnen og af stenkastningerne.

FIGUR 12.5-9 Typisk bølgemønster langs Lollands kyst for en situation med bølger fra vest-nordvest ved anlæg af en sænketunnel. Modelberegninger



Note: Dato: 14.02.2005. Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

FIGUR 12.5-10 Relative ændringer i bølgehøjden (som pct. af bølgehøjderne i referencesituationen) for en typisk situation med bølger fra vest-nordvest langs Lollands kyst med et tunnelprojekt. Modelberegninger



Note: Dato: 14.02.2005. Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

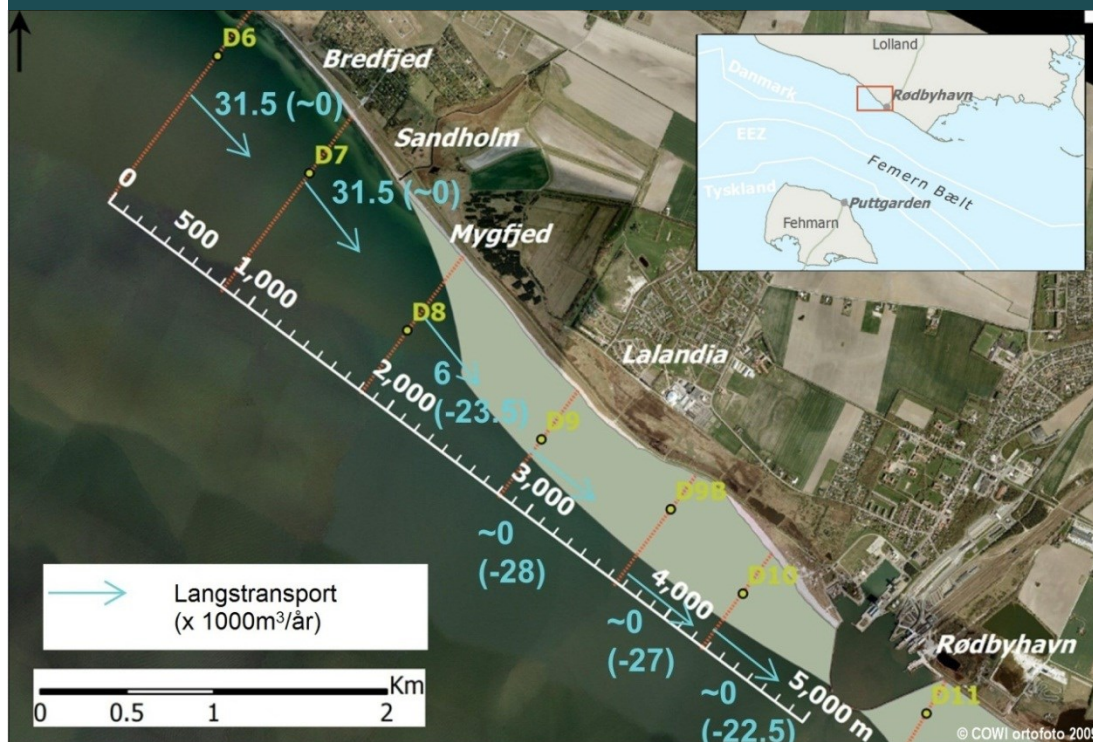
Virkninger på langtransportbudgettet vest for landområdet

Transportraterne langs kysten er blevet beregnet for situationerne uden og med projektet på basis af bølgeforholdene for perioden 1989 - 2010.

Resultaterne af beregningerne er præsenteret i figur 12.5-11 som gennemsnitlige nettolangs-transportrater vest for landområdet for situationen med projektet og ændringer i forhold til situationen uden tunnelen.

Det fremgår af de præsenterede resultater, at langtransporten for kyststrækningen vest for landområdet er på ca. 31.500 m³ pr. år i østlig retning, og at den er upåvirket af landområdet. Landområdet blokerer dog totalt for langtransporten ved den nye strand, som udgør overgangen mellem den eksisterende kyst (mod vest) og den beskyttede del af landområdet. Den nye strand modtager således ca. 31.500 m³ pr. år fra vest.

FIGUR 12.5-11 Gennemsnitlige langstransporter i 1.000 m³/år vest for landområdet for projektet. Ændringer i forhold til situationen uden tunnelen er angivet i parenteser



Virkninger på langstransportbudgettet øst for landområdet

Transportraterne langs kysten øst for landområdet er blevet beregnet på samme måde og er præsenteret i figur 12.5-14.

Landområdet blokerer for nettolangstransporten fra vest mod øst, hvilket er i lighed med den blokering, færgehavnen i Rødbyhavn forårsager i dag. I området øst for Rødbyhavn, hvor landområdet kommer til at overdække den aktive del af kystprofilen, er der imidlertid under de eksisterende forhold en vis transport i kystprofilen ud for stenkastningen, som beskytter diget.

Langstransporten ved afslutningen af den planlagte landområdet, det vil sige ved den vestlige afgrænsning af bølgebrydergruppen ud for Hyldtofte Østersøbad, er under de eksisterende forhold ca. 19.000 m³ pr. år imod øst stigende til 22.000 m³ pr. år ved profil D18, 3 - 4 km længere mod øst. Denne øgning i transporten giver anledning til et lille erosionspotentiale langs denne kyststrækning under de eksisterende forhold.

Såfremt landområdet udføres fuldt beskyttet langs hele strækningen fra Rødbyhavn til Hyldtofte Østersøbad, vil erosionspotentialet vokse med ca. 19.000 m³ sand pr. år ved den østlige afslutning af landområdet, idet der i denne situation stort set ikke vil frigives sand til den nedstrøms kyst fra den kyststrækning, som dækkes af landområdet.

Med henblik på delvist at afværge denne virkning planlægges den østligste del af landområdet (ca. 1,5 km) udført med overskydende morænemateriale fra etablering af tunnelrenden. Strækningen udføres delvis ubeskyttet, hvorved der dannes en aktiv klint, som ved erosion frigiver materiale til den nedstrøms kyst og derved delvis afværger den øgede erosion på den nedstrøms strækning. Eksempler på naturlige klinten er vist i figurene 12.5-12 og 12.5-13. Klinten bliver opbygget af moræneler, der indeholder både ler/silt og sand. Sandet bidrager til sedimentbudgettet for kysten øst for landområdet og reducerer effekten af landområdets blokerende virkning. Ler/silt transporteres med strømmen til roligere områder (beskyttede områder eller dybere områder), hvor det efterfølgende vil aflejres.

Frigivelsen af sand fra klinten vurderes på basis af, at landområdet på strækningen med den kunstige klint bygges op til en højde af 6 m og en længde på 1.500 m. Sandindholdet i opfyld-

ningsmaterialet er vurderet til at være ca. 50 pct., og klinten vurderes at erodere med en gennemsnitlig rate af omtrent 1 m pr. år. Under disse forudsætninger leverer klinten et bidrag på ca. 5.000 m³ sand pr. år til sedimentbudgettet for kyststrækningen umiddelbart øst for landområdet, det vil sige ud for Hyldtofte Østersøbad. Underskuddet i sedimentbudgettet her begrænses dermed til ca. 14.000 m³ pr. år.

Frigivelsen af ler/silt fra den kunstige klint skønnes at være af størrelsesordenen ca. 4.000 -5.000 m³ pr. år. Denne frigivelse af fint materiale skal vurderes i forhold til frigivelsen af fint materiale fra samme område under de eksisterende forhold, hvor der sker en erosion af den kystnære havbund. Langtransporten ved Hyldtofte Østersøbad (D14) under de eksisterende forhold er ca. 19.000 m³ pr. år. Dette sand stammer fra erosion af to typer havbund:

- Havbund med moræneler. Det skønnes, at ca. 4.000 - 5.500 m³ sand pr. år stammer fra erosion af morænelerbund, med et indhold på ca. 30 - 40 pct. sand og ca. 60 pct. ler/silt. Frigivelse af 4.000 – 5.500 m³ sand pr. år medfører således en frigivelse af ca. 7.000 - 9.500 m³ ler/silt pr. år
- Den resterende del af langtransporten, ca. 13.500 - 15.000 m³ pr. år, stammer fra erosion af dele af kystprofilen hovedsagelig nær Hyldtofte Østersøbad, som primært består af sand, hvor indholdet af ler/silt vurderes til ca. 2 - 5 pct. Erosion langs denne del af kysten bidrager således med ca. 300 - 800 m³ ler/silt pr. år

FIGUR 12.5-12 Erosion i en naturlig moræneklint ved Gedser Odde ca. 40 km øst for Rødbyhavn, i en situation med bølgepåvirkning



FIGUR 12.5-13 Naturlig klint ved Karrebæksminde ca. 60 km nordøst for Rødbyhavn. Ved klintfoden ses sten fra nedbrydningen af klinten

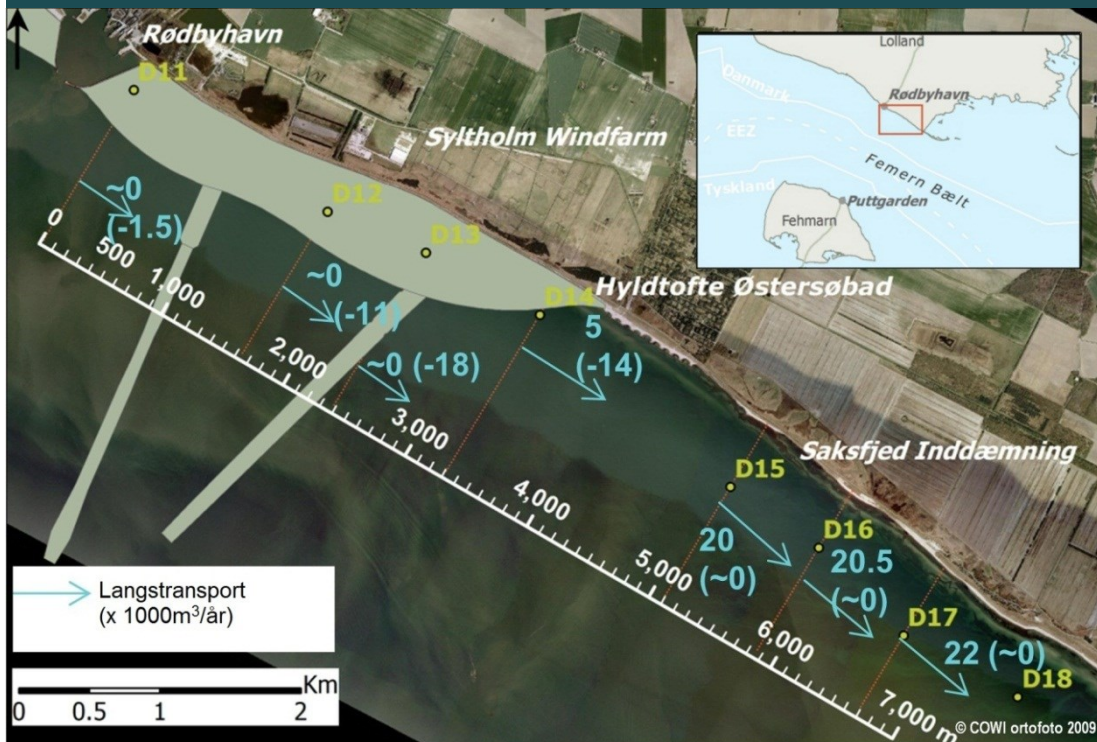


I alt skønnes der således under de eksisterende forhold frigivet ca. 7.500 - 10.000 m³ ler/silt pr. år i det område, der vil blive dækket af landområdet. Frigivelsen af fint materiale fra den kunstige klint vurderes således at udgøre ca. halvdelen af den mængde, der frigøres af tilsvarende materiale under de eksisterende forhold.

Kilden til spredning af ler/silt vil være lidt mere koncentreret ved frigivelse fra klinten end under de eksisterende forhold. Imidlertid vurderes det, at opblandingen i bølgebrydningszonen hurtigt medfører, at spredningen af sedimenter fra klinten får samme udstrækning. Klinten vurderes derfor ikke at medføre negative konsekvenser i form af øget aflejring af fint materiale i nærliggende områder.

Grovere fraktioner i moræneleret (ral og sten) efterlades på stranden og kommer efterfølgende til at udgøre strandplanet efterhånden, som klinten rykker tilbage. Dette bevirker, at erosions-hastigheden gradvist aftager. Erosion fra klinten afhænger desuden af den endelige udformning af landområdet. I udgangspunktet beskyttes landområdets perimeter under opfyldningsarbejderne og efterfølgende fjernes en del af beskyttelsen, således at klinten vil begynde at erodere. Omfanget af erosion kan således, til en vis grad, styres af, hvordan klinten efterlades ved afslutningen af anlægsperioden.

FIGUR 12.5-14 Gennemsnitlige langstransportarter i 1.000 m³ pr. år øst for landområdet for projektet. Ændringer i forhold til situationen uden tunnelen er angivet i parenteser



Omfang af tab og forringelser

Tab af kystsektioner forekommer på grund af arealinddragelser ved landområderne. Omfanget af disse tab er vurderet ved at inddrage betydningsniveauerne, som de pågældende arealer er tildelt.

Foringelser forekommer, hvor virkninger på transportbudgettet forårsaget af landområderne har negative konsekvenser for nogle kystsektioner. Omfanget af forringelser er vurderet ved at sammenholde virkningerne, som er vurderet på basis af resultater fra numeriske modeller, med vurderingskriterierne i tabel 12.5-4. Heraf fås "graden af forringelse" for de påvirkede kystsektioner.

Nogle virkninger starter allerede i anlægsfasen, men da disse virkninger har samme karakter som virkninger i driftsfasen, er anlægsfasens virkninger ikke vurderet separat. Omfanget af tab og forringelser langs Lollands kyst er præsenteret i figur 12.5-17. Tidsskalaerne for udviklingen af de forskellige virkninger er vurderet.

Skarholm til Sandholm

Landområdet blokerer i udgangspunktet for den østgående langstransport. Dette medfører, at der i området vil ske en fremrykning af strandlinjen, som vist i figur 12.5-15. Der vil gå et par årtier, før sandet bygges så meget op, at det transporteres videre rundt om den vestlige afslutning af landområdets stenkastning og videre mod øst. Langs landområdets stenkastninger, fra stranden ved Mygfjed og hen imod den planlagte strandlagune øst herfor, vil der dog i starten ikke foregå nogen sandtransport, fordi vanddybden er for stor til, at bølgerne kan transportere sandet.

Ophobningen af sand på strækningen vest for den byggede strand ved Mygfjed opfattes ikke som en negativ virkning, hvorfor der ikke er angivet tab/forringelse langs denne strækning. Strandopbygningen på denne strækning kan vurderes som en positiv virkning. Kystfremrykningen vil dog medføre, at udløbet fra Dragsminde Sluse ved Sandholm påvirkes og bliver blokeret af tilsanding. Tilsandingen klassificeres som en "meget høj grad" af forringelse af konstruktionen.

FIGUR 12.5-15 Beregnet kystudvikling vest for landområdet på Lolland 0 - 30 år efter afslutning af anlægsfasen



Sandholm til Rødbyhavn

Hele denne kyststrækning bliver dækket af landområdet, hvorfor denne strækning er klassificeret som tab. Kyststrækningen består i den nuværende situation af 3,2 km strand og 500 m uden strand, hvor kysten er beskyttet med stenkastninger.

Omfanget af tabet er klassificeret med en "lille grad", hvor strækningen i referencesituationen består af kystbeskyttelse og er tildelt en lille betydningsgrad og med en "stor grad", hvor kysten udgøres af en strand, og er tildelt en "stor betydningsgrad" i figur 12.5-17. Hele strækningen er beskyttet med et dige. Landområdet vest for Rødbyhavn vil rumme ca. 1.100 m ny strand i den vestlige del samt en strandlagune tæt på Rødbyhavn. En stor del af den strand, som går tabt, bliver derved kompenseret af nye strande.

Der vil gradvist opbygges en sandrevle langs stenkastningen. Efter 30 - 40 år, når sandrevlen er opbygget langs hele stenkastningen, vil der ske transport af sand langs stenkastningen af størrelsesordenen 20.000 m³ pr. år, det vil sige i samme størrelsesorden som under de eksisterende forhold.

Rødbyhavn

Mens sandrevlen opbygges langs stenkastningen vest for Rødbyhavn, forekommer der ingen nævneværdig tilsanding i indsejlingen til Rødbyhavn. Afhængig af det detaljerede design af den planlagte strandlagune i landområdet vest for Rødbyhavn, vil en del af det sand, som teoretisk set vil nå hen til Rødbyhavn efter 30 - 40 år, aflejres i strandlagunen. Projektet forventes derfor at føre til en reduktion i omkostningerne til vedligeholdelsesudbyning af sejlrunde og havnebassiner ved Rødbyhavn i en periode på minimum 30 - 40 år efter konstruktion af landområdet.

Rødbyhavn til Hyldtofte Østersøbad

Landområdet optager samtlige 3.750 m af denne kyststrækning, hvorfor denne strækning er klassificeret som et tab. Omfanget kategoriseres som tab af "lille grad", da kyststrækningen er tildelt en "lille betydningsgrad". På denne strækning påvirkes en afvandingspumpestation og et udløb fra renseanlægget ved Rødbyhavn. Disse anlæg vil blive erstattet af nye anlæg.

Som kompensation for tab af denne kyststrækning er landområdet på denne strækning udformet med følgende to tiltag:

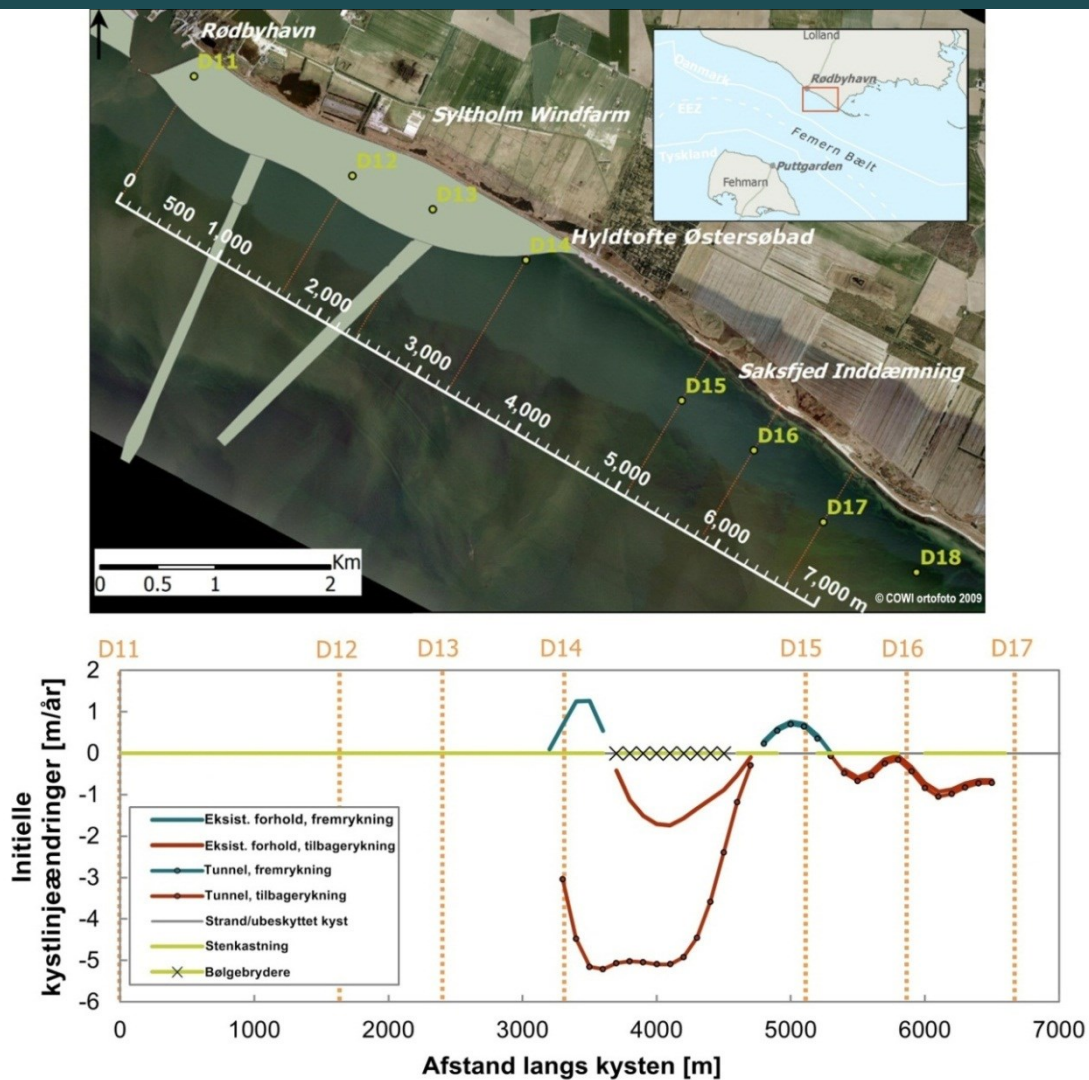
- Der er indeholdt en naturlagune med vådområder

- De østligste 1,5 km af landområdet planlægges udformet som en ubeskyttet og naturlig udformet kyst/klint. En naturlig erosion i denne klint er beregnet til at udgøre ca. 5.000 m³ pr. år, som vil indgå i materialeomsætningen på strækningen

Hyldtofte Østersøbad til Brunddragene

De årlige kystlinjebewægelser på denne strækning for gennemsnitlige bølgeforhold umiddelbart efter anlægsperioden er vurderet på basis af langstransportraternes fordeling langs kysten. De gennemsnitlige årlige kystlinjebewægelser er vist i figur 12.5-16, både under de eksisterende forhold og for situationen med et gennemført tunnelprojekt.

FIGUR 12.5-16 Beregnede initielle årlige kystlinjændringer øst for Rødbyhavn med projektets landområde sammenlignet med situationen under de eksisterende forhold



Landområdet vil som beskrevet ovenfor medføre en reduktion i sandtilførselen til strækningen øst for landområdet af størrelsesordenen 14.000 m³ pr. år. Denne virkning er klassificeret som en "meget stor" forringelse for strækningen til ca. 1.100 m øst for landområdet, idet den, såfremt der ikke kompenseres for denne forringelse, vil medføre øget kysterrosion med fare for svigt af kystsikringskonstruktioner og påvirkning af diget inden for få år. Hvis ikke der kompenseres for det øgede materialeunderskud på nævnte 1.100 m lange strækning, vil også kyststrækningen længere mod øst blive påvirket af en reduceret sedimenttilførsel, dog i mindre grad og med nogen

tidsforsinkelse. Foringelsen for strækningen fra 1,1 - 4,1 km øst for landområdet er derfor klassificeret som "middel".

Den kumulative effekt af Rødsand I og II vindmølleparkerne, hvis påvirkning på sedimentbudgettet ikke er inkluderet i ovennævnte beregninger, medfører en forventet yderligere erosion af størrelsen 0,1 m/år. Dette giver ikke anledning til ændringer af klassificeringen af forringelserne langs kysten.

Øst for Brunddragene

Der vurderes ikke i projektets levetid at komme forringelser på kyststrækningen øst for Brunddragene.

FIGUR 12.5-17 Omfang af tab og forringelser på Lollands kyst forårsaget af påvirkninger fra projektet



© COWI Ortofoto April 2009

Omfang af forringelser

- Lille
- Middel
- Stor
- Meget stor

***** Påvirket kystbeskyttelse

⊗ Påvirkede individuelle kystkonstruktioner

Omfang af tab

- Lille
- Middel
- Stor
- Meget stor
- Arealinddragelse

Note: Legenderne for konstruktioner langs kysten er vist overlappende med graden af tab/forringelser og indikerer således tab og grad af forringelse af disse strukturer

Samlede virkninger på kystelementerne

I alt er 11.500 m af kysten på Lolland påvirket af projektet. Denne længde omfatter 7.470 m tab og 4.030 m med forringelser.

Tabene og forringelserne er som følger:

- Strækninger med meget stor eller stor grad af tab/forringelse: 3.930 m
- Strækninger med middel eller lille grad af tab/forringelse: 7.570 m

Funktionen af to individuelle kystkonstruktioner (de to udledninger fra pumpestationer øst for Rødbyhavn) går tabt, hvilket er kategoriseret som meget stor grad af tab. To individuelle konstruktioner (Dragsminde Sluse ved Sandholm og en ældre hofde ved Hyldtofte Østersøbad) påvirkes og er klassificeret med meget stor grad af forringelse.

Tre konstruktioner (ældre hofder øst for Hyldtofte Østersøbad) påvirkes, og er klassificeret med middel grad af forringelse.

Ingen specielle morfologiske formationer langs Lollands kyst går tabt eller forringes.

Virkningerne er i tabel 12.5-5 opgjort på længder/antal af de enkelte vurderede kystelementer, det vil sige henholdsvis strande/ubeskyttet kystlinje, kystbeskyttelse og individuelle kyststrukturer. Virkningerne er også opgjort på en zone-opdeling af Lollands kyst i tabel 12.5-6.

5.570 m af strande/ubeskyttet kystlinje er påvirket (3.180 m tab og 2.390 m forringelse) svarende til 46,3 pct. af den totale længde af denne underkomponent på Lollands kyst inden for nærhedszonen og den lokale 10-km zone. 3.180 m af disse påvirkede strækninger er inden for landområdet. 2.040 m kystbeskyttelse (stenkastninger og bølgebrydere) uden for landområdet er påvirket, heraf er 400 m klassificeret som påvirkning med meget stor grad.

TABEL 12.5-5 Opgørelse af virkninger på kystmorfologien på Lolland fordelt på kystelementer

Virkninger på kystmorfologi Omfang af tab og forringelser fordelt på grader	Kystelementer							
	Total kystlinje		Strande/ubeskyttet kystlinje		Kystbeskyttelse		Individuelle strukturer	
	m	Pct.	m	Pct.	m	m	Pct.	m
Permanente tab								
Meget stor	0	0	0	0	0	0	2	0
Stor	3.180 ¹	15,9	3.180 ¹	26,5	0	0	0	0
Middel	0	0	0	0	0	0	0	0
Lille	4.290	21,4	0	0	4.290	51,0	0	0
Totalt – tab	7.470¹	37,3	3.180	26,5	4.290	51,0	2	0
Permanente forringelser								
Meget stor	750	3,7	750	6,2	400	4,8	2	0
Stor	0		0	0	0	0	0	0
Middel	3.280	16,4	1.640	13,6	1.640	19,5	3	0
Lille	0	0	0	0	0	0	0	0
Total – forringelser	4.030	20,1	2.390	19,9	2.040	24,2	5	0
Reference	20.035		12.02		8.415			

Note: Virkningerne på kyststrækningerne er opgivet i meter. Virkninger på individuelle strukturer og specielle morfologiske formationer er opgivet som et antal. Virkningerne på kyststrækninger er ligeledes opgjort i pct. af kystelementet inden for lokalområdet

1) Heraf er 3.180 m strand/ubeskyttet kystlinje vest for Rødbyhavn. Disse kompenseres af nye strande og en lagune, der indgår i landområdet vest for Rødbyhavn ifølge det vurderede projekt

TABEL 12.5-6 Opgørelse af virkninger på Lollands kystlinje fordelt på nærfelt og lokal zone

Virkninger på kystmorfologi Omfang af tab og forringelser fordelt på grader	Zone-opdeling af påvirkede strækninger af Lollands kystlinje					
	Total		Nærzone – 500 m fra projekt		Lokal zone -10 km fra linjeføring	
	m	Pct.	m	Pct.	m	Pct.
Permanente tab						
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	3.180 ¹	15,9	3.180 ¹	34,6	0	0
Middel	0	0	0	0	0	0
Lille	4.290 ¹	21,4	4.290 ¹	46,7	0	0
Total - permanente tab	7.470¹	37,3	7.470¹	81,3	0	0
Permanente forringelser						
Meget stor	750	3,7	500	5,4	250	2,3
Stor	0	0	0	0	0	0
Mellem	3.280	16,4	0	0	3.280	30,2
Lille	0	0	0	0	0	0
Total	4.030	20,1	500	5,4	3.530	32,5
Reference (m)	20.035		9.190		10.845	

Note: Virkningerne er også opgjort i pct. af kystelementets udbredelse inden for zonen (reference)

1) Heraf er 3.180 m strand/ubeskyttet kystlinje vest for Rødbyhavn. Disse kompenseres af nye strande og en lagune, der indgår i landområdet vest for Rødbyhavn ifølge det vurderede projekt

Supplerende afværgeforanstaltninger og residuale virkninger

Udover de allerede beskrevne afværgeforanstaltninger (afsnit 12.5.2), som har dannet udgangspunkt for vurderingen af projektets virkninger på kystmorfologien, vil der i lyset af de optrædende virkninger blive foretaget følgende foranstaltninger:

- Der strandfodres med et sandvolumen svarende til ca. 14.000 m³ hvert år, således at der kompenseres for det øgede materialeunderskud øst for landområdet
- Der etableres og opretholdes et nyt udløbsbygværk for slusen i diget ved Dragsminde vest for landområdet, da udløbet bliver påvirket af tilsandingen vest for landområdet
- Der etableres nye anlæg for de to udløb øst for Rødbyhavn (afvanding og udløb fra rensesanlæg), idet udløbene bliver dækket af landområdet

Med ovennævnte supplerende foranstaltninger samt de afværgeforanstaltninger, som i udgangspunktet er inkluderet i projektets design, vil der på Lollands kyst ikke være væsentlige virkninger på kystmorfologien. Det bemærkes, at det nye landområde vil indeholde elementer som nye strandsektioner og en naturlagune. Strandsektionerne vurderes at kompensere for tabet af den eksisterende strand vest for Rødbyhavn.

Virkninger på Fehmarns kyst

Virkningerne på Fehmarns kyst forekommer på grund af landområdet, som dels optager en kort strækning af den eksisterende kyst umiddelbart øst for Puttgarden, dels påvirker bølgeforholdene. Påvirkningen af bølgeforholdene har en indirekte betydning for langstransporten umiddelbart syd-øst for landområdet, da ændringer på de kystnære bølgeforhold har virkninger på transportbudgettet. Virkningerne på kystelementerne på Fehmarns kyst fra en sænketunnel udvikler sig over tid, og kysten vender ikke tilbage til en lignende tilstand som uden projektet inden for projektets levetid.

Ændring af kystnære bølger og langstransportbudget

Ændringerne i de kystnære bølgeforhold vurderes ved at sammenligne modelresultaterne for de kystnære bølgeforhold beregnet for en 21-årig periode (1989 - 2010) for a) situationen uden en fast forbindelse og b) situationen inkl. projektets permanente strukturer, jf. beskrivelsen i afsnittet om bølgemodellering ovenfor. Transportbudgetterne og ændringer i kystudviklingen (frem- og tilbagerykninger af kystlinjen) er beregnet for kyststrækninger henholdsvis vest og øst for Puttgarden.

Øst for Puttgarden

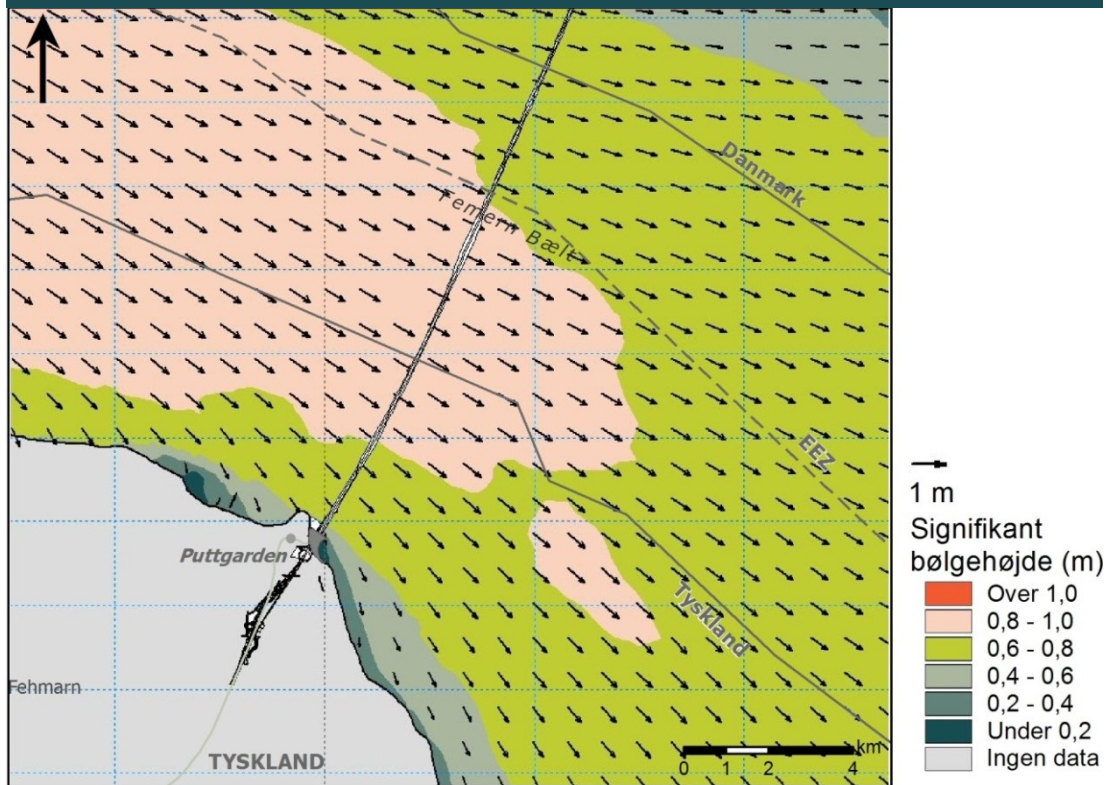
Et øjebliksbillede af bølgeforholdene langs Fehmarns østkyst med projektet for en typisk situation med bølger fra nordvest og ændringerne i bølgehøjderne relativt til situationen uden projektet er vist i figurene 12.5-18 og 12.5-19. Tilsvarende er en situation med bølger fra øst vist i figurene 12.5-20 og 12.5-21.

Det planlagte landområde ses at medføre en lævirkning for bølger fra nordvest umiddelbart øst for landområdet med den største reduktion i bølgehøjderne lige ud for den nye strandsektion. Læzonen strækker sig for den viste situation helt op til 5 km ned langs kysten mod sydøst. Der er også en virkning på bølgeretningerne i tilfældet med bølger fra nordvestlige retninger, idet de drejer nogle grader med uret. Bølger fra østlige retninger vil ikke blive påvirket af landområdet bortset fra området langs den nye strand, som anlægges sådan, at den vil blive direkte eksponeret for disse bølger.

Vest for Puttgarden

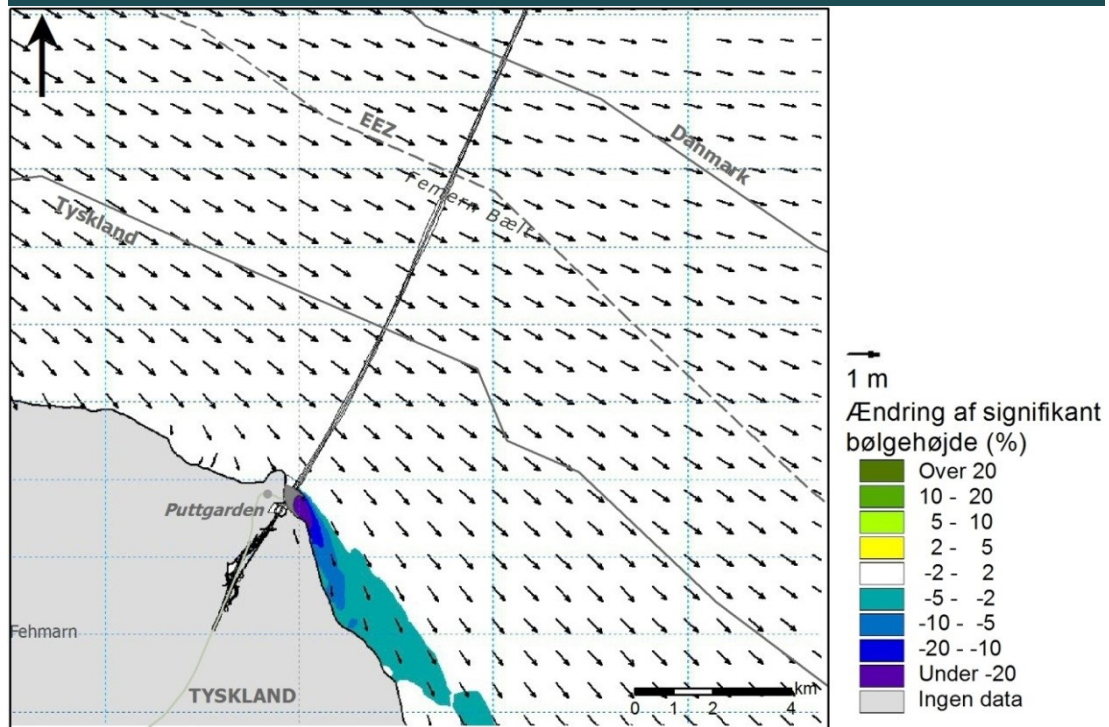
Projektet (landområdet) vil ikke påvirke bølgeforholdene langs kyststrækningen vest for Puttgarden, hverken ved bølger fra nordvestlige eller sydøstlige retninger (figurene 12.5-18, 12.5-19, 12.5-20 og 12.5-21).

FIGUR 12.5-18 Bølgeførhold langs Fehmarns kyst omkring Puttgarden for en typisk situation med bølger fra nordvest med projektet



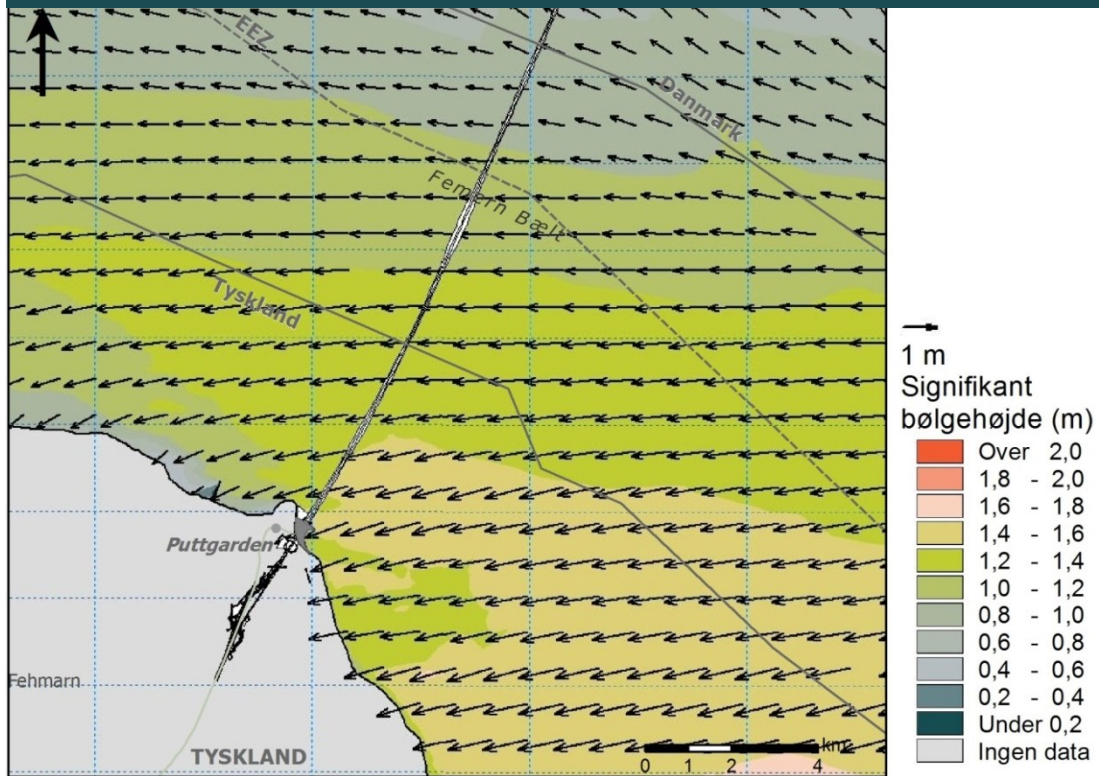
Note: Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

FIGUR 12.5-19 Relative ændringer i bølgehøjden for en situation med bølger fra nordvest (i pct. af bølgehøjderne under de eksisterende forhold)



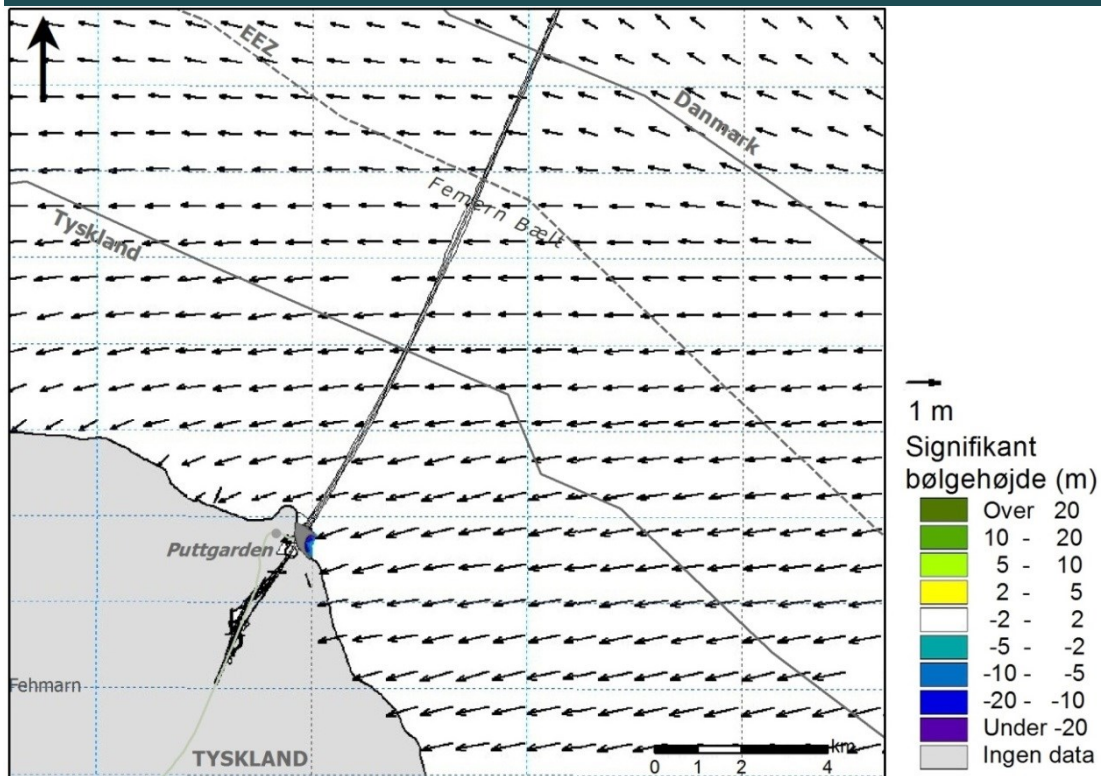
Note: Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

FIGUR 12.5-20 Bølgeforhold langs Fehmarns kyst omkring Puttgarden for en typisk situation med bølger fra sydøst med projektet



Note: Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

FIGUR 12.5-21 Relative ændringer i bølgehøjden for en situation med bølger fra sydøst (i pct. af bølgehøjderne under de eksisterende forhold)



Note: Pilene angiver bølgenes udbredelsesretning

Virkninger på langstransportbudgettet vest for Puttgarden

Den årlige langstransport på kyststrækningen vest for Puttgarden er beregnet for situationer med og uden projektet på basis af bølgeforholdene for perioden 1989 - 2010. Resultaterne af beregningerne er vist i figur 12.5-22 som gennemsnitlige nettolangstransporttrater for situationen med projektet og ændringer i forhold til situationen uden tunnelen. Ændringer i transporttraterne forårsaget af projektet er angivet i parenteser. Det fremgår af figuren, at projektet ikke medfører ændringer i transportforholdene vest for Puttgarden.

FIGUR 12.5-22 Gennemsnitlige nettotransporttrater i m³ /år vest for Puttgarden for projektet. Ændringer i forhold til situationen uden projektet er angivet i parenteser



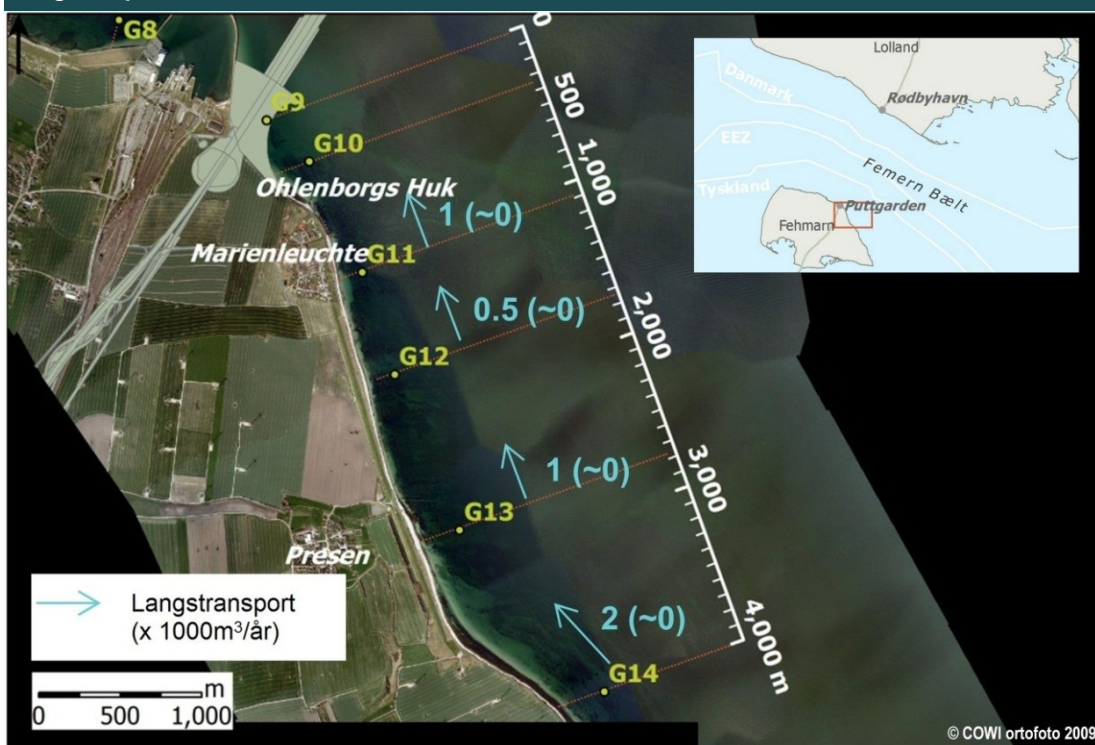
Virksomheder på langtransportbudgettet øst for Puttgarden

Den årlige langtransport på kyststrækningen sydøst for Puttgarden og landområdet er beregnet for situationerne med og uden projektet på basis af bølgeforholdene for perioden 1989 - 2010. Resultaterne af beregningerne er vist i figur 12.5-23 som gennemsnitlige nettotransporttrater for situationen med projektet samt ændringer i forhold til situationen uden projektet. Ændringer i transporttraterne forårsaget af projektet er angivet i parenteser.

Langtransportbudgettet langs denne strækning viser kun ubetydelige forskelle forårsaget af projektet sydøst for Marienleuchte, mellem G11 - G14. Landområdet medfører en lille øgning i nettotransporten mod nordvest, langs den korte kyststrækning, mellem den nye strand og lidt syd for Ohlenborgs Huk. Årsagen er lævirkningen fra landområdet, der dæmper for bølger fra nordvestlige retninger på denne strækning, og dermed reducerer transportkomponenten mod sydøst.

Den potentielle transportkapacitet nordvest for Ohlenborgs Huk vil efter anlæg af en tunnel være omtrent 30.000 - 35.000 m³ pr. år mod nordvest for den nuværende orientering af stranden, hvilket er en øgning på omkring 8.000 m³ pr. år i forhold til de eksisterende forhold. Imidlertid vil denne transportkapacitet ved G10 ikke blive effektueret i praksis, fordi der er en kraftig kystbeskyttelse omkring Ohlenborgs Huk i form af både høfder og skråningsbeskyttelse, og fordi der ikke er meget sand i kystprofilen på denne strækning. Den i praksis meget lille transport i dette område - også i den nuværende situation - bekræftes af den meget lille akkumulation af sand i hjørnet sydøst for Puttgarden selv 50 år efter, at havnen blev opført.

FIGUR 12.5-23 Gennemsnitlige langstransportarter i 1.000 m³ pr. år sydøst for Puttgarden/landområdet for projektet. Ændringer i forhold til situationen uden tunnelen er angivet i parenteser



Omfang af tab/forringelser

Virkningerne på Fehmarns kystmorfologi på grund af projektet beskrives i det følgende på baggrund af ændringerne af transportbudgettet. De fysiske virkninger, såsom for eksempel øget tilbagerykning af kystlinjen eller øget risiko for, at kyststrukturer kommer under pres på grund af erosion, beskrives og kvantificeres. Virkningerne beskrives ligeledes som henholdsvis "omfang af tab" og "omfang af forringelser".

Tab af kystsektioner forekommer på grund af arealinddragelser ved landområdet, og forringelser forekommer, hvor virkninger på transportbudgettet, forårsaget af landområdet, har negative konsekvenser for nogle kystsektioner. Hele den tabte kystsektion på Fehmarn er klassificeret med en høj betydningsgrad.

Virkninger på kystudviklingen er vist i figur 12.5-24. Som vurderet ovenfor er der ingen ændringer af langstransporten vest for Puttgarden, og derfor ændrer kystudviklingen sig ikke her på grund af projektet. Virkningerne for de enkelte sektioner af kysten sydøst for Puttgarden og omfanget af tab og forringelser langs Fehmarns kyst er vist i figur 12.5-25.

Markelsdorfer Huk til Puttgarden

Der er ingen ændringer i hverken langstransporten eller kystudviklingen på denne strækning som følge af projektet. Der er derfor ingen kystmorfologiske forringelser langs denne kyststrækning som følge af projektet.

Puttgarden

Der har aldrig været tilsanding i Puttgarden Havn. Projektet forventes ikke at ændre denne situation, og der forventes således ingen ændringer i tilsandingsforholdene for Puttgarden.

Puttgarden til Ohlenborgs Huk

Landområdet øst for Puttgarden Havn dækker en del af havnens østlige bølgebryder samt den sandstrand, som siden bygningen af Puttgarden Havn er opbygget umiddelbart øst for havnen. Landområdet medfører således tab af en strandsektion med en længde på 700 m.

Landområdet planlægges udført med en ny 700 m lang østvendt strand, som går jævnt over i den eksisterende strand vest for Ohlenborgs Huk. Den naturlige strand er her beskyttet med nogle mindre høfder, og Ohlenborgs Huk er beskyttet med høfder, stenglacis og en beskyttelsesmur. Herudover er der kun ringe mængder af sand i kystprofilen på denne strækning. Af disse årsager vil der også efter etablering af landområdet kun blive ført ubetydelige mængder sand forbi Ohlenborg Huk fra sydøst, og også den nye strand vil kun få tilført ubetydelige mængder af sand fra sydøst.

Ohlenborgs Huk/Marienleuchte

De årlige initiale kystlinjebevægelser for de gennemsnitlige forhold i perioden (1989 - 2010), beregnet på basis af langtransportbudgettet i en situation med en bygget tunnel, er vist i figur 12.5-24 og sammenlignet med kystlinjeudviklingen under de eksisterende forhold.

Erosionspotentialet langs høfder og kystbeskyttelse omkring Ohlenborgs Huk vil vokse noget som følge af projektet. Det eksisterende og øgede erosionspres i dette område må forventes at kunne medføre et fortsat tab af sand fra strandsektionerne mellem høfderne og et fortsat pres på kystbeskyttelsen ud for Ohlenborgs Huk. Området er allerede beskyttet imod erosion, og eroderbare havbundsmaterialer er i vidt omfang allerede borteroderet, så erosionen forventes kun at blive effektueret i mindre grad.

Forstærkning af konstruktionerne eller bygning af ny kystbeskyttelse kan blive nødvendig inden for en tidshorisont på 5 - 10 år. Graden af forringelse som følge af projektet er klassificeret som middel.

Marienleuchte til Presen

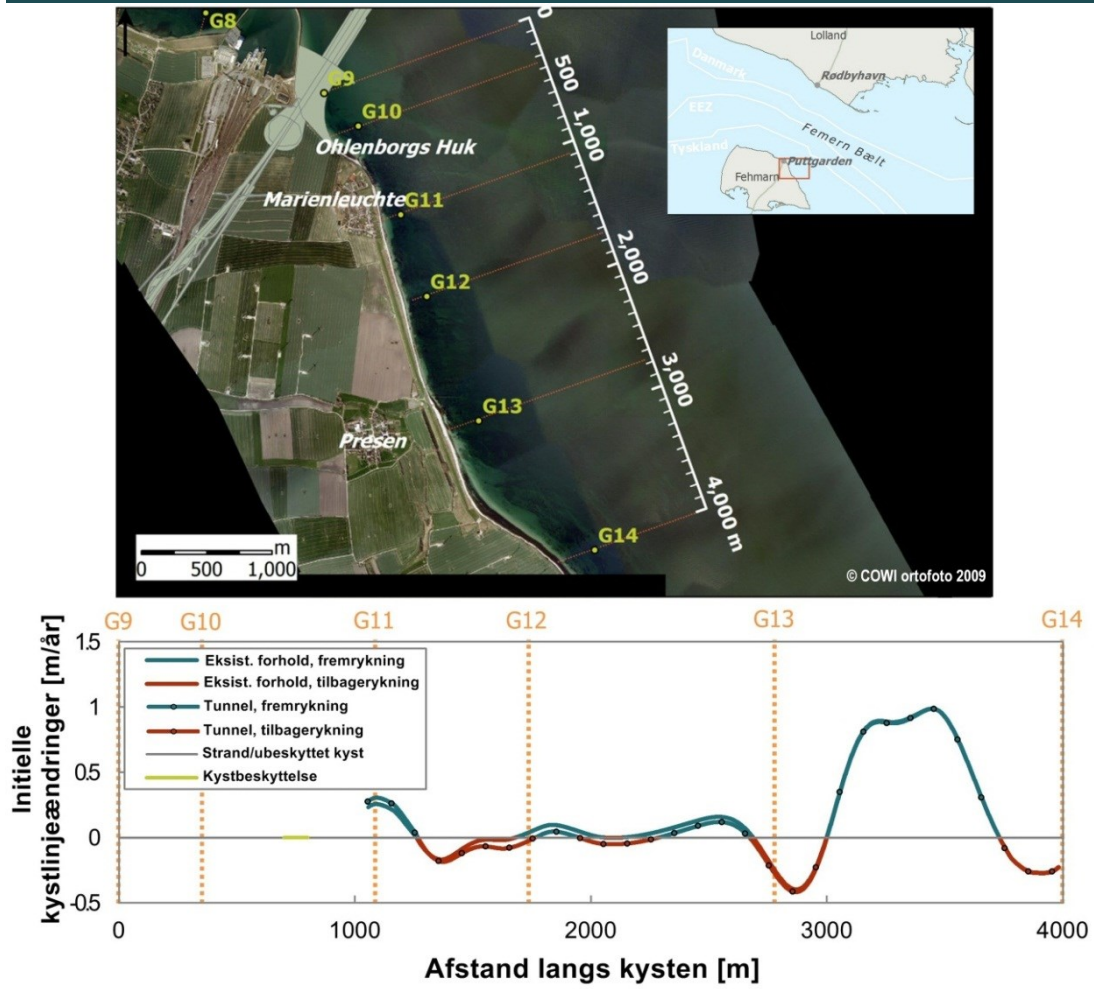
Ændringerne i kystlinjebevægelserne på denne strækning forårsaget af projektet er meget små og i størrelsesordenen mindre end +/-0,1 m pr. år overalt på denne strækning. Kyststrækning er i den eksisterende situation (1999 - 2009) næsten stabil med observerede kystlinjeændringer på mindre end 0,5 m pr. år i middel, og dette forventes ikke at ændres væsentligt.

Der er ligeledes ingen væsentlige virkninger på eksisterende konstruktioner på denne strækning, som omfatter en badebro og udløbet fra en pumpestation ved Presen.

Sydøst for Presen

Kyststrækningen sydøst for Presen bliver ikke påvirket af projektet.

FIGUR 12.5-24 Beregnede kystlinjeændringer for situationen med og uden projektet umiddelbart efter anlægsperioden



FIGUR 12.5-25 Omfang af tab og forringelser på Fehmarns kyst forårsaget af påvirkninger fra projektet (landområde) på Fehmarn



Note: Legenderne for konstruktioner langs kysten er vist overlappende med graden af tab/forringelser og indikerer således tab og grad af forringelse af disse strukturer

Samlede virkninger på Fehmarns kyst

Det er vurderet, at projektet medfører tab og forringelser på en kyststrækning over en længde af 1.070 m på strækningen sydøst for Puttgarden på Fehmarn. Virkningerne er af permanent karakter. Virkningerne er i tabel 12.5-7 opgjort på længder/antal af de enkelte vurderede kystelementer, det vil sige henholdsvis strande/ubeskyttet kystlinje og kystbeskyttelse og individuelle kyststrukturer. Virkningerne er i tabel 12.5-8 også opgjort på en zone-opdeling af Fehmarns kyst. Virkningerne fordeler sig på de enkelte kystelementer som følger:

En strandsektion med en længde på 700 m umiddelbart øst for Puttgarden bliver dækket af landområdet og går tabt. Som en del af projektet anlægges en ny strand af omtrent samme længde i landområdet. Den nye strand kompenserer for tabet af den oprindelige strand.

Det er opgjort, at 135 m strand sydøst for landområdet (ved Ohlensborgs Huk) samt 235 m kyst med kystbeskyttelse forringes i middel grad. Herudover forringes fem kystbeskyttelseskonstruktioner med middel/lille grad. Disse forringelser skyldes alle det forventede øgede erosionspres i dette område.

TABEL 12.5-7 Opgørelse af virkninger på kystmorfologien på Fehmarn fordelt på kystelementer

Virkninger på kystmorfologi	Kystelementer							
	Total kystlinje		Strande/ubeskyttet kystlinje		Kystbeskyttelse		Individuelle strukturer	Specielle morfologiske fænomener
	m	Pct.	m	Pct.	m	Pct.	Antal	Antal
Omfang af tab og forringelser fordelt på grader								
Omfang af permanente tab								
Meget stor	0	0	0	0	0	0	0	0
Stor	700 ¹	3,1	700 ¹	3,3	0	0	1	0
Middel	0	0	0	0	0	0	0	0
Lille	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt - tab	700¹	3,1	700¹	3,3	0	0	1	0
Omfang af permanente forringelser								
Meget stor	0	0	0	0	0	0	0	0
Stor	0	0	0	0	0	0	0	0
Middel	370	1,6	135	0,6	235	13,4	5	0
Lille	0	0	0	0	0	0	0	0
Total - forringelse	370	1,6	135	13,4	235	13,4	5	0
Reference	22.680		20.95		1.755			

Note: Virkningerne på strækninger af kysten er opgivet i meter. Virkninger på individuelle strukturer og specielle morfologiske fænomener er opgivet som et antal. Virkningerne på kyststrækninger er også angivet i pct. af kystelementet inden for lokalområdet

1) Inkluderer 700 m af tab af strand øst for Puttgarden, som vil blive kompenseret af en ny strand som en del af landområdet

TABEL 12.5-8 Opgørelse af virkninger på Fehmarns kystlinje fordelt på nærfelt og lokal zone. Virkningen er også opgjort i pct. af kystelementets udbredelse inden for zonen

Virkninger på kystmorfologi	Zone-opdeling af påvirkede strækninger af Fehmarn kystlinje					
	Total		Nærzone 500 m fra projekt (DK/DE)		Nærzone 500 m fra projekt (DK/DE)	
	m	Pct.	m	Pct.	m	Pct.
Permanent tab						
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	700 ¹	3,1	700 ¹	58,3	0	0
Middel	0	0	0	0	0	0
Lille	0	0	0	0	0	0
Total - tab	700¹	3,1	700¹	58,3	0	0
Permanente forringelser						
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	0	0	0	0	0	0
Middel	370	1,6	370	30,8	0	0
Lille	0	0	0	0	0	0
Total - forringelser	370	1,6	370	30,8	0	0
Reference (m)	20.680		1.200		21.480	

Note: 1) Heraf er 700 m strand/ubeskyttet kystlinje øst for Puttgarden, som kompenseres af ny strand, der indgår i landområdet øst for Puttgarden

Supplerende afværgeforanstaltninger og residuale virkninger

Ud over de allerede beskrevne afværgeforanstaltninger (afsnit 12.5.2), som har dannet udgangspunkt for vurderingen af projektets virkninger på kystmorfologien, vil der i lyset af de optrædende virkninger blive foretaget følgende foranstaltninger:

- Der foretages monitoring af kysterosion og erosion omkring kystkonstruktionerne ved Ohlensborg Huk. Kystbeskyttelsen forstærkes, hvis dette bliver nødvendigt

Det vurderes, at kystbeskyttelsen i området kan styrkes uden at ændre områdets rekreative natur og kvaliteter. Med nævnte supplerende afværgeforanstaltning er der langs Fehmarns kyst ingen væsentlige virkninger på kystmorfologien. Den tabte strandsektion øst for Puttgarden er kompenseret ved en ny strand inkluderet i designet af landområdet.

12.5.11 Konklusion på projektets virkninger

De potentielle virkninger på Lollands og Fehmarns kyster udgøres dels af tab af dele af den eksisterende kystlinje, som følge af landområderne, dels af nogle forringelser af eksisterende kyststrækninger eller strukturer, idet projektet påvirker langstransporten og dermed i forskelligt omfang ændrer kystens frem- og tilbagerykning sammenlignet med de ændringer, der finder sted under de nuværende forhold. Alle virkninger er af lokal karakter, der er ikke regionale virkninger som følge af projektet.

Landområderne, som primært på dansk side optager en del af kystlinjen, tilføjer som en del af landområderne projektmæssige udformning nye kystelementer på kysterne i form af strandlaguner og strande.

De virkninger, der er beskrevet, er modelleret i en numerisk model og er de aggregerede virkninger af samtlige relevante belastninger fra drift og anlæg af en sænketunnel. Vurderingen af væsentlighed er således foretaget på projektets samlede belastning.

Med baggrund i miljøvurderingens beregninger og vurderinger af de ændringer af kysten som projektet medfører, og som anses for at være væsentlige negative virkninger, vil der i projektet være indeholdt en række afværgeforanstaltninger, herunder kystfodring og sikring af konstruktioner på kysten. Derudover vil der ske en relevant overvågning af kysten, således at afværgeforanstaltningerne kan optimeres i forhold til kystens naturlige dynamik.

Den gennemførte miljøvurdering, og de afværgeforanstaltninger og det beredskab, der vil være en del af projektet, vurderes at skabe sikkerhed for, at projektet ikke vil have væsentlige negative virkninger på kystmorfologien på Lolland eller på Fehmarn.

12.6 PLANKTON OG GOPLER

I dette afsnit behandles projektets virkninger på miljøkomponenterne plankton og gopler ved anlæg og drift af en sænketunnel. Plankton er fødegrundlaget for bundfaunaen og fisk i Femern Bælt, og en reduktion i planktonbiomassen, der er større end den naturlige variation, kan have direkte effekter på filtrerende dyr, såsom blåmuslinger.

Planktonpopulationer anses generelt ikke for at være følsomme overfor anlægsarbejde i kystnære områder på grund af deres korte generationstid, hurtige populationsændringer i forhold til miljømæssige forandringer og den store udveksling af vand med tilstødende områder. Imidlertid er mulige påvirkninger på plankton blevet identificeret i forbindelse med projektet. Projektets sedimentspild og resuspension af spildt sediment kan således påvirke både plante- og dyreplankton.

I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter og de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Betydningen af Femern Bælt for de vurderede komponenter og belastningernes størrelse er kort beskrevet. I analysedelen beskrives planktons følsomhed over for projektets belastninger, hvilke kriterier der er anvendt i vurderingen og endeligt de konkrete virkninger på de vurderede komponenter. Til sidst i kapitlet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

Virkninger på bundfauna og fisk som følge af ændringer i fødegrundlaget behandles i afsnit 12.8 og 12.9.

12.6.1 Vurderede komponenter

Plankton er en komponent under miljø-subfaktoren marin flora og fauna. De vigtigste komponenter og sub-komponenter inden for plankton, som kan påvirkes af en sænketunnel, er planteplanktonets biomasse og sammensætning, dyreplanktonets biomasse og rekruttering samt rekruttering af gopler (tabel 12.6-1).

TABEL 12.6-1 Komponenter og sub-komponenter under plankton, der indgår i miljøkonsekvensvurderingen

Sub-faktor	Komponent	Sub-komponent
Marin flora og fauna	Planteplankton	Biomasse
-	-	Sammensætning
-	Dyreplankton	Biomasse
-	-	Rekruttering
-	Gopler	Rekruttering

12.6.2 Projektets belastninger

Virninger på plankton udløses af forskellige belastninger, som kan være midlertidige (anlægsfasen) og skyldes jordarbejder (opgravning og deponering af havbundsmateriale) eller er varige (driftsfasen), som følge af arealinddragelse, herunder landopfyldning, ændret udledning og fortynding af spildevand samt introduktion af faste strukturer og hårde substrater (anlæg).

I tabel 12.6-2 er vist en oversigt over potentielle belastninger ved sænketunnelen, og hvordan disse kan påvirke de enkelte komponenter og sub-komponenter. Nogle af de mulige belastninger er relevante at vurdere i detaljer, mens andre ikke er relevante, da påvirkningen er ubetydelig.

TABEL 12.6-2 Oversigt over potentielle belastninger og planktonkomponenter, der påvirkes af belastningerne samt mulige effekter af ændret planktonsamfund på planter og dyr i Femern Bælt og Østersøen

	Belastning	Komponent/sub-komponent	Mulige effekter
Anlægsfasen	Øget sediment i vandet	Planteplankton: Biomasse (D,I) Sammensætning	Reduceret produktion og biomasse samt ændret sammensætning af planteplankton kan påvirke populationer af dyreplankton og bundlevende muslinger, der lever af planteplankton.
	Aflejring af sediment	Dyreplankton: Biomasse (D,I)	Nedgang i dyreplankton kan have negative effekter på planktonspisende fisk og fiskelarver.
	Næringsstoffer	Dyreplankton: Rekruttering (D)	Større vækst af planteplankton kan øge risiko for eutrofierings-effekter (nedsat sigtdybde og iltsvind).
	Miljøfarlige stoffer	Planteplankton: Plankton (D)	Øget dødelighed og reduceret vækst hos plankton kan have negative effekter på planktonspisende dyr (f.eks. muslinger og fisk).
Strukturer	Tab af pelagiske habitater	Plankton og gopler	Ved landopfyldning og etablering af beskyttelsesrev inddrages havbund og pelagisk habitater forsvinder.
	Nye hårde overflader	Planteplankton (D) Gopler	Nedgang i planteplankton på grund af øget græsning fra muslinger på faste strukturer kan føre til fødebegrænsning hos dyreplankton. Øget rekruttering af gopler i Femern Bælt kan medføre et større prædationstryk på dyreplankton, der igen kan forringe konkurrenceforhold for de planktonspisende fisk.

TABEL 12.6-2 Oversigt over potentielle belastninger og planktonkomponenter, der påvirkes af belastningerne samt mulige effekter af ændret planktonsamfund på planter og dyr i Femern Bælt og Østersøen

	Belastning	Komponent/sub-komponent	Mulige effekter
Driftsfasen	Udledninger af spildevand (næringsstoffer og miljøfarlige stoffer)	Planteplankton Dyreplankton	Opblomstringer af alger (eutrofiering) og/eller øget dødelighed hos plankton kan påvirke biologiske komponenter placeret på højere niveauer i fødekæden.

Note: D: Direkte påvirkninger, I: Indirekte påvirkninger

De relevante belastninger er knyttet til gravearbejde og sedimentspild i anlægsfasen. Belastningerne er midlertidige og lokale (berører ikke Østersøen). Sedimentspildet kan påvirke plankton både direkte og indirekte. Nedenfor er de relevante belastninger oplistet:

- Direkte påvirkning ved at øge sedimentationen af planteplankton samt reducere rekruttering af dyreplankton, fordi deres hvileæg kan blive begravet under sedimenteret spild
- Direkte påvirkning ved forstyrrelse af fødeoptaget hos dyreplankton ved høje sedimentkoncentrationer
- Indirekte påvirkning via reduktion af lysets nedtrængning i vandet. Foringelse af lysforholdene i vandet vil mindske planteplanktonets produktion og biomasse og kan favorisere selvbevægelige arter såsom blågrønner. Virkninger på planteplankton kan føre til afledede effekter på dyreplankton og filtrerende bundfauna, som lever af planteplankton

En række belastninger er vurderet at have så små og ikke-væsentlige virkninger på plankton og gopler i Femern Bælt, at de ikke er relevante at gennemgå i detaljer. Disse ikke-relevante belastninger er beskrevet og kommenteret kort nedenfor og vil ikke blive behandlet yderligere.

Frigivelse af næringsstoffer fra sediment er undersøgt i laboratoriet, og der er beregnet gennemsnitlige daglige belastninger på 1 kg uorganisk kvælstof og 4 kg fosfat-P ved en graveintensitet på 40.000 m³/d (største intensitet; forekommer reelt kun i begrænsede perioder). Sammenlignet med tilførsler fra land og transport fra Østersøen og Storebælt er næringsstofbidraget fra sedimentet helt ubetydeligt.

Frigivelse af miljøfarlige stoffer fra sedimentet er vurderet i afsnit 12.4. Selv under de mest ugunstige antagelser vil koncentrationen af miljøfarlige stoffer ligge væsentligt under gældende miljø- og vandkvalitetsstandarder. Derfor vil hverken plankton eller andre biologiske komponenter blive påvirket.

De permanente belastninger i driftsfasen af en sænketunnel vurderes samlet set at være uden væsentlig betydning for plankton:

- Ved landopfyldning og etablering af beskyttelsesrev inddrages 355 ha havbund svarende til, at ca. 9.900.000 m³ pelagisk habitat forsvinder. Kun ca. 10 pct. af dette volumen berører områder af særlig betydning for plankton (se nedenfor) og set i forhold til det samlede område af særlig betydning for plankton, er dette tab ikke væsentligt
- Ved etablering af en sænketunnel øges arealet med hårdt substrat med ca. 12 ha i form af beskyttelsesrev, mens omkring 175 ha af muslingedækket havbund inddrages ved opfyldning, hvilket svarer til under 0,1 pct. af det samlede areal med tæt bestand af

muslinger. Der er således ikke tale om, at der skabes forøgede vækstmuligheder for forstadier (polypper) til gopler og et større græsningstryk fra muslinger

- For projektet vurderes det, at mulige ændringer i mængden af rensset spildevand samt udløbspositioner ikke vil have en væsentlig betydning for plankton i Femern Bælt

Ændringer i plankton er relateret til ændringer i hydrografi og vandkvalitet. De hydrografiske virkninger fra tunnelen, opfyldninger mv. er vurderet til at være minimale og kun af lokal udstrækning lige omkring opfyldningerne på relativt lavt vand (afsnit 12.2). Tilsvarende er projektets virkninger på vandkvalitet vurderet at være små og uvæsentlige. Det vurderes derfor, at hydrografi og vandkvalitet, såvel hver for sig som samlet set, ikke giver indirekte virkninger på plankton.

Ligeledes er det vurderet, at der ikke er nogen virkning på vandskiftet med Østersøen og dermed på hydrografien og vandkvaliteten i Østersøen i driftsfasen (afsnit 12.2). Der forventes derfor ikke virkninger på plankton. Der er således ingen belastninger for plankton i driftsfasen, og disse forhold er derfor ikke behandlet yderligere.

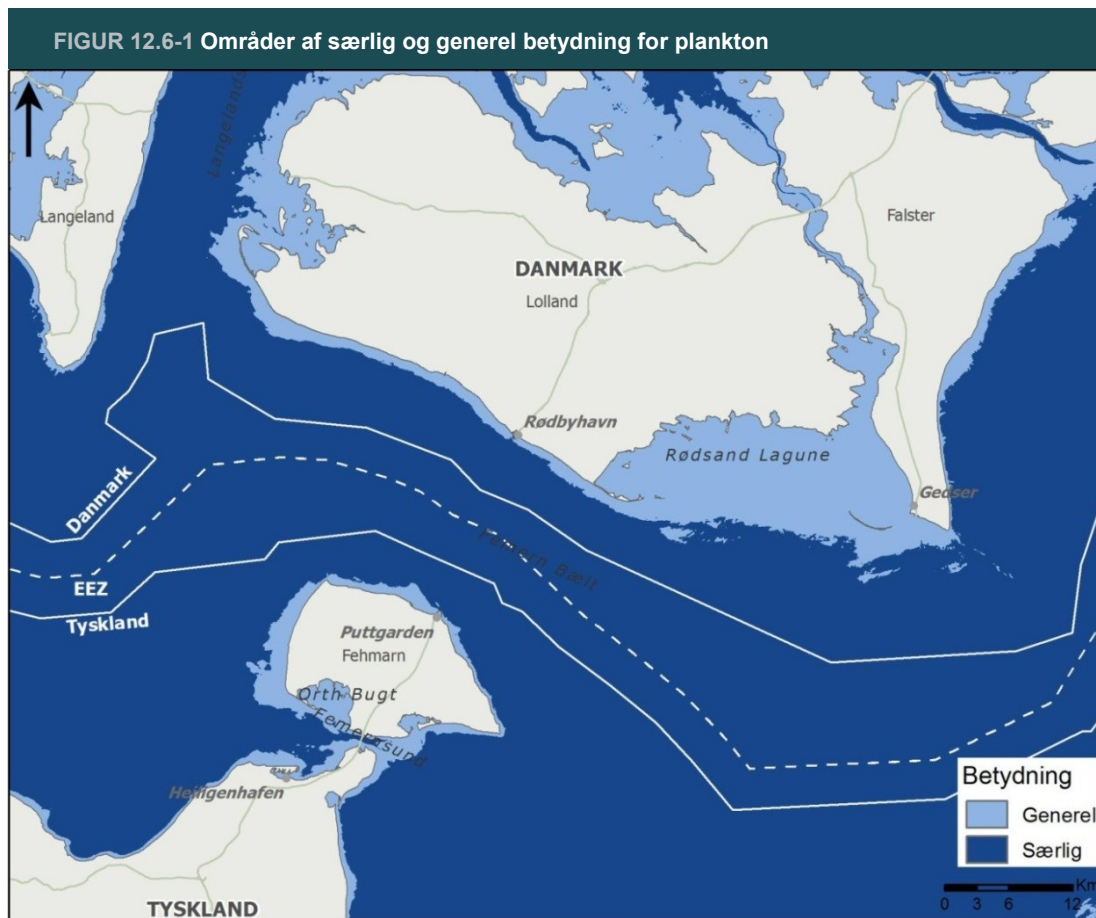
Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet, og de eksisterende belastninger for planktonet er beskrevet i afsnit 11.1.5. Det er især eutrofiering, invasive arter og nye hårde overflader, der er relevante i forhold til kumulative virkninger fra eksisterende belastninger på planktonet.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der så vidt muligt er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af vurderingskriterier.

12.6.3 Betydning

Plankton omfatter tre overordnede komponenter: Mikroskopiske alger (planteplankton) og dyr (dyreplankton) samt gopler. Inden for vurderingsområdet har subfaktoren plankton den største betydning på vanddybder større end 5 - 6 m (figur 12.6-1), fordi planteplanktonets primærproduktion og biomasse pr. arealenhed er mere end dobbelt så høj her som på lavere vanddybde. Det er den store planktonproduktion og -biomasse i de dybe områder, som er den væsentligste fødekilde til den filtrerende bundfauna på lavere vanddybder.



12.6.4 0-alternativet

Et 0-alternativ og en dertil knyttet fortsat udvikling af færgedriften i området vurderes ikke at ændre forholdene for plankton sammenlignet med de eksisterende forhold. Det vurderes derfor at være tilstrækkeligt at vurdere projektets miljøkonsekvenser i forhold til de eksisterende forhold. Disse er beskrevet i kapitel 10.

12.6.5 Analyse af miljøkonsekvenserne

Overordnet er opgørelse af belastning, påvirkning af og virkning på plankton i videst muligt omfang baseret på kvantitative metoder og suppleret med eksisterende viden (litteratur) om de forskellige planktonkomponenters sårbarhed over for belastninger.

Virkningen af de væsentlige belastninger kvantificeres som ændringer i plankton (biomasser) ved at kombinere belastningers størrelse og omfang med følsomhed af de forskellige planktonkomponenter over for belastningen ved brug af dynamiske modeller. Kombinationen af følsomhed og belastningens størrelse beskriver, hvilken grad af forringelse den enkelte komponent vil udsættes for. Omfang af forringelse beskriver, hvor store arealer der påvirkes, og i hvor stort omfang de forringes på en 4-trinsskala: Meget stor, stor, middel og lille.

Modellerne beskriver strømme (hydrodynamisk model), spredning af sediment (sedimentspredningsmodel) og sedimentpartiklers hæmning af lysets udbredelse i vandet, planktonalgens og bundplanter optag af næringsstoffer, primærproduktion og vækst samt græsning og henfald af døde planter og dyr (vandkvalitetsmodel). Den anvendte model er beskrevet i afsnit 12.3.

I modsætning til fastsiddende eller stationære populationer (f.eks. bundplanter og bundfauna) transporteres plankton med vandstrømme, der i Femern Bælts overfladevand har en vestgående

nettohastighed på ca. 15-20 km/d. Dette understreger, at udveksling af vand og plankton med de omgivende farvande, den vestlige Østersø og Storebælt, har meget stor indflydelse på tilstanden i Femern Bælt, og også at de realiserede virkninger af tunnelløsningen vil være en kombination af lokale påvirkninger og en "fortynding" med ikke-påvirket vand og plankton fra især den vestlige Østersø, men også fra Storebælt.

En kvantitativ opgørelse af de realiserede virkninger på plankton kan bedst ske ved anvendelse af dynamiske modeller, der også beskriver indflydelsen af udvekslinger af vand og plankton med de omgivende farvande.

Følsomhed

Komponenternes følsomhed over for reduceret tilgængelighed af lys (på grund af sedimentspild) er en integreret del i de dynamiske modeller og er udformet som dosis-respons-relationer mellem planteplanktonets vækst (respons) og intensiteten af lys (dosis).

Udover lys afhænger planteplanktonets vækst også af temperaturen og koncentrationen af næringsstoffer, mens tabsprocesser omfatter respiration (også temperaturafhængig), sedimentation (afhænger af biomasse, cellernes næringsstatus) og græsning (afhænger af temperatur, biomasse af zooplankton). Overordnet er modellens dosis-respons-sammenhænge generiske og baseret på mange års erfaringer med anvendelse af modeller i VVM-redegørelser. Som en del af modelkalibreringen er der sket mindre justeringer i dosis-respons-sammenhænge.

Vurderingskriterier

Koncentration af planteplankton (klorofyl-a) og dyreplankton

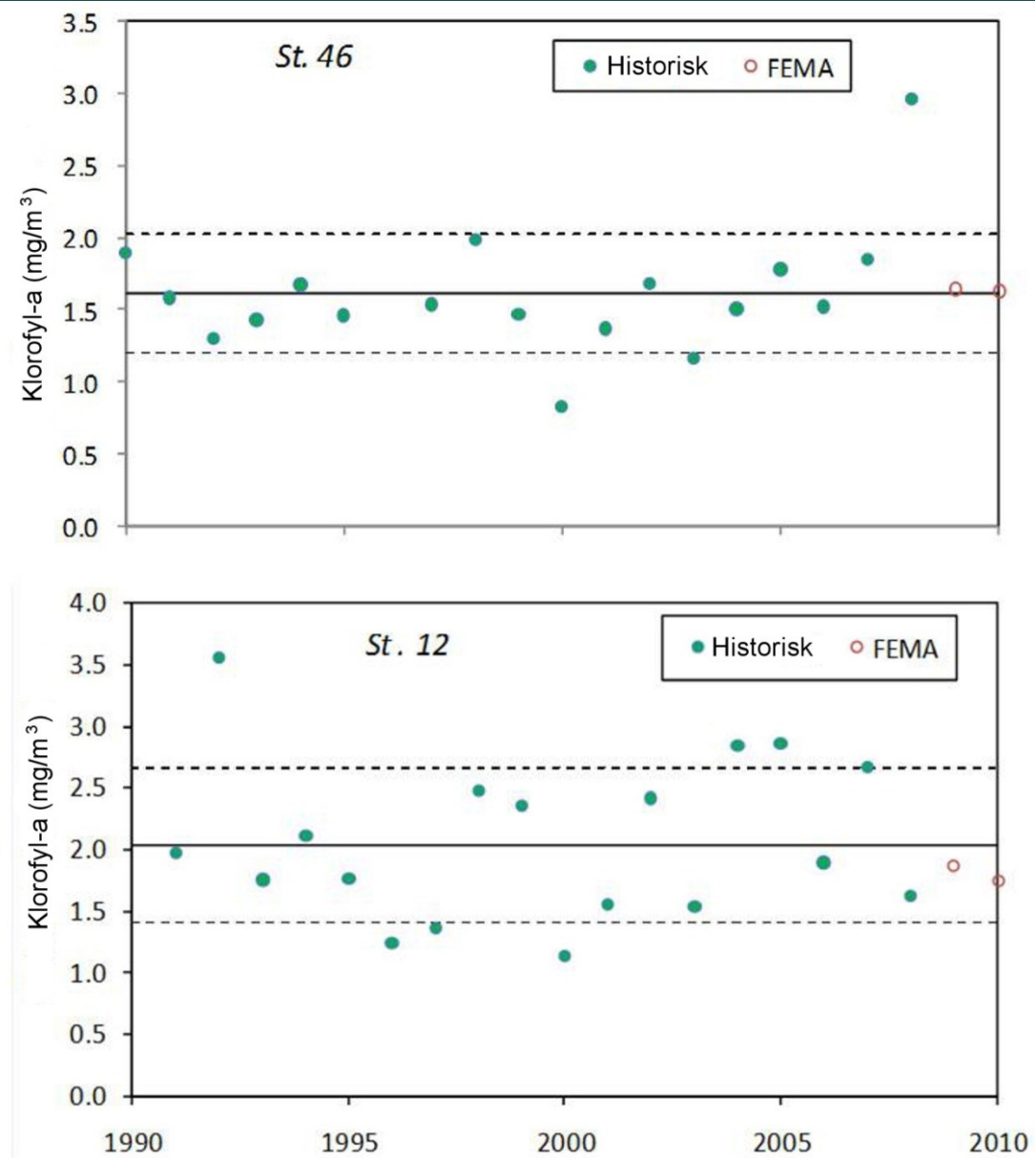
Kriterier for graden af forringelsen på biomassen af planteplankton tager udgangspunkt i afvigelser (i pct.) fra sæsongennemsnit udregnet på basis af tidsserier af overvågningsdata fra Femern Bælt.

De historiske data indeholder kun værdier med en tilstrækkelig frekvens for sommerperioden (maj - september), og der kan rejses tvivl, om variationen i sommerperioden er repræsentativ for hele produktionsperioden. Data fra det nordlige Storebælt viser, at klorofylvariationen omkring et langtidsgennemsnit er ens, uanset om der beregnes på sommerværdier (maj - august) eller på hele produktionsperioden (marts - oktober). Det samme forhold antages også at gælde i Femern Bælt. Koncentration af klorofyl-a er anvendt som et mål for biomassen af planteplankton, fordi der foreligger lange tidsserier af klorofyl-a (men kun mindre fuldstændige tidsserier for biomasse), der kan anvendes til at beregne den naturlige år-til-år variation under de eksisterende forhold.

I områder, der grænser op til Femern Bælt (Darss-tærsklen, station 46, Mecklenburg Bugt, station 12) (figur 12.6-2) ligger den naturlige variation inden for ± 10 pct. defineret ved variationskoefficienten (standardafvigelse/gennemsnit) i sommerperioden. Det antages, at en afvigelse på 5 pct. eller mindre fra et sæson- eller årgennemsnit kan anses for uden betydning for planteplankton og dyreplankton. Stigende omfang af forringelse svarer til øget afvigelse fra et givent gennemsnit (tabel 12.6-3).

Ved en meget stor afvigelse (fald >50 pct.) vil koncentrationen af føde for bundlevende filtratorer og dyreplankton være så lav, at kun de mest "nøjsomme" arter (f.eks. sækdyr) vil kunne overleve. Ved et lille (5 - 10 pct.) og middel (10 - 20 pct.) omfang af forringelse af planteplankton vil muslingepopulationen blive påvirket i form af lavere kondition, men der vil kun være ringe virkning på dødeligheden.

FIGUR 12.6-2 Koncentration af klorofyl-a i overfladen 0 - 10 m som sommergennemsnit (maj - august)



Note: Data fra HELCOM-overvågning (historiske data) er vist med grønne prikker og FEMA's miljøundersøgelser af eksisterende forhold (2009 - 2010) er vist med en rød cirkel. Langtidsmiddel og standardafvigelse (stiplede linjer) vist for området ved Darss-tærsklen (46) og Mecklenburg Bugt (12)

TABEL 12.6-3 Kriterier anvendt til at opgøre omfanget af forringelsen på plankton i Femern Bælt og Østersøen

Komponent	Kriterier				
	Meget stor	Stor	Middel	Lille	Uden betydning
Planteplankton Dyreplankton	> 50 pct.	20 - 50 pct.	10 - 20 pct.	5 - 10 pct.	< 5 pct.

Note: Kategorierne angiver afvigelser i forhold til den gennemsnitlige sommerkoncentration af klorofyl-a (planteplankton) i 2009 - 2010 i Femern Bælt på 1,8 mg/m³ og en modelleret middel sommerkoncentration af dyreplankton på 25 mg kulstof/m³.

Øget koncentration af sediment i vandet kan også påvirke plante- og dyreplankton direkte. Høje koncentrationer af fint sediment (> 10 mg/l) kan sammen med planteplankton danne aggregater ved flokkulering, hvis koncentrationen af planteplankton samtidigt er høj (> 300 mg kulstof/m³), og biomassen af planteplankton domineres af kiselalger, som er klæbrige.

Disse forhold kan forekomme under planktonets forårsopblomstring. Flokkulering vil danne større sammensatte aggregater med større sedimentationshastighed. Effekten kan blive, at hovedparten af planteplankton lokalt fjernes fra vandsøjlen ved momentan sedimentation.

Høje koncentrationer af sediment i vandet (> 10 - 15 mg/l) kan påvirke nogle grupper inden for dyreplanktonet ved nedsat vækst, mens andre grupper ikke påvirkes selv af meget høje koncentrationer (> 100 mg/l). Udover forskelle mellem planktongrupper er variationen i følsomhed også en effekt af forskellige forsøgsomstændigheder og især koncentrationen af føde (planteplankton) i forsøgene.

Ved lave fødekonzentrationer, som i Femern Bælt, er dyreplanktonet mere følsomt over for forhøjede koncentrationer af suspenderet sediment. På basis af en omfattende litteratur om emnet er følgende kriterier defineret høj grad af forringelse ved > 50 mg sediment/l og lille grad af forringelse i intervallet 15 - 50 mg/l samt en ubetydelig påvirkning, hvis sedimentkoncentrationen er lavere end 15 mg/l.

Flere arter af vandlopper producerer hvileæg, der aflejres på havbunden og klækker i det tidlige forår. Sammen med overvintrende vandlopper og tilførsel af larver og voksne individer fra omgivende farvande kan disse hvileæg være vigtige for at opretholde en bestand i f.eks. Femern Bælt. Hvileæggenes klækningssucces reduceres, hvis de permanent begravnes under mere end 2 - 4 cm sediment.

Vurdering af virkninger på plankton i Femern Bælt i anlægsfasen

Planteplankton

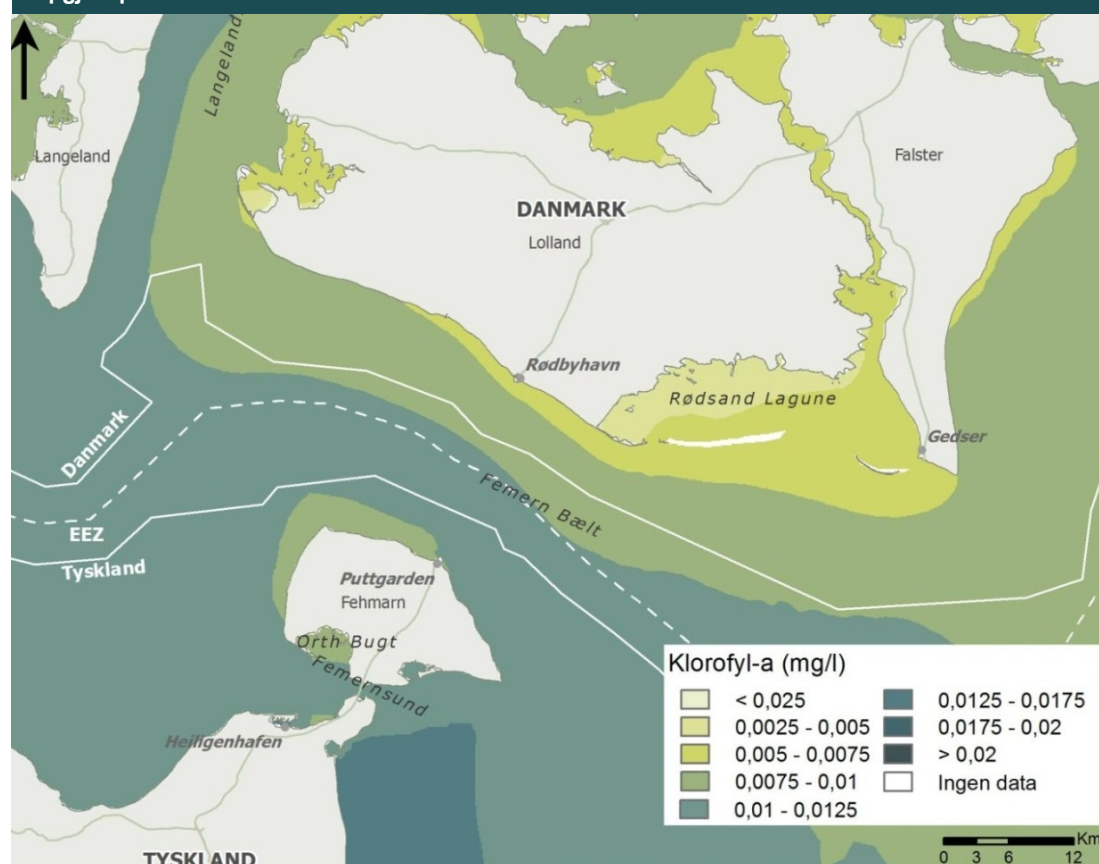
Virkningen af øget sediment i vandet vil kunne ses i form af reducerede koncentrationer af klorofyl-a i perioden 1. marts - 30. november (figur 12.6-3). I anlægsfasens 1. år forventes de største procentvise reduktioner i den vestlige del af Rødsand Lagune og i et langt, smalt bælte langs Lollands kyst. Den økologiske model forudsiger, at de største absolutte reduktioner (svarende til 3 - 4,5 pct.) vil optræde på lavt vand langs Lollands kyst (figur 12.6-4). De relativt set største reduktioner på op til 10 - 12 pct. forventes i den vestlige del af Rødsand Lagune, hvor vanddybden er lav, og den dybdeintegrerede koncentration derfor også er lav. I anlægsfasens 2. år forventes reduktionen i klorofyl-a at blive endnu mindre og overstiger ikke 3 pct. uden for Rødsand Lagune (figur 12.6-5). De følgende år reduceres virkningen yderligere.

Reduktionen skyldes altovervejende de ændrede lysforhold som følge af øget sediment i vandet. Modelresultaterne viser dog, at der i slutningen af marts i det 1. år efter anlægsstart, i en periode på 4 - 6 dage, kan forekomme reduktioner i klorofylkoncentrationen i små, lavvandede områder, som kan skyldes flokkulering og efterfølgende sedimentation. Virkningen forudses for et samlet

areal på mindre end 10 km² langs Lollands kyst (figur 12.6-6). Selv om det antages, at alt planteplankton inden for dette område sedimenterer, vil nedgangen i biomassen være forsvindende lille (< 1 pct.) i forhold til den totale mængde og produktion i hele undersøgelsesområdet og vurderes at være uden betydning for området. Lokalt kan en stor sedimentation af organisk stof påvirke iltforholdene, men da biomassen af den sedimenterende planteplankton er lav, og da sedimentationen foregår på lavt vand, vil der ikke være risiko for betydende reduktioner i iltkoncentrationen.

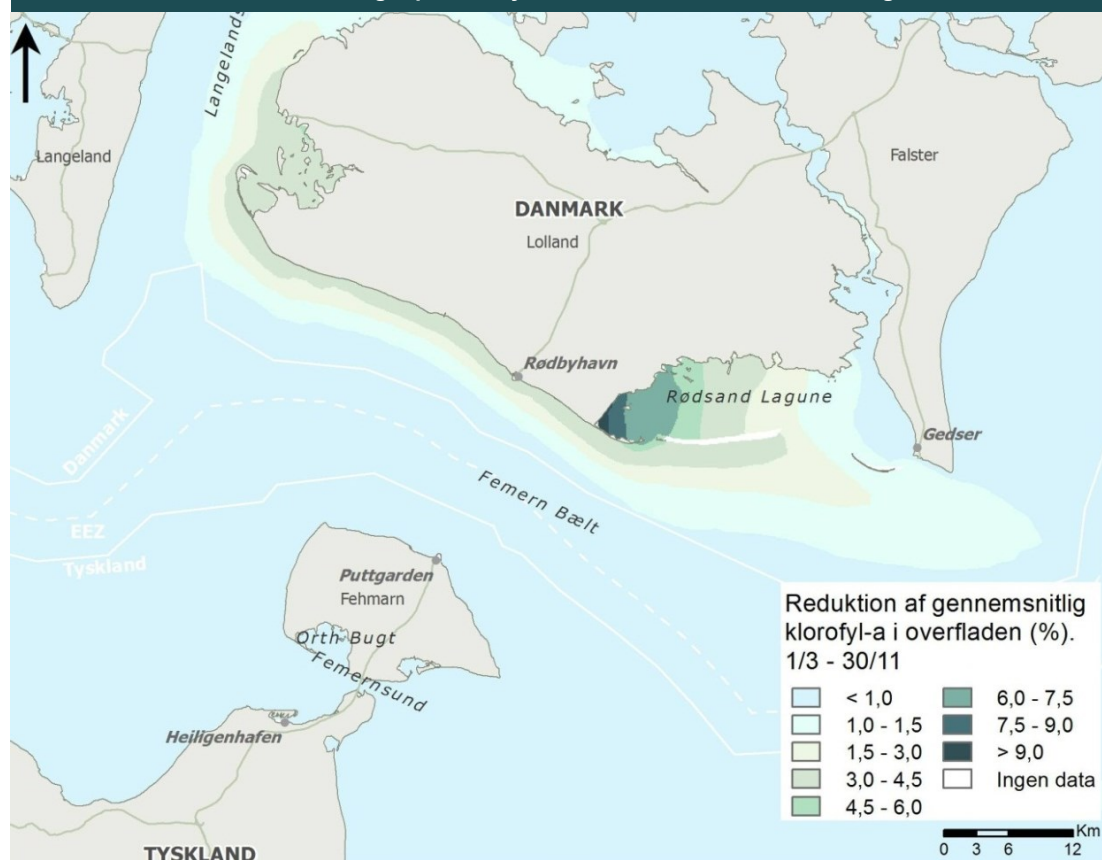
Når der ses bort fra de lavvandede dele af Rødsand Lagune, hvor planktonproduktionen er ubetydelig, og primærproduktionen er domineret af bundfloraen, overstiger den maksimale virkning ikke grænsen for en ubetydelig virkning. Samlet set vil påvirkningen fra øget sediment i vandet på planteplankton være uden betydning.

FIGUR 12.6-3 Modelleret gennemsnitlig baggrundskoncentration af klorofyl-a i overfladen (1m) året efter anlægsstart. Da overfladevandet er opblandet i størstedelen af året er koncentrationen i 1 m repræsentativ for den belyste del af vandsøjlen (0 - 12 m) og også for primærproduktionen opgjort på arealbasis



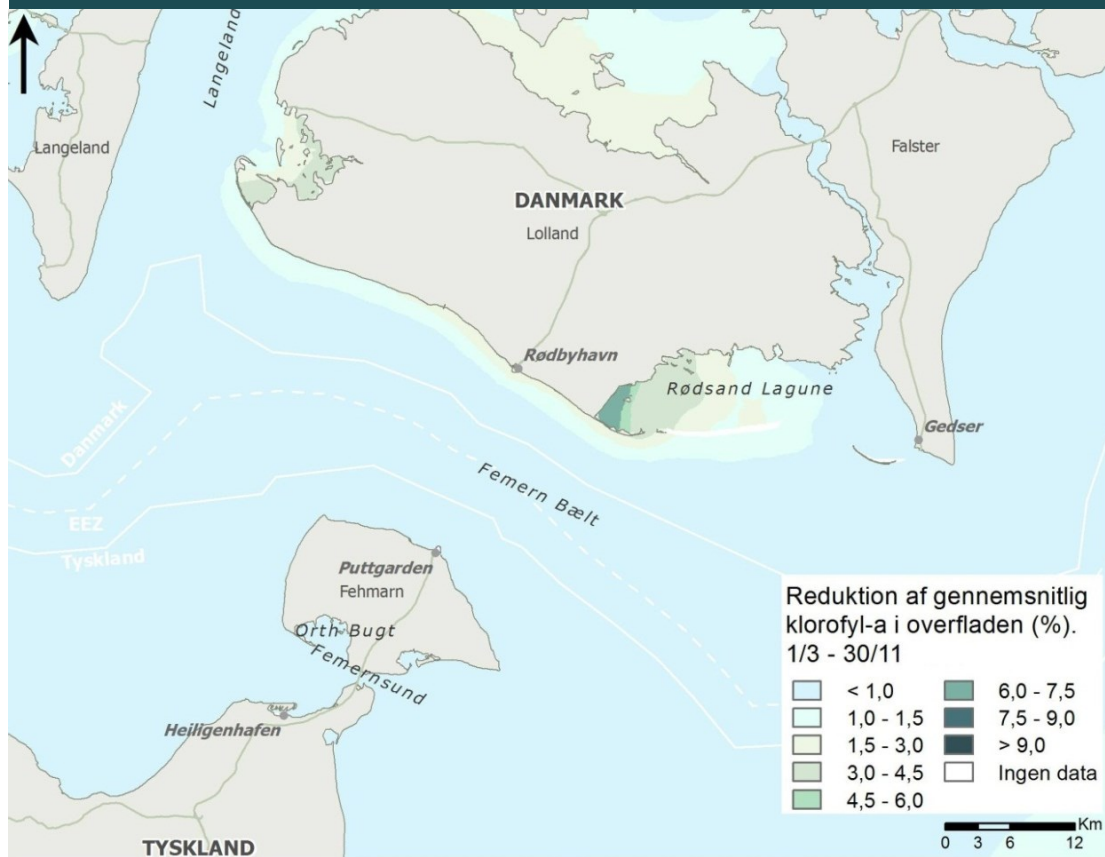
Note: Figuren viser perioden 1. marts - 30. november (1. år i anlægsfasen)

FIGUR 12.6-4 Vurderede virkninger på klorofylkoncentrationen i året efter anlægsstart



Note: Reduktion af klorofylkoncentration (pct. af baggrund) i det anlægs-år med størst påvirkning (1. anlægs-år). Der er vist den gennemsnitlige reduktion for perioden 1. marts - 30. november

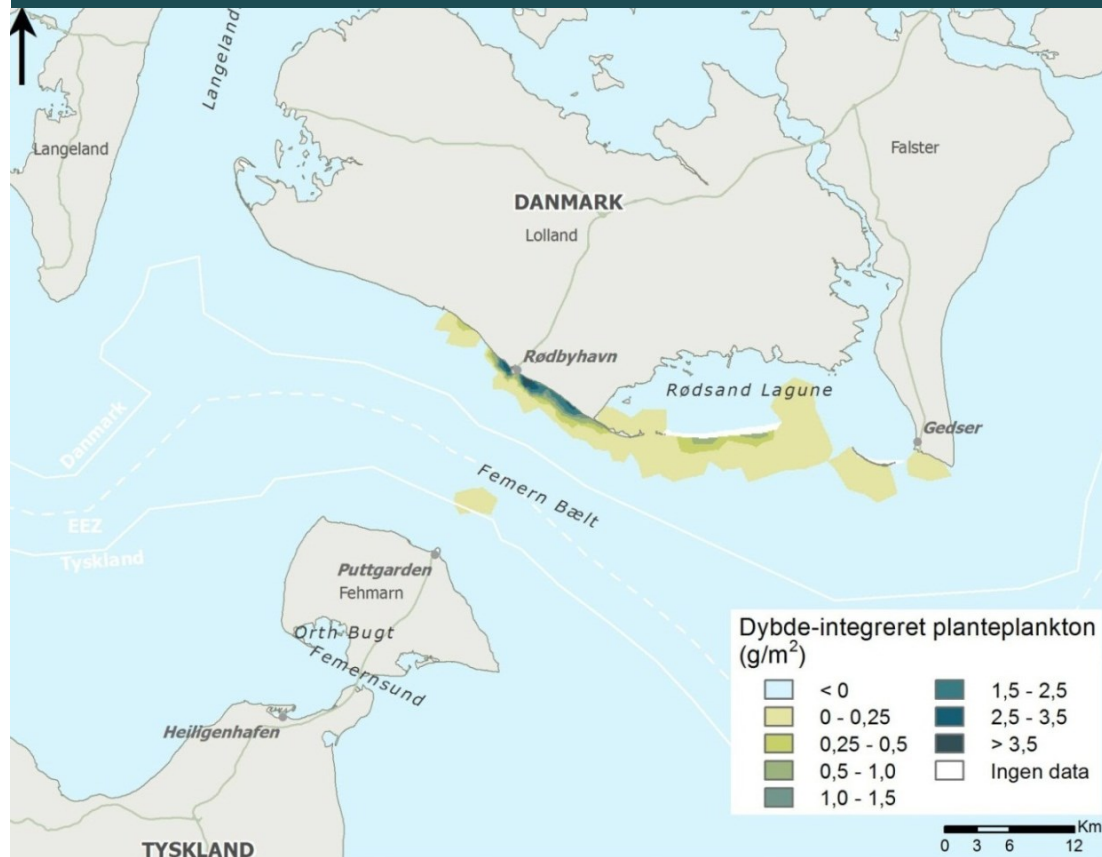
FIGUR 12.6-5 Vurderede virkninger på klorofylkoncentrationen i år 2 efter anlægsstart



Note: Reduktion af klorofylkoncentration (pct. af baggrund). Det ses af figuren, at 2. år efter anlægsstart vil påvirkning være betydeligt mindre end året før (figur 12.6-4)

Samlet set vil både den indirekte og den direkte påvirkning af planteplankton være uden betydning.

FIGUR 12.6-6 Modelleret dybdeintegreret koncentration af planktonalger (g kulstof/m²) i områder med samtidig forekomst af høje sedimentkoncentrationer (> 10g/m³) og høje koncentrationer af planteplankton (>300 mg kulstof/m³) domineret af kiselalger



Dyreplankton og gopler

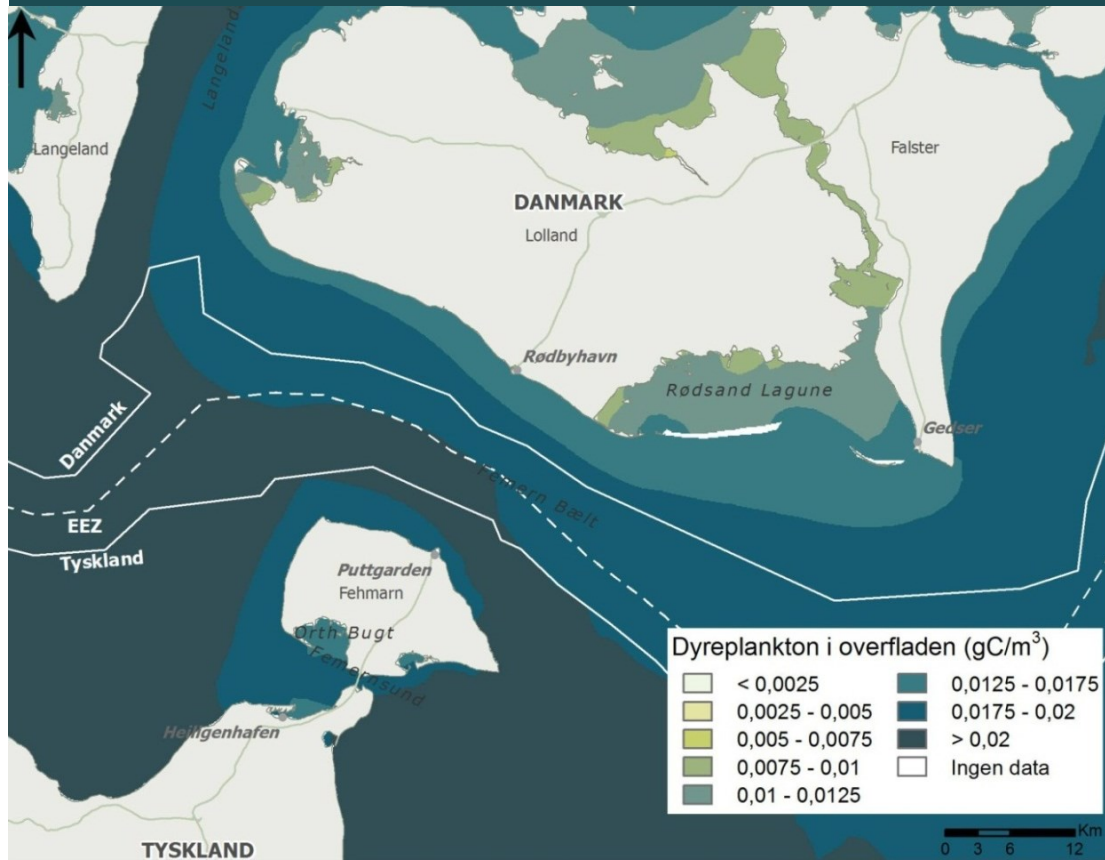
Modellen viser, at den indirekte virkning af anlægsarbejdet på dyreplankton er endnu lavere end virkningen på planteplankton med reduktioner i biomassen, der ligger under 1 pct. af baggrundskoncentrationen året efter anlægsstart (figur 12.6-7 og figur 12.6-8), og endnu lavere virkninger de følgende år.

Direkte virkninger på dyreplankton (nedsat vækst) af øget sediment i vandet er sandsynlige, hvis koncentrationen overstiger 15 - 50 mg/l i én til flere dage. På dybere vand, hvor plankton har særlig betydning, opstår sådanne forhold ikke, bortset fra området lige omkring tunnelrenden, og der forventes derfor ikke væsentlige direkte virkninger af sedimentspild på dyreplankton i Femern Bælt.

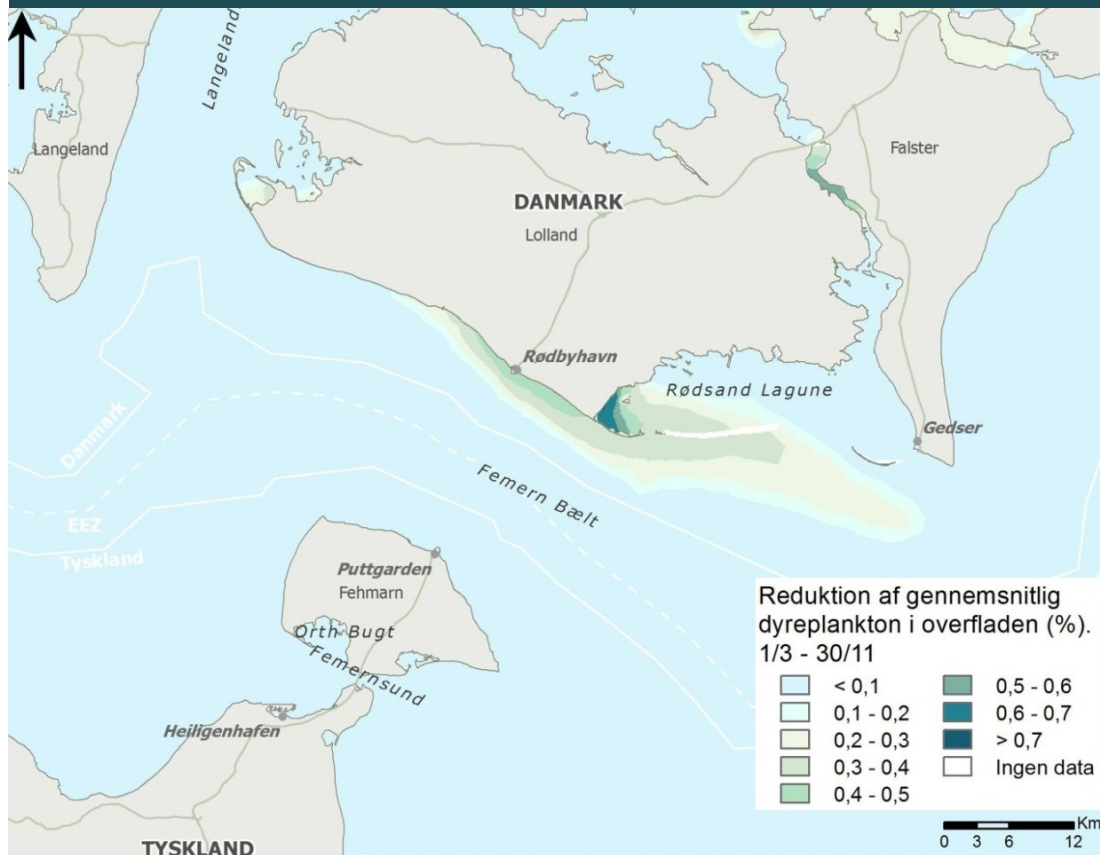
Varig pålejring af spildt sediment kan hæmme klækning af vandloppers hvileæg, hvis sedimentpålejringen overstiger 2 - 4 cm. Bortset fra selve tunneltracéet er der ingen områder, hvor både sub-faktoren "plankton" er vigtig (vandybder > 6 m), og der sker permanente aflejringer, som overstiger 2 - 4 cm. Begravelse af hvileæg vil derfor være uden betydning for dyreplankton i Femern Bælt. Sænketunnelen vil ikke ændre arealet af hårdt substrat, og der forventes ingen påvirkninger af rekruttering hos gopler i driftsfasen.

Samlet set vil påvirkningen af dyreplankton og gopler være uden betydning.

FIGUR 12.6-7 Modelleret baggrundkoncentration af dyreplankton under de eksisterende forhold i perioden 1. marts - 30. november



FIGUR 12.6-8 Virkning (i pct. af baggrundsværdien) af anlægsarbejde med sænketunnel året efter anlægsstart på koncentration af dyreplankton



12.6.6 Konklusion på projektets virkninger

Modelleringen viser, at anlæg og drift af en sænketunnel ikke medfører væsentlige virkninger på komponenterne planteplankton og dyreplankton i hverken anlægsfasen eller i driftsfasen. Det er vurderet, at sedimentspildet er den eneste relevante belastning i anlægsfasen, og at der ikke er nogen væsentlige belastninger i driftsfasen. Der forventes ikke en væsentlig reduktion i biomasse og rekruttering af dyreplankton. Anlægget af tunnelen påvirker et relativt lille vandvolumen set i forhold til den samlede volumen, der dagligt strømmer igennem Femern Bælt, og reduktion i biomasse af plankton er ubetydelig i forhold til deres hurtige vækstrater. Belastningen fra gravearbejdet i form af sedimentspild er midlertidig og vil ikke reducere koncentrationen af hverken plante- eller dyreplankton væsentligt, da reduktionen for alle år vil ligge under 5 pct. og vil være mindre end halvdelen af den naturlige variation. Reduktionen vil være lokal og finder primært sted langs Lollands kyst, hvor den dybdeintegrerede koncentration af plankton under de eksisterende forhold er lav.

Den samlede virkning af anlæg og drift af en sænketunnel er vurderet at være ikke-væsentlig.

12.7 BUNDFLORA

I dette afsnit behandles mulige virkninger fra anlæg og drift af en sænketunnel på bundflora. Bundfloraen i Femern Bælt er et vigtigt element i det marine økosystem. Bundfloraen er føde for de højere trofiske niveauer, så som bundfauna, fisk og fugle. Områder med makroalger og ålegræs er desuden vigtige opvækstområder for bundfauna og fisk i Femern Bælt.

I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter, det vil sige de otte bundflorasamfund, der er fundet i Femern Bælt. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Betydningen af Femern Bælt for de vurderede komponenter og belastningernes størrelse er kort beskrevet. I analysedelen beskrives bundfloraens sårbarhed over for projektets belastninger, hvilke kriterier der er anvendt i vurderingen og endeligt de konkrete virkninger på de vurderede komponenter. Der fokuseres i beskrivelsen på de arter eller samfund, hvor der er en virkning. Til sidst i afsnittet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

Projektet påvirker bundfloraen direkte og indirekte. De direkte belastninger opstår, når projektets fysiske strukturer eller aktiviteter i anlægs- eller driftsfasen fjerner eller væsentligt forringer bundfloraen. De indirekte belastninger optræder, når virkninger på de øvrige komponenter påvirker forholdene for bundfloraen. Disse ændrede forhold kan have negative eller positive konsekvenser for bundfloraen.

Virkningerne på bundfloraen kan være reversible, det vil sige, at de oprindelige samfund genetableres efter påvirkningens ophør, og artsammensætning og biomasse bliver igen, som de var før projektet.

Andre virkninger er dog permanente. For den vegetation, der gror, hvor der bygges blivende anlæg, tabes levestedet for hele projektets levetid, men omvendt skabes nye muligheder for etablering af hård bunds-samfund på anlæggets nye hårde overflader.

Afsnittet fokuserer på virkninger på bundfloraen i Femern Bælt som helhed. Virkninger på bundflora inden for Natura 2000-områder, der kan blive berørt af projektet, behandles særskilt i kapitel 17.

12.7.1 Vurderede komponenter

Bundfloraen i Femern Bælt og de tilstødende områder kan inddeles i otte samfund, som er karakteristiske ved deres artssammensætning (tabel 12.7-1 og kapitel 10 Eksisterende miljømæssige forhold). Vurderingen af virkninger af projektet er sket med udgangspunkt i betydningen, udbredelsen og sårbarheden af disse samfund.

TABEL 12.7-1 Samfund af bundflora i Femern Bælt, der er udgangspunkt for vurderingen af virkninger på miljøet

Sub-faktor	Komponent	Sub-komponent
Marin bundflora	Blomsterplanter	Ålegræssamfund
		Ålegræs/makroalgesamfund
		Havgræs/dværg-ålegræs samfund
	Makroalger	Blæretangsamfund
		Gaffeltangsamfund
		Ribbebladssamfund
		Sukkertangssamfund

12.7.2 Projektets belastninger

Bundfloraen kan påvirkes af de blivende anlæg og af aktiviteter under anlægsfasen og i driftsfasen. For bundfloraen sker de primære belastninger som følge af sedimentpild i anlægsfasen og på grund af de anlæg, der bygges (det vil sige de fysiske strukturer).

De relevante belastninger omfatter:

- Øgede koncentrationer af sediment i vandet
- Øget aflejring af sediment på havbunden
- Tab af havbund
- Introduktion af nye hårde overflader
- Ændringer i kystmorfologi

Øget sediment i vandet og aflejring af dette på havbunden er en følge af sedimentpild i anlægsfasen f.eks. under gravearbejdet, ved transport af sediment og ved opfyldningsaktiviteter. Tab af havbund skyldes især etablering af de blivende anlæg, som de nye landområder. De dele af anlæggene, som befinder sig under havets overflade, giver mulighed for, at makroalger kan etableres på overfladerne af disse.

Ændrede bølge- og strømmønstre skaber ændringer af kystmorfologien. Konsekvensen af disse belastninger analyseres nærmere i afsnit 12.5 Kystmorfologi. Scoping-rapporten (Femern A/S 2010) beskriver flere mulige belastninger omfattende følgende:

- Forurening med miljøfarlige stoffer
- Øgede koncentrationer af næringsstof
- Introduktion af nye arter
- Ændringer af havbundens morfologi
- Ændringer i hydrografien

Analyser af disse belastninger har vist, at størrelsen af belastningerne er meget begrænsede. Det er vurderet, at belastningerne ikke er relevante i forhold til påvirkninger af Femern Bælt, da de har ubetydelige virkninger på bundfloraen. Tabel 12.7-2 giver en oversigt over mulige belastninger med angivelse af, om de er vurderet relevante eller ikke-relevante.

TABEL 12.7-2 Mulige (herunder relevante og ikke-relevante) belastninger, der kan påvirke bundfloraen i anlægsfase, driftsfase eller som følge af selve anlægget

Belastning	Relevans	Årsager	Knyttet til:
Øget sediment i vandet	+	Sedimentspild som følge af uddybnings-, transport- og opfyldningsaktiviteter	Anlægsfase
Aflejring af sediment	+	Sedimentspild som følge af uddybnings-, transport- og opfyldningsaktiviteter	Anlægsfase
Tab af havbund	+	Nye fysiske strukturer på havbunden (midlertidige eller permanente)	Anlæg
Nye hårde overflader	+	Nye fysiske strukturer på havbunden	Anlæg
Ændringer i kystmorfologien	+	Uddybninger og nye fysiske strukturer	Anlæg
Frigivelse af miljøfarlige stoffer	-	Sedimentspild som følge af uddybnings-, transport- og opfyldningsaktiviteter	Anlægsfase
Frigivelse af næringsstoffer	-	Sedimentspild som følge af uddybnings-, transport- og opfyldningsaktiviteter	Anlægsfase
Introduktion af ikke-hjemmehørende arter	-	Skibstrafik i forbindelse med transport materialer til byggeriet og import af materiale fra andre marine områder	Anlægsfase
Ændringer i havbundens morfologi	-	Uddybninger og nye fysiske strukturer	Anlæg
Ændringer i hydrografien	-	Nye fysiske strukturer	Anlæg

Note: "+" angiver relevante belastninger, som behandles uddybende. "-" angiver ikke-relevante belastninger, som har ubetydelige virkninger på bundfloraen

Frigivelse af miljøfarlige stoffer

Analyser viser, at havbundens indhold af tungmetaller og svært nedbrydelige, organiske forbindelser er meget lavt, og at det er usandsynligt, at der i forbindelse med anlægsarbejdet, omfordelingen af havbundsmaterialer og den midlertidige opblanding af sediment i vandfasen kan ske overskridelser af miljøkvalitetsstandarder (EQS) og vandkvalitetskriterier (VKK). De beregnede belastninger ligger langt under de gældende grænseværdier og er ikke væsentlige for bundfloraen.

Frigivelse af næringsstoffer

Analyser viser, at der kun vil ske en begrænset frigivelse af kvælstof og fosfor til vandsøjlen i forbindelse med anlægsarbejdet og omfordelingen af havbundsmateriale. Sammenlignet med den naturlige tilgængelighed af næringsstoffer er forøgelsen ikke væsentlig for bundfloraen.

Introduktion af ikke-hjemmehørende arter

Øget skibstrafik og nye materialer som sand, grus og sten bliver tilført området i anlægsfasen og kan øge risikoen for introduktion af arter, der ikke er hjemmehørende i Femern Bælt.

Den ekstra skibstrafik i forbindelse med anlægsarbejdet udgør et ubetydeligt øget tryk set i forhold til den meget store eksisterende øst-vestgående trafik gennem Femern Bælt, hvor ca. 38.000 skibe passerer gennem hvert år (2010-tal). Derudover forventes skibe og nye materialer at komme fra områder med sammenlignelig bundflora, så risikoen for at introducere ikke-hjemmehørende arter er ubetydelig.

Ændringer i hydrografi

Permanente nye strukturer som landområder og beskyttelsesrev vil ændre strømningsmønsteret, opblandingen og bølgerne i umiddelbar nærhed af strukturerne.

Modelberegninger viser, at sænketunnelens påvirkninger af de hydrografiske forhold er meget små og lokale. De ændrede hydrografiske forhold er ikke væsentlige for bundfloraen.

Ændringer i havbundens morfologi

De lokale ændringer af strøm og bølger kan påvirke de nuværende sedimentations- og erosionsprocesser på havbunden. Disse ændringer kan medføre tab af hård bunds-vegetation, hvis aflejring af sediment sker på nuværende hårde overflader og tab af blød bunds-vegetation, hvis den udsættes for øget erosion.

Alle egentlige ændringer i havbundens morfologi knytter sig til tunnelrenden og adgangskanalen til produktionsstedet på Lolland. Ændringer i disse områder vurderes under belastningen "tab af havbund". De hydrografiske påvirkninger er så små, at der uden for disse områder ikke sker ændringer i havbundens morfologi, hvorfor der ikke er nogen væsentlig virkning på bundfloraen.

12.7.3 Betydning

Betydningen er defineret på basis af bundfloraens funktion i økosystemet. Vegetationen er en vigtig del af det kystnære økosystem. Her har vegetationen stor værdi som primær producent af organisk stof og ilt. Desuden er bundfloraen et vigtigt led i næringsstofkredsløbet og har en særligt strukturdannende rolle. Den større flerårige vegetation danner stabile, tredimensionale strukturer, der er vigtige levesteder for andre mindre arter og fungerer som føde- og opvækstområder for bundfauna og fisk.

Vegetationens tæthed er brugt til at definere betydningen, så store tætte bestande gives større betydning end områder med få spredte planter. Dette er anvendt som et *generelt* kriterium, selvom områder med mindre tæt vegetation også kan være vigtige i de tilfælde et området er inde i en positiv vegetationsudvikling eller er kilde til frøspredning. Der er dog ikke databaggrund for at inddrage sidstnævnte aspekt i definitionen af betydning.

Betydning anvendes ved estimering af omfang af tab. Betydning indgår ikke i vurderingerne af omfang af forringelser eller, når specifikke temaer som f.eks. hyppighed og udbredelse vurderes i lyset af de kriterier for gunstig bevaringstilstand som bl.a. anvendes i de europæiske direktiver (herunder Habitatdirektivet, Vandrammedirektivet og Havstrategidirektivet). Med hensyn til Natura 2000-vurdering henvises til kapitel 17.

Betydningen af den stabile flerårige vegetation afspejles i internationale og nationale retningslinjer og love, der beskytter specifikke plantesamfund.

Disse funktionelt baserede kriterier danner grundlag for klassifikation af betydningen af bundfloraen. I Tyskland er habitater, der er domineret af makrofyter, beskyttet af den nationale lovgivning (Bundesnaturschutzgesetz, *BNatSchG* § 30). Derfor er de funktionelt baserede kriterier udvidet på tysk side for at opfylde de lovmæssige forhold. Det er således alene lovmæssige forhold, og ikke biologiske, der ligger til grund for forskellene i bedømmelsen af betydning i danske og tyske områder.

Tabel 12.7-3 giver en oversigt over betydningen af bundflorasamfundene, og figur 12.7-1 viser den geografiske fordeling af betydningen af bundfloraen i undersøgelsesområdet.

Meget stor betydning

Blæretang-, ålegræs-, ålegræs/makroalge- og havgræs/dværg-ålegræssamfund er af meget stor betydning for det kystnære økosystem. Nøglearterne i disse samfund er store, forgrenede, strukturdannende arter. De har en lang levetid og danner derfor stabile habitater. Sæsonvariationen er lille og en stor del af biomassen opretholdes om vinteren. Meget stor betydning er knyttet til områder, hvor vegetationen gror tæt (> 50 pct. dækning af bunden). I områder med mindre dækning er betydningen mindre. Nøglearterne i disse samfund og de levesteder, de danner, er rødlistet af HELCOM. Habitatdirektivet lister ligeledes ålegræs, havgræs og dværg-ålegræs som karakteristiske arter for forskellige habitattyper. En stor del af nøglearterne og de øvrige forekommende arter i samfundene er rødlistet i Tyskland.

I Tyskland er alle habitater, der domineres af bundflora (defineret som > 50 pct. dækning af bunden), beskyttet i henhold til § 30 i den tyske naturbeskyttelseslov, mens der på dansk side ikke findes en tilsvarende generel beskyttelse af bundfloraen.

Stor betydning

De øvrige flerårige algesamfund (gaffeltang-, ribbeblads- og sukkertangsamfundene) er af stor betydning for det kystnære økosystem. Nøglearterne i disse samfund er af middel størrelse, grenede og strukturdannende. Sukkertang er større, men ligger bøjet over havbunden. Den er ikke grenet.

Stabiliteten af habitaterne anses for at være mindre for ribbebladssamfundene end f.eks. blæretang og ålegræs, fordi biomassen er lille om vinteren. Gaffeltang og sukkertang har en lang levetid og en lille sæsonvariation i biomassen.

Stor betydning knytter sig til områder, hvor vegetationen gror tæt (> 50 pct. dækning af bunden). I områder med mindre dækning er betydningen mindre.

Arterne er typiske for rev. Habitatdirektivet angiver dog ingen særlige arter, men nævner, for habitattypen rev at "karakteristiske arter af planter er en række arter af havalger, herunder brunalger, rødalger og grønalger". Kun enkelte nøglearter, men flere af de øvrige forekommende arter, er rødlistet i Tyskland. Habitatdirektivets kriterier for gunstig bevaringsstatus for vegetationen er adresseret i Kapitel 17.

Middel betydning

Al flerårig vegetation med en tæthed på mere end 10 pct., men som ikke opfylder kravene til meget stor eller stor betydning, er defineret til at have middel betydning.

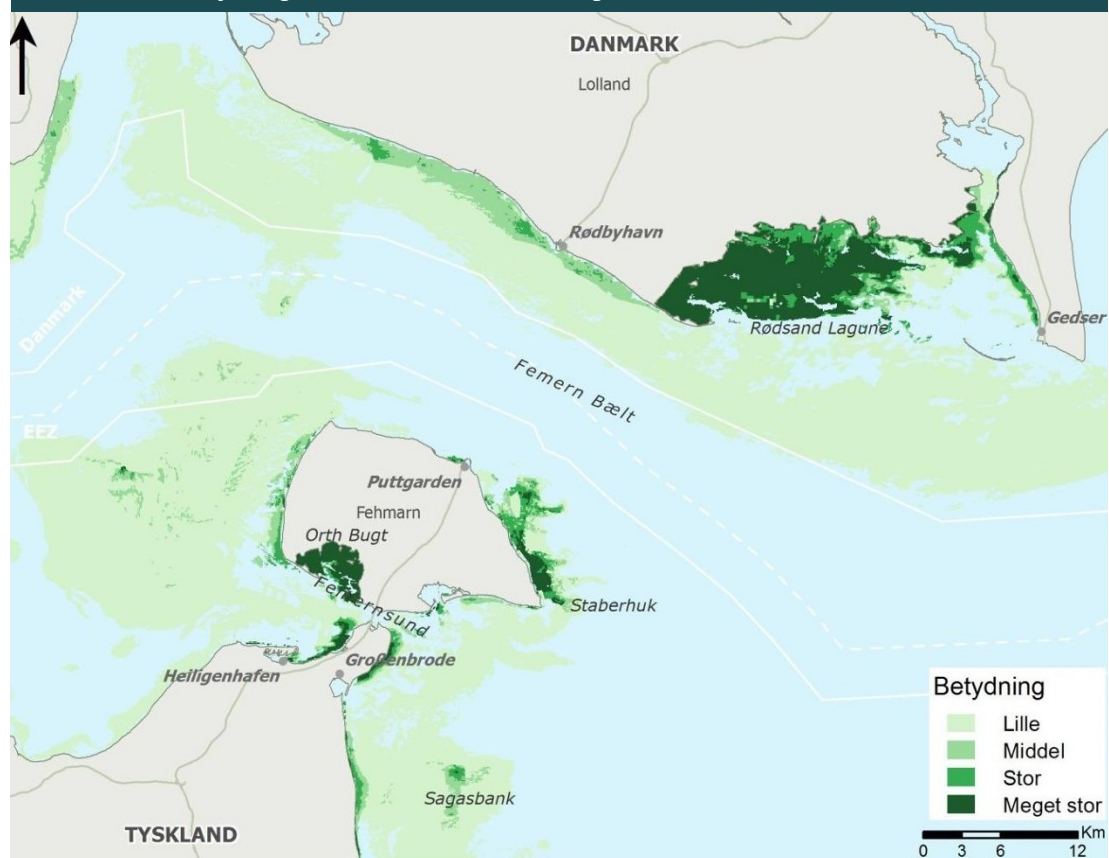
Lille betydning

Trådalge-samfund og alle samfund med en lille dækningsgrad < 10 pct. har kun lille betydning i det kystnære økosystem. Nøglearterne er små og uden fast struktur. Stabiliteten er lille, idet mange arter er etårige, og biomassen varierer meget over året.

TABEL 12.7-3 Betydning af samfund af bundflora i undersøgelsesområdet på dansk og på tysk side

Betydning	Tysk		Dansk	
	Samfund	Dækningsgrad	Samfund	Dækningsgrad
Meget stor	Alle (undtagen trådalger)	≥ 50 pct.	Ålegræs	≥ 50 pct.
			Ålegræs/alger	
			Havgræs/dværg-ålegræs	
			Blæretang	
Stor	Alle (undtagen trådalger)	25 – 50 pct.	Gaffeltang	≥ 50 pct.
			Ribbeblad	
			Sukkertang	
			Samfund angivet under meget stor betydning	25 – 50 pct.
Middel	Alle (undtagen trådalger)	10 – 25 pct.	Samfund listet under meget stor betydning	10 – 25 pct.
			Samfund listet under stor betydning	10 – 50 pct.
Lille	Trådalger	Uafhængig af tæthed	Trådalger	Uafhængig af tæthed
	Alt vegetation	1 – 10 pct.	Alt vegetation	1 – 10 pct.

FIGUR 12.7-1 Betydningen af bundfloraen i undersøgelsesområdet



12.7.4 0-alternativet

Der vurderes ikke i et 0-alternativ at ske væsentlige ændringer i de eksisterende forhold for bundfloraen, og virkningerne af projektet er derfor vurderet i forhold til af de eksisterende miljømæssige forhold (afsnit 10.1.6 Bundflora).

12.7.5 Vurdering af virkninger på bundfloraen

Virkningen af de væsentlige belastninger beskrives som *forringelser* af bundfloraen ved at kombinere *størrelsen af belastningen* med bundfloraens *sårbarhed over for belastningen*. Sårbarhed er en udvidelse af følsomhedsbegrebet, der er anvendt i andre vurderingskapitler, da det også indbefatter retablering af samfundet.

Omfanget af forringelser er fundet ved brug af GIS-analyser, økologiske modeller, ekspertvurderinger og relevant litteratur. Forringelserne er graderet ved anvendelse af vurderingskriterier, der enten er kvantitative og baseret på resultater fra den økologiske model eller kvalitative og baseret på ekspertvurderinger. Omfanget af forringelser beskriver, i hvilken grad den givne komponent påvirkes inden for arealet.

Omfang af tab er beskrevet ved at relatere tabet til *betydningen* af vegetationen. De relevante belastninger og metoderne, der er anvendt til at vurdere virkninger på bundfloraen, er vist i tabel 12.7-4.

TABEL 12.7-4 De relevante belastninger af bundfloraen samt metoder og data anvendt til vurdering af virkninger på bundfloraen

Belastning	Metode	Datagrundlag
Øget sediment i vandet	Økologisk model, der estimerer ændringer i biomasse som følge af reduceret tilgængelighed af lys, set i forhold til den modellerede biomassen uden øget sediment i vandet	Modelleret sedimentspild Modelleret lys reduktion Modelleret reduktioner i bundfloraens biomasse
Aflejret sediment	GIS-analyse af modellerede data for aflejring af sediment og bundfloraens udbredelse	Modelleret sedimentspild Kort over bundfloraen Viden om bundfloraens sårbarhed
Tab af havbund	GIS-analyser af områder, hvor arealet inddrages og bundfloraens udbredelse	Kort over arealinddragelse Kort over bundfloraens betydning
Nye hårde overflader	Beregning af arealer med nye hårde overflader og estimerer af biomasse	Data om vertikale og horisontale hård bunds-overflader (< 20 m dybde) Relation mellem dybde og biomasse fra baselineundersøgelsen Kort over bundfloraen
Ændringer i kystmorfologi	GIS-analyser af forventede sedimentations- og erosionsområder og bundfloraens udbredelse	Kort over sedimentations- og erosionsområder Kort over bundfloraen

12.7.6 Størrelse af belastningen

I dette afsnit gennemgås, hvordan størrelsen og omfanget af de relevante belastninger kvantificeres og beskrives.

Øget sediment i vandet

Den væsentligste virkning af øget sediment i vandet er en reduktion i mængden af lys, der når bunden og er tilgængelig for bundfloraens fotosyntese og vækst. Ekstra lyssvækkelse i vandsøjlen på grund af øget sediment i vandet er kvantificeret ved anvendelse af en rumlig, dynamisk, økologisk model.

Modellen er en overbygning på den hydrodynamiske model og sedimentspildsmodellen. I sedimentspildsmodellen beregnes transport og spredning af fire størrelsesgrupper af sedimentpartikler. På basis af laboratoriemålinger af sediment fra Femern Bælt er de specifikke lyssvækkelseskoefficienter bestemt for de fire sedimentstørrelser. Ændringer i svækkelseskoefficienterne omsætter koncentrationer af øget sediment i vandet til en ekstra lyssvækkelse i vandet.

Aflejring af sediment

For aflejret sediment er belastningens størrelse bestemt ud fra modellerede data for sedimentlagets størrelse og varigheden af aflejringen. Størrelsen af belastningen er gradueret og niveauerne, der definerer graden af belastning for makroalger og blomsterplanter (tabel 12.7-5), er baseret på generelle biologiske aspekter som størrelse og robusthed af vegetationen og aflejringen af sediment i det naturlige miljø. Gradueringen bygger på en ekspertvurdering, da eksisterende undersøgelser af sammenhæng mellem aflejring og virkning på vegetation er meget begrænsede.

Størrelsen af belastningen er vurderet ud fra tykkelsen af sedimentlag, der bliver liggende på bunden i mindst 10 dage. Aflejret sediment, hvad enten det er naturligt forekommende eller sediment, der er spildt fra projektet, bliver periodisk af bølger og strøm hvirvlet op i vandsøjlen. Simple estimater ud fra modelresultater viser, at den gennemsnitlige tid mellem resuspensionshændelser er 10 dage.

For makroalger anses sedimentlag på mindre end 2 mm for at være uden betydning og sammenlignelig med naturlig sedimentation i dybere områder. Et tyndt sedimentlag (0,2 – 1 cm) kan påvirke fasthæftningen af makroalger men vil ikke påvirke etablerede makroalger. Tykkere sedimentlag vil påvirke makroalgerne i forskellig grad afhængigt af deres størrelse og robusthed. Moderate sedimentlag (1,0 – 5,0 cm) kan påvirke små, spinkle alger. Større sedimentlag på 5,0 – 10,0 cm vil påvirke mellemstore makroalger. Meget store sedimentlag (mere end 10,0 cm) kan medføre død og fysisk forstyrrelse af alle makroalgesamfund.

Blomsterplanters naturlige levested er den bløde bund og de tåler derfor generelt større sedimentaflejringer end makroalger. Ålegræs og andre havgræsser er klonale planter, hvis skud er forbundet af jordstænglerne i sedimentet. Næringsstoffer og sukkerstoffer kan transporteres mellem tilstødende skud og dermed sikre vækst og overlevelse i perioder med stress. Dog vil en aflejring af sediment, hvor frø og frøplanter begravnes af et tykt sedimentlag, muligvis kunne forsinke retableringen

For blomsterplanter anses sedimentlag på mindre end 1 cm for at være uden betydning og sammenlignelig med naturlig aflejring af sediment i beskyttede områder f.eks. ålegræsenge. Et tyndt sedimentlag (1 – 5 cm) kan påvirke små blomsterplanter. Moderate sedimentlag (5 – 10,0 cm) vil fysisk presse små blomsterplanter, hvis en væsentlig del af planten dækkes af sediment, mens større planter kun vil være lidt påvirket. Større sedimentlag på 10,0 – 20,0 cm vil øge dødeligheden af små og påvirke de større planter betydeligt. Meget store sedimentlag (mere end 20,0 cm) kan medføre død og fysisk forstyrrelse af alle vegetationssamfund på den bløde bund.

TABEL 12.7-5 Størrelse af belastning defineret ved aflejring af sediment (sedimentlagets tykkelse) af en varighed på mindst 10 dage

Størrelse af belastning	Makroalger	Blomsterplanter
	Sedimentlagets tykkelse i mindst 10 dage	
Meget stor	>10 cm	>20 cm
Stor	5 - 10 cm	10 - 20 cm
Middel	1 - 5 cm	5 - 10 cm
Lille	0,2 - 1 cm	1 - 5 cm

Tab af havbund

Anbringelse af nye fysiske strukturer på havbunden medfører, at den vegetation, der gror på havbunden de pågældende steder, går tabt. Tab af areal betragtes i udgangspunktet altid som en "meget stor" belastning.

Nye hårde overflader under havoverfladen

Nye hårde overflader på den nye kyst langs de nye landområder og på de nye beskyttelsesrev giver mulighed for, at der opstår nye områder med makroalgehabitater. Arealet af nye hårde overflader under vandoverfladen er beregnet ud fra tekniske tegninger. Størrelsen af belastningen graderes ikke.

Ændret kystmorfologi

Ændringer i sedimentations- og erosionsmønstre langs med kysten kan betyde tab af bundfloraen. Størrelsen af belastning for tab betragtes altid som meget stort.

12.7.7 Sårbarhed

Bundfloraens sårbarhed afhænger af to aspekter: Vegetationens tolerance over for en belastning og dens mulighed for at vende tilbage til den oprindelige tilstand (retablering). Med vegetationens tolerance menes dens evne til at modstå en given belastning. Heri ligger også, hvor stor en belastning, den kan tåle, før der bliver tale om et egentligt tab.

For to af de væsentlige belastninger, tab af havbund og nye hårde overflader, er det ikke relevant at tale om intolerance. Virkningen af et tab er enten, at samfundet forsvinder permanent på grund af nye strukturer på havbunden, eller, ved midlertidige tab, at samfundet skal retableres ved spredning fra andre populationer.

Virkningen af nye hårde overflader er, at den vegetation, der vokser på fast substrat, får mere plads at vokse på. Der er således tale om en positiv virkning.

Sårbarheden over for øget sediment i vandet og øget aflejring af sediment afhænger af de forskellige arters intolerance. Det er imidlertid ikke muligt, at vurdere de enkelte arters intolerance; delvist på grund af manglende viden, delvist fordi der er tale om mange arter. Tolerancen er derfor vurderet på samfundsniveau med udgangspunkt i viden om nøglearter og generelt kendskab til vigtige biologiske mekanismer.

Retablering efter tab anses for at være det samme, uafhængigt af hvilken belastning, der har forårsaget tabet. Derfor beskrives retableringen først, hvorefter sårbarheden over for øget sediment i vandet, og aflejring af sediment beskrives ved at kombinere tolerance over for belastningerne og retablering.

Retablering

Den tid, det tager et samfund at retablere sig, afhænger af nøglearternes vækstrater, levetider, reproduktionsmuligheder og spredningskapacitet. Den tid, det vurderes at tage de otte vegetationssamfund at retablere sig, hvis samfundet helt forsvinder på grund af belastningen, fremgår af tabel 12.7-6. Af hensyn til forsigtighedsprincippet er disse retableringstider brugt i vurderingerne af virkninger på bundfloraen.

TABEL 12.7-6 Oversigt over estimerede retableringstider for bundfloraen (gældende i tilfælde hvor floraen er helt forsvundet)

Samfund	Retableringstid	Forklaring
Ålegræs Ålegræs/ alger	Meget lang (>10 år)	Ålegræs etablerer sig i nye områder via frøspredning eller horisontal vækst af jordstængler (rhizomer). Retablering er estimeret til at vare fra år til årtier. I naturen er der eksempler på både hurtig og langsom retablering. I Østersøområdet har en væsentlig reduktion af næringsstofbelastningen til de kystnære områder ikke ført til en forbedring af dybdegrænsen som forventet. Dette kan tyde på, at retablering i området generelt er langsom.
Havgræs/ dværg-ålegræs	Middel (2 - 5 år)	Havgræs/dværg-ålegræs-samfundet hører til de mindre havgræsser. Små arter af havgræsser har generelt en større horisontal vækstrate end de store arter. Samfundet forekommer hovedsageligt på lavt vand, hvor der er mange fysiske forstyrrelser, og hvor en forudsætning for at overleve er evnen til en relativt hurtig retablering.
Blæretang	Lang (5 - 10 år)	Blæretang er en relativt langsomt voksende alge med en levetid på 5 - 6 år og en generationstid på 1 - 2 år. Retablering sker ved spredning af sporer fra nærvæd liggende populationer. Da sporer fra blæretang kun spredes 2 - 25 m fra moderplanten, kan retablering af isolerede populationer tage længere tid. Blæretang er forsvundet eller mindsket i udbredelse i flere dele af Østersøen. Retablering er kun sket i få områder. Eksperimenter i Oslofjorden viser, at arten kan etablere sig hurtigt.
Gaffeltang	Lang (5 - 10 år)	Gaffeltang har en langsom vækst, og algen er 4 - 6 år gammel, før den er formeringsdygtig. Den har en lang, levealder, og generationstiden er estimeret til 5 - 10 år. Den har både kønnet og ukønnet formering (fragmentering).
Ribbeblad	Middel (2 - 5 år)	Ribbebladsarterne har en relativt høj vækstrate, og de producerer mange sporer. Levetiden er 4 - 10 år, og algerne er formeringsdygtige efter et år. Eksperimenter viser, at blodrød ribbeblad kan etablere sig i et område i løbet af ca. 60 dage.
Sukkertang	Kort (1 - 2 år)	Sukkertang har en høj vækstrate og en levetid på 2 - 3 år. Eksperimenter viser, at sukkertang kan etablere sig i løbet af bare 6 måneder.
Trådalger	Kort (< 1 år)	Trådalger har en meget høj vækstrate, og nogle arter har flere generationer på et år. Trådalger er de første til at kolonisere nye hårde overflader i havet.

Sårbarhed over for øget sediment i vandet

Øget sediment i vandet formindsker mængden af lys, der er tilgængeligt til fotosyntese og vækst af bundfloraen. Vegetationens lyskrav og dermed dens sårbarhed over for mindre lys afhænger af dens evne til at udnytte lyset samt dens struktur og tæthed.

Vandplanters evne til at omsætte lys til vækst afhænger af det enkelte blads lysudnyttelse og balancen mellem planters respirations- og fotosynteserate. I mørke respirerer planterne og forbruger ilt. Ved svagt lys stiger fotosynteseraten lineært med stigende lysintensitet.

Lyskompensationspunktet er det lys, der skal til for, at iltproduktionen ved fotosyntese balancerer iltforbruget ved respiration. Mætningspunktet er den lysmængde, hvor fotosynteseraten er maksimal og ikke stiger med øget lysintensitet. Arter med høje kompensations- og mætningspunkter er lyskrævende.

Vandplanter har forskellig form og vokser i mere eller mindre tætte bestande. Vegetationens form og tæthed er vigtig for deres evne til at udnytte lyset og derfor for dens reaktion på mindre

lystilgængelighed. Store robuste arter med biomassen placeret højt i vandsøjlen som f.eks. blæretang kræver meget lys og vokser, hvor der er meget lys på lavt vand. Andre tynde, flade arter, som arter af ribbeblad, har en stor overflade til at fange lyset. De har derfor små lyskrav og kan gro på dybere vand.

Vegetationens sårbarhed over for reduceret tilgængelighed af lys er integreret i den økologiske model i form af dosis-respons mellem primærproduktion (respons) og intensitet (dosis) af lys. Den økologiske model inkluderer responsen af tre modelalger, der er repræsentative for tre algegrupper i området samt for ålegræs.

Modellen er kalibreret mod data indsamlet fra Femern Bælt som en del af baggrundsundersøgelsen gennemført i 2009 - 2010. De værdier for lyskompensation og -mætning, der er anvendt i den økologiske model definerer, sammen med væksten, sårbarheden af bundfloraen.

Sårbarhed over for aflejring af sediment

Tolerance over for aflejring af sediment er knyttet til vegetationens størrelse, form og reproduktionsstrategi. Høje, oprette, robuste former kan modstå en større mængde sediment end små, skrøbelige arter.

Arter med en stor oplagingskapacitet og en høj vækstrate kan bedre kompensere for perioder med ugunstige forhold. Ligeledes har arter med lange vækst- og rekrutteringssæsoner større tolerance over for aflejring af sediment. Arter, der ikke alene er afhængige af kønnets formering, men også kan formere sig vegetativt f.eks. ved fragmentering, er ligeledes mere tolerante over for belastningen. Tabel 12.7-7 viser bundfloraens intolerance over for aflejring af sediment.

TABEL 12.7-7 Oversigt over bundfloraens intolerance over for aflejring af sediment

Samfund	Intolerance mod aflejring af sediment	Beskrivelse
Ålegræs Ålegræs/alge	Middel	Store, oprette blomsterplanter med en noget skrøbelig struktur og stor oplagingskapacitet.
Havgræs/ dværg- ålegræs	Stor	Mellemstore, oprette blomsterplanter og kransnålsalger med skrøbelig struktur og lille oplagingskapacitet.
Blæretang	Lille	Store, oprette makroalger med robust struktur og stor oplagingskapacitet.
Gaffeltang	Middel	Mellemstore, oprette makroalger med robust struktur og en vis oplagingskapacitet.
Ribbeblad	Stor	Mellemstore, oprette makroalger med skrøbelig struktur og lille oplagingskapacitet.
Sukkertang	Middel	Store makroalger, der ligger hen over bunden. Robuste alger med stor oplagingskapacitet.
Trådalger	Meget stor	Små, oprette makroalger med skrøbelig struktur og ingen oplagingskapacitet.

Tabel 12.7-8 opsummerer bundfloraens sårbarhed over for aflejring af sediment. De enkelte samfunds sårbarhed er inddelt i fire grader baseret på deres vurderede intolerance over for aflejring af sediment (tabel 12.7-5) og den tid, det kræver for samfundet at retablere sig (tabel 12.7-6).

TABEL 12.7-8 Bundfloraens sårbarhed over for aflejring af sediment

Samfund	Sårbarhed
Ålegræs og ålegræs/alge	Stor
Havgræs/dværg-ålegræs	Middel
Blæretang	Lille
Gaffeltang	Middel
Ribbeblad	Middel
Sukkertang	Lille
Trådalger	Lille

12.7.8 Vurderingskriterier

Kriterierne, der ligger til grund for graduering af forringelser for belastningerne, er: Øget sediment i vandet og aflejring af sediment (tabel 12.7-9 og 12.7-10). Tab betragtes altid som et meget stort omfang af forringelse. For de øvrige belastninger er forringelserne ikke gradueret.

Væksten af bundflora sker primært i vækstsæsonen mellem marts - september. I denne periode er lys og temperatur mest optimale for væksten, og planterne producerer her størstedelen af den årlige biomasse. Inden for vækstsæsonen kan perioder med ringe vækst opvejes af øget vækst i perioder med gode vækstforhold. Vegetationens biomasse over havbunden i slutningen af vækstsæsonen er anvendt som indikator for forringelserne, fordi den integrerer virkninger over hele vækstsæsonen.

Lange tidsserier, der kan muliggøre en tilbundsgående analyse af år-til-år variationen i biomasse, eksisterer ikke. Der findes imidlertid to kortere tidsserier, som kan lægges til grund for vurderingen. I forbindelse med det tyske nationale overvågningsprogram er makroalgernes biomasse målt 3 - 4 år i træk på 10 stationer inden for området.

Som led i overvågningen i forbindelse med konstruktion af den faste forbindelse over Øresund blev ålegræssets bladbiomasse målt på 54 stationer. Den årlige middel afvigelse fra gennemsnittet over alle år var henholdsvis ± 22 pct. og ± 40 pct. i de to tidsserier. Vurderingskriterierne er fastlagt på baggrund af den naturlige år-til-år variation i bundfloraens biomasse (tabel 12.7-9).

TABEL 12.7-9 Vurderingskriterier for omfang af forringelse af bundflora på grund af øget sediment i vandet

Omfang af forringelse	Reduktion i biomasse i slutningen af vækstsæsonen	Beskrivelse
Meget stor	75 - 100 pct.	Selv i år med i øvrigt gode vækstforhold vil forringelsen være af meget stor betydning for primærproduktionen, strukturen og funktionen af habitatet. Kun meget lidt biomasse er tilbage til overvintring.
Stor	50 - 75 pct.	Reduktionen er i størrelsen 25 - 50 pct. over den estimerede gennemsnitlige år til år variation. Selv i år med i øvrigt gode vækstforhold vil forringelsen være af stor betydning for primærproduktionen, strukturen og funktionen af habitatet. Der er kun en lille biomasse tilbage til overvintring.
Middel	25 - 50 pct.	Reduktionen er størrelsesorden 0 - 25 pct. over den estimerede gennemsnitlige år-til-år variation. I gennemsnitlige år vil forringelsen være lille, men under ugunstige omstændigheder kan graden af forringelsen være større.
Lille	10 - 25 pct.	Vel inden for den naturlige år-til-år variation

Dokumenterede kvantitative sammenhænge mellem aflejring af sediment (størrelse og varighed) og dødelighed, reduktion i vækst eller reproduktion af vegetationen findes ikke. Derfor kan graden af forringelse ikke kvantificeres, og den er alene baseret på ekspertvurderinger (tabel 12.7-10).

TABEL 12.7-10 Vurderingskriterier for grad af forringelse af bundfloraen på grund af aflejring af sediment

Grad af forringelse	Vurderingskriterier
Meget stor	Stor til meget stor reduktion i vækst eller øget dødelighed
Stor	Middel til stor reduktion i vækst eller øget dødelighed
Middel	Lille til middel reduktion i vækst eller øget dødelighed
Lille	Lille reduktion i vækst eller dødelighed. Reduktion i areal for kolonisering af makroalger

12.7.9 Analyse af miljøkonsekvenserne

I dette afsnit vurderes de generelle virkningerne på bundfloraen. Specifik vurdering i forhold til Natura 2000 naturtypernes gunstige bevaringsstatus adresseres i kapitel 17.

Virkning af øget sediment i vandet

Øget sediment i vandet reducerer mængden af lys, der er tilgængelig for bundfloraens fotosyntese og vækst. Reduktionen af lyset er størst i de første år af anlægsfasen. I de efterfølgende år er sedimentspildet mindre og forårsager mindre eller ingen reduktion i mængden af lys ved bunden.

På det lave vand langs Lollands kyst ses den største reduktion af lyset ved bunden. Beregninger viser, at der i vækstsæsonen (marts - september) sker en reduktion af lysmængden på mellem 20 pct. - 80 pct. året efter anlægsstart (figur 12.7-2), mellem 10 pct. og 30 - 40 pct. to år efter anlægsstart og mellem 0 - 2 pct. og 5 - 10 pct. tre år efter anlægsstart. Vest for linjeføringen er reduktionerne i lys størst på dybt vand i de fleste tilfælde i områder, hvor der ikke findes bundflora.

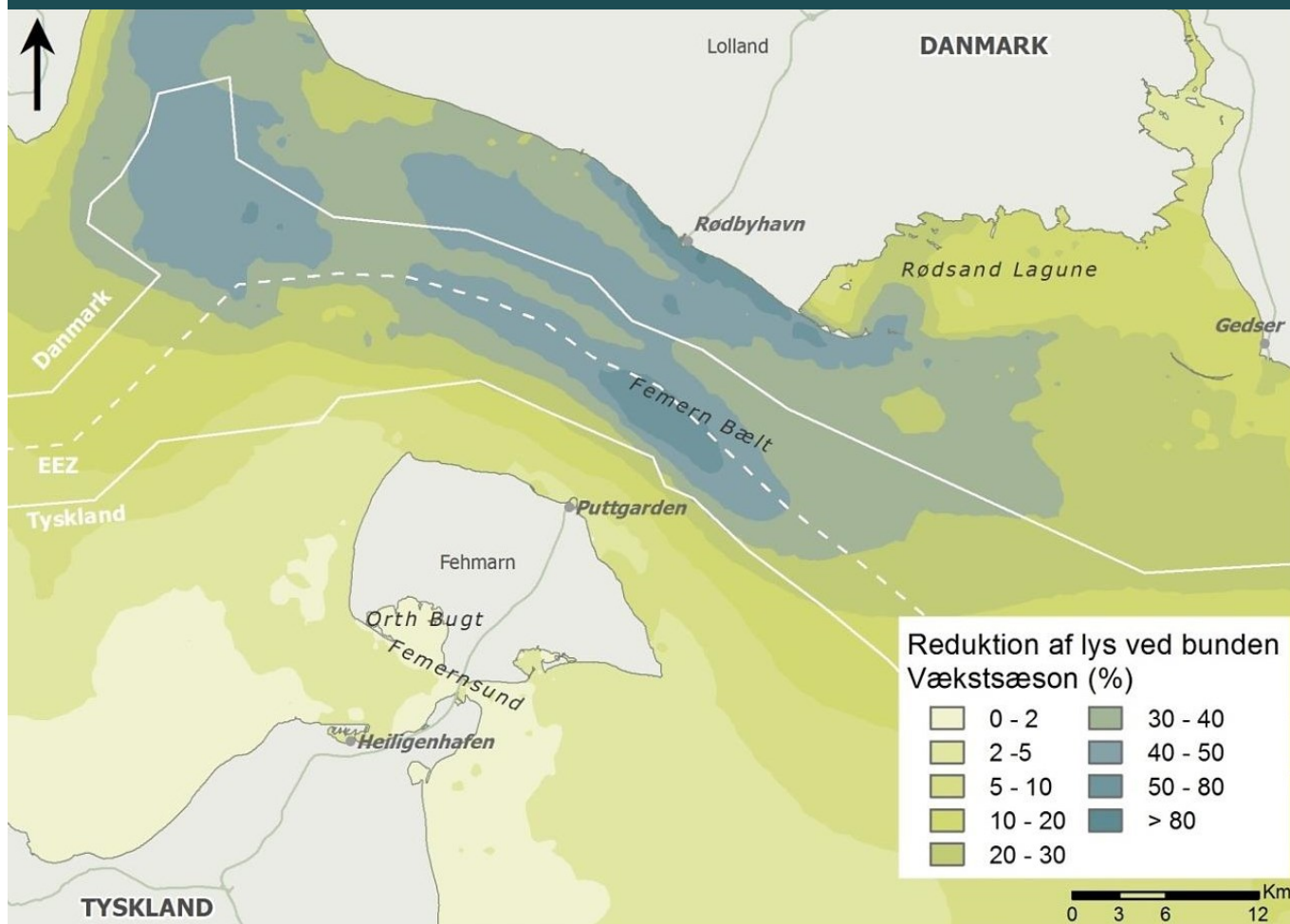
Vest for linjeføringen, uden for undersøgelsesområdet, forventes også en vis reduktion i lyset, der resulterer i en biomassereduktion på mellem 0 - 20 pct. Resultatet skal dog bruges varsomt, da det er uden for undersøgelsesområdet, og den økologiske model ikke er kalibreret for dette område. Generelt forventes virkningen at aftage med stigende afstand til linjeføringen og virkningen på vegetationen at være lille eller ubetydelig uden for undersøgelsesområdet.

I Rødsand Lagune formindskes lyset ved bunden, fordi den øgede mængde sediment, der kommer ind i lagunen, bliver hvirvlet op i vandet igen og igen, indtil det til sidst sammen med det naturligt forekommende sediment aflejres i de mindst forstyrrede dele af lagunen. Lyset på bunden af lagunen forventes at mindskes mellem 5 - 10 pct. og 30 - 40 pct. i år 1 efter anlægsstart og mellem 0 - 2 pct. og 10 - 20 pct. i år 2 efter anlægsstart.

Langs den tyske kyst er reduktionen af lys meget begrænset, da der kun er få anlægsaktiviteter i vækstsæsonen. Reduktionerne er 2 - 10 pct. året efter anlægsstart og to år efter anlægsstart og 0 - 2 pct. tre år efter anlægsstart.

Senere i anlægsfasen er graveaktiviteten lille, og der forventes kun en lille eller ingen reduktion i mængden af tilgængeligt lys.

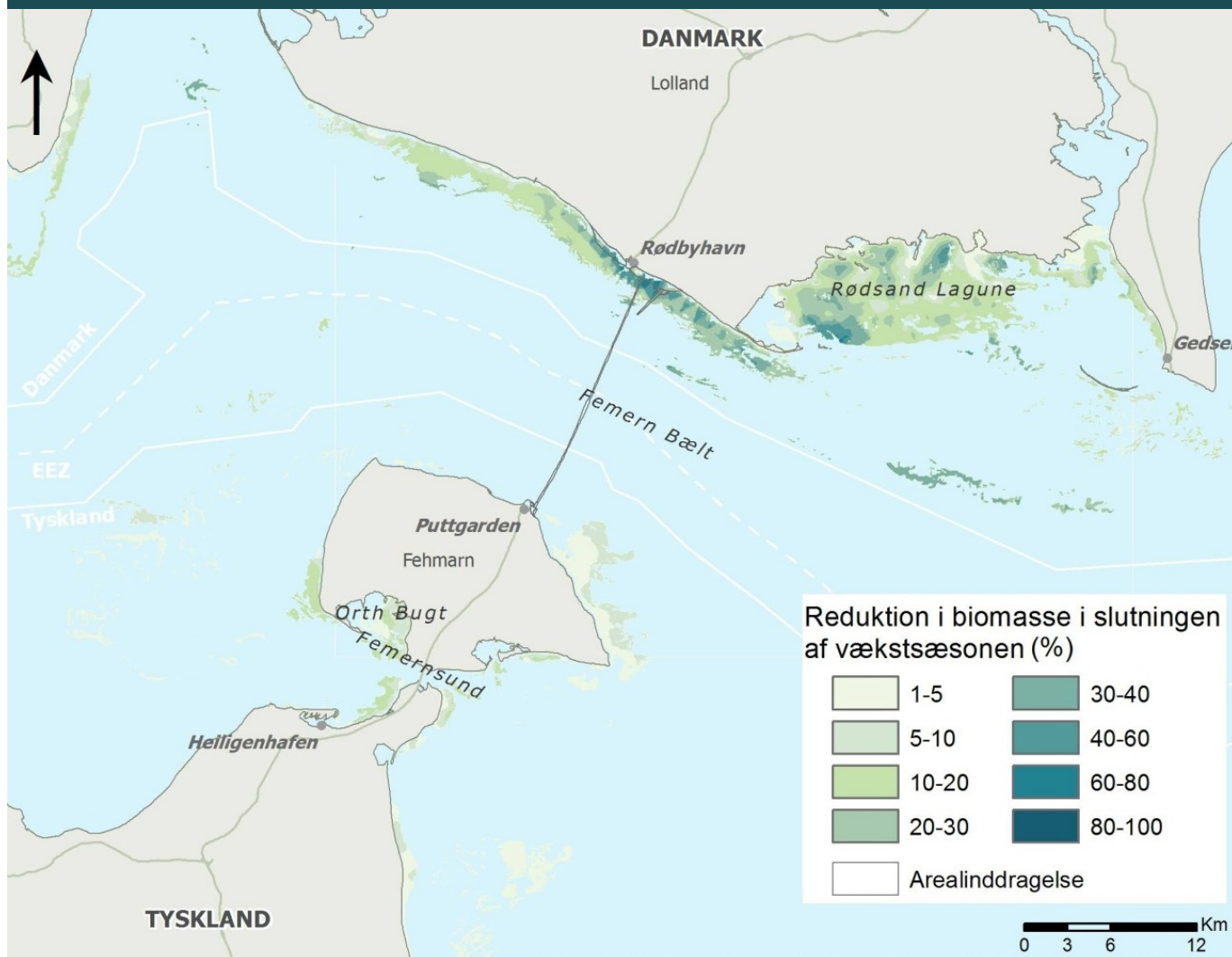
FIGUR 12.7-2 Reduktion af den samlede mængde lys ved bunden i vækstsæsonen (marts - september) året efter anlægsstart



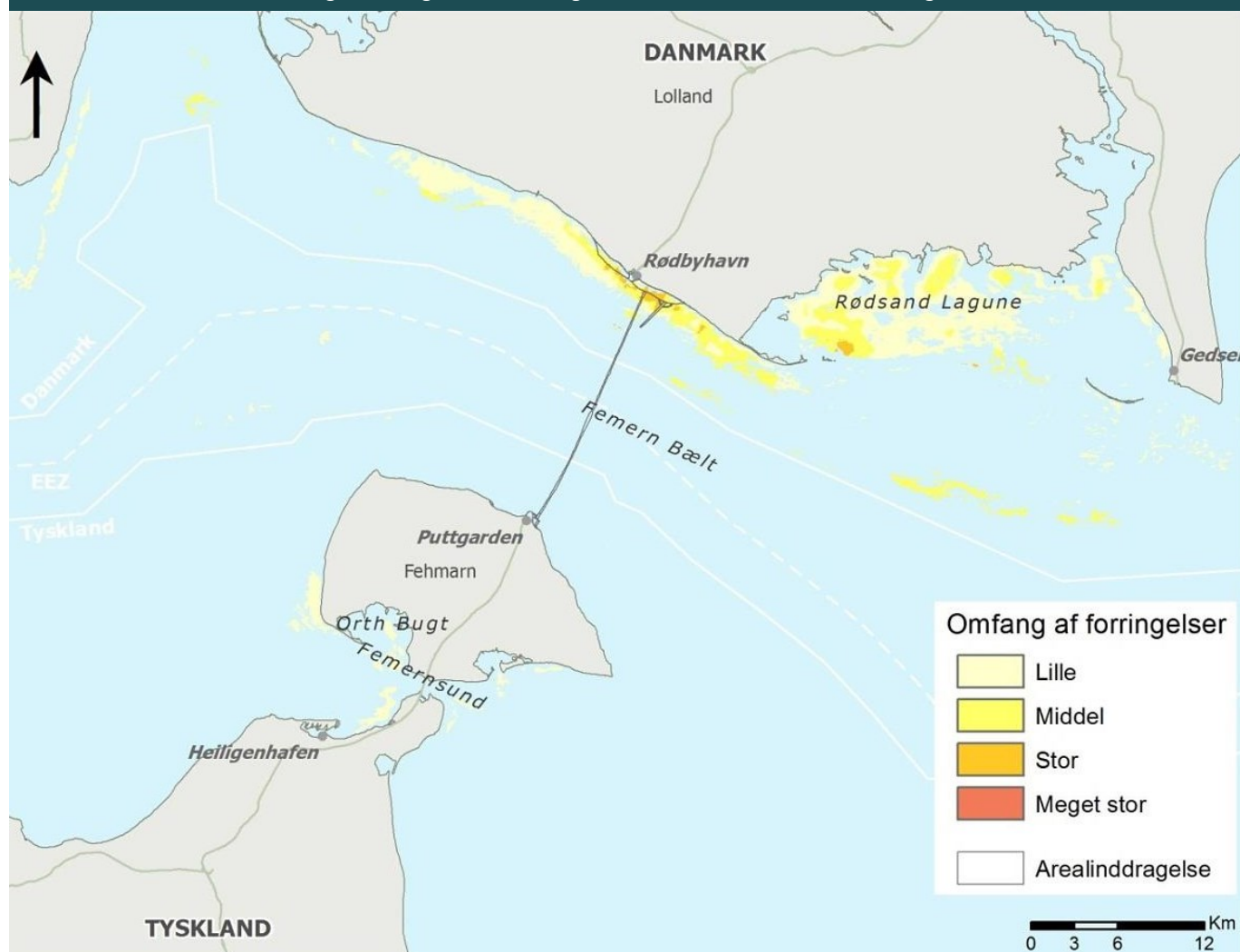
Virningen af formindskelsen af lys på bundfloraen er størst 1. og 2. år af anlægsfasen. I de efterfølgende år vokser vegetationen tilbage til en tilstand, der ligner referencesituationen uden sedimentspild.

De forventede reduktioner i biomassen (i pct. af reference-biomassen modelleret uden sediment-spild) og omfanget af forringelse ved afslutningen af vækstsæsonen (1. september) i det 1. år af anlægsfasen er illustreret i figur 12.7-3 og 12.7-4.

FIGUR 12.7-3 Reduktion i overjordisk biomasse ved afslutningen af vækstsæsonen (1. september) år 1 efter anlægsstart (i pct. af referencebiomassen modelleret uden sedimentspild)



FIGUR 12.7-4 Omfang af forringelsen i slutningen af vækstsæsonen i 1. år af anlægsfasen



Note: 1. år af anlægsfasen er vist, da det er her, der sker den største påvirkning af bundfloraen

Den største virkning på bundfloraen ses på relativt lavt vand langs den danske kyst i den første vækstsæson i anlægsfasen. De største reduktioner i biomasse er mellem 50 - 60 pct. og forventes tæt på linjeføringen. Det er vigtig at fremhæve, at der ikke er tale om tab af plantesamfund, men reduktion af den eksisterende biomasse som følge af reduceret vækst.

Lidt længere væk forventes reduktioner på mellem 25 - 50 pct. og længere væk, i større områder, vest og øst for linjeføringen, forventes reduktioner på 10 - 25 pct. I det påvirkede område langs den danske kyst er det især samfund af gaffeltang og trådalger, der dominerer.

TABEL 12.7-11 Omfang af forringelse (areal i ha) ved slutningen af vækstsæsonen (1. september) på grund af øget sediment i vandet i 1. år af anlægsfasen

Omfang af forringelse	Total (DK/DE)	Nærzone (DK/DE)	Lokal zone (DK/DE)	DK national + EEZ	DE national	DE EEZ
Meget stor	-	-	-	-	-	-
Stor	251	138	21	251	-	-
Middel	4.215	309	1.063	4.215	-	-
Lille	12.322	101	1.424	10.263	1.979	80
Total	16.788	547	2.533	14.729	1.979	80

Note: Nærzonen omfatter det marine område i en 500 m-zone omkring selve anlægget. Lokalzonen er det marine område ± 10 km øst og vest for selve anlægget, ekskl. Nærzonen

TABEL 12.7-12 Omfang af forringelse (areal i ha) ved slutningen af vækstsæsonen (1. september) fordelt på samfund af bundflora og forårsaget af øget sediment i vandet i 1. år af anlægsfasen i forbindelse med anlægsfasen

Omfang af forringelse	Ålegræs	Ålegræs/ alger	Havgræs / dværg-ålegræs	Gaffel-tang	Ribbe-blad	Sukker-tang	Tråd-Alger
Meget stor	-	-	-	-	-	-	-
Stor	98	-	-	142	-	-	11
Middel	1.922	-	22	604	-	-	1667
Lille	7.206	891	135	2.127	487	122	1354

Biomasse-reduktionerne svarer til lille til stort omfang af forringelse af bundfloraen 1. og 2. år under anlægsfasen (vist for 1. år i tabel 12.7-11 og 12.7-12). Stort omfang af forringelse forventes i et mindre område (tabel 12.7-11), mens lille og middel omfang af forringelse forventes i større områder i 1. år under anlægsfasen. I 2. år under anlægsfasen forventes kombinationen af mindre sedimentspild og vegetationens retablering at give samme omfang af forringelse af vegetationen, men i meget mindre områder end det 1. år.

I de lavvandede områder langs den tyske kyst er biomasse reduktionen 0 - 10 pct. og kun i begrænsede områder.

Samfund på det lave vand forventes ikke under normale forhold at være særligt følsomme over for reduktioner i lys. Produktionen på lavt vand er stor, og biomasserne kan være høje på trods af, at de fysiske forstyrrelser ofte er store. Selvom reduktionen i biomasse forventes at være meget store her, forventes floraen hurtig at retablere sig efter normalisering af lysforholdene. Disse samfund har altså en forholdsvist lille sårbarhed over for midlertidige reduktioner i lyset.

Generelt er forringelsen for den dybt voksende vegetation lille, og den største virkning forventes to år efter anlægsstart. Det gælder for eksempel i områder langs østkysten af Fehmarn og på Langeland Rev, hvor biomassen i de dominerende ribbeblads- og sukkertangssamfund forventes at blive reduceret med maksimalt 15 pct. Omfanget af forringelse er lille.

På større dybder bruges størstedelen af lysenergien til at vedligeholde biomassen og kun en mindre del til at opbygge ny biomasse. Retableringen forventes derfor at være langsom.

Forekomsten af blomsterplanter er størst i Orth Bugt på sydsiden af Fehmarn og i Rødsand Lagune (kapitel 10). Blomsterplanter med ikke-fotosyntetiserende dele, som rødder og jordstængler, behøver mere lys end makroalger, der kun består af fotosyntetiserende dele. Blomsterplanterne er derfor generelt mere sårbare over for reduktioner i lyset. Dette ses af de modellerede reduktioner i ålegræssets biomasse i Rødsand Lagune, som også opstår ved en relativt lille reduktion i lystilgængeligheden.

I Rødsand forventes en reduktion på mellem 0 - >50 pct. (maks. 62 pct.) af ålegræssets bladbiomasse ved afslutningen af vækstsæsonen året efter anlægsstart (figur 12.7-3). Den største reduktion forventes i et mindre område tæt på den vestlige åbning. I størstedelen af lagunen forventes reduktioner i biomasse på 10 - 20 pct. Reduktionerne svarer til et lille til stort omfang af forringelse. Syd for Fehmarn forventes en lille reduktion i ålegræssets biomasse, svarende til et lille omfang af forringelse.

De følgende sæsoner, hvor lysforholdene er normaliseret, genoprettes vegetationens biomasse.

Generelt må de forringelser og retableringer af biomassen, der beregnes i modellen, anses for at være konservative estimater, fordi bundfloraens kapacitet til at lagre og bruge ressourcer til vedligeholdelse og senere vækst ikke er inkluderet i modellen, og fordi modelberegninger af sedimentspild og økologiske effekter er gennemført med en række konservative antagelser.

Specielt på tre punkter er modelberegningerne konservative:

- 1 Lyssvækkelseskoefficienter, der beskriver lysets svækkelse på grund af sedimentet i vandet, er konservative estimater, idet lyssvækkelsen for det primære spild er anvendt i hele modelområdet. Det primære sedimentspild vil indeholde opløst organisk materiale. Det primære spild vil derfor give anledning til større lyssvækkelse end spildte sedimenter, der gentagne gange har været resuspenderet
- 2 Da muslingernes fjernelse af spildt sediment ikke er medtaget i spildmodelleringen, vil der være en tendens til at overvurdere koncentrationen af øget sediment i vandet på lavt vand (2 - 10 m), hvor der er mange muslinger
- 3 De længerevarende aflejringer vil konsolideres af sedimentprocesser, og ved bioturbation bliver det spildte sediment blandet med det eksisterende sediment til kornstørrelsesfordelingen igen er jævn. Det er sandsynligt, at en sådan nedblanding reducerer den forventede resuspension af fint sediment eller med andre ord, at modellen overvurderer koncentrationen af øget sediment i vandet

Den konservative tilgang er valgt for ikke at undervurdere de potentielle virkninger, og fordi der er begrænset viden med hensyn til indregning af processer, som beskriver omfanget af filtrators, såsom muslingers fjernelse af spildt sediment fra vandsøjlen og processer, som beskriver bioturbationen og dens indflydelse på sedimenttilgængeligheden og resuspension af spildt sediment. Samlet set betyder det, at forsigtighedsprincippet er respekteret i modelleringen, men samtidig bør resultaterne vurderes med dette *in mente*.

Samfundets sammensætning

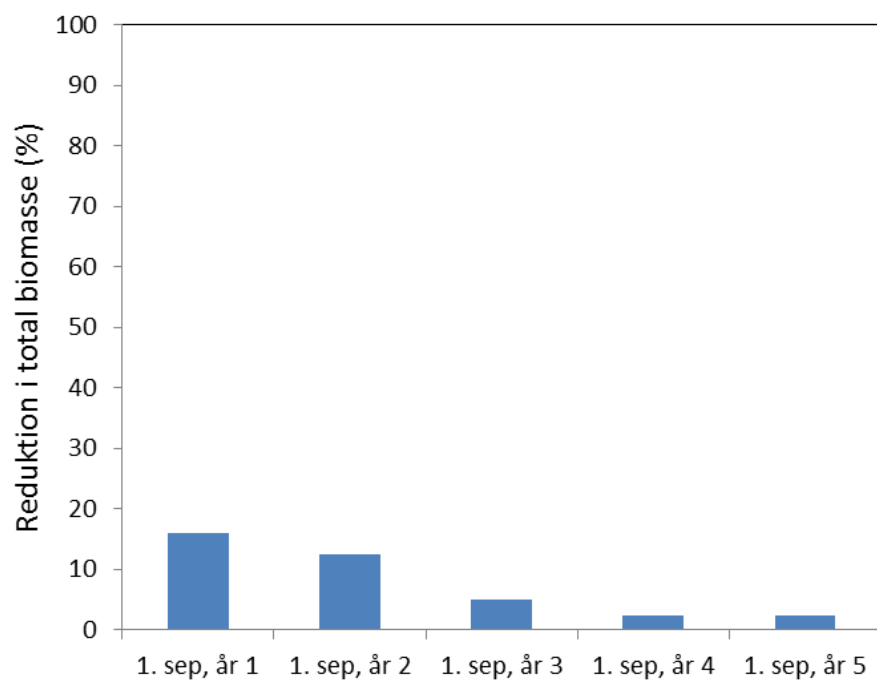
Modelresultaterne indikerer, at selvom den samlede biomasse hurtigt retableres, kan den relative fordeling (baseret på biomasse) af arterne i samfundet være længere tid om at vende tilbage til udgangspunktet. Dette sker, fordi samfundene består af mange arter, og retableringen af de enkelte arter ikke tager lige lang tid.

Ålegræs i Rødsand Lagune

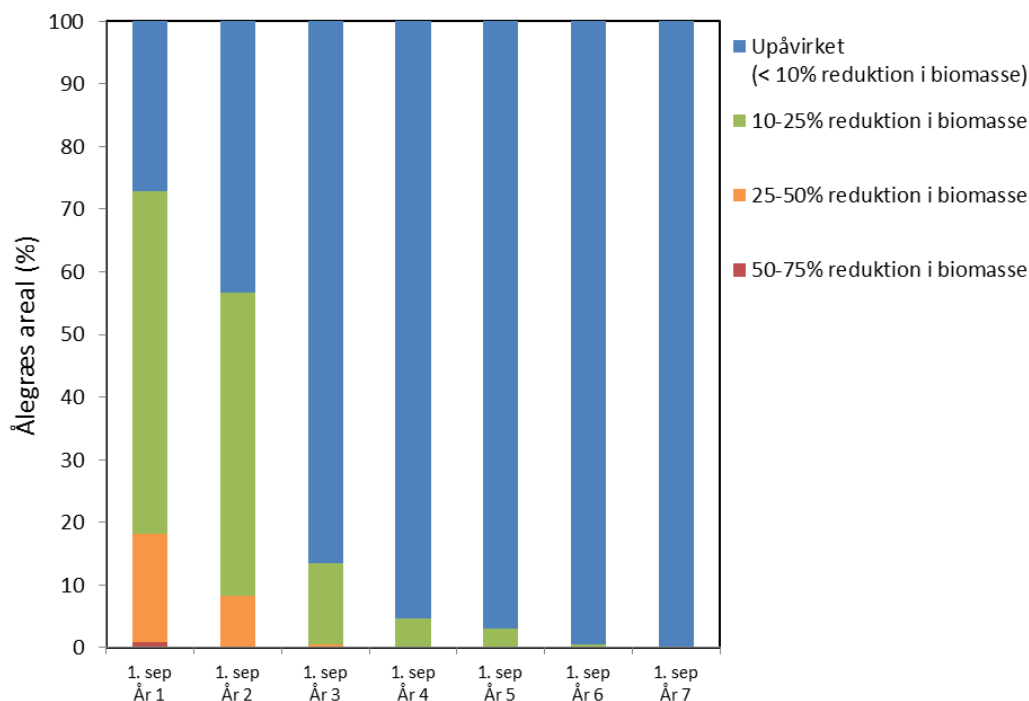
Rødsand er et beskyttet naturområde og bundfloraen spiller en vigtig rolle for økosystemet i lagunen. Der er derfor særligt fokus på at vurdere risikoen for ålegræspopulationen i området. Som beskrevet i det foregående afsnit er ålegræssets primære reaktion på reduktioner i lys en nedsat vækst og dermed en reduktion i biomasse. Den midlertidige reduktion i ålegræssets biomasse forventes ikke at medføre længerevarende eller vedvarende effekter.

Den største sedimentbelastning og dermed også den største lysreduktion forekommer i de første 1,5 år af anlægsfasen. Svarende hertil må man også forvente den største virkning på ålegræsset i denne periode, hvorefter der sker en retablering. Den modellerede virkning er vist i figurene 12.7-5 og 12.7-6.

FIGUR 12.7-5 Forventede samlede reduktion af biomassen i hele Rødsand Lagune. Biomassen ved slutningen af hver vækstsæson er relateret til den estimerede samlede biomasse under de eksisterende forhold



FIGUR 12.7-6 Omfang af forringelse af ålegræs i Rødsand Lagune som følge af øget sediment i vandet. Omfanget er angivet som pct. af ålegræs-arealet med en given grad af forventet biomassereduktion. År 6 og 7 er efter afslutning af gravearbejderne og repræsenterer reetablering



Virkingen af øget sediment i vandet på ålegræssets biomasse kan beskrives pr. areal eller for den samlede biomasse. Virkingen på den samlede biomasse afhænger af, hvor stor en del af ålegræsbiomassen, der findes i de mest påvirkede arealer.

De største virkninger på ålegræsset forekommer i år 1, hvor sedimentspildet og dermed påvirkningen af lysforholdene er størst. Derefter sker der en væsentlig forbedring af lysforholdene og dermed også af ålegræssets vækstforhold, så den biomassereduktion der forudses i det første år restitueres.

Uanset det større spild er virkingen i år 1 lille, idet den modellerede reduktion i den samlede ålegræsbiomasse er mindre end 20 pct. (estimeret til ca. 16 pct.) (figur 12.7-5). Det forventes at godt 25 pct. af ålegræsarealet er upåvirket (biomassereduktion 0 - 10 pct.), mens der i ca. 55 pct. af arealet forudses en biomassereduktion på 10 - 25 pct. (figur 12.7-6). I mindre end 20 pct. af arealet er den modellerede reduktion på 25 - 50 pct. Større reduktioner (ca. 50 - 60 pct.) forudses i <1 pct. af arealet.

Allerede det andet år er virkingen aftaget, idet sedimentspildets virkning på lysforholdene og dermed på ålegræssets vækstforhold er reduceret. For den samlede biomasse er virkingen i det andet år reduceret til mindre end 15 pct., og i det tredje år forventes virkingen at svare til reduktion på ca. 5 pct. set i forhold til den estimerede, eksisterende biomasse i lagunen (figur 12.5-7). Arealmæssigt forventes der i det tredje år kun virkninger på ålegræsset i ca. 13 pct. af arealet. I størstedelen af det areal forudses biomassereduktioner på 10 - 25 pct.

På baggrund af ovenstående forventes skyggevirkingen af øget sediment i vandet, ud over som beskrevet de først 1,5 år, ikke at påvirke ålegræssets generelle vækstbetingelser. Det vurderes derfor at være usandsynligt, at den midlertidige virkning på længere sigt vil påvirke stabiliteten af ålegræsset i området.

Hvis lysreduktionen er meget stor eller længerevarende, kan der være risiko for, at ålegræsset dør, hvilket indebærer, at såvel de grønne blade over sedimentet som rhizomerne nede i

sedimentet dør. Rekolonisering vil i givet fald kræve, at der sker en kolonisering ved frøspredning, eller ved at omkringstående ålegræs sender rhizomer ind i det påvirkede område. Erfaringen viser, at hvis der er tale om større påvirkede områder, kan det tage mange år før, der sker en fuldstændig rekolonisering.

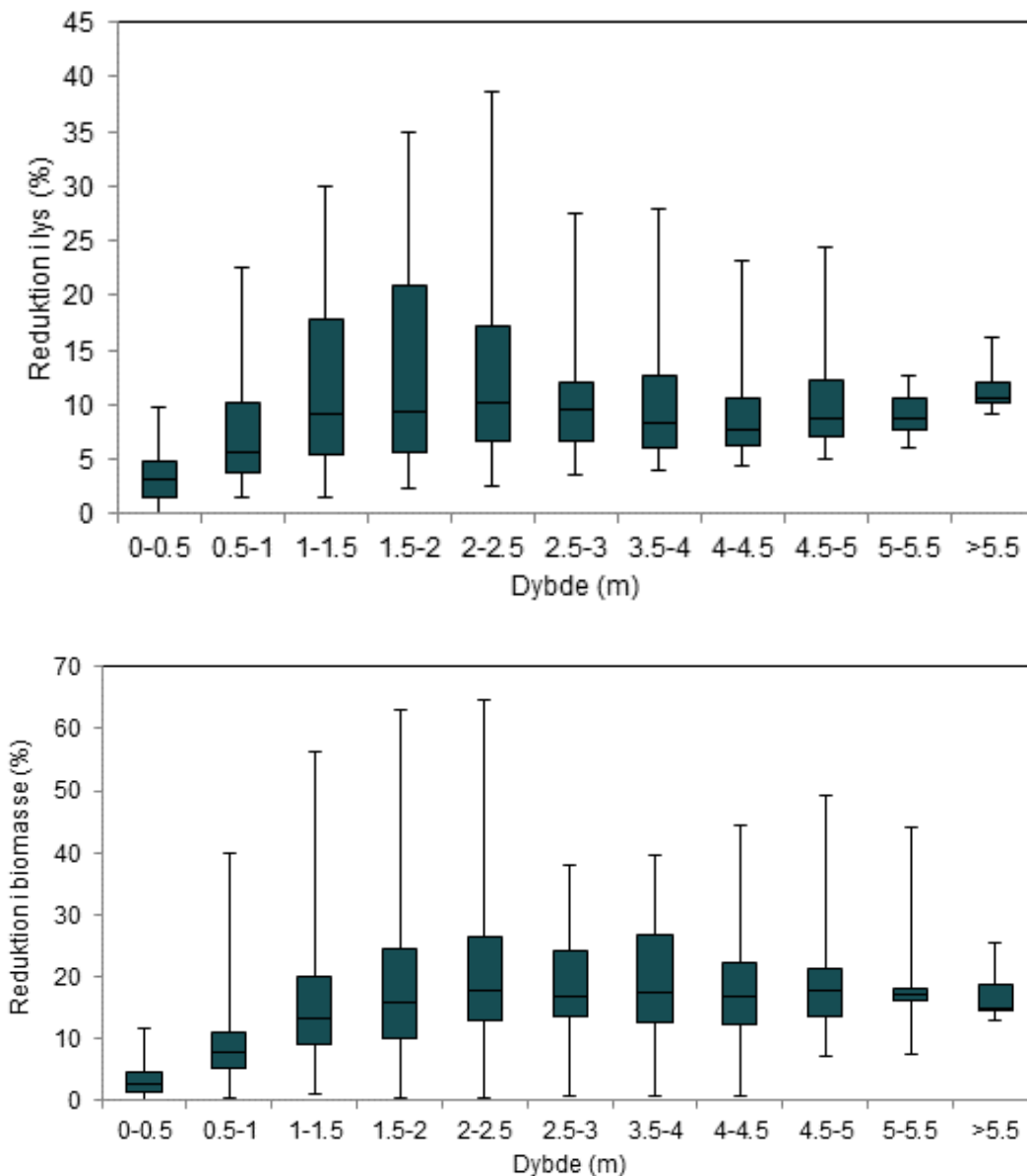
I det følgende gives en vurdering af, om der, med de modellerede reduktioner i lysforholdene, er risiko for, at ålegræsset forsvinder helt eller delvist fra Rødsand Lagune.

Ålegræssets reaktion på reduceret lys i forbindelse med sedimentspildet afhænger af, hvilke lysforhold de gror under, hvilket vil sige, hvor dybt de gror og deres minimum-lyskrav. Ålegræs i Rødsand Lagune vokser fra lavt vand til 4 - 5 m dybde. Både ålegræssets maksimale dybdegrænse og dybdegrænsen for hovedudbredelsen kan påvirkes og forventes at udvise den samme følsomhed over for reduktioner i lys. De følgende vurderinger er derfor relevante for vurdering af begge dybdegrænser.

Ålegræs, der vokser på lavt vand, modtager næsten fuldt sollys. I modsætning hertil vil ålegræs, der vokser dybere, kun modtage en mindre del af overfladelyset, som følge af lysets dæmpning ned gennem vandet. Ålegræs vokser således ved forskellige niveauer af lys, afhængigt af, hvilken dybde de gror på.

I afsnit 10.1.6 Bundflora vises en oversigt over de dybdevariationer, der er observeret under undersøgelserne af de eksisterende forhold. Variationerne er typiske for ålegræs. Generelt viser ålegræssets skudtæthed et karakteristisk mønster med øget dybde (Krause-Jensen et al 2000). Den øvre grænse for ålegræs skudtæthed falder eksponentielt fra lavt mod dybt vand, ligesom lysets svækkelse. Dette tyder på, at den maksimale skudtæthed bestemmes af lyset. Ved en given dybde, varierer skudtætheden under den øvre grænse, hvilket skyldes, at andre faktorer end lys i mange tilfælde bestemmer den faktiske skudtæthed. Da det enkelte skuds biomasse øges med faldende skudtæthed på dybere vand, følger biomassen (pr m^2) ikke det samme klare mønster med dybden.

FIGUR 12.7-7 Modelleret reduktion i lys-tilgængelighed ved bunden (pct.) i første vækstsæson af anlægsfasen (øverst) og modelleret reduktion i bladbiomasse (pct.) ved slutningen af vækstsæsonen (nederst). Boksene viser intervallet for 50 pct. af data. De vertikale linjer viser minimum- og maksimum-værdier, mens de vandrette streger i boksen angiver medianværdier i 0,5 m dybdeintervaller



Baseret på observationer af den maksimale dybde, hvortil ålegræsset vokser, har Dennison et al. (1993) estimeret minimum-lyskravet for ålegræssets vækst til at være 18 - 20 pct. af lyset ved overfladen.

Overlevelse af ålegræs under forskellige lysforhold er også undersøgt eksperimentelt. De meget forskellige eksperimentelle forhold (længde af forsøg, forskelle i tidevand på forsøgslokaliteterne, påvækst og forskellige vejrforhold) gør imidlertid forsøgene svære at sammenligne. Samtidig er der usikkerhed i de enkelte forsøg, da det i praksis er vanskeligt at inkludere et tilstrækkeligt antal replikater og repræsentere gradienten af lysreduktion tilstrækkeligt.

Generelt viser forsøgene dog, at effekten af en given lysreduktion på biomasse og overlevelse af ålegræsset afhænger af lysforholdene ved starten af forsøget, det vil sige, inden påvirkningen

starter. Den del af ålegræsset, der vokser i områder, hvor der under de eksisterende forhold er rigeligt med lys, er ikke så følsomme over for reduktioner i lyset. Biomassen kan blive reduceret, men planterne overlever, og der er tilstrækkeligt lys til en relativ hurtig genvækst. Kun meget massiv skygning fører til kritisk lave lysniveauer.

Derimod er ålegræs, der under de eksisterende forhold vokser nær minimum-lyskravet, mere følsomt over for reduktioner i lystilgængelighed, da sediments skygning vil reducere lyset yderligere og også kan forlænge genetableringen af den oprindelige vegetation. Ålegræs på dybt vand er derfor naturligt mest følsomt over for ændringer i lyset.

Risikoen for, at ålegræsset forsvinder, hvis tilgængeligheden af lys falder, bør derfor vurderes i forhold til de eksisterende lysforhold og ålegræssets minimum-lyskrav.

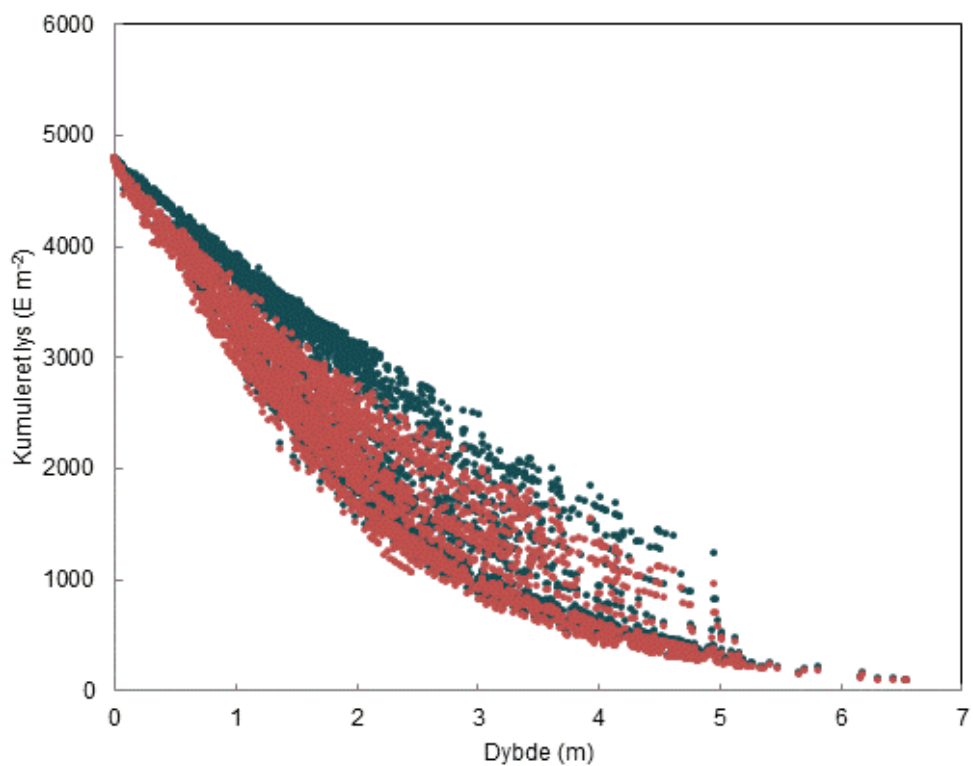
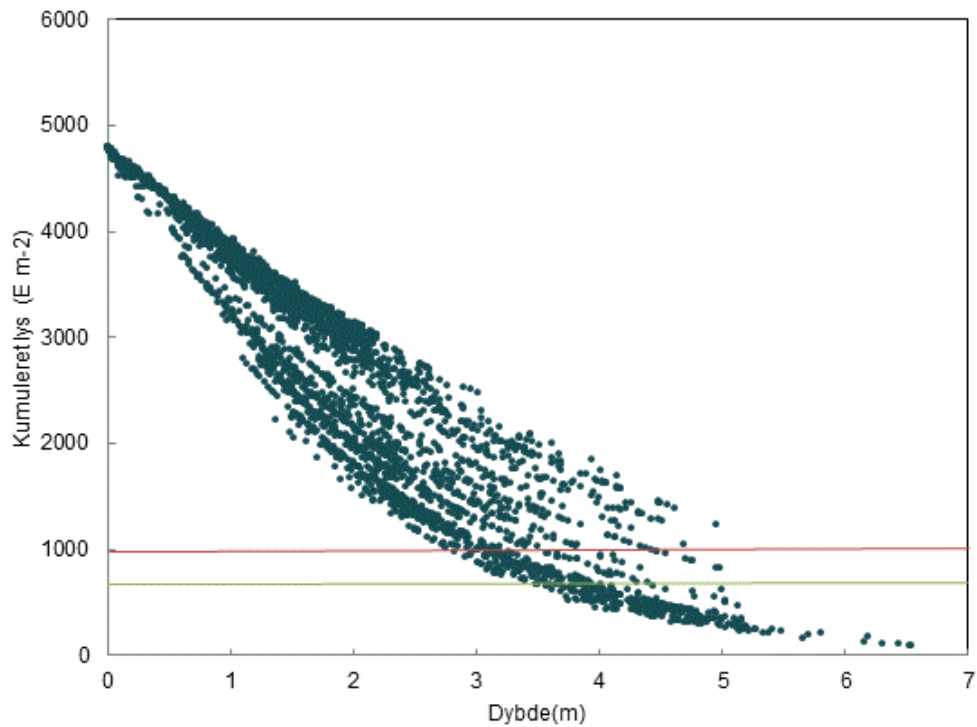
For at vurdere om de estimerede reduktioner i lys kan risikere at påvirke ålegræssets udbredelse i Rødsand Lagune, er de eksisterende lysforhold undersøgt nærmere. Figur 12.7-8 viser den modellerede kumulative lysmængde over perioden marts - september ved bunden i ålegræsset i Rødsand Lagune under de eksisterende forhold. Under forudsætning af et minimum-lyskrav på 15 - 20 pct. af overfladelyset (Dennison et al 1993) kan minimum-lyskravet for kumuleret lys i marts - september anslås til at være 750 - 1.000 E m⁻² i Rødsand Lagune.

Størstedelen af ålegræsset i Rødsand Lagune vokser i den vestlige lavvandede del af lagunen. Her er det kumulerede lys i vækstsæsonen under de eksisterende forhold større end 750 - 1.000 E m⁻² (figur 12.7-8 og 12.7-9, tabel 12.7-13). Som tidligere beskrevet, er det her de største reduktioner i lys og biomasse sker (figur 12.7-5), men da der i forvejen er rigeligt lys, også når lyset reduceres (>1.000 E m⁻²), er det ikke sandsynligt, at lysreduktionerne medfører øget dødelighed hos ålegræsset, og genvækst de følgende sæsoner vil sikre tilbagevenden til de eksisterende forhold.

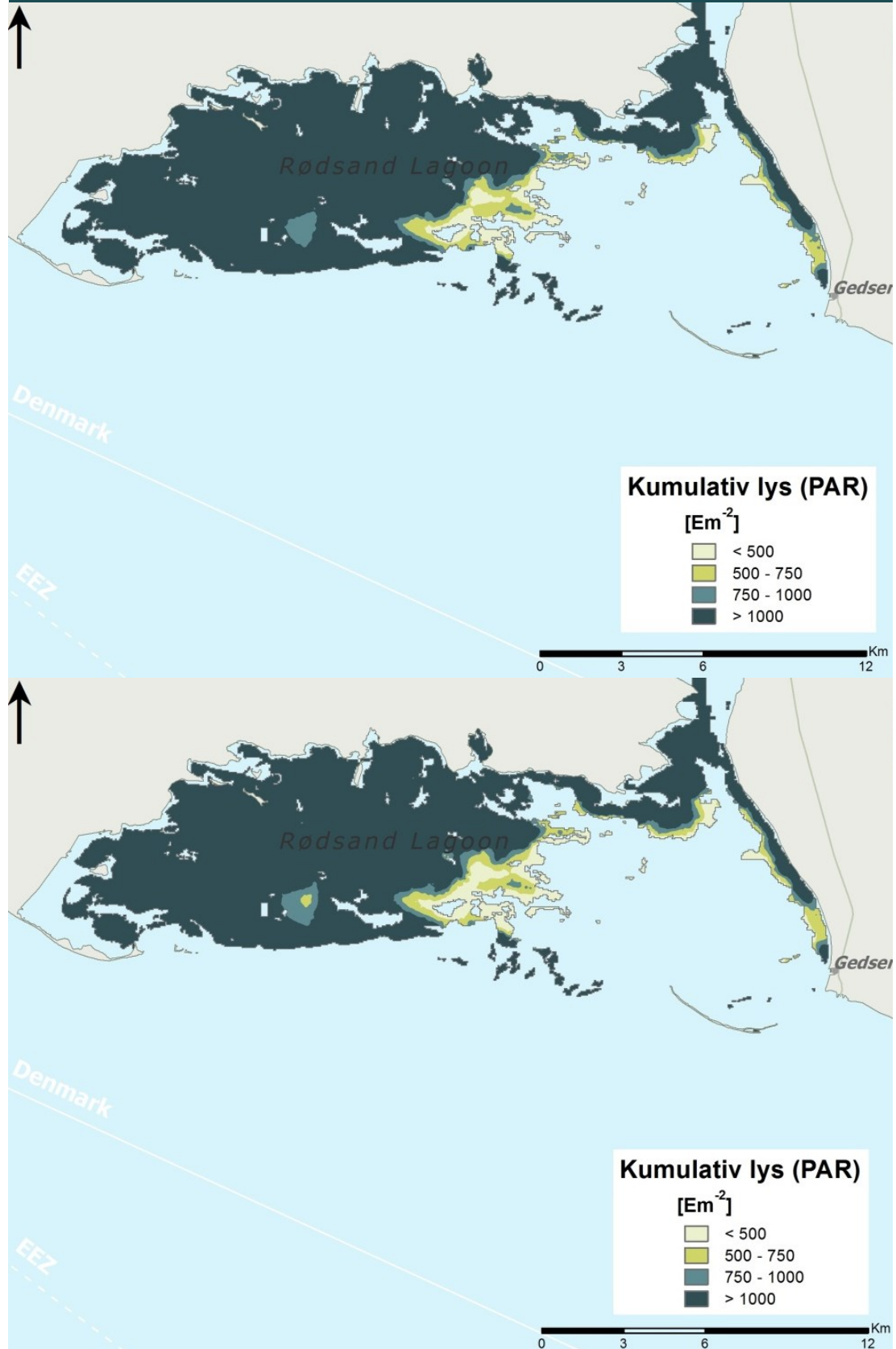
Den østlige del af lagunen er dybere, og i nogle områder vokser ålegræsset nær dets minimum-lyskrav (figur 12.7-8, tabel 12.7-13). Under de eksisterende forhold viser modelleringen, at ålegræs i ca. 8 - 12 pct. af arealet vokser ved lysforhold under 750 - 1.000 E m⁻² (tabel 12.7-13). Under det 1. år af anlægsfasen øges dette område med omkring 1 pct. til ca. 9 - 13 pct., som følge af skygning fra spildt sediment.

Samtidig er det i "lav-lys"-områderne, at lysreduktionerne er mindst (median: <10 pct. reduktion i lystilgængelighed, figur 12.7-5), og denne reduktion vurderes at ligge inden for den naturlige år-til-år variation. Planter, der gror ved dybdegrænsen, modtager naturligt varierende lys i løbet af året, men også mellem årene, da lysindstrålingen (lyset ved overfladen) varierer fra år til år, og betingelserne for vækst af planteplankton, som har en væsentlig indflydelse på de naturlige lysforhold, veksler. Lysmålinger i de åbne områder i undersøgelsesårene 2009 og 2010 viser en gennemsnitlig sigtddybde (± standardafvigelse) i vækstsæsonen mellem marts - september på 7,6 (± 0,89) m i 2009 og 6,9 (± 1,1) m i 2010. Under antagelse af, at 15 pct. af overfladelyset er tilgængelig i sigtddybden, er den gennemsnitlige lystilgængelighed på 5 m's dybde i vækstsæsonen 12 pct. mindre i 2010 end i 2009. En reduktion af lys ved dybdegrænsen på ca. 10 pct. vurderes derfor at ligge inden for den naturlige variation af tilgængeligt lys ved dybdegrænsen.

FIGUR 12.7-8 Tilgængeligt lys i ålegræsbedene i vækstsæsonen (marts - september) under de eksisterende forhold (øverst, grøn) og i 1. år af anlægsfasen (nederst, rød), sammenholdt med lys under de eksisterende forhold (grøn). Lyset (modelleret PARlys= Photosynthetically Active Radiation) er kumuleret over vækstsæsonen. De horisontale linjer vise minimum-lyskravniveauet, 750 (grøn) og 1.000 (rød) E m⁻²r



FIGUR 12.7-9 Kumulativ lys (PAR) for vækstsæsonen (marts - september) i ålegræsbedene i Rødsand Lagune. Øverst: De eksisterende forhold. Nederst: Første sæson i anlægsfasen



TABEL 12.7-13 Opgørelse af ålegræsarealer, der modtager lys under 10 pct., 16 pct. og 21 pct. af overfladelyset over vækstsæsonen under de eksisterende forhold og i anlægsfasens 1. år; angivet i ha og som pct. af det totale ålegræsareal. PAR = photosynthetically active radiance. Tallene er baseret på modelresultater

Kumulativt lys		Eksisterende forhold		Sænketunnel, anlægsfase år 1	
PAR E m ⁻²	pct. af overfladelys	ha	pct.	ha	pct.
<500	10	540	3.7	648	4.5
500 - 750	16	618	4.3	631	4.4
750 - 1.000	21	552	3.8	575	4.0
>1.000	-	12.774	88.2	12.629	87.2

Imidlertid kan en lille effekt af lysreduktioner i det 1. år af anlægsfasen ikke udelukkes. Antages det, at lyset er den eneste faktor, der bestemmer dybdegrænsen, og at ålegræsset reagerer øjeblikkeligt på ændringer i lys, ville en lysreduktion på omkring 10 pct. reducere dybdegrænsen med omkring 0,2 m eller ca. 5 pct. (tabel 12.7-14) i det værste år af anlægsfasen. Dette anses for en mindre virkning, og da den vurderes at ligge inden for den naturlige variation, konkluderes det, at tunnelbyggeriet ikke vil have længerevarende virkninger på lysforholdene i vandet i Rødsand Lagune.

Da der ikke findes tidsserier af ålegræssets dybdegrænse i Rødsand Lagune, er det ikke muligt at sammenligne den beregnede ændring i dybdegrænsen med målte data for år til år variation i dybdegrænsen. En tidsserie i den nærliggende Nakskov Fjord viser, at dybdegrænsen for ålegræs her varierer 2,4 m, mellem 3,1 m - 5,5 m i årene 1989 - 1997. Hvis det antages, at lyset ved dybdegrænsen er nogenlunde konstant, og der er en tæt relation mellem ålegræssets dybdegrænse og lyset, indikerer den store variation i dybdegrænsen, at lystilgængeligheden varierer markant mellem årene. Det støtter, at en 10 pct. reduktion i lyset og en 5 pct. ændring i dybdegrænsen ligger inden for den naturlige variation.

De store forskelle i dybdegrænsen mellem årene, der er observeret i Nakskov Fjord, tyder dog på, at dybdegrænsen ikke alene er relateret til lys, men også er styret af andre faktorer. Betydningen af lys for dybdegrænsen i Rødsand Lagune er ikke kendt.

Sammenfattende vurderes det, at på trods af at større områder af ålegræs forventes at blive påvirket af øget sediment i vandet i anlægsfasens 1. år, og at påvirkningen fører til reduktioner i biomassen, er der ikke risiko for, at ålegræsset forsvinder helt eller delvist fra området. Genvækst af biomassen forventes inden for to år efter afslutningen af byggeriet.

TABEL 12.7-14 Reduktion i ålegræssets dybdegrænse; beregnet for forskellige dybdegrænser og under antagelse af en lysreduktion på 10 pct. ved dybdegrænsen

Eksisterende dybdegrænse	Kumulative lys (PAR) ved dybdegrænsen	pct. af overflade-lys ved dybdegrænsen	Dybdegrænse ved midlertidig påvirkning	pct. reduktion i dybdegrænsen sammenlignet med eksisterende
m	E m ⁻²	pct.	m	pct.
2,5	1.000	20,8	2,34	6
3,5	750	15,6	3,31	5
4,5	400	8,3	4,32	4

Makroalgernes dybdegrænse

I mange områder er mangel på hård bund, og ikke lys, begrænsende for makroalgernes dybdeudbredelse. Nogle steder som på Langelands Rev og ved Staberhuk gror algerne dog på dybere vand (17 - 25 m), hvor biomasserne er små, og dybdeudbredelsen formodentlig begrænset af lys.

Makroalger, der gror på dybt vand, er tilpasset store år-til-år variationer i mængden af tilgængeligt lys. Lyset ved dybdegrænsen varierer mellem årene på grund af forskelle i lysindstråling og i vækst af planteplankton, der er en vigtig faktor for lysets svækkelse i vandet. Lysmålinger i Femern Bælt viser gennemsnitlige sigtdybder i vækstsæsonen på 7,6 m i 2009 og 6,9 m i 2010, hvilket svarer til, at der i en dybde af 20 m har været 40 pct. mindre lys tilgængeligt i 2010 sammenlignet med 2009.

De dominerende arter på dybt vand er tilpasset vækst ved svagt lys. Flere arter har en form, der er tilpasset til at udnytte de små lysmængder, og i perioder med lidt lys kan de vokse ved brug af oplagrede reserver. Projektet forventes ikke at forringe dybdegrænsen af makroalger.

Virkning af aflejret sediment

De største sedimentaflejringer, der bliver liggende i mindst 10 dage, forventes at forekomme i området omkring linjeføringen og i Rødsand Lagune. Den maksimale aflejring er 8 cm.

Modellen viser, at størrelsen af belastningen af aflejret sediment ingen steder er meget stor. Størrelsen af belastningen forventes at være stor i et mindre område i nærzonen på den danske side (sedimentlag på 5 - 10 cm) og i et mindre område i Rødsand Lagune. Middel størrelse af belastning (1 - 5 cm i makroalgeområder og 5 - 10 cm i blomsterplanteområder) forekommer primært i nærzonen på den danske side. Størstedelen af området, der påvirkes, påvirkes med lille størrelse af belastning, svarende til 0,2 - 1 cm i makroalgeområder og 1 - 5 cm i blomsterplanteområder.

Omfang af forringelse er estimeret ved at kombinere størrelsen af belastningen med samfundenes følsomhed mod aflejring af sediment.

Omfang af forringelse er lille til stor og dækker i alt ca. 770 ha, hvoraf det meste (70 pct.) er på dansk område (tabel 12.7-15).

TABEL 12.7-15 Omfang af forringelse (areal i ha) af bundfloraen forårsaget af aflejring af sediment

Omfang af forringelse	Total (DK/DE)	Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (DK/DE)	DK national + EEZ	DE national	DE EEZ
Meget stor	0	-	-	-	-	-
Stor	10	4	-	10	-	-
Middel	253	5	9	244	9	-
Lille	501	261	206	284	217	-
Total	764	270	215	538	226	0

Note: Nærzonen er det marine område 500 m omkring selve anlægget. Lokalzonen er det marine område 10 km omkring selve anlægget, ekskl. Nærzonen

Der forventes ingen områder med meget stor grad af forringelse af vegetationen. I et mindre område på 10 ha på den danske side forventes omfang af forringelsen at være stor. Det er dels i gaffeltangsamfundet nær linjeføringen og dels i ålegræssamfundet i Rødsand Lagune. Middel forringelse af vegetationen forventes også næsten udelukkende på dansk side, overvejende i ålegræssamfundet i Rødsand Lagune.

På den tyske side forventes middel forringelse i et meget lille område med ålegræs/alge og gaffeltang (i alt 9 ha) i nærzonen. Lille forringelse forventes over større områder og gælder for flere forskellige samfund. Omfang af forringelse fordelt på forskellige samfund af bundflora kan ses i tabel 12.7-16.

TABEL 12.7-16 Omfang af forringelser (areal i ha) fordelt på samfund af bundfloraen

Omfang af forringelse	Ålegræs	Ålegræs/alge	Blæretang	Gaffeltang	Ribbeblad	Sukkertang	Trådalger
Meget stor	-	-	-	-	-	-	-
Stor	6	-	-	4	-	-	-
Middel	239	2	-	12	-	-	-
Lille	-	-	33	191	51	34	192

Tab af havbund

Nye blivende og midlertidige anlæg, der er nødvendige for konstruktion af en sænketunnel, skaber permanente og midlertidige tab af bundfloraen.

Vegetationen vil permanent blive tabt i de nye landområder, hvor nuværende havbund omskibes til land og i områder med beskyttelseslag, hvor tunnelen kommer op af havbunden. Ca. 220 ha bundflora bliver permanent tabt under disse strukturer (tabel 12.7-17, figur 12.7-10).

Midlertidige tab af vegetationen vil forekomme i adgangskanalen til produktionsstedet på Lolland, i tunnelrenden og i de områder, hvor arbejdshavnene går ud over det nye landområde. Ca. 80 ha af bundfloraen bliver midlertidigt tabt under disse strukturer (tabel 12.7-17).

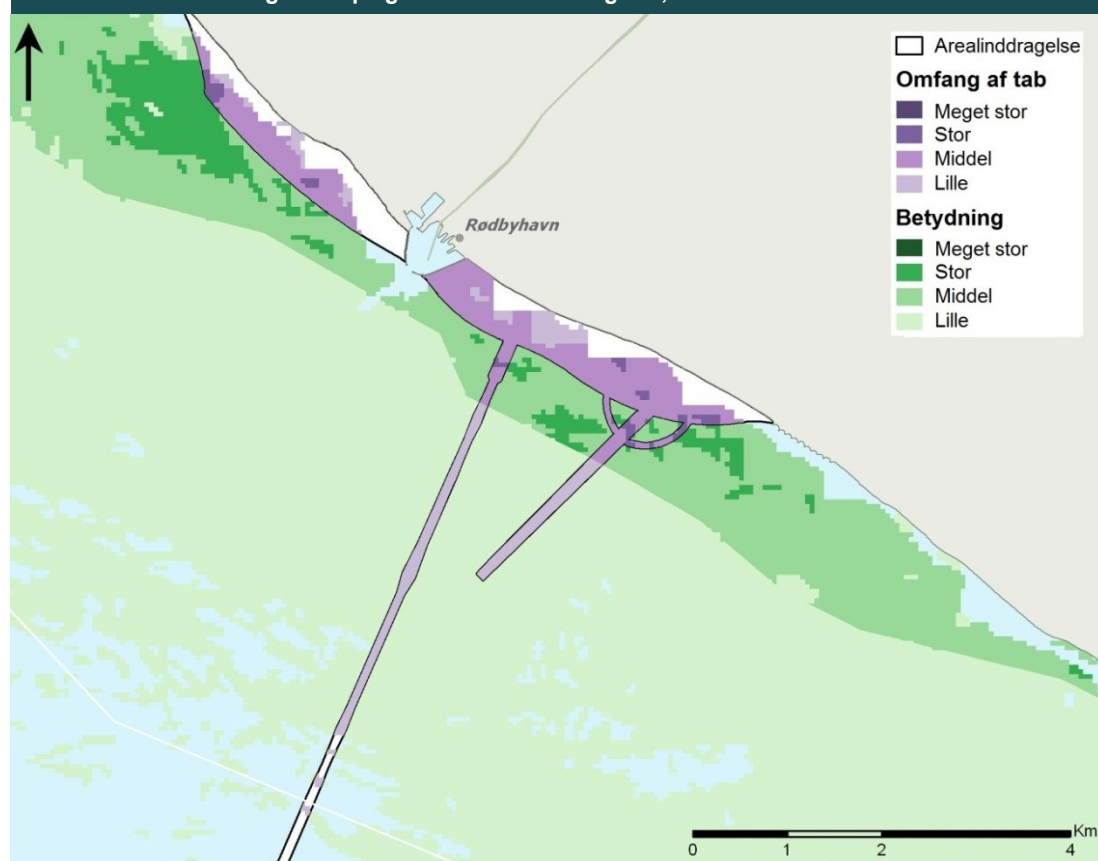
Omfang af tabene afhænger af samfundenes betydning og er summeret for permanente og midlertidige tab i tabel 12.7-16. Stor og middel omfang ses udelukkende i gaffeltangsamfundet langs Lollands kyst. I alt ca. 210 ha af samfundet forsvinder, heraf ca. 190 ha permanent.

Dér, hvor bundfloraens tæthed er estimeret til at være stor (> 50 pct.), er omfanget bestemt til stor, mens virkningen i områder med mindre tætte bestande har et middel omfang. I de øvrige områder er betydningen af tabet lille, idet disse samfund er domineret af trådalger eller er områder med lille vegetationsdække.

TABEL 12.7-17 Omfang af permanente og midlertidige tab forårsaget af fysiske strukturer og opgravninger ved konstruktion af en sænketunnel

Omfang af tab	Permanent (P) eller midlertidigt (M) tab	Total (ha)	DK national + EEZ (ha)	DE national (ha)	DE EEZ (ha)
Meget stor	P	-	-	-	-
	M	-	-	-	-
Stor	P	14	14	-	-
	M	4	4	-	-
Middel	P	174	174	-	-
	M	16	16	-	-
Lille	P	30	30	<1	-
	M	60	60	-	-
Total	P	218	218	-	-
	M	80	80	<1	-

FIGUR 12.7-10 Omfang af tab på grund af arealinddragelse, Lolland



FIGUR 12.7-11 Omfang af tab på grund af arealinddragelse, Fehmarn



Nye hårde overflader

Nye hårde overflader under havoverfladen bliver skabt langs kysten af det nye landområde og på det nye rev, der bliver bygget for at beskytte tunnelen, hvor den går fri af havbunden i overgangen mellem land og vand samt i tunnelrenden.

Tunnelementerne bliver sænket ned i en gravet rende og dækket af et beskyttende lag af sten. Derefter vil der ske en naturlig opfyldning med sediment. Den naturlige opfyldning forventes at tage op til 30 år, og opfyldningen sker ved gradvis indsnævring af tunnelrenden. Stenene i renden er derfor tilgængelige for kolonisering af makroalger i op til 30 år.

Overfladerne af disse nye hårde strukturer kan koloniseres af makroalger. Alt i alt er arealet af nye hårde overflader beregnet til ca. 58 ha på den danske side og ca. 22 ha på den tyske side.

De nye hårde overflader kan øge risikoen for, at ikke-hjemmehørende arter lettere introduceres. Den risiko er dog lille. Overfladerne vil antageligt blive dækket af hård bunds-samfund, der ligner de, der er almindelige i området, og kan i nogen udstrækning opveje tabet af havbund.

Eksempler på kolonisering af andre nye strukturer såsom bropiller af Øresundsforbindelsen og Ølandsbroen viser, at de makroalgearter, der koloniserede de nye overflader, alle kunne findes i de omkringliggende hård bunds-samfund. De nye samfund var ikke domineret af ikke-hjemmehørende arter. Denne risiko er derfor ikke væsentlig for vegetationen.

Nye hårde overflader af cement (bropiller og andre nye kunstige substrater) er ofte domineret af muslinger. De dominerende alger er trådalger, og artsantal og biomasser er mindre end på nærliggende naturlige sten.

Hvis de nye hårde overflader langs de nye landområder og på beskyttelsesrevne bliver koloniseret alene af makroalger, øges arealet med vegetation i nærzonen med 10 pct. og i lokalzonen med 1,5 pct. Hvis biomasserne er sammenlignelige med dem, der blev fundet under undersøgelse-

serne af de eksisterende forhold, øges biomassen i nærzonen med 7 pct. og i lokalzonen med 1 pct.

Som nævnt herover, er det dog usandsynligt, at alle arealer koloniseres af alger, og at biomasser vil være lige så høje som på naturlig, hård bund.

Virkning af ændringer på kystmorfologien

De nye tunnelanlæg og de nye landområder og beskyttelsesrev ændrer bølge- og strømmønstret og de nuværende sedimentations- og erosionsprocesser langs kysten. Ændringerne kan medføre tab af hård bundflora, hvis de påvirkes af sedimentaflejring og tab af blød bundfloraen, hvis de udsættes for erosion.

Vest for det nye landområde på Lolland forventes ophobning af sand. Over en tidsramme på mere end 30 år vil den nuværende strand blive bredere og føre til tab af 31 ha nuværende havbund. Heraf er 8 ha dækket af vegetation. Vegetationen i dette område er primært gaffeltang og vegetation med lille dækningsgrad (<10 pct. dækning). Omfanget af tabet er for størstedelen middel.

Øst for det nye landområde og på den tyske side forventes kun ubetydelige ændringer i kystmorfologien og dermed i bundfloraen.

12.7.10 Konklusion på projektets virkninger

Etableringen af en sænketunnel påvirker de forskellige samfund af vegetation med lille til stort omfang af forringelse og tab (tabel 12.7-16). Anlæggene skaber samtidig mulighed for mindre, nye områder med bundflora på nye hårde substrater og sten.

Væsentligheden af forringelserne og tabene på økosystemets eksistens og funktion vurderes her på baggrund af vegetationens betydning, arealernes størrelse, grad af forringelse og forringelsernes varighed. Arealerne relateres til den eksisterende vegetation i Femern Bælt inden for lokalzonen (10 km til hver side af linjeføringen). Hvis tabet eller forringelsen sker uden for dette område, relateres det til hele undersøgelsesområdet.

Væsentlighed af øget sediment i vandet

Øget sediment i vandet påvirker især makroalgevegetationen langs Lollands kyst og blomsterplanterne i Rødsand.

I omtrent 90 pct. af gaffeltangsamfundet i Femern Bælt reduceres biomassen i større eller mindre grad det første år. Efter de første tre år forventes biomassen at være næsten retableret, selvom der i mindre områder, hvor reduktionen af biomasse er stor, kan forventes at gå længere tid, før arternes relative hyppighed er den samme som uden belastning.

Forringelsen forventes at kunne give midlertidige virkninger på det lokale økosystem, men idet retableringen sker så hurtigt, vurderes langtidsvirkningen ikke at være væsentlig.

Virkningen på populationer, der vokser på dybt vand, er små og af mindre omfang. Imidlertid findes der kun små områder med disse samfund inden for Femern Bælt, derfor er en procentvis virkning inden for Femern Bælt stor (10 pct. af ribbebladsamfundet og 69 pct. af sukkertangsamfundet). Konservativt estimeret, er alle samfund retableret 2 år efter, anlægsfasen er slut. Virkningen vurderes derfor at være ikke-væsentlig.

Projektet forventes at reducere biomassen af ålegræsset i Rødsand Lagune i de første år af anlægsfasen. Lysreduktionen forårsaget af sedimentspild vil være relativt lille i det 3. anlægs-år og være tilbage til forhold svarende til de eksisterende forhold i anlægsfasens sidste år. Det forventes at tage nogle år, før biomassen er fuldt retableret, men det er usandsynligt, at de forventede reduktioner i lystilgængelighed vil forårsage, at ålegræsset helt eller delvist forsvinder fra området. Konservativt estimeret, vurderes det, at ålegræsset er retableret 2 år efter, at anlægsfasen er slut. Kun i meget små områder i den vestlige del af lagunen, hvor både sediment

i vandet og aflejret sediment påvirker ålegræsset, kan retableringen tage længere tid. Virkningen vurderes derfor samlet at være ikke-væsentlig.

Væsentlighed af aflejret sediment

Aflejring af sediment påvirker ålegræs og forskellige makrolagesamfund. Ålegræsset påvirkes med middel omfang af forringelse i et område, der svarer til 2 pct. af ålegræsset i undersøgelsesområdet (2,3 pct. af ålegræsset i Rødsand Lagune). Den maksimale tykkelse af aflejret sediment forventes at være 8 cm og forekomme i det første år af anlægsfasen. I det meste af området er den maksimale tykkelsen af det aflejrede sediment mellem 5 - 8 cm. Disse tykkelser forekommer i en til flere perioder af mere end 10 dages varighed. Samlet set vurderes det, at sedimentationen kan medføre reduktioner i væksten og øget risiko for dødelighed, men virkningen vil være begrænset.

Generelt mangler der kvantitative opgørelser af virkningen af aflejret sediment på ålegræs. Der findes en enkelt undersøgelse, der viser en skuddødelighed på op til 50 pct., når planterne begravnes 25 pct. af deres højde med aflejret sediment i 25 dage (Mills og Fonseca 2003). Ålegræsset i Rødsand Lagune har i en højde på gennemsnitligt ca. 50 cm og en sedimentaflejring på 5 - 8 cm svarer dermed til ca. 10 - 16 pct. af højden. Undersøgelsen belyser ikke virkninger af begravelse af denne størrelsesorden og forskellig varighed. Da dokumentationen er svag, er der ud fra forsigtighedsprincippet ikke grundlag for at udelukke, at den forventede sedimentaflejring kan forårsage skuddødelighed og kan påvirke ålegræssets vækst i Rødsand Lagune. Modsat kan det i betragtning af, at aflejringerne ikke er konstante, og at ovennævnte værdier er maksimale værdier, forventes, at ålegræsset ikke forsvinder, og at reduktionen i skudtæthed og biomasse kan restituere inden for de efterfølgende vækstperioder. Ålegræsset forventes derfor fuldt genetableret senest to år efter afslutningen af byggeriet.

Sammenfattende vurderes det, at aflejring af sediment påvirker en mindre andel af ålegræsområdet, og at virkningen i dette område kan forventes at være restituerbar. Der forventes derfor ingen ændringer i den arealmæssige udbredelse. Da det påvirkede område er lille og påvirkningen er midlertidig, anses virkningen på samfund af blomsterplanter ikke for at være væsentlig.

Langt størstedelen af virkningen på makroalgerne er lille omfang af forringelse, som følge af en aflejring af sediment på 0,2 - 1 cm i mere end 10 dage. Aflejring af sediment vil ikke forårsage øget dødelighed eller mindske væksten. Der er risiko for en lidt mindre reproduktion, idet algesporenes fasthæftning på de hårde overflader begrænses, selv hvis et tyndt lag sediment ligger på overfladen. En mulig mindre reproduktion i en sæson forventes at kunne opvejes af det følgende års reproduktion. Virkningen på makroalgesamfundene anses derfor for at være ikke-væsentlig.

Væsentlighed af tab af havbund

Havbundens vegetation tabes permanent på grund af de nye landområder, etablering af beskyttelsesrev og ændringer i kystmorfologien. 8 pct. (ca. 9 pct. af biomassen) af gaffeltangsamfundet i Femern Bælt forsvinder permanent. Tabet sker udelukkende i lokalzonen på den danske side.

Gaffeltangsamfundet er en vigtig del af det kystnære økosystem i området. Tabet vil ikke true eksistensen af samfundet i Femern Bælt, men vurderes at være væsentlig for funktionen af det lokale kystnære økosystem i Femern Bælt. Dette skyldes, at den flerårige bundflora har en vigtig strukturerende rolle og bidrager til primærproduktion, iltproduktion og udgør et vigtig habitat for dyr og planter.

Tabet vil ikke true eksistensen af samfundet eller nøglearter i samfundet. Gaffeltangsamfund er almindelige i hele Østersøområdet, og arten gaffeltang forekommer ofte i bundfloraen i hele området fra Skagerrak til det Botniske Hav.

De øvrige permanente eller midlertidige tab af bundfloraen vurderes at være ikke-væsentlige.

Væsentlighed af nye hårde overflader

Da vegetationen på de nye hårde overflader primært forventes at bestå af trådalger, der kun har lille betydning som habitat, og størstedelen af overfladerne forventes at blive koloniseret af

muslinger, vurderes det, at nye hårde overflader ikke ændrer forholdene for bundfloraen væsentligt.

Samlet vurdering af væsentlighed

De tre belastninger fra sænketunnelen, der har den største virkning på bundfloraen, er øget sediment i vandet (16.788 ha i 2. år af anlægsfasen), aflejring af sediment (764 ha) og tab af havbund (298 ha). Omfanget af forringelse er primært lille og middel, og kun en mindre del af arealet påvirkes med stort omfang af forringelse.

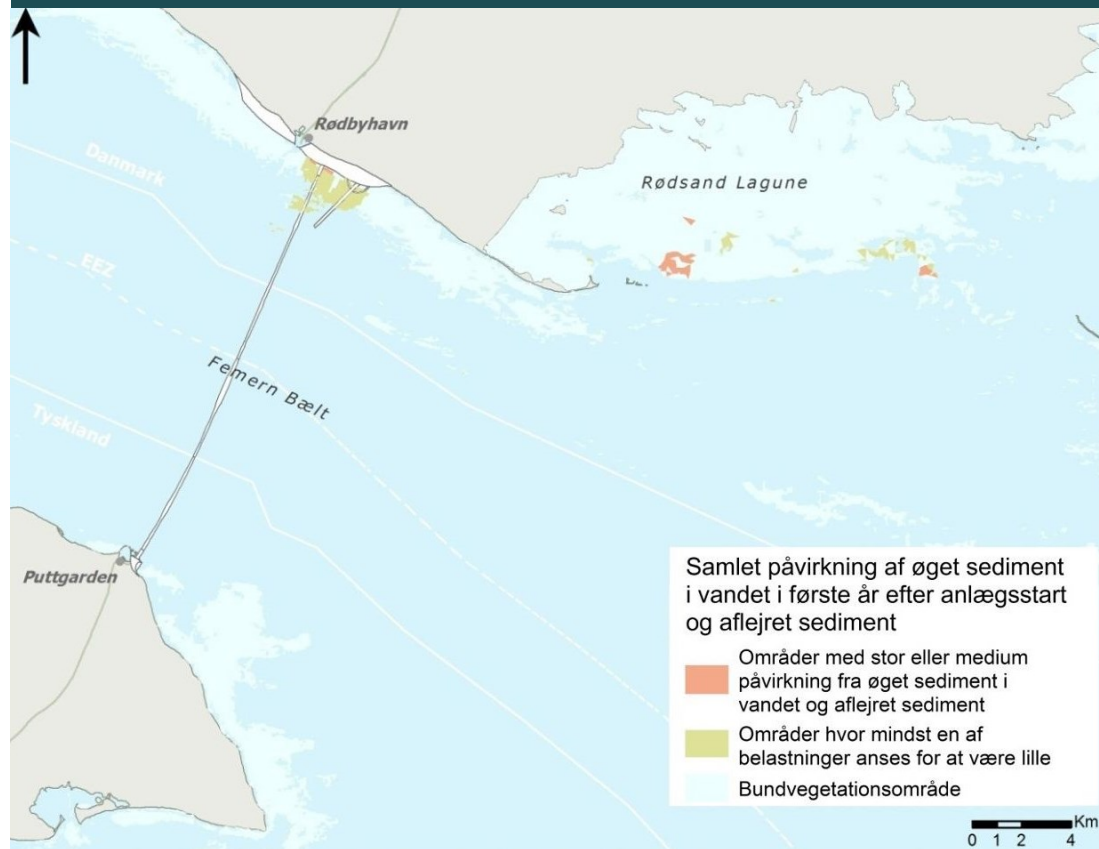
Vurderet hver for sig vil øget sediment i vandet og aflejring af sediment ikke forårsage væsentlige langtidsvirkninger, men virkningerne af belastningerne kan potentielt have en aggregeret virkning. Det skal understreges, at virkningerne ikke umiddelbart kan adderes, da de er vurderet på forskellige måder. F.eks. er påvirkningen fra øget sediment i vandet beregnet som reduktion af biomasse for hvert enkelt år, mens aflejring af sediment er beskrevet mere kvalitativt og samlet for hele anlægsfasen (den totale aflejring). Man kan dog få en indikation på en potentiel aggregeret virkning ved at vurdere, i hvor stor en andel af arealet, der er overlappende virkninger.

Områder, hvor øget sediment i vandet vurderes at medføre en middel forringelse, og hvor der samtidig vurderes at kunne optræde middel eller stor forringelse som følge af aflejring af sediment, er små og udgør ca. 1 pct. af makroalgearealet i Femern Bælt (figur 12.7-12). I den største del af området med overlappende påvirkninger er omfanget af forringelse lille for mindst én af belastningerne, og den aggregerede virkning af de to belastninger forventes at være minimal.

I Rødsand Lagune er arealet, hvor der forventes påvirkning fra både øget sediment i vandet og aflejring af sediment estimeret til i alt 222 ha, hvilket svarer til 2 pct. af ålegræsarealet i Rødsand Lagune (figur 12.7-12). Området, der skønnes at blive udsat for middel til stor påvirkning fra begge belastninger svarer til ca. 1 pct. af ålegræsarealet (106 ha). I disse områder forventes den samlede virkning at være større, end beskrevet for de enkelte belastninger, og der forudses derfor en lidt større påvirkning af ålegræssamfundet.

I de øvrige områder, hvor begge belastninger påvirker vegetationen (i alt 116 ha), vurderes mindst én af belastningerne at være mindre. Selvom der i dette område vil være nogen effekt af den aggregerede påvirkning, forventes den at være minimal. I 100 ha, ca. 1 pct. af ålegræsarealet i Rødsand, er områderne med samlet påvirkning af sedimentaflejring og øget sediment sammenfaldende med områder, hvor det kumulative lys for vækstsæsonen er under 1.000 E m⁻². For de efterfølgende år af anlægsarbejdet er området med aggregerede påvirkninger mindre.

FIGUR 12.7-12 Arealer hvor der kan forventes en aggregeret påvirkning fra øget sediment i vandet og aflejret sediment



Tabt havbund kan ikke blive yderligere påvirket, og aggregerede effekter er således ikke relevante.

Samlet set vurderes den potentielt aggregerede virkning ikke at være væsentlig.

Det er derfor kun arealtabet som følge af det nye landområde ved Lollands kyst, der vurderes at udgøre en væsentlig negativ virkning på den marine bundflora, idet funktionen af det lokale kystnære økosystem i Femern Bælt påvirkes. Det berørte gaffeltangsamfund er udbredt i Kattegat-Østersø området, og det vurderes, at den lokale forringelse ikke er kritisk for makroalg-samfundets forekomst og funktion i den vestlige Østersø.

TABEL 12.7-18 Oversigt over omfang af forringelser og tab af bundfloraen baseret på arealer (ha)

Samfund	Omfang af forringelser/ tab	Øget sediment i vandet Forringelse		Aflejring af sediment Forringelse	Tab af havbund Tab	Ændringer i kyst- morfologi Tab
		Et år efter anlægsstart	Fem år efter anlægsstart			
Ålegræs	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	98	-	-	6	-
	Middel	1.922	-	-	239	-
	Lille	7.206	-	353	-	-
Ålegræs /alger	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-	-
	Middel	-	-	-	2	-
	Lille	891	-	0	-	-
Havgræs/ dværg- ålegræs	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-	-
	Middel	22	-	-	-	-
	Lille	135	-	0	0	-
Blæretang	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-	-
	Middel	-	-	-	-	-
	Lille	0	-	0	33	-
Gaffeltang	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	142	-	-	4	18
	Middel	604	-	-	12	190
	Lille	2.127	-	0	191	-
Ribbeblad	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-	-
	Middel	-	-	-	-	-
	Lille	487	-	65	51	-
Sukkertang	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-	-
	Middel	-	-	-	-	-
	Lille	122	-	49	34	-
Trådalger	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	11	-	-	-	-
	Middel	1.667	-	-	-	-
	Lille	1.354	-	411	192	15
Vegetation (1 - 10 pct. Dæknings- grader)	Meget stor	-	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-	-
	Middel	-	-	-	-	-
	Lille	-	-	-	75	2

12.8 BUNDFAUNA

I dette afsnit beskrives mulige virkninger på bundfaunaen i Femern Bælt ved anlæg og drift af en sænketunnel. Virkninger er beskrevet for hvert af de ni bundfauna-samfund, der er registreret i undersøgelsesområdet i Femern Bælt. Bundfaunaen er en vigtig del af føden for fugle og fisk, og en nedgang i forekomsten kan have konsekvenser for specielt muslingespisende fugle. Virkninger på fødegrundlaget, som følge af en mulig forringelse af bundfaunaen, er beskrevet i afsnit 12.9 Fiskeøkologi i Femern Bælt og afsnit 12.11 Fugle på havet.

I kapitlet præsenteres de vurderede komponenter, de ni bundfauna-samfund og betydningen af bundfaunaen i Femern Bælt for de vurderede komponenter. I analysedelen beskrives bundfaunaens sårbarhed over for projektets belastninger, hvilke kriterier, der er anvendt, og projektets virkninger på de komponenter. Til sidst i kapitlet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

Kyst-kyst projektet kan påvirke bundfaunaen i Femern Bælt direkte og indirekte. De direkte belastninger optræder, når projektets fysiske strukturer eller aktiviteter i anlægs- eller driftsfasen fjerner bundfaunaen eller væsentligt forringer forholdene for bundfaunaen. Indirekte belastninger optræder, når virkninger på øvrige miljøkomponenter påvirker bundfaunaen (saltholdighed, mængden af føde osv.). Påvirkningerne kan have negative eller positive konsekvenser for bundfaunaen.

Virkningerne på bundfaunaen er ofte reversible. Det vil sige, at de oprindelige bundfauna-samfund genetableres og artsammensætningen, biodiversiteten og mængden af dyr (antal og biomasse) bliver, som de var før projektet. I områder, hvor arealer permanent inddrages, tabes bundfaunaen og bundfaunaens levesteder permanent. Omvendt skabes nye muligheder for etablering af samfund på anlæggets nye, hårde overflader.

Kapitlet fokuserer på virkninger på bundfaunaen i Femern Bælt. Virkninger på habitattyper inden for Natura 2000-områder, der kan blive berørt af projektet, behandles særskilt i kapitel 17.

12.8.1 Vurderede komponenter

Som beskrevet i miljøkortlægningen (afsnit 10.1.7 Bundfauna) kan bundfaunaen inddeles i ni samfund (tabel 12.8-1). Samfundene er karakteriseret ved deres artssammensætning og økosystemfunktion. Vurderingen af virkningen på bundfaunaen er sket med udgangspunkt i betydningen, udbredelsen og sårbarheden af disse samfund.

TABEL 12.8-1 Marine bundfauna-samfund i Femern Bælt, der er udgangspunkt for vurderingen af virkninger på miljøet

Sub-faktor	Komponent	Sub-komponent
Marin bundfauna	Infauna, epifauna og blåmuslinger	Molbøsters
		Bathyporeia
		Hjertemusling
		Hampefrømusling
		Stikkelsbærsøpung
		Gammarus
		Blåmusling
		Tangsnegl
		Klotanglus

12.8.2 Projektets belastninger

Bundfaunaen kan påvirkes af projektet i både anlægs- og driftsfasen samt af selve anlægget (permanente og midlertidige fysiske strukturer). De relevante belastninger omfatter:

- Øget sediment i vandet
- Aflejring af spildt sediment på havbunden
- Tab af havbund
- Introduktion af nye, hårde overflader

Tab af havbund skyldes især de fysiske strukturer, der beslaglægger havbunden samt arealinddragelsen i linjeføringen. Øget sediment i vandet og aflejring af dette på havbunden er en følge af sedimentspild under uddybnings-, transport- og opfyldningsaktiviteter. Introduktion af nye, hårde overflader, der befinder sig under havets overflade, giver mulighed for etablering af bundfauna på disse overflader.

Virksomheden af disse belastninger analyseres nærmere i afsnittet "Analyse af miljøkonsekvenserne".

Scoping-rapporten lister derudover flere mulige belastninger:

- Frigivelse af miljøfarlige stoffer
- Frigivelse af næringsstoffer
- Introduktion af nye arter
- Ændringer i havbundsmorfologi
- Ændringer i kystmorfologi
- Ændringer i hydrografien

Vurderingen af disse belastninger viser, at størrelsen af belastningerne er meget begrænsede og kun vil forårsage ubetydelige virkninger på bundfaunaen i Femern Bælt. Tabel 12.8-2 giver en oversigt over alle belastninger, der potentielt kan påvirke bundfaunaen i Femern Bælt.

TABEL 12.8-2 Belastninger, der potentielt kan påvirke bundfaunaen i projektets anlægsfase og driftsfase eller som følge af selve anlægget

Belastning	Vurderede belastninger	Årsag	Knyttet til
Øget sediment i vandet	+	Sedimentspild som følge af uddybnings-, transport- og opfyldningsaktiviteter	Anlægsfase
Tab af havbund	+	Anlæg (arealinddragelse og landopfyldning)	Anlæg og anlægsfase
Aflejring af sediment	+	Sedimentspild	Anlægsfase
Nye, hårde overflader	+	Anlæg (nye fysiske strukturer på havbunden)	Anlæg
Frigivelse af miljøfarlige stoffer	-	Sedimentspild	Anlægsfase
Frigivelse af næringsstoffer	-	Sedimentspild	Anlægsfase
Indførelse af nye arter	-	Skibstrafik i forbindelse med transport af import af byggematerialer o. lign.	Anlægsfase
Ændringer i havbundens morfologi	-	Uddybninger og bygning af fysiske strukturer	Anlæg
Ændringer i kystmorfologien	-	Uddybninger og bygning af fysiske strukturer	Anlæg
Ændringer i hydrografien	-	Uddybninger og bygning af fysiske strukturer	Anlæg

Note: + = Relevant belastning, som behandles uddybende. - = Ikke-relevante belastninger, der har ubetydelige virkninger på bundfaunaen og derfor ikke behandles yderligere

Nedenfor er givet en kort beskrivelse af de ikke-relevante belastninger.

Frigivelse af miljøfarlige stoffer

Analyser af havbundssedimenterne viser, at sedimentets indhold af tungmetaller og svært nedbrydelige organiske forbindelser er meget lille. Det er derfor ikke sandsynligt, at der i forbindelse med anlægsarbejdet, omfordelingen af havbundsmaterialer og den midlertidige opblanding af sediment i vandfasen kan ske overskridelser af givne miljøkvalitetsstandarder (EQS) og vandkvalitetskriterier (VKK) (se vurdering i afsnit 12.3 Vandkvalitet).

De beregnede belastninger ligger langt under de gældende grænseværdier. Det vurderes derfor, at frigivelse af miljøfarlige stoffer ikke vil være en væsentlig belastning for bundfaunaen.

Frigivelse af næringsstoffer

Frigivelse af næringsstoffer er meget lille (se vurdering i afsnit 12.3) og er ikke en potentiel belastning, der kan påvirke bundfaunaen, men er nævnt, da det er en belastning, der kan være vigtig for andre komponenter, så som bundflora og plankton.

Introduktion af nye arter

I forbindelse med forøget trafik og import af byggematerialer kan der være risiko for at importere nye arter, der potentielt kan være invasive og/eller kan etablere sig og ændre de eksisterende bundfauna-samfund. Da bygge- og opfyldningsmaterialer primært tilføres projektet fra nærtliggende områder i danske og tyske farvande, vil der ikke blive tilført nye arter, der kan påvirke bundfauna-samfundene væsentligt.

Skulle der tilføres materialer fra områder uden for Østersøen og i indre danske farvande, vil risikoforøgelsen for indførelse af nye arter ikke være væsentlig set i forhold til de eksisterende 47.000 (2010) gennemsejlinger pr. år af skibe fra hele verden (FEMA 2013).

Ændringer i havbundsmorfologi

Ændringer af havbundens morfologi kan ske som følge af ændrede strømforhold ved havbunden. Disse kan opstå som følge af anlægget. I forbindelse med etableringen af en sænketunnel vil der imidlertid ikke være ændringer i strømforhold, der kan forårsage effekter på havbunden (afsnit 12.4 Sedimenter og bundformer). Der vil derfor heller ikke være væsentlig påvirkninger på bundfauna-samfundene.

Ændringer i kystmorfologi

Ændringer af kystmorfologien kan ske som følge af ændrede bølge- og strømforhold langs kysten. Der kan dannes nye erosions- og aflejringssteder. Beregninger viser, at disse ændringer som følge af etableringen af en tunnel med nye landområder vil kun ske meget lokalt og i et mindre omfang. Desuden vil disse ændringer ske langsomt, og de vil ikke ændre habitatstrukturen i området væsentligt (afsnit 12.5 Kystmorfologi). Virkninger på bundfaunaen som følge af ændringer i kystmorfologien vil derfor ikke være væsentlige.

Ændringer i hydrografi, vandkvalitet og plankton

Afsnit 12.2 beskriver projektets virkninger på det hydrografiske regime og afsnit 12.3 og 12.6 de afledte virkninger heraf på vandkvalitet og plankton. For bundfaunaen kan specielt ændringer i fødeudbud (planteplankton) og levevilkår, herunder særligt ilt, have en væsentlig virkning.

I afsnit 12.6 konkluderes det, at virkningerne på planteplankton og iltforhold ligger inden for den naturlige variation i området og derfor ikke er væsentlige. Ændringer i det hydrografiske regime, vandkvalitet og plankton vil derfor ikke være væsentlige for bundfaunaen.

12.8.3 Betydning

Betydningen af de ni bundfauna-samfund er vurderet på basis af nedenstående kriterier. Karakteristiske arter er i denne sammenhæng arter, der er særegne for samfundet, og arter, der økologisk set er karakteristiske for samfundet. De sidstnævnte arter kan også være almindeligt forekommende i andre samfund.

- 1 Samfund, der omfatter karakteristiske arter, som er beskyttet af habitatdirektivet, er af "meget stor betydning". Samfund, der er knyttet til en bestemt Natura 2000-habitattype, kan bidrage til betydningen af et samfund, men er ikke i sig selv af "meget stor betydning"
- 2 Samfund, der omfatter karakteristiske arter, som er på HELCOM's rødliste for arter og habitater, er af "meget stor betydning"
- 3 Samfund, der er vigtige for økosystemet på lokal skala, er af "middel betydning", på regional skala af "stor betydning" og på pan-regional skala af "meget stor betydning"
- 4 Samfund, hvis karakteristiske arter er angivet på danske eller tyske rødlister, klassificeres som af "stor betydning" i Danmark og "meget stor" betydning i Tyskland

For de tyske områder er der yderligere foretaget en vurdering af samfund, der tilhører en biotop, der er beskyttet af tysk lovgivning (§ 30-biotop, BNatSchG), og som dermed anses som af "meget stor betydning". Denne vurdering har ikke givet anledning til en ændring af samfundenes endelige betydning.

Betydningen af de enkelte bundfauna-samfund er vist i tabel 12.8-3. For hvert enkelt samfund er alle gældende kriterier listet. Hvis de anvendte kriterier indikerer forskellige kategorier af betydning, er den endelige kategorisering vurderet på basis af en ekspertvurdering, begrundet i relevansen af de forskellige kriterier for det individuelle samfund og den specifikke forekomst i undersøgelsesområdet.

Opsummeret har to samfund meget stor betydning, tre samfund har stor betydning, to samfund har middel betydning, og to samfund har lille betydning.

TABEL 12.8-3 Betydningen af de ni bundfauna-samfund i Femern Bælt.

Samfund	Betydning	Begrundelser for vurdering af betydning
Molboøsters	Meget stor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Molboøsters (<i>Arctica islandica</i>) er listet som en vigtig art i det tyske Natura 2000-område SCI DE-1332-301 2. <i>Mya truncata</i> (Sandmusling) er på HELCOMs rødliste 2. Molboøsters (<i>A. islandica</i>) er i følge HELCOM ikke truet i området, men i tilstødende områder, og Femern Bælt vurderes til at være et vigtigt rekrutteringsområde for bestandene i resten af Østersøen 2. Habitatet er på HELCOMs rødliste 3. Samfundet i Femern Bælt har pan-regional betydning 4. <i>Macoma calcarea</i> og <i>Astarte montagui</i> er på den tyske rødliste <p>Da alle kriterier listet er af meget stor betydning, og da udbredelsen af samfundet er stor, er den samlede vurdering, at betydningen er stor.</p>
Bathyporeia	Lille	<ol style="list-style-type: none"> 3. Lokal betydning <p>Samfundet er et dynamisk samfund med hensyn til artsantal og antal individer, og den økologiske funktion af samfundet er derfor begrænset, selvom betydende lokalt. Den samlede vurdering er derfor, at samfundet er af lille betydning.</p>
Hjertemusling	Middel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Associeret til habitattype 1160 (Lavvandede bugter og vige) 3. Lokal betydning <p>Et stabilt samfund, der udgør en vigtig fødekilde for fisk og pattedyr lokalt (Femern Bælt), og som derfor er en vigtig komponent i det lokale økosystem. Den samlede vurdering af betydningen er middel.</p>
Hampefrømusling	Lille	<ol style="list-style-type: none"> 3. Lokal betydning <p>Samfundet er et overgangssamfund mellem flere andre samfund og mellem dybt og lavt vand. Udbredelsen er meget begrænset og den økologiske betydning på lokal skala er lille. Betydningen er derfor vurderet lille.</p>
Stikkelsbærsøpung	Stor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Associeret til habitattype 1170 (rev) 1. Stikkelbærsøpung (<i>Dendrodoa grossularia</i>) er listet som en vigtig art i Natura 2000-området SCI DE-1332-301 2. Habitatet er på HELCOMs rødliste 3. Regional betydning 4. <i>Macoma calcarea</i> og <i>Astarte montagui</i> er på den tyske rødliste <p>Samfundet har en lille udbredelse og lille økologisk betydning regionalt. Samfundet er derfor samlet vurderet til at være af stor betydning.</p>
Gammarus	Middel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Associeret til habitattype 1160 (Lavvandede bugter og vige) 3. Lokal betydning <p>Samfundet er associeret med blåmuslingesamfundet (<i>Mytilus edulis</i>), bundflora og hård bund. Samfundet er en vigtig fødekilde for fisk og derfor en vigtig komponent i økosystemet lokalt. Den samlede vurdering af samfundets betydning er middel.</p>
Blåmusling	Stor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Habitattype 1170 (Rev) 2. Denne habitattype er på HELCOMs rødliste 3. Regional betydning <p>Størstedelen af de områder, der er kategoriseret som blåmuslingesamfund, er ikke egentlige muslingebanker, men er snarere spredte forekomster af muslinger mellem blødbunds-samfund. Betydningen er derfor vurderet til stor, selvom alle kriterier er af meget stor betydning.</p>

TABEL 12.8-3 Betydningen af de ni bundfauna-samfund i Femern Bælt.

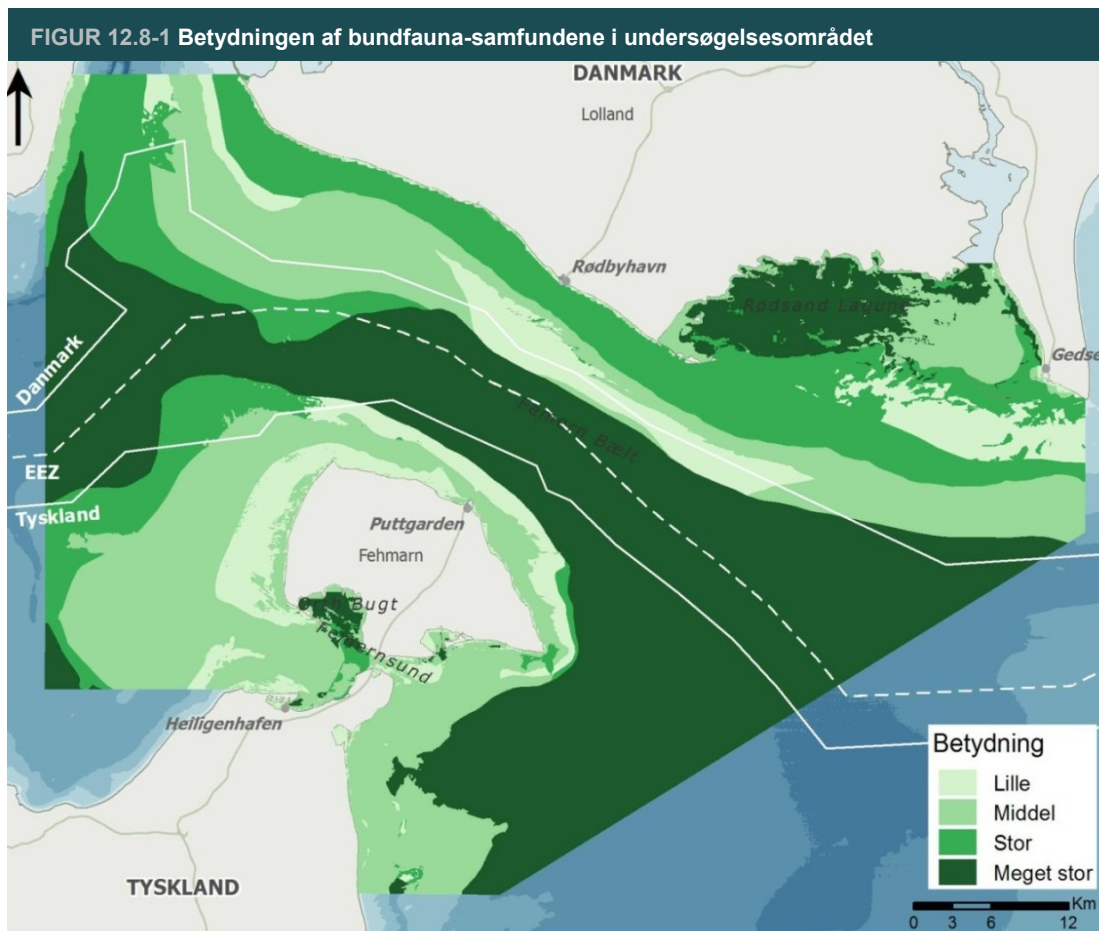
Samfund	Betydning	Begrundelser for vurdering af betydning
Tangsnegl	Meget stor	2. <i>Parvicardium hauniense</i> er på HELCOMs rødliste 3. Regional betydning Samfundet er et epifauna-samfund knyttet til forekomsten af ålegræs, der også er af meget stor betydning. Vurderingen af Tangsneglsamfundet er derfor, at samfundet er af meget stor betydning.
Klotanglus	Stor	1. To arter; <i>Ophelia</i> , <i>Travisia</i> er listede som vigtige arter i det tyske Natura 2000-område SCI DE-1332-301 2. Habitatet er på HELCOMs rødliste 3. Regional betydning Samfundet har en meget lille udbredelse og er derfor ikke af meget stor betydning for den økologiske funktion. Betydningen er derfor vurderet til stor, selvom alle kriterier er af meget stor betydning.

Note: Bestemt på basis af kriterierne angivet på listen ovenfor (numrene refererer til numrene i ovenstående liste over kriterier)

På basis af de enkelte samfunds betydning og fordelingen af samfundene (kapitel 10 Eksisterende miljømæssige forhold) er bundfaunaens betydning kortlagt (figur 12.8-1). De centrale dybe områder er tillagt meget stor betydning, fordi de er levested for Molbøsters-samfundet.

Langs Lollands sydkyst er betydningen stor; her er Blåmuslingesamfundet dominerende ud til vanddybder på omkring 12 - 15 m.

I Kielerbugten og det sydlige Storebælt hænger den store betydning sammen med udbredelsen af Stikkelsbærøspung-samfundet: Samfundene i de lavvandede bugter og vige i Rødsand og Orth Lagune har ligeledes stor betydning; her findes Tangsnegl-samfundet, der knytter sig til de udbredte ålegræsforekomster i disse områder.



12.8.4 0-alternativet

Vurderingen af projektets virkninger på bundfaunaen er foretaget på basis af de eksisterende miljømæssige forhold (kapitel 10), da et 0-alternativ ikke vurderes særskilt at ville ændre bundfaunaen i Femern Bælt.

12.8.5 Analyse af miljøkonsekvenserne

Virkningen af de væsentlige belastninger beskrives som *forringelser* af bundfaunaen ved at kombinere *belastningens størrelse* med bundfaunaens *sårbarhed over for belastningen*. Sårbarhed er en udbygning af følsomhedsbegrebet, der er anvendt i andre vurderingskapitler, da det også indbefatter en vurdering af retableringen af samfundet.

Omfanget af forringelserne er fundet ved brug af GIS-analyser, økologiske modeller, ekspertvurderinger og relevant litteratur.

Omfanget er graderet ved anvendelse af vurderingskriterier, der enten er kvalitativt baseret på økologiske modelresultater, eller som bygger på ekspertvurderinger. Omfanget af tab er beskrevet ved at relatere tabet til betydningen af bundfauna-samfundet. Tabel 12.8-4 giver et overblik over de metoder og data, der er anvendt.

TABEL 12.8-4 Oversigt over de vurderede belastninger samt metoder og data anvendt i vurderingen af virkningerne på bundfaunaen

Fase / struktur	Belastning	Metode og datagrundlag	Datagrundlag
Anlægsfase	Øget sediment i vandet	GIS-analyser Økosystemmodellering (effekter på blåmuslinger)	Modelleret sedimentpild Kort over bundfauna-samfund Viden om bundfauna-samfundenes sårbarhed.
	Aflejring af sediment	GIS-analyser	Modelleret sedimentpild. Kort over bundfauna-samfundene. Viden om bundfauna-samfundenes sårbarhed.
Anlægs-/driftsfase	Tab af havbund	GIS-analyser	Kort over arealinddragelse Kort over bundfauna-samfundenes betydning.
	Nye, hårde overflader	GIS-analyser, kvantitative og kvalitative analyser	Data om strukturbetingede vertikale og horisontale hård bunds-overflader. Kort over bundfauna-samfundene. Viden om bundfauna-samfundenes sårbarhed.

Størrelsen af belastning

I dette afsnit gennemgås, hvordan størrelsen af de vurderede belastninger kvantificeres og beskrives.

I tabel 12.8-5 opsummeres de vurderede belastninger, samt hvilken virkning belastningen kan have på bundfaunaen.

TABEL 12.8-5 De vurderede belastninger af kyst-kyst projektet og deres mulige virkning på bundfaunaen

Fase / struktur	Belastning	Påvirkning
Anlægsfase	Øget sediment i vandet	Fortynding af fødepartikler som følge af øget sediment og reduktion af fødepartikler i vandsøjlen som følge af skygning og dermed mindre produktion af planteplankton. Blokering og/eller tilstopning af filtrerende organer. Beregnet som koncentrationer (mg/l) af sediment i vandlaget ved bunden, varigheden af belastningen samt bundfauna-samfundenes følsomhed.
	Aflejring af sediment	Aflejring af sediment på bundfauna-samfund. Belastningen er beregnet som sedimentlagets tykkelse og varighed. Omfanget af forringelse afhænger af bundfauna-samfundenes sårbarhed. Punktvis observationer af sedimentationsraten er desuden inkluderet i vurderingerne.
Anlægs-/driftsfase	Tab af havbund	Tab af bundfauna-habitater
	Nye, hårde overflader	Forøgelse af hård bunds-arealer, hvilket kan give anledning til større arealer med hård bundsamfund.

Belastninger fra sedimentpild som følge af gravearbejdet er beskrevet mere detaljeret i afsnit 12.1.

Øget sediment i vandet

Virkninger på blåmuslingepopulationerne er blevet vurderet ved hjælp af økologisk numerisk modellering. Forholdet mellem belastning (reduktion af fødepartikler i vandet) og virkning (reduktion i biomasse) er indbygget i modellen.

For de øvrige bundfauna-samfund er størrelsen af belastningen bestemt og klassificeret på baggrund den øgede sedimentkoncentration i det bundnære vandlag og varigheden af den øgede koncentration. Desuden er bundfauna-samfundenes sårbarhed over for suspenderet sediment taget i betragtning. Følgende kriterier er anvendt til klassifikation af størrelsen af belastningen (lille, middel, stor og meget stor):

- Uafhængigt af sedimentkoncentrationen anses hændelser, der sammenhængende varer < 1 uge, for at være ubetydelige. Der kan i litteraturen ikke findes dokumentation for øget dødelighed af bundfauna ved kortvarige, forhøjede sedimentkoncentrationer. Vækstraten kan påvirkes, men alle filtratorer, der er den type bundfauna, som primært kan blive påvirket af øget sediment i vandsøjlen, har høje vækstrater og forventes derfor hurtigt at kunne kompensere for eventuelt væksttab. Det vurderes derfor, at alle arter af bundfauna vil kunne overleve i op til en uge uden føde.
- Uafhængigt af varigheden vurderes hændelser med koncentrationer < 10 mg/l at være ubetydelige. Sækdyr, Stikkelsbærøspung-samfundet, der omfatter de organismer, der er mest sårbare over for suspenderet materiale, responderer ikke negativt på koncentrationer < 10 mg/l. I områder, hvor stikkelsbærøspung-samfundet findes, er den gennemsnitlige naturlige baggrundskoncentration af suspenderet stof < 2 mg/l. Desuden er der observeret meget få perioder på få dage, hvor koncentrationen af suspenderet stof når 7 mg/l i disse områder. Additive koncentrationer af naturligt forekommende høje koncentrationer og forhøjede koncentrationer fra spild i perioder med en varighed > 1 uge, vurderes derfor ikke betydelige.
- Hændelser, der varer mellem 1 uge og 1 måned, og hvor sedimentkoncentrationen > 100 mg/l vurderes at have middel til meget store effekter på bundfauna-samfundene. Flere fysiologiske studier har vist reducerede vækstrater på grund af udsultning og et ekstra energiforbrug relateret til rengøring af filtrerende munddele og andre organer. Forøget dødelighed forventes ikke at indtræffe på dette niveau

I tabel 12.8-6 er belastningens størrelse klassificeret som funktion af sedimentkoncentration og hændelsens varighed. Koncentrationen af øget sediment i vandet ved bunden er fundet ved hjælp af sedimentspildsmodellen. I hvert modelgrid er det glidende gennemsnit estimeret for 7, 30 og 100 dage.

Bundfaunens kondition kan potentielt nedsættes, hvis de udsættes for flere på hinanden følgende hændelser med høj koncentration af øget sediment kun afbrudt af få dages varighed. Analyser har vist, at denne situation ikke er sandsynlig.

Hvis man ser bort fra områder tæt ved gravearbejdet, findes høje koncentrationer af suspenderet sediment nær bunden kun i forbindelse resuspensionshændelser (strøm- og bølgeinduceret), hvor både det naturlige og det spildte sediment hvirvles op fra havbunden. Frekvensen af resuspensionshændelser er årstidsafhængig og forekommer i gennemsnit hver uge i efteråret og hver tredje uge i sommerhalvåret. Hændelserne er typisk af 2 - 4 dages varighed (FEMA 2013). Hyppige hændelser af lang varighed og med korte afbrydelser er derfor ikke sandsynlige, og bundfaunen har mulighed for at restituere mellem hver hændelse.

TABEL 12.8-6 Belastningens størrelse som funktion af koncentration og varighed af øget sediment i vandet

Belastningens størrelse		Varighed (sammenhængende dage)		
		≥ 100	30 – 99	7 – 29
Koncentration (mg/l)	≥ 100	Meget stor	Stor	Middel
	50 – 99	Stor	Middel	Lille
	25 – 49	Middel	Lille	Lille
	10 – 24	Lille	Lille	Lille

Note: FEMA 2013

Aflejring af sediment

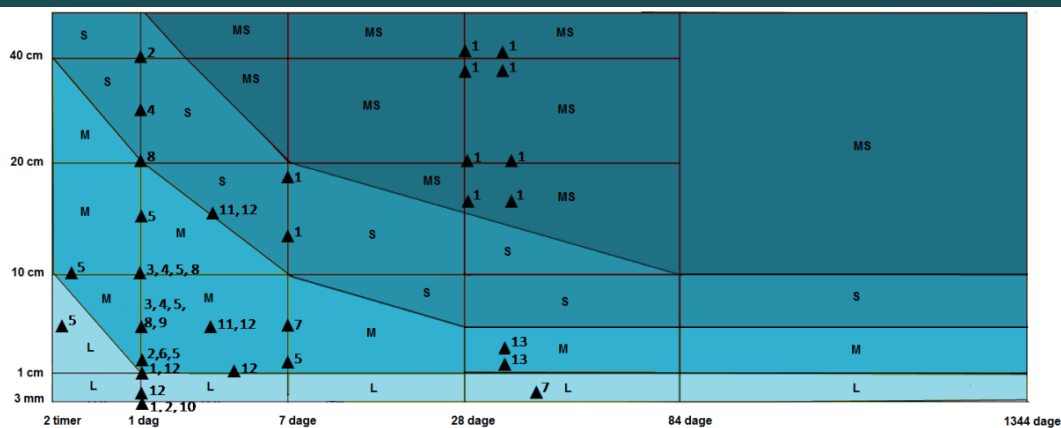
For aflejret sediment er belastningens størrelse bestemt ud fra modellerede data for sedimentationsrater, sedimentlagets tykkelse (mm) og varigheden af aflejringen (tiden sedimentet bliver liggende, inden det igen hvirvles op). Yderligere er den naturlige variation og bundfaunasamfundenes sårbarhed inddraget i vurderingen.

Aflejringer med en tykkelse < 3 mm er vurderet som værende ubetydelig, da selv de mindste og mindst mobile arter af bundfaunaen vurderes at være upåvirket af så tynde sedimentlag.

Belastningens størrelse er gradueret ved brug af en matrix, som vist i figur 12.8-2. Det antages, at der er en lineær sammenhæng mellem intensitet (sedimentlagets tykkelse) og varighed. Ekspertvurderinger og litteraturværdier har dannet grundlag for gradueringen og afgrænsning af de fire belastningsgrader.

Studier i Femern Bælt viser, at der er store rumlige og tidslige variationer i de naturlige sedimentationsrater afhængigt af dybde, bølgeeksponering og strømhastighed. Baggrunds niveauer er anvendt i den endelige vurdering af virkningen på bundfaunaen.

FIGUR 12.8-2 Størrelse af belastningen for aflejret sediment defineret som en kombination af sedimentlagets tykkelse og varigheden



Note: Numrene refererer til de referencer, der ligger til grund for matrixen. Disse kan ses i baggrundsrapporten. Note 2: Den korteste varighed er to timer (modellens tidskridt). De fire grader af belastningens størrelse fra lille (lys blå) til meget stor (mørk blå) er angivet med de fire blå farver

Tab af havbund

Anbringelse af nye fysiske strukturer, så som tunnelelementer, nye landområder og arbejds-havne, medfører, at de bundfauna-samfund, der findes på havbunden de pågældende steder, går tabt. Graden af påvirkning ved tab er altid vurderet som "meget stor".

Nye hårde overflader

Nye, hårde overflader, så som kysten langs landopfyldningerne og beskyttelsesrev, giver mulighed for kolonisering af hård bundssamfund, hvilket potentielt kan påvirke de omkringliggende eksisterende samfund. Arealet af nye hårde overflader under vandoverfladen er beregnet ud fra tekniske tegninger. Størrelsen af belastningen gradueres ikke.

Sårbarhed

Bundfaunaens sårbarhed afhænger af to aspekter:

Intolerance

Dyrenes intolerance over for en belastning og evnen til at retablere sig (i tid). Med dyrenes intolerance menes manglende evne til at overleve en given påvirkning. Heri ligger også, hvor stor en påvirkning dyrene kan tåle, før der bliver tale om et egentligt tab af dyresamfundet.

Intolerancen over for øget koncentration af sediment i vandet og aflejring af sediment afhænger af dyresamfundet eller mere præcist af de enkelte arters intolerance. Det er imidlertid ikke muligt at vurdere de enkelte arters intolerance; delvist på grund af manglende litteraturdokumentation, delvist fordi der er tale om mange arter. Intolerancen er derfor vurderet på samfundsniveau med udgangspunkt i viden om nøglearter og generelt kendskab til virkninger på bundfaunaen.

For to af de væsentlige belastninger, tab af havbund og introduktion af nye hårde overflader, er det ikke relevant at tale om sårbarhed. Virkningen af et tab er, at dyresamfundet forsvinder permanent, da habitatet fjernes. Ved introduktion af nye hårde overflader kan nye hård bundsarter etableres, der er således tale om et nyt areal, der skal sammenlignes med de omkringliggende oprindelige samfund.

Retablering efter tab anses for at være det samme, uafhængigt af hvilken belastning, der har forårsaget tabet. Derfor beskrives retableringen først, hvorefter sårbarheden overfor øget sediment i vandet og aflejring af sediment beskrives ved at kombinere intolerance med belastningerne og retablering.

Retablering

Den tid, det tager for et samfund at retableres, afhænger af nøglearternes vækstrater, levetider, reproduktionsmuligheder og spredningskapacitet. Den tid, det vurderes at tage bundfauna-samfundene at retablere sig, hvis samfundet helt forsvinder på grund af belastningen, fremgår af tabel 12.8-7.

TABEL 12.8-7 Estimerede retableringstider for bundfauna-samfundene og en uddybende forklaring på estimerterne

Retablerings-klasse	Definition	Samfund	Forklaring
Meget stor	> 10 år	Molbøsters	Størstedelen af Molbøsters-samfundet består af store langsomt-voksende muslinger, der typisk er 30 - 35 år (molbøsters). Desuden består samfundet af stor astarte, der ofte er > 10 år. Den høje retableringstid er baseret på, at samfundet igen består af en population af både unge og gamle muslinger.
Stor	5 - 10 år	Stikkelsbær-søpung Blåmusling Tangsnegl	Stikkelsbær-søpung-samfundet er typisk for stabile rev-habitater, hvor det generelt tager 5 - 10 år for at etablere en stabil population. Stabile samfund af blåmuslinger består af mange aldersklasser, hvoraf de ældste er mellem 5 - 10 år. Tangsnegl-samfund er afhængige af ålegræs og anden bundflora. Retableringstiden for ålegræs-samfund er > 10 år.
Middel	2 - 5 år	Hjertemusling Gammarus Klotanglus	Hjertemusling-samfund består af flere aldersklasser, hvoraf de ældste er ca. 5 år. Gammarus-samfund er tæt knyttet til flerårige alger, der har en retableringstid på 2 - 10 år. Alderen på de typiske arter i Gammarus-samfundet er 2 - 5 år. Klotanglus-samfundet findes i dynamiske og sandrige miljøer, hvor retableringstiden generelt er relativt lav.
Lille	< 2 år	Bathyporeia Hampefrømusling	Bathyporeia-samfundet findes i meget dynamiske og sandrige miljøer med få arter, lav biomasse og tæthed. Arter i dette samfund er typisk 1 - 2 år. Hampefrømusling-samfundet findes i områder med meget stor dynamik, og retableringstiden er meget hurtig, 1 - 2 år.

Sårbarhed over for øget sediment i vandet

Både sammensætningen af sedimentet, koncentrationen og varigheden af hændelsen er væsentligt for, hvordan øget sediment i vandet påvirker bundfaunaen. Da tolerancen afhænger af flere faktorer, kan betydningen af påvirkningens varighed ikke betragtes særskilt. Yderligere afhænger de forskellige arters intolerance af, i hvor høj grad de er tilpasset naturlige variationer af sediment i vandet.

Intolerancen afhænger også af dyrenes fødesøgningsstrategier. Nogle arter, f.eks. blåmuslinger, er i stand til at sortere uønskede partikler fra, hvorimod andre arter af f.eks. arter af søpunge ukritisk filtrerer og indtager alle partikler. Dyr med den sidstnævnte fødesøgningsstrategi vil være mere intolerante over for øget sediment i vandet (tabel 12.8-8).

TABEL 12.8-8 Oversigt over bundfauna-samfundenes intolerance over for øget sediment i vandet

Intolerance mod øget sediment i vandet	Samfund	Definition
Meget stor	-	Lange perioder med høje koncentrationer af sediment i vandet medfører, at mellem halve og hele populationer udslettes i det pågældende område.
Stor	Stikkelsbærsøpung	Lange perioder med høje koncentrationer af sediment i vandet medfører, at op til halvdelen af populationen udslettes i det pågældende område.
Middel	Blåmusling Tangsnegl	Lange perioder med høje koncentrationer af sediment i vandet påvirker dyrenes livsvilkår, men ikke deres overlevelse.
Lille	Molboøsters Bathyporeia Hjertemusling Hampefrømusling Gammarus Klotanglus	Lange perioder med høje koncentrationer af sediment i vandet har kun en mindre effekt på dyrenes livsvilkår.

Ingen af bundfauna-samfundene vurderes at have meget stor intolerance over for øget sediment i vandet.

Stikkelsbærsøpung-samfundet vurderes at have en stor intolerance over for lange perioder (>1 uge) med øgede koncentrationer af sediment i vandet. Samfundet findes på hård bund på 15 – 25 m's dybde, hvor der sjældent er store naturlige variationer i koncentrationerne af sediment i vandet. Den naturlige gennemsnitskoncentration er ca. 2 mg/l i disse områder. I perioder under meget kraftige storme, er der blevet observeret koncentrationer af suspenderet sediment på op til 7 mg/l af få dages varighed i områder, hvor Stikkelsbærsøpung-samfundet findes.

Karakterarten Stikkelsbærsøpung (*Dendrodoa grossularia*) er ikke i stand til at sortere det filtrede materiale, og arten er derfor påvirkelig over for store koncentrationer af ufordøjelige sedimentpartikler.

Blåmuslinge- og Tangsnegl-samfundet er vurderet til at have middel intolerance over for øget sediment i vandet. Blåmuslinger er relativt intolerante over for øget sediment i vandet og viser reducerede vækstrater, hvis den udsættes for langvarige påvirkninger af forhøjede sedimentkoncentrationer. Påvirkningen vil dog ikke forringe dyrenes overlevelse, men vil kun påvirke væksten.

Tangsnegl-samfundet er afhængigt af sunde ålegræsområder og kan dermed påvirkes, hvis ålegræssets dækningsgrad eller dybdegrænse påvirkes af reducerede lysforhold som følge af øget sediment i vandet.

Bundfauna-samfundene på lavt vand er generelt tilpassede store naturlige variationer i sediment i vandet og har lille intolerance over for øget sediment i vandet. Et eksempel på dette er Hjertemusling-samfundet, som dominerer i den østlige del af Rødsand Lagune. Der er ingen vegetation i området, og målinger viser, at sedimentkoncentrationerne i forbindelse med høje vindhastigheder kan nå op på 200 mg l⁻¹ (FEHY 2013). Hjertemusling-samfundet vurderes derfor at være tolerant over for denne påvirkning.

Hampefrømusling og Molboøsters er ligeledes tolerante over for høje sedimentkoncentrationer. Filtratorer i disse samfund er generelt meget effektive til at frasortere ufordøjelige partikler.

Samfundene Gammarus, Klotanglus og Bathyporeia har ingen dominerende eller karakteristiske arter, der er meget følsomme over for høje sedimentkoncentrationer og vurderes derfor samlet at have en lille intolerance.

Bundfauna-samfundenes sårbarhed er estimeret ved at kombinere retableringen i tabel 12.8-7 med intolerancen overfor øget sediment i vandet for de forskellige samfund (tabel 12.8-8)

Bundfaunaens sårbarhed er angivet i tabel 12.8-9.

TABEL 12.8-9 Bundfauna-samfundenes sårbarhed over for øget sediment i vandet

Sårbarhedsklasse	Samfund
Meget stor	-
Stor	Stikkelsbærsøpung
Middel	Molboøsters, Tangsnegl, Blåmusling
Lille	Hjertemusling, Gammarus, Klotanglus, Bathyporeia, Hampefrømusling

Sårbarhed over for aflejring af sediment

Aflejret sediment kan påvirke levedygtighed, vækst og overlevelse af bundfaunaen. Påvirkningen afhænger af sammensætningen af sedimentet, sedimentlagets tykkelse og varigheden af sedimentaflejringen samt arternes størrelse og mobilitet. Yderligere kan miljøforhold, så som temperatur og saltholdighed, have en indflydelse på virkningen. Da tolerancen afhænger af flere faktorer, kan betydningen af påvirkningens varighed ikke betragtes særskilt.

Der findes meget lidt dokumentation for sammenhænge mellem belastningens størrelse (aflejring af sediment) og virkningen (dødelighed eller reduceret vækst). Vurderingen af samfundenes intolerance, og virkningernes væsentlighed er derfor, ud over ganske få litteratureksempler, foretaget på grundlag af ekspertvurderinger. Tabel 12.8-10 giver en oversigt over bundfaunaens estimerede intolerance over for aflejret sediment.

TABEL 12.8-10 Oversigt over bundfaunaens intolerance over for aflejret sediment

Intolerance overfor aflejret sediment	Definition	Samfund
Meget stor	Perioder med forøget aflejring af sediment medfører, at mellem halve og hele populationer udslettes i det pågældende område.	-
Stor	Perioder med forøget aflejring af sediment medfører, at op til halvdelen af populationen udslettes i det pågældende område.	Stikkelsbærsøpung
Middel	Perioder med forøget aflejring af sediment medfører, at samfundets levevilkår forringes, men overlevelsen påvirkes ikke.	Tangsnegl Blåmusling Gammarus Hjertemusling Hampefrømusling Klotanglus
Lille	Perioder med forøget aflejring af sediment har kun lille effekt på dyrenes levevilkår i det pågældende område.	Bathyporeia Molboøsters

Ingen af bundfauna-samfundene vurderes at have en meget høj intolerance for aflejring af sediment.

Stikkelsbærsøpung-samfundet vurderes at have en stor intolerance over for aflejring af sediment. Samfundet findes i forbindelse med makroalger og hård bunds-samfund på dybt vand og er ikke tilpasset store naturlige aflejringer af sediment.

Karakterarten Stikkelsbærsøpung sidder fast på den hårde bund uden mulighed for at grave sig fri.

Tangsnegl- og Blåmuslinge-samfundene vurderes at have middel intolerance over for aflejret sediment. Tangsnegl-samfundet findes i og på makroalger og ålegræs i områder, hvor der normalt ikke er høje sedimentationsrater. De fleste af arterne i Blåmuslinge-samfundet er meget lidt mobile og har derfor kun lille mulighed for at undvige eller grave sig fri af ekstraordinære sedimentaflejringer. De kan dog klare nogen grad af aflejret sediment.

Gammarus-, Hjertemusling-, Hampefrømusling- og Klotanglus-samfundene vurderes at have en middel intolerance over for aflejring af sediment. Mange arter i Gammarus-samfundet lever af og på makroalger. Samfundet består både af fritlevende og fastsiddende filtrerende arter, der kun har lille mulighed for at undvige hændelser med aflejret sediment. Hjertemusling-, Hampefrømusling- og Klotanglus-samfundene findes i miljøer med perioder med relativ stor naturlig aflejring af sediment.

Molbøsters- og Bathyporeia-samfundene vurderes at have en lille intolerance overfor aflejring af sediment. Mange af arterne i Molbøsters-samfundet er meget mobile og kan derfor grave sig fri af selv meget tykke sedimentlag. Molbøsters og børsteormen *Nephtys* sp. har vist at kunne grave sig fri af sedimentlag på op til 30 - 40 cm. Bathyporeia-samfundet lever i et meget ustabil bølgepåvirket miljø, og de fleste arter er meget mobile.

Sårbarheden for bundfaunaen er fundet ved at kombinere retableringen med intolerancen mod aflejret sediment. Sårbarheden er præsenteret i tabel 12.8-11.

TABEL 12.8-11 Sårbarhed af bundfauna-samfund over for aflejring af sediment

Sårbarhedsklasse	Samfund
Meget stor	-
Stor	Stikkelsbærsøpung
Middel	Tangsnegl, Blåmusling, Gammarus, Hjertemusling, Klotanglus
Lille	Bathyporeia, Hampefrømusling

Vurderingskriterier

Kriterierne, der ligger til grund for vurderingen af virkningen på bundfaunaen for øget sediment i vandet og aflejring af sediment, fremgår af tabel 12.8-12. Belastningens størrelse er graderet under hensyntagen til belastningens karakter og den biologiske komponent, der vurderes. For de øvrige belastninger er omfang af forringelsen ikke graderet.

TABEL 12.8-12 Vurderingskriterier

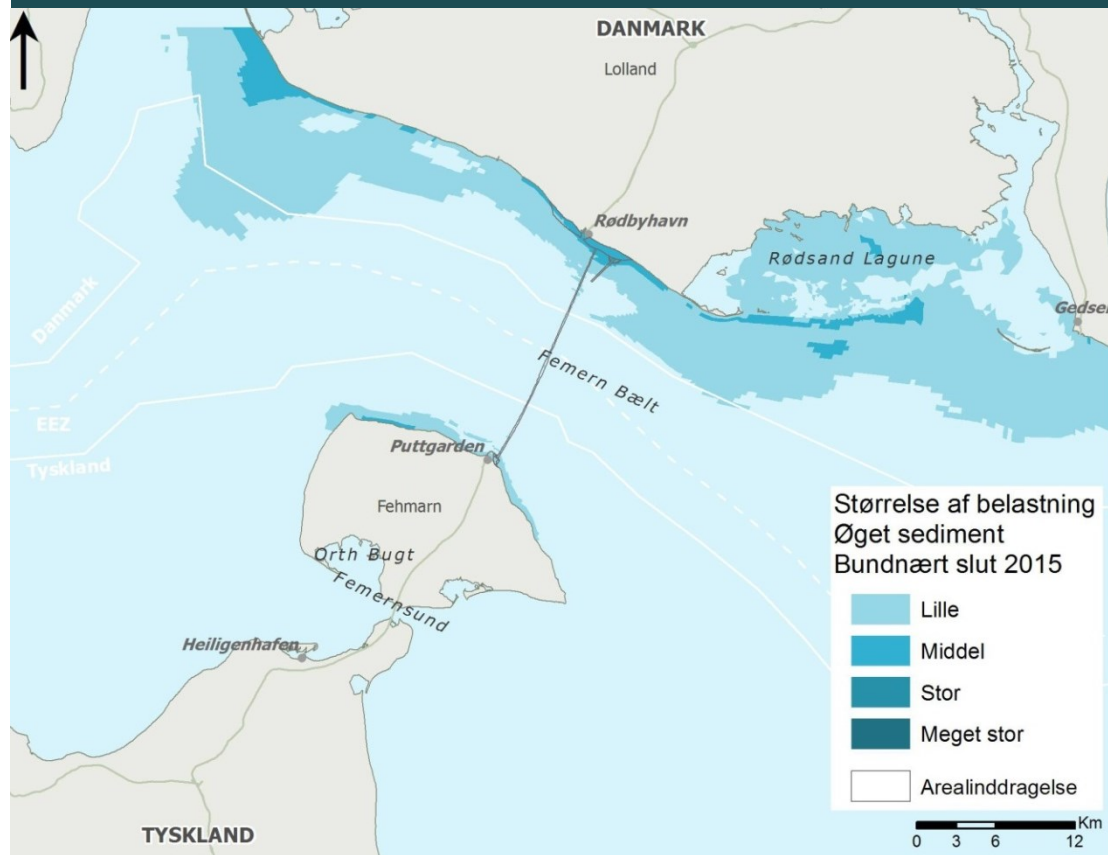
Projekt-belastning	Omfang af forringelsen	Vurderingskriterier for belastningsgrad
Øget sediment i vandet	Meget stort	Meget store forandringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Væsentligt forøget dødelighed hos mere en halvdelen af populationen.
	Stor	Store forandringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Forøget dødelighed på op til halvdelen af populationen.
	Middel	Mindre ændringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Ændringer i dødelighed er ubetydelige.
	Lille	Små ændringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Ændringer i dødelighed er ubetydelige.
Aflejring af sediment	Meget stor	Meget store forandringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Væsentligt forøget dødelighed hos mere end halvdelen af populationen.
	Stor	Store forandringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Forøget dødelighed for op til halvdelen af populationen.
	Middel	Mindre ændringer i levevilkår og fødetilgængelighed. Dødelighed er ikke signifikant forøget.
	Lille	Små ændringer i levevilkår og fødetilgængelighed.

Virkning af øget sediment i vandet

Figur 12.8-3 viser belastningens størrelse og rumlige fordeling i året efter anlægsstart. I de efterfølgende år optræder kun værdier under den nedre grænseværdi for lille belastning (<10 mg/l, jf. tabel 12.8-6 med tilhørende tekst, FEMA 2013). Belastningen er vurderet at være i samme størrelsesorden som den naturlige variation (FEMA 2013).

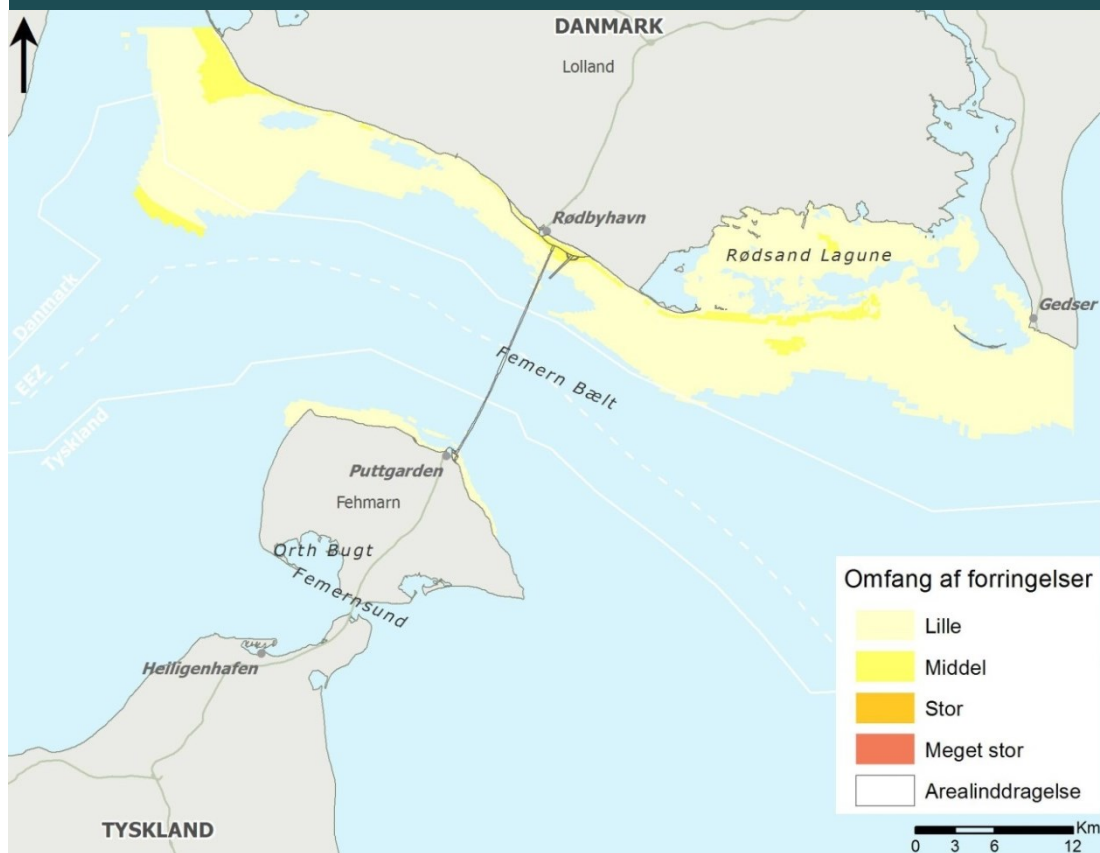
Der ses altovervejende kun en lille belastning i området. I et mindre område ved landopfyldningen ved Lolland er størrelsen af belastningen middel.

FIGUR 12.8-3 Belastningen fra øget sediment i det bundnære vand et år efter anlægsstart for projektet



Omfanget af forringelsen fremkommer ved at kombinere bundfaunaens sårbarhed med belastningens størrelse (figur 12.8-4). Ca. 60.000 ha vurderes at blive forringet. Omfanget af forringelsen vurderes at være lille. Der forekommer hverken stor eller meget stor forringelse. 3.652 ha forudsiges at blive påvirket med middel omfang af forringelse.

FIGUR 12.8-4 Omfang af forringelsen for belastningen øget sediment i vandet i året efter anlægsstart



Den arealmæssige udstrækning af omfanget af forringelsen er angivet i zoner (tabel 12.8-13) og for de enkelte bundfauna-samfund (tabel 12.8-14).

TABEL 12.8-13 Omfanget af forringelsen (areal, ha), der skyldes øget sediment i vandet opgjort i arealer inden for forskellige zoner

Omfanget af forringelsen	Aflejring af sediment					
	Total (DK/DE)	Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (DK/DE)	DK	DE national	DE EEZ
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	0	0	0	0	0	0
Middel	3.652	214	134	3.652	0	0
Lille	54.289	630	6.676	52.709	1.576	4
Total	57.941	844	6.810	56.361	1.576	4

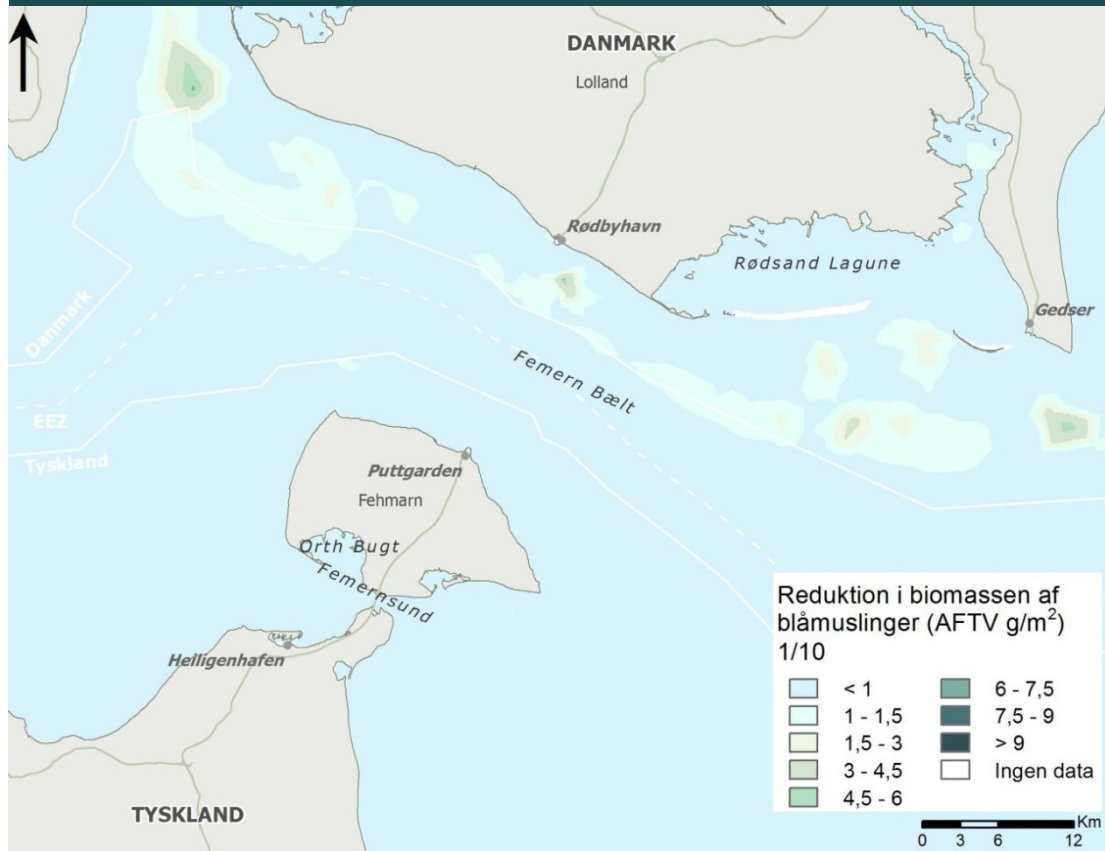
Note: Nærzonen er det marine område 500 m omkring selve anlægget. Lokalzonen er det marine område 10 km omkring tunneltracéet ekskl. Nærzonen

TABEL 12.8-14 Omfanget af forringelsen (areal, ha) fordelt på de ni bundfauna-samfund, som følge af belastningen, øget sediment i vandet

Omfang af forringelse	Bundfauna-samfund	Påvirket areal fordelt på samfund (ha)
Meget stor	-	-
Stor	-	-
Middel	Stikkelsbærsøpung	530
	Blåmusling	2.913
	Rissoa	209
Lille	Molboøsters	6
	Bathyporeia	8.803
	Hjertemusling	3.029
	Hampefrømusling	910
	Gammarus	12.593
	Blåmusling	21.126
	Tangsnegl	7.799
	Klotanglus	23

Omfanget af forringelser for blåmuslinger er modelleret med en økologisk model. Modellen beregner virkningen af øget sediment i vandet (skygning) på produktionen af planteplankton og indirekte virkning på blåmuslingebiomassen. Resultatet viser, at muslingebiomassen i 2015 i enkelte områder langs Lollands kyst reduceres med ca. 10 pct. (figur 12.8-5). I de efterfølgende år ses ingen effekter på blåmuslingernes biomasse.

FIGUR 12.8-5 Ændringer i biomassen af blåmuslinger som følge af belastningen øget sediment i vandet i 1. år af anlægsfasen

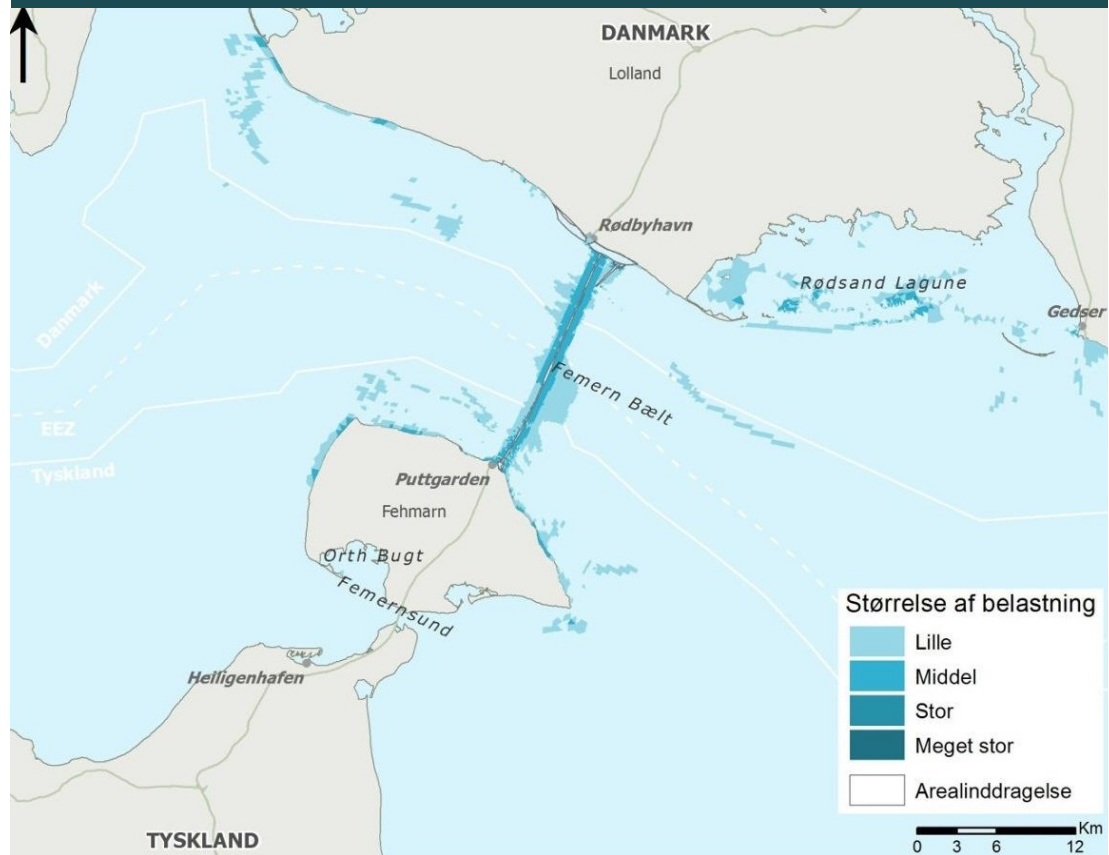


Note: Absolutte værdier askefri tørvægt g m²

Aflejrning af sediment

I figur 12.8-6 vises belastningens størrelse af aflejret sediment i hele anlægsfasen. Der ses altovervejende ingen eller kun en lille belastning i området. I et smalt bælte omkring tunnelrenden og i meget små områder i Rødsand Lagune vurderes belastningen at være stor

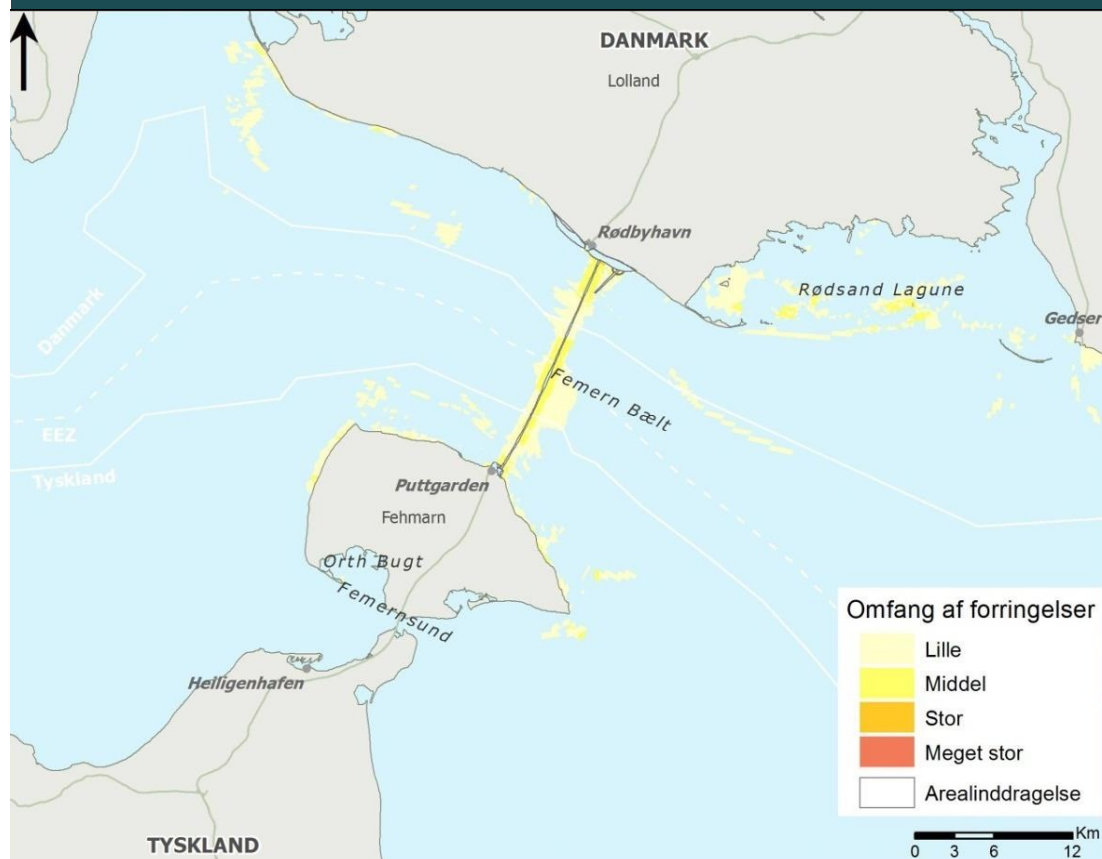
FIGUR 12.8-6 Belastningens størrelse for belastningen, aflejring af sediment, vurderet for hele anlægsfasen



Omfanget af forringelse (figur 12.8-7) fremkommer ved at sammenligne bundfauna-samfundenes sårbarhed med belastningens størrelse (figur 12.8-6). I alt ca. 12.000 ha vurderes at blive forringet.

Omfanget af forringelsen vurderes at være lille. Kun i nærzonen omkring selve linjeføringen og i meget små områder i Rødsand Lagune forventes forringelser, der kan kategoriseres som store. En arealopgørelse af omfanget af forringelsen er angivet i zoner og for de enkelte bundfauna-samfund (tabel 12.8-15 og tabel 12.8-16).

FIGUR 12.8-7 Omfang af forringelsen som følge af aflejring af sediment



TABEL 12.8-15 Omfanget af forringelsen (areal, ha), der skyldes aflejring af sediment

Omfang af forringelse	Aflejring af sediment					
	Total (DK/DE)	Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (DK/DE)	DK	DE national	DE EEZ
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	16	10	0	15	0	0,5
Middel	1.737	1.077	608	1.022	362	353
Lille	10.119	966	2.560	6.481	2.683	955
Total	11.872	2.053	3.168	7.518	3.045	1.309

Note: Opgjort i arealer inden for forskellige zoner. Nærzonen er det marine område 500 m omkring selve anlægget. Lokalzonen er det marine område 10 km omkring selve tunneltracéet ekskl. Nærzonen

TABEL 12.8-16 Omfanget af forringelse (areal, ha) fordelt på de ni bundfauna-samfund, som følge af belastningen, aflejret sediment

Omfang af forringelse	Aflejring af sediment	Påvirket areal fordelt på samfund (ha)
Meget høj	-	-
Høj	Molboøsters	0,5
	Hjertemusling	0,2
	Gammarus	2
	Blåmusling	8
	Tangsnegl	6
Middel	Molboøsters	680
	Hjertemusling	126
	Hampefrømusling	13
	Stikkelsbærsøpung	50
	Gammarus	267
	Blåmusling	353
	Tangsnegl	246
	Klotanglus	1
Lille	Molboøsters	1.628
	Bathyporeia	1.187
	Hjertemusling	725
	Hampefrømusling	1.880
	Gammarus	1.703
	Blåmusling	1.638
	Tangsnegl	1.354
	Klotanglus	2
Total	Molboøsters	2.309
	Bathyporeia	1.187
	Hjertemusling	851
	Hampefrømusling	1.894
	Stikkelsbærsøpung	50
	Gammarus	1.972
	Blåmusling	1.999
	Tangsnegl	1.606
	Klotanglus	3

I alt 11.871 ha vil blive påvirket af belastningen, aflejret sediment, heraf er der for 85 pct. (10.118 ha) tale om en lille forringelse, mens næsten 15 pct. (1.737 ha) bliver påvirket i middel omfang, og kun 0,1 pct. (16 ha) af bundfauna-samfundene bliver påvirket i stort omfang. Molboøsters-samfundet er det samfund, der arealmæssigt påvirkes mest (tabel 12.8-17).

TABEL 12.8-17 Omfang af forringelse forårsaget af aflejret sediment, fordelt på bundfauna-samfund

Samfund	Omfang af forringelse							
	Stor		Middel		Lille		Total	
	ha	pct.	ha	pct.	ha	pct.	ha	pct.
Molboøsters	0,4	0,0	680	0,6	1.628	1,5	2.309	2,1
Bathyporeia	-	0,0	-	0,0	1.187	7,6	1.187	7,6
Hjertemusling	0,2	0,0	126	1,1	725	6,5	851	7,6
Hampefrømusling	-	0,0	13	0,1	1.880	14,2	1.894	14,3
Stikkelsbærsøpung	-	0,0	50	0,2	-	0,0	50	0,2
Gammarus	1,7	0,0	267	0,4	1.703	2,3	1.972	2,7
Blåmusling	8,0	0,0	353	1,1	1.638	5,3	1.999	6,5
Tangsnegl	5,6	0,0	246	2,1	1.354	11,6	1.606	13,8
Klotanglus	-	0,0	1,3	0,1	2,0	0,1	3	0,1

Note: Forringelsen er angivet i pct. af samfundet inden for undersøgelsesområdet, der dækker 292.739 ha

I de tilfælde, hvor der forventes lille eller middel forringelse, vil virkningerne komme til udtryk i forringet vækst, fødeindtag og reproduktion, hvorimod der ikke forventes en øget dødelighed. Genetablering af bundfaunen formodes at ske inden for 2 år, på grund af virkningens begrænsede omfang og arternes retableringsevne.

Tab af havbund

Blivende og midlertidige arealinddragelser, der er nødvendige for konstruktion af en sænketunnel, skaber permanente og midlertidige tab af bundfauna. I alt inddrages et areal på 584 ha.

Samfundene vil permanent blive tabt som følge af de nye landområder, hvor nuværende havbund omdannes til land og i områder med beskyttelseslag, hvor tunnelen kommer op af havbunden.

Midlertidige tab af bundfauna-samfund vil forekomme i adgangskanalen til produktionsstedet på Lolland, i tunnelrenden og i de områder, hvor arbejdshavnene går ud over det nye landområde. Langt den største del af arealinddragelsen skyldes etablering af tunnelrenden og det nye landområde ved Lolland.

TABEL 12.8-18 Beregnet omfang (ha) i de forskellige geografisk administrative områder for belastningen, tab af havbund

Type	Struktur	Total/nærzone (DK/DE)	DK	DE national	DE EEZ
Anlægsfase	Adgangskanal	32	32	0	0
	Tunnelrende uden for Natura 2000-området	125	77	48	0
	Tunnelrende inden for Natura 2000-området	56	0	0	56
	Arbejdshavne (moler)	15	7	8	0
Anlæg	Nye landområder	343	329	14	0
	Forhøjet beskyttelsesrev	13	7	6	0
Total		584	452	76	56

Omfanget af tab af havbund fremkommer ved at kombinere størrelsen af belastningen, hvilket svarer til arealinddragelsen med betydningen af bundfaunaen (figur 12.8-7, figur 12.8-8 og figur 12.8-9). Omfanget af tabet er gradueret fra lille til meget stor, svarende til den graduering, der er foretaget på betydningen. En arealopgørelse af omfanget af permanente og midlertidige tab af bundfauna er angivet i tabel 12.8-18 og tabel 12.8-19.

TABEL 12.8-19 Omfang af tab for belastningen permanente tab af havbund, for projektet

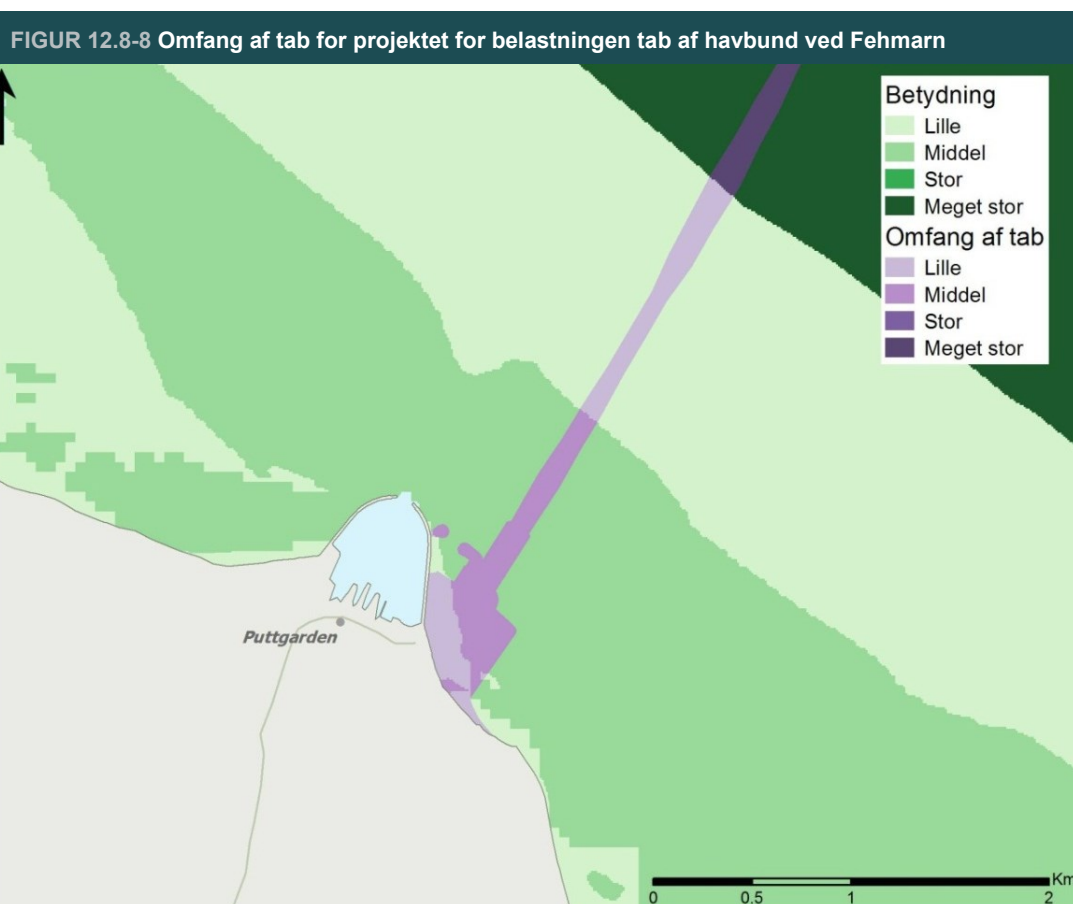
Omfang af tab	Tab af havbund fordelt på zoner (ha)					
	Total (DK/DE)	Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (DK/DE)	DK	DE national	DE EEZ
Meget stor	0	0	0	0	0	0
Stor	182	182	0	182	0	0
Middel	62	62	0	51	11	0
Lille	111	111	0	102	9	0
Total	355	355	0	335	20	0

Note: Nærzonen er det marine område 500 m omkring selve anlægget. Lokalzonen er det marine område 10 km omkring selve anlægget ekskl. Nærzonen

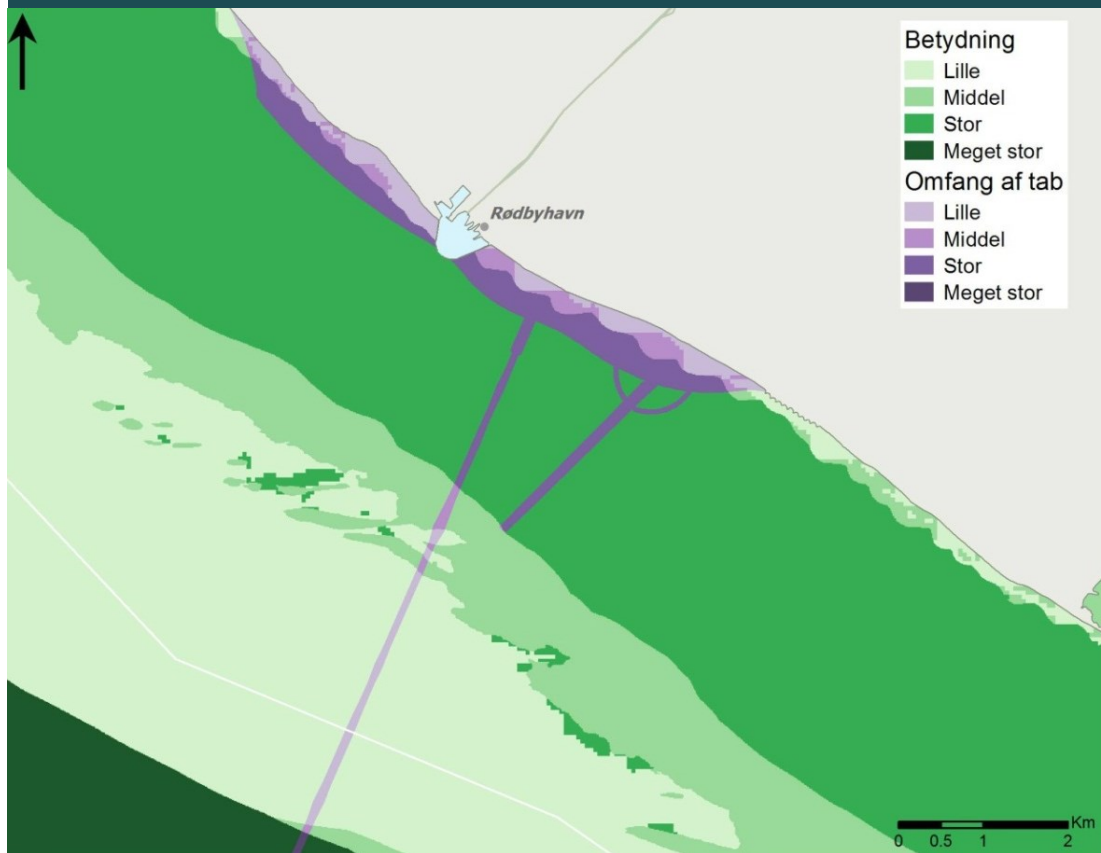
TABEL 12.8-20 Omfang af tab for belastningen midlertidige tab af havbund, for projektet

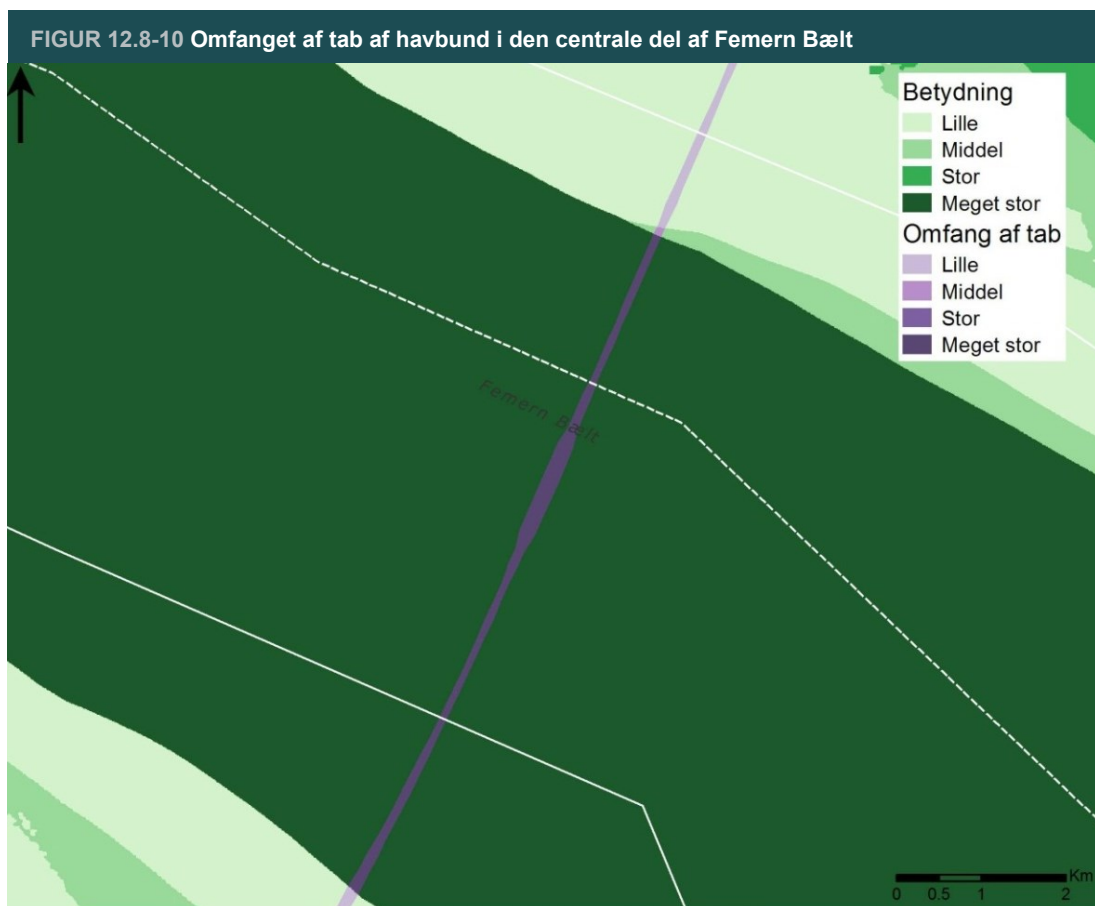
Omfang af tab	Tab af havbund fordelt på zoner (ha)					
	Total (DK/DE)	Nærzone (DK/DE)	Lokalzone (DK/DE)	DK	DE national	DE EEZ
Meget stor	99	99	0	18	25	56
Stor	56	56	0	56	0	0
Middel	23	23	0	9	14	0
Lille	51	51	0	34	17	0
Total	229	229	0	117	56	56

Note: Nærzonen er det marine område 500 m omkring selve anlægget. Lokalzonen er det marine område 10 km omkring selve anlægget ekskl. Nærzonen



FIGUR 12.8-9 Omfanget af tab ved Lolland for projektet for belastningen tab af havbund ved Lolland





Nye hårde overflader

Langt den største del af de nye, hårde overflader er beskyttelseslaget i tunnelrenden. Denne kunstige, hårde bund er ikke permanent, da det vurderes, at tunnelgraven sander til, og at havbunden i løbet af 15 - 40 år vil være fuldstændigt retableret (afsnit 12.5 Kystmorfologi). De øvrige nye, hårde overflader udgør generelt en meget lille andel af bundfauna-samfundenes samlede forekomst (tabel 12.8-21).

TABEL 12.8-21 Arealet af nye hårde overflader for projektet set i forhold til det totale areal af bundfauna-samfund i det område, hvor nye overflader introduceres

Bundfauna-samfund	Areal (ha)	Procent af referencezone (lokalzone)
Hjertemusling	4	0,3
Bathyporeia	0,2	0,02
Blåmusling	32	0,5
Gammarus	20	0,4
Hampefrømusling	50	0,6
Molboøsters	99	0,63
Total	204	0,5

12.8.6 Konklusion på projektets virkninger

Etablering af en sænketunnel påvirker de forskellige bundfauna-samfund med lille til meget stort omfang af forringelse og tab. Virkninger af tab begrænser sig til områder med tab af havbund. Kun i meget små områder i Rødsand Lagune og omkring linjeføringen kan forventes forringelser, der kan kategoriseres som store. Nye anlæg skaber mulighed for etablering af nye områder med bundfauna-samfund, der er knyttet til hård bund. Nedenfor konkluderes på væsentligheden af virkningerne i hele Femern Bælt regionen, svarende til undersøgelsesområdet.

Væsentligheden af forringelser og tab for de enkelte belastninger er vurderet under hensyntagen til bundfaunaens sårbarhed (intolerance, retableringsevne og retableringstid), størrelsen af belastningen, bundfauna-samfundenes funktion i økosystemet, artsrigdom og deres beskyttelsesmæssige status.

Væsentlighed af virkninger på grund af øget sediment i vandet

I alt forudsiges ca. 60.000 ha af bundfaunaen at blive påvirket af øget sediment i vandet i anlægsfasen, heraf vil ca. 3.823 ha påvirkes med middel omfang af forringelse og 54.560 ha med lille omfang af forringelse. Ved middel og lille omfang af forringelse kan der være en mindre påvirkning af levedygtigheden, men det vil være uden betydning for populationernes dødelighed. Virkningen af lille og middel omfang af forringelse set i relation til arealerne af bundfauna-samfundene i hele undersøgelsesområdet er angivet i tabel 12.8-21.

Da det forudsiges, at der ikke vil være forøget dødelighed i bundfauna-samfundene, vurderes retableringen af bundfauna-samfundenes biomasser at ske relativt hurtig efter anlægsfasen. Da bundfauna-samfundene findes fordelt i hele området, hvilket giver mulighed for genindvandring af faunaen, vurderes artsmangfoldigheden (biodiversiteten) ikke at blive påvirket.

TABEL 12.8-21 Arealopgørelse og procentvis opgørelse over omfanget af forringelse for belastningen, øget sediment i vandet

Samfund	Middel omfang		Lille omfang	
	Ha	pct.	Ha	pct.
Molboøsters	-	-	6	0
Bathyporeia	-	-	8.803	56
Hjertemusling	-	-	3.029	27
Hampefrømusling	-	-	910	7
Stikkelsbærøspung	530	2	-	-
Gammarus	-	-	12.593	17
Blåmusling	2.913	9	21.126	68
Tangsnegl	209	2	7.799	67
Klotanglus	-	-	23	1

Note: Den procentvise opgørelse er sat i forhold til hele undersøgelsesområdet for bundfauna, der dækker 292.739 ha

Modelleringsdata for blåmuslinger viser, at blåmuslingernes biomasse lokalt kan blive reduceret med op til 10 pct. Blåmuslingers vækst er hurtig, og det vurderes, at biomassen vil være retableret i løbet af et par måneder efter, at belastningen er stoppet. Virkningen på større dyr som følge af reduceret fødetilgængelighed vurderes ikke at være væsentlig, da en reduktion på 10 pct. ligger inden for den forventede naturlige år-til-år-variation i området, som er bestemt til at være \pm 13 pct.

Der forventes således ingen væsentlig virkning, hverken på muslingepopulationerne, bundfauna-samfundenes forekomst, funktion i økosystemet, biodiversitet eller forringelser i forhold til beskyttelsesmæssig status. Det konkluderes derfor, at forringelser af bundfauna-samfundene på grund af øget sediment i vandet fra kyst-kyst projektet ikke er væsentlige.

Væsentlighed af aflejret sediment

I alt 11.872 ha vil blive påvirket af belastningen, aflejret sediment, og heraf påvirkes 85 pct. med lille forringelse, ca. 15 pct. bliver påvirket i middel omfang, og kun 16 ha af bundfauna-samfundene bliver påvirket i stort omfang. Påvirkningerne sker primært omkring tunneltracéet samt i mindre områder i Rødsand Lagune. Der vil være mulige biomassereduktioner i områder, hvor forringelsen er vurderet til at være stor. Disse områder er meget små i forhold til den samlede forekomst af bundfauna-samfundene i lokalzonen, hvilket er 10 km på hver side af linjeføringen og landområder, og virkningen vurderes ikke at være væsentlig for bundfauna-samfundene.

Der forventes ikke en øget dødelighed, men forringet vækst og reproduktion. Da effekterne begrænser sig til anlægsfasen, forventes det, at bundfaunaen retableres relativt hurtigt efter gravearbejdernes afslutning (1 - 2 år)

Der forventes således ingen væsentlig virkning, hverken på bundfauna-samfundenes forekomst, funktion i økosystemet, biodiversitet eller forringelser i forhold til beskyttelsesmæssig status.

Det konkluderes derfor, at forringelser af bundfauna-samfundene på grund af belastningen, aflejring af sediment fra projektet, ikke er væsentlige.

Væsentlighed af tab af havbund

Seks samfund i projektområdet er påvirket af projektets arealinddragelse:

- 238 ha Blåmuslinge-samfundet (stort omfang af tab)
- 112 ha Bathyporeia-samfundet (lille omfang af tab)
- 99 ha af Molboøsters-samfundet (meget stort omfang af tab)
- 66 ha af Gammarus-samfundet (middel omfang af tab)
- 49 ha af Hampefrømusling-samfundet (lille omfang af tab)
- 20 ha af Hjertemusling-samfundet (middel omfang af tab)

Tabet er for alle samfund estimeret til mindre end 1 pct. af den samlede forekomst af samfundet i lokalzonen, og det vurderes, at et så lille tab ikke har væsentlige negative virkninger på bundfaunaens forekomst og funktion i økosystemet. I områder uden for det nye landområde vil retablering af bundfauna-samfund kunne forekomme. Da bundfauna-samfundene er repræsenteret i områder uden for de påvirkede områder, vil arterne kunne genindvandre inden for en årrække. Det er sandsynligt, at artsammensætningen og diversiteten vil blive den samme på sigt. Kyst-kyst projektets arealinddragelse og de derved forekommende tab af bundfauna-samfund vurderes således samlet ikke at være væsentlige, da graden af virkningen er meget lille.

Væsentlighed af nye hårde overflader

Det vurderes, at påvirkningerne fra belastningen, ny hård bund og nye overflader, ikke er væsentlige, da de påvirkede arealer alle udgør mindre end 1 pct. af samfundene i lokalzonen.

Samlet vurdering af væsentlighed

Der er i tabel 12.8-22 lavet en samlet arealopgørelse af omfanget af tab og forringelser i forbindelse med projektet.

De tre belastninger fra projektet, der har den største virkning på bundfaunen er øget sediment i vandet (60.000 ha), aflejring af sediment (12.000 ha) og tab af havbund (229 ha). Omfanget af forringelse er primært lille og middel og kun 16 ha af arealet påvirkes med stort omfang af forringelse med nogen forøget dødelighed.

Vurderet hver for sig vil øget sediment i vandet og aflejring af sediment ikke forårsage væsentlig forøget dødelighed hos bundfaunen, men virkningerne af de forskellige belastninger kan potentielt have en aggregeret virkning på bundfaunaen. Det skal understreges, at virkningerne ikke umiddelbart kan adderes, da de er vurderet på forskellige måder, f.eks. er øget sediment i vandet vurderet for perioden, mens aflejring af sediment er vurderet for belastningen i hele anlægsfasen (den totale aflejring). For at give en indikation af om der er en potentiel aggregeret virkning på bundfaunen, er der foretaget en vurdering af dette.

Områder, hvor øget sediment i vandet vurderes at medføre en middel forringelse, og hvor der samtidig vurderes at kunne optræde middel eller stor forringelse som følge af aflejring af sediment, er små og udgør i alt ca.<0,1 pct. af det samlede bundfauna-areal i Femern Bælt. I andre områder med overlappende påvirkninger er omfanget af forringelse lille for mindst én af belastningerne, og der vurderes ikke at være en aggregeret virkning af de to belastninger.

Tab af havbund vil ikke bidrage til en aggregeret virkning, da bundfaunen fjernes helt. Virkningerne af belastningen, nye, hårde overflader, vurderes at være små og bidrager ikke væsentligt til en potentielt aggregeret virkning. Samlet set vurderes den potentielt aggregerede virkning ved anlæg og drift af en sænketunnel ikke at være væsentlig.

Samlet set vurderes tabene og forringelsen af bundfaunen at være så små, at det ikke har en væsentlig virkning på bundfauna-samfundenes forekomst, biodiversitet og økologiske funktion i området. Ud fra en samlet analyse af alle direkte og indirekte belastninger vurderes det, at der ikke er aggregerede virkninger. Det skal understreges, at biodiversiteten (artsrigdommen) ikke forventes at blive reduceret, da ingen af projektets virkninger, hverken samlet eller hver især, vil påvirke bundfauna-samfundene væsentligt.

Beskrivelsen af de eksisterende forhold for bundfaunaen er vurderet at indregne de eksisterende belastninger. Der forventes ikke en kumuleret virkning af de eksisterende belastninger og belastningerne fra projektet.

Det konkluderes derfor samlet set, at anlæg og drift af en sænketunnel vil have en ikke-væsentlig virkning på bundfaunaen.

TABEL 12.8-22 Oversigt over omfang af forringelser og tab (areal, ha) for belastninger på bundfauna-samfundene i Femern Bælt

Samfund	Omfang af forringelse/tab	Øget sediment i vandet	Aflejring af sediment	Tab af havbund	Nye hårde overflader
		Forringelse	Forringelse	Tab	Tilført areal
Molboøsters	-	-	-	-	99
	Meget stor	-	-	99	-
	Stor	-	-	-	-
	Middel	-	680	-	-
	Lille	-	1.628	-	-
Bathyporeia	-	-	-	-	0,2
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-
	Middel	-	-	-	-
	Lille	8.803	1.187	112	-
Hjertemusling	-	-	-	-	4
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-
	Middel	-	126	20	-

TABEL 12.8-22 Oversigt over omfang af forringelser og tab (areal, ha) for belastninger på bundfauna-samfundene i Femern Bælt

Samfund	Omfang af forringelse/ tab	Øget sediment i vandet	Aflejring af sediment	Tab af havbund	Nye hårde overflader
		Forringelse	Forringelse	Tab	Tilført areal
	Lille	3.029	725	-	-
Hampefrø-musling	-	-	-	-	50
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-
	Middel	-	13	-	-
	Lille	910	1.880	49	-
Stikkelsbær-søpung	-	-	-	-	-
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-
	Middel	530	50	-	-
	Lille	-	-	-	-
Gammarus	-	-	-	-	19
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	2	-	-
	Middel	-	267	66	-
	Lille	12.593	1.703	-	-
Blåmusling	-	-	-	-	32
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	8	238	-
	Middel	2.913	353	-	-
	Lille	21.126	1.638	-	-
Tangsnegl	-	-	-	-	-
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	6	-	-
	Middel	209	246	-	-
	Lille	7.799	1.354	-	-
Klotanglus	-	-	-	-	-
	Meget stor	-	-	-	-
	Stor	-	-	-	-
	Middel	-	2	-	-
	Lille	23	2	-	-

Note: For belastningen, nye, hårde overflader, er omfanget angivet som det areal af nye overflader, der er tilført samfundet i det pågældende område. Arealer < 1 pct. af referencezonen (defineret for hver belastning) er ikke angivet

12.9 FISKEØKOLOGI

I Femern Bælt findes en række fiskearter, der er vigtige i både økologisk og kommerciel sammenhæng. Tidligere kapitler har vurderet påvirkninger af fiskenes habitater og fødegrundlag. Dette

afsnit beskriver virkninger på de vigtigste fiskearter i Femern Bælt ved anlæg og drift af en sænketunnel.

Et infrastrukturprojekt i form af en sænketunnel placeret under eksisterende havbund i Femern Bælt, kan påvirke fiskesamfund i varierende grad både under anlæg og drift. Størrelsen af påvirkning er vurderet i forhold til den enkelte fiskearts eller fiskesamfunds følsomhed over for midlertidige eller permanente belastninger og i forhold til deres geografiske udbredelse.

I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter, det vil sige de vigtigste fiskearter. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Betydningen af Femern Bælt for de vurderede komponenter er kort beskrevet. I analysedelen beskrives belastningernes størrelse, fiskearternes følsomhed overfor projektets belastninger, hvilke kriterier, der er anvendt i vurderingen og endeligt de konkrete virkninger på de vurderede komponenter. Der fokuseres i beskrivelsen på de fiskearter, hvor der er en virkning. Til sidst i kapitlet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

Virkninger på fiskeri er omtalt i afsnit 12.13.

12.9.1 Vurderede komponenter

De vigtigste fiskearter og -samfund i Femern Bælt blev identificeret under studiet af de eksisterende miljømæssige forhold, og de vurderede komponenter er listet nedenfor.

- Torsk
- Hvilling
- Sild
- Brisling
- Ål
- Fladfisk (ising, rødspætte, skrubbe, pighvar og tunge (de mest almindelige arter))
- Fiskefauna på lavt vand (hundestejler, kutlinger, ulke, tobiser, ålekvabber mv.) (flere arter er rødlistede i Tyskland)
- Beskyttede arter i følge habitatdirektivets bilag II og IV
- Bilag II: Flodlampret, stavsild, laks
- Bilag IV: Stør
- Rødlistede arter i Danmark: Ål, laks
- Rødlistede arter i Tyskland: Tangsnarre, ål, laks, spidshalet langebarn, berggylte, savgylte, ørred, spættet kutling, fjæsing, efterårsgydende sild

Der findes mange forskellige livsstrategier blandt fisk. Nogle arter er stationære, mens andre vandrer. En række fiskearter gyder i Femern Bælt, mens andre arter udelukkende bruger Østersøen som opvækst- og fødesøgningsområde.

Vurderingen er fokuseret på følgende funktioner:

- Gydning
- Drift af æg og larver
- Opvækst
- Fødesøgning
- Vandring

12.9.2 Projektets belastninger

For en overordnet beskrivelse af belastninger, forårsaget af anlæg og drift af en sænketunnel, henvises til afsnit 12.1 Belastninger.

Mulige belastninger fra projektet, der kan påvirke fisk er:

Anlægsfasen

Sedimentspild (sedimentation og turbiditet) kan både påvirke fritsvømmende og bundlevende fisk, forstyrre fiskenes vandring samt forringe fiskenes levesteder. De tidlige livsstadier er generelt mere følsomme over for miljømæssige belastninger end voksne.

Fiskeæg og larver er særlig følsomme over for forøgede koncentrationer af suspenderet materiale i vandet, da det kan mindske opdriften af æg og æggenes iltoptagelse samt påvirke fødeindtaget hos fiskelarver. Desuden reducerer det suspenderede materiale vandets gennemsigtighed, hvilket kan påvirke fødesøgningen hos rovfisk, der jager ved hjælp af synet.

Støj kan udløse flugttadfærd hos fisk, hvis lyden er tilstrækkelig høj, og derfor kan både vandrede fisk, som passerer en støjkilde, og stationære fisk, som lever i umiddelbar nærhed, påvirkes af støj.

Faste strukturer og anden arealinddragelse kan medføre permanent belastning, tab af habitat samt barriereeffekter for vandring mellem gyde- og fødesøgningsområder.

Driftsfasen

Ændringer af strømforhold kan påvirke fordelingen og udvekslingen af æg og larver på hver side af den faste forbindelse. Desuden kan gydesuccesen forringes på grund af ændringer af saltindhold og ilthold forårsaget af ændrede strømforhold.

Støj kan udløse flugttadfærd hos fisk, hvis lyden er tilstrækkelig høj, og derfor kan både vandrede fisk, som passerer en støjkilde, og stationære fisk, som lever i umiddelbar nærhed, påvirkes af støj.

Fysiske strukturer og anden arealinddragelse kan medføre permanent belastning, tab af habitat samt barriereeffekter for vandring mellem gyde- og fødesøgningsområder. Desuden kan det ændre de hydrografiske forhold, hvilket potentielt kan påvirke fordelingen og udvekslingen af æg og larver på hver side af den faste forbindelse.

Fisk kan også påvirkes indirekte af ændringer i plankton, bundfauna og bundflora både under anlæg og drift. De væsentlige belastninger vil blive behandlet mere detaljeret i den følgende tekst.

Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet, og de eksisterende belastninger for fisk er beskrevet i afsnit 10.1.8 Fiskeøkologi. Det er især eutrofiering, miljøfremmede stoffer, fiskeri, støj fra skibstrafik, klappinger, sandindvindinger og anlæg af marine strukturer, der er relevante i forhold til kumulative virkninger fra eksisterende belastninger for fisk. Marine anlæg i undersøgelsesområdet omfatter bl.a. Nysted og Rødsand II havvindmølleparkerne.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af vurderingskriterier.

Ikke-relevante belastninger

Visse belastninger, som i Scoping-rapporten er identificeret som potentielle belastninger for fisk, er vurderet at have så ubetydelige virkninger på fiskeøkologien, at de ikke er relevante at behandle i detaljer. De er derfor ikke behandlet i de følgende afsnit. De ikke-relevante belastninger er:

- Forurenende stoffer fra opgravet sedimentet i anlægsfasen vurderes ikke at udgøre nogen væsentlig belastning for fisk, da sedimentet i området ikke er nævneværdigt forurennet, og koncentrationerne af disse stoffer ligger langt under de gældende grænseværdier for biologisk effekt (afsnit 12.3 Vandkvalitet)
- Lys/skyggevirkninger (barriereeffekt) i driftsfasen vurderes ikke at have et omfang, hvor de udgør en væsentlig belastning
- Elektromagnetiske felter fra tunnelen i driftsfasen vurderes ikke at være en væsentlig belastning

12.9.3 Betydning

De vurderede fiskearter, der er listet som komponenter, er udvalgt enten på grund af deres økologiske vigtighed eller på baggrund af deres beskyttelsesstatus.

Graden af betydning er fastlagt ud fra en 4-trinsskala (meget stor, stor, middel og lille). Selve klassificeringen er foretaget på baggrund af miljøkortlægningen, hvor også de forskellige delområder i Femern Bælt er blevet tildelt en betydning for hver komponent.

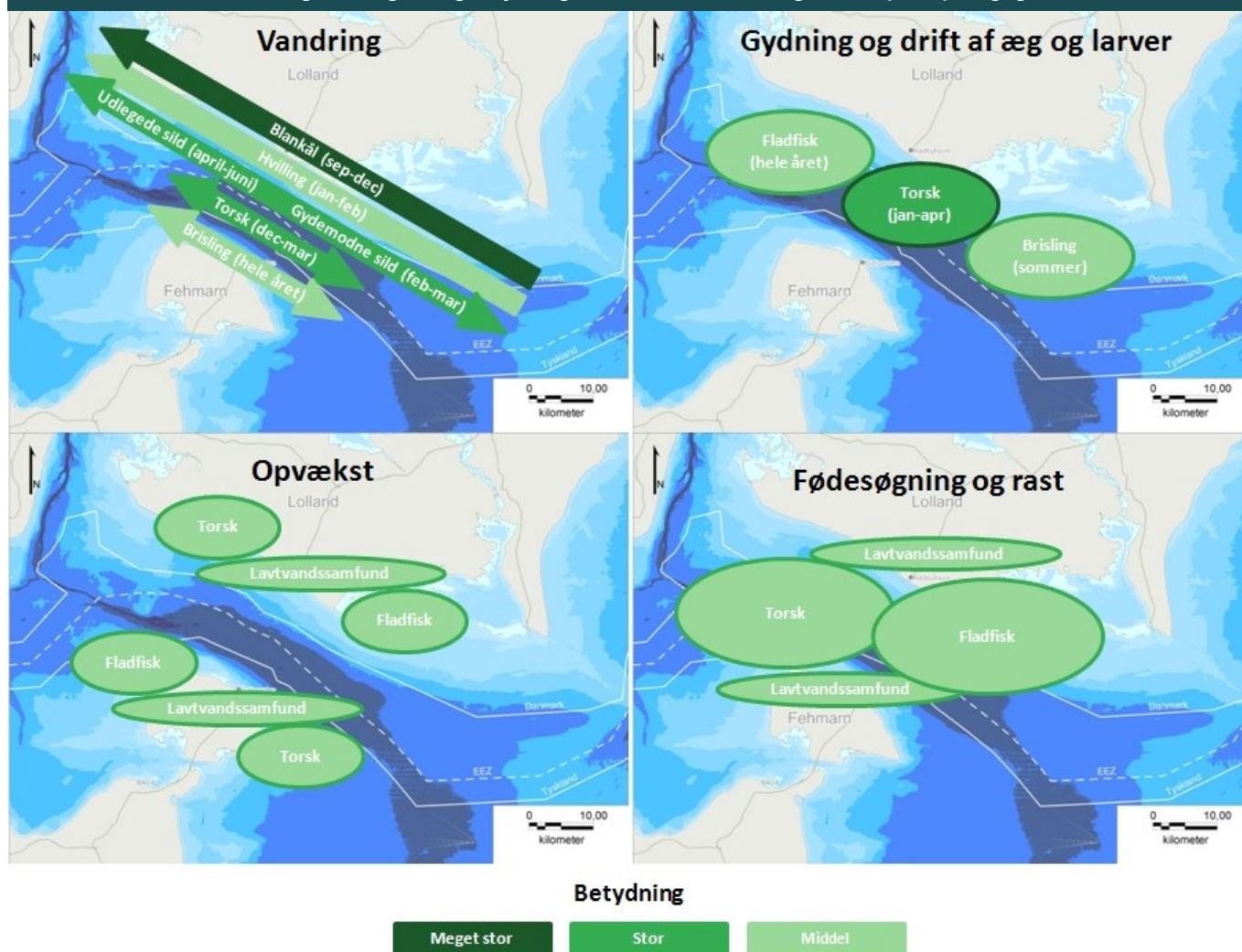
I tabel 12.9-1 præsenteres de kortlagte betydninger for de enkelte fiskearter/komponenter, mens figur 12.9-1 illustrerer de vigtigste forhold vedrørende den geografiske og tidlige betydning af Femern Bælt for disse nøglefisk.

For de økologisk vigtige arter er vigtige livsfaser som gydning, æg- og larvedrift, opvækst, fødesøgning og vandring hver blevet tillagt en betydning. Bortset fra ål, tangsnarre og spidshalet langebarn har dette ikke været muligt for de internationalt beskyttede eller nationalt rødlistede arter, da de forekom i yderst beskedent antal ved kortlægningen.

TABEL 12.9-1 Betydning af de enkelte fiskearter/komponenter i Femern Bælt

Miljøkomponent	Gydning	Drift af æg og larver	Opvækst	Fødesøgning	Vandring	Samlet betydning
Torsk	stor	stor	middel	middel	stor	stor
Hvilling	-	-	lille	-	middel	middel
Sild	lille	lille	lille	lille	stor	stor
Brisling	middel	middel	lille	lille	middel	middel
Fladfisk	middel	middel	middel	middel	lille	middel
Fiskefauna på lavt vand	middel	lille	middel	middel	-	middel
Internationalt beskyttede arter:						
Ål	-	-	lille	lille	meget stor	meget stor
Rødlistede arter						
Tangsnarre	stor	stor	stor	stor	-	stor
Spidshalet langebarn	stor	stor	stor	stor	-	stor

FIGUR 12.9-1 Geografisk og tidlig betydning af Femern Bælt for nøglearter opdelt på vigtige livsfaser



Torsk

De dybere dele af Femern Bælt er af stor betydning, da det er et vigtigt regionalt rekrutteringsområde for den vestlige bestand af Østersøtorske samt vigtigt for de gydemodne torskes vandring til gydepladserne og for driften af æg og larver. Femern Bælt udgør endvidere et vigtigt fødesøgningsområde for torsk i området, særligt for opvoksende torsk i de kystnære, vegetationsrige habitater.

Hvilling

Hvilling gyder ikke øst for Skagerrak, men juvenile hvillinger opsøger indre danske farvande, herunder Femern Bælt. Hvillinger er særlig talrige i Femern Bælt i januar - februar, hvor de kønsmodne hvillinger længere østfra passerer Femern Bælt på deres vej tilbage til Skagerrak og Nordsøen. Femern Bælts betydning for denne vandring er derfor fastsat til middel.

Sild

Femern Bælt har lille betydning som gyde-, opvækst- og fødesøgningsområde for de forskellige sildestammer i området, men har stor betydning som vandringskorridor for især forårsgydnende sild. Hertil hører Rügensilden, som dog i større grad benytter Øresund som passagevej til og fra fødesøgningsområderne i Kattegat, Skagerrak og den østlige Nordsø.

Brisling

Femern Bælts funktion som gydeområde for den økologisk vigtige brisling og for den efterfølgende drift af denne pelagiske fiskearts æg og larver er af middel betydning. Femern Bælt har derimod ingen særlig betydning som opvækst- og fødesøgningsområde for brisling.

Fladfisk

Femern Bælt rummer en række fladfiskearter, hvoraf især ising, skrubbe, rødspætte og pighvarre udgør en betydelig del af fiskefaunaen i området. Både som gyde-, opvækst- og fødesøgningsområde vurderes bæltet at være af middel betydning for fladfiskene.

Fiskefauna på lavt vand

En række standfaste fiskearter forekommer talrigt i Femern Bælts kystnære områder, hvor de lokalt spiller en vigtig økologisk rolle som fødegrundlag, ikke kun for rovfisk men også for fugle og havpattedyr i området. Dette gælder især arter som tobiser, ulke, kutlinger og ålekvabber på de eksponerede kyster, mens hundestejler og nålefisk foruden kutling dominerer i lidt mere beskyttede områder, som for eksempel i Rødsand Lagune.

Ål

Da Femern Bælt er en af de få korridorer mellem Østersøen og Atlanterhavet, er fri passage for ankommende ålelarver og glasål samt for trækkende blankål, der skal tilbage til Sargassohavet for at gyde, af meget stor betydning. Til gengæld er Femern Bælts funktion som opvækstområde for gulål af lille betydning.

Beskyttede arter

Truede arter har pr. definition en meget stor betydning, hvis de er beskyttet af internationale konventioner. Udover ål er der i Femern Bælt tillige i de senere år registreret flodlampret og stavsild.

Rødlistede arter

Udover arter beskyttet af internationale konventioner optræder en række fiskearter på de nationale rødlistor. Blandt de danske rødlistede arter forekommer ål og laks (rødlistet i ferskvand), mens tyske rødlistede arter foruden laks og ål tæller tangsnarre, fjæsing, spidshalet langebarn, berggylte, savgylte, ørred, spættet kutling samt efterårsgydende sild. De rødlistede arter har i herværende miljøvurdering pr. definition en stor betydning.

12.9.4 0-alternativet

De eksisterende forhold i Femern Bælt rummer en række udfordringer for fisk. Femern Bælts beliggenhed bevirker, at de hydrografiske forhold er meget variable, hvor især variationer i saliniteten ofte påvirker overlevelsen af pelagiske fiskeæg fra torsk og fladfisk negativt. Femern Bælt udviser desuden høje baggrundskoncentrationer af suspenderet sediment ikke mindst i blæsevejre, som kan bidrage til udsynkning af fiskeæg. Især i Rødsand Lagune og området langs Lollands sydkyst kan resuspension af sediment, fremkaldt af vind og bølger, bevirke høje koncentrationer. Endelig skaber den tætte trafik af fragtbåde og tankere i T-ruten samt ikke mindst færgefarten mellem Rødby og Puttgarden med afgang hver halve time et højt niveau af baggrundsstøj, og lokalt et støjniveau, som kan påvirke fiskenes adfærd.

De eksisterende forhold benyttes som sammenligningsgrundlag for vurderingen af projektets miljøkonsekvenser, da et 0-alternativ ikke vil ændre de eksisterende forhold væsentligt.

12.9.5 Analyse af miljøkonsekvenserne

Analysen af virkningen af de enkelte belastninger på de respektive miljøkomponenter følger princippet i nedenstående punkter:

- Kortlægning af forekomsten af de udvalgte miljøkomponenter i Femern Bælt med fokus på hvor og hvornår de enkelte fiskearter gyder, søger føde eller vandrer
- Udvælgelse af målbare indikatorer for fiskenes følsomhed over for de respektive belastninger (eksempelvis flugtdadfærd) samt fastsættelse af tærskelværdier for følsomhed (eksempelvis flugt ved givent lydniveau). Metoden svarer til den, der anvendes for de andre komponenter i det marine område, hvor en vurdering af tolerance anvendes til opstilling af tærskelværdier for følsomhed
- Beregning af størrelsen på den enkelte belastning ud fra intensitet, varighed og udstrækning opdelt i anlægs- og driftsfase
- Beregning af størrelsen af påvirkningen af de enkelte indikatorer ud fra belastningens areal- og tidsvægtede overskridelse af den givne tærskelværdi (eksempelvis antal ha, hvor lydniveauet overstiger tærskelværdien for flugtdadfærd)
- Bestemmelse af graden af forringelse og tab ud fra følsomhed og størrelsen af belastningen. Ved tab af habitat er belastningens størrelse altid vurderet til meget stor. Omfanget af tab gradueres ved at tage betydningen i betragtning
- Væsentligheden af de respektive virkninger er herefter vurderet på grundlag af miljøkomponenternes betydning i lokal, regionalt og transregionalt perspektiv
- Endelig er projektets overordnede virkning på fiskeøkologien vurderet på grundlag af den samlede effekt på samtlige miljøkomponenter i såvel anlægs- som driftsfasen

Vurderingerne er foretaget særskilt i nærzonen; et område omfattende 500 m på hver side af linjeføringen og rundt om landområdet med et samlet areal på 29,8 km² og i lokalzonen, som med et areal på 384 km² beskriver området 10 km til hver side af linjeføringen, bortset fra nærzonen. For kyst-kyst projektet udgør nærzonen 7,2 pct. af det samlede vurderede areal.

12.9.6 Størrelsen af belastninger

Omfang og størrelse af belastninger i forhold til sedimentspild og undervandsstøj er beskrevet nærmere i afsnit 12.1. Belastninger henholdsvis 12.10 Marine pattedyr. Omfanget af sedimentspild på dybt vand i koncentrationer, som potentielt kan påvirke fiskeæggs overlevelse, vil i de værste perioder være begrænset til under 2 pct. af tiden. Kun langs Lollands sydkyst og i Rødsand Lagune kan der i længere perioder forekomme forhøjede koncentrationer, hovedsageligt på grund af resuspension.

Undervandsstøj, som overskrider baggrundsstøjen til et niveau, som kan påvirke fiskene, vil primært forekomme i forbindelse med gravearbejdet (kilde-lydtryk på maksimalt 184 dB re 1 µPa) og ved nedramning i forbindelse med etablering af havn og produktionsanlæg ved Rødbyhavn (kilde-lydtryk maksimalt 202 dB re 1 µPa).

12.9.7 Følsomhed

Følsomheden for de forskellige komponenter over for påvirkninger fra anlæg og drift af en tunnel er baseret på tærskelværdier, der igen er baseret på den givne komponents tolerance over for den specifikke belastning. Bortset fra laboratorieforsøg, udført på opdrift af fiskeæg, er alle tærskelværdier for følsomhed fundet i den videnskabelige litteratur. De mange videnskabelige kilder giver mulighed for nogen fortolkning, men med henvisning til et forsigtighedsprincip er de laveste værdier i litteraturen som udgangspunkt blevet valgt til at beskrive følsomheden. De anvendte tærskelværdier er angivet i tabel 12.9-2.

Hydrografiske forhold

Ændringer i de hydrografiske forhold i Femern Bælt kan især have betydning for overlevelsen af æg og larver hos fisk, der gyder på åbent vand.

De forskellige fiskearter stiller særlige krav til vandets iltindhold, temperatur og saltindhold, for at æg kan befrugtes og overleve. Således skal havvandet hos de fleste arter have et bestemt saltindhold, før at æggene kan flyde, og iltindholdet må typisk ikke komme under 2 mg/l. I Østersøen er det særligt saltholdigheden, der er afgørende for overlevelsen af fiskeæg. Mens arter som sild og brisling er tolerante over for et lavt saltindhold, er torsk og en række fladfisk følsomme over for lave saltkoncentrationer, som kan medføre, at æggene synker til bunds eller ned i bundvand med lavt iltindhold.

Sedimentspild

Spild af havbundsmateriale i forbindelse med gravearbejdet kan medføre, at fiskeæg i de udsatte områder synker ned og dør, ligesom høje koncentrationer af bundmateriale i vandet kan slå fiske-larver ihjel og skræmme voksne fisk væk. Følsomheden hos de enkelte fiskearter varierer, idet fiskearter som torsk og skrubbe med forholdsvis tunge æg er mest følsomme for nedsynkning af æg. Blandt de voksne fisk er de pelagiske fiskearter som sild og brisling mere følsomme for suspenderet bundmateriale i vandet end de bundlevende fiskearter som f.eks. ulke, hundestejler og kutlinger, som er vant til uklart vand som følge af resuspension fremkaldt af bølgeslag og strøm.

Støj og vibrationer

De forskellige fiskearters følsomhed over for støj og vibrationer varierer i forhold til fiskenes hørevne. Fisk kan opfatte lyd gennem sidelinjeorganet, som overvejende registrerer bevægelser i vandet tæt på, og gennem det indre øre, som opfatter partikelbevægelser i vandet.

Fisk uden svømmeblære som fladfisk, ulke, hundestejler og kutlinger kan kun registrere lavfrekvent lyd op til 300 Hz, mens fisk med svømmeblære som torskefisk kan registrere lydbølger i frekvensområder op til 1.000 Hz. Sildefisk har særlig god hørelse og kan registrere lyd i frekvenser op til 3.000 Hz.

Torskefisk og sildefisk har en forholdsvis lav høretærskel og er derfor mere følsomme end de øvrige fiskearter i Femern Bælt. Meget høje niveauer af støj og vibrationer kan fremkalde høreskader eller død, men de aktuelle lyd-niveauer, som forventes ved anlæg og drift af en tunnel, vil i værste fald kun kunne fremkalde flugtreaktioner.

Sekundære effekter

Effekter på fødegrundlag eller andre ressourcer, som gydesubstrat og levested vil indirekte påvirke de forskellige fiskearter. Selvom fisk må antages til en hvis grad at kunne kompensere for de pågældende forringelser, er der i denne vurdering forudsat en direkte sammenhæng mellem reduktion i ressource og virkninger på de pågældende fisk.

TABEL 12.9-2 Tærskelværdier anvendt ved vurdering af følsomhed i forhold til ændringer i hydrografiske forhold (minimumskrav), sedimentspild, støj og vibrationer (maksimalværdier)

Miljøkomponent	Torsk	Hvilling	Sild	Brisling	Fladfisk	Fiskearter på lavt vand *)	Ål	Be-skyttede arter **)
Hydrologiske forhold								
Salinitet gydning, ‰	15	-	-	4	11	-	-	-
Salinitet æg, ‰	18,9	-	-	14	17,6-20,7	-	-	-
Sediment-koncentration								
Flugtreaktion, mg/l	10	10	10	10	50	50	50	10
Tilsiltning af æg, mm	-	-	1	-	-	1	-	-
Udsynkning af æg, mg/l	2	-	-	2	2	-	-	-
Støj og vibrationer								
Flugtreaktion 50 pct., dB re 1 µPa	145	145	145	145	160	160	160	160
Flugtreaktion 100 pct., dB re 1 µPa	165	165	165	165	180	180	180	180
Vibrationer, m/s ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Note: Tærskelværdier er baseret på forsøg, tidligere undersøgelser og litteratur. En detaljeret beskrivelse kan findes i baggrundrapporten. *) inkl. rødlistede lavtvandsarter som tangsnarre. **) inkl. øvrige rødlistearter

12.9.8 Vurderingskriterier

De enkelte virkninger på fiskeøkologien er beregnet som tab eller forringelser i vandringsmuligheder, gydeområder, drift af æg og larver og opvækst- og fødesøgningsområder og angivet i pct. og areal. For at vurdere størrelsen af de respektive virkninger er reduktionen i pct. sammenlignet med niveauet for den naturligt forekommende variation. En forringelse, som er mindre end niveauet for den naturlige årlige variation, er således vurderet til lille eller middel, mens forringelser større end variationen er vurderet til stor (1 - 2 gange variationen) eller meget stor (> 2 gange variationen).

TABEL 12.9-3 Vurderingskriterier anvendt ved vurdering af graden af forringelse for fiskeøkologien

Miljøkomponent	Subkomponent	Reduktion pct.			Grad af forringelse
		Anlæg 1 år*	Anlæg 3 år*	Drift	
Torsk, sild, blankål, hvilling, beskyttede arter	Vandringer	> 40	> 20	> 10	Meget stor
		< 40	< 20	< 10	Stor
		< 20	< 10	< 5	Middel
		< 10	< 5	< 2	Lille
Alle vurderede arter	Gydning, drift af æg og larver, opvækst- og fødesøgningsområder	> 60	> 30	> 15	Meget stor
		< 60	< 30	< 15	Stor
		< 30	< 15	< 8	Middel
		< 15	< 8	< 4	Lille

Note: *Største påvirkning inden for en 1-årig henholdsvis 3-årig periode i anlægsfasen

12.9.9 Projektets påvirkninger

Det vurderes, at påvirkningerne af fisk fra anlæg og drift af en tunnel helt overvejende vil forekomme nær linjeføringen og landområderne, i den såkaldte nærzone svarende til 500 m på hver side af linjeføringen og rundt om de nye landområder.

Tab og forringelser for de udvalgte komponenter og indikatorer under anlæg og drift af en sænketunnel er beskrevet i dette afsnit. Kun forringelser, som overskrider kriterierne for "lille" grad af forringelse, er beskrevet i denne analyse. For eksempel bevirker støj fra nedramning af pæle i forbindelse med etablering af midlertidige havne og produktionsanlæg, at der i et område på 12,5 ha af torskenes opvækstområde på dansk side i perioder vil være et støjniveau, som udløser flugtdadfærd hos torsk.

Området svarer til 1,12 pct. af torskenes opvækstområde i nærzonen, hvilket er væsentligt mindre end de 15 pct., som ville udløse en middel reduktion ved under tre års varighed ifølge vurderingskriterierne. Følgelig er forringelsen på grund af støj fra nedramning vurderet til lille og er således ikke beskrevet.

Hverken anlægs- eller driftsfasen af sænketunnelen forventes at medføre en påvirkning i lokalzonen (10 km-zonen), der overskrider kriterierne for lille forringelse. Uden for nærzonen (500 m-zonen) forventes kun middel forringelser i Rødsand Lagune, hvor sedimentspild vil forringe larvedriften af sild. Den følgende beskrivelse omhandler derfor, bortset fra påvirkningen af sild i Rødsand Lagune, udelukkende påvirkningen i nærzonen. Med mindre andet er anført omfatter de angivne påvirkede arealer både dansk, tysk og internationalt farvand. Vurderingerne er dog foretaget særskilt inden for de respektive nationale zoner.

Torsk

Anlægsfasen

Som følge af udgravningen af tunnelrenden bliver 166 ha (14 pct.) af torskenes potentielle gydeområde og areal for æg og larvedrift samt 182 ha (9 pct.) af fødesøgningsområdet i nærzonen påvirket. Graden af forringelse er vurderet til middel. Områderne udgør dog kun en meget lille del af torskenes samlede gyde- og fødesøgningsområde i Femern Bælt. Herudover forventes anlægsfasen kun at påvirke torsk i Femern Bælt ubetydeligt. Suspenderet sediment vil kun påvirke

udsynkningen af æg i lille grad og dermed ikke påvirke torskens gydesucces betydeligt, og støj i forbindelse med anlægsarbejdet vurderes kun at have en lille virkning.

Driftsfasen

Driftsfasen må forventes at indebære et permanent tab af torskens opvækst- og fødesøgningsområde grundet arealinddragelser. Disse arealinddragelser omfatter 383 ha opvækstareal i projektets nærzone. Vandringen af torsk gennem Femern Bælt vil ikke blive påvirket af trafikstøj fra tunnelen.

Tages betydningen af området som opvækst- og fødesøgningsområde og vandringskorridor i betragtning, vurderes det, at graden af forringelserne i driftsfasen er middel.

Disse tab/forringelser er dog begrænset til et mindre areal inden for projektets nærzone, og virkningen på den vestlige bestand af Østersøorsk vurderes derfor at være ikke-væsentlig.

Hvilling

Anlægsfasen

I anlægsfasen forventes en begrænset og ikke-væsentlig forringelse af forholdene for hvilling, der benytter Femern Bælt som opvækst- og fødesøgningsområde. Som følge af udgravningen af tunnelrenden bliver 182 ha af hvillingernes opvækstområde i nærzonen påvirket i middel grad. Dette område udgør dog mindre end 8 pct. af hvillingernes fødesøgningsområde i nærzonen og kun en meget lille del af hvillingernes samlede fødesøgningsområde i Femern Bælt. Støj fra anlægsarbejdet vurderes kun at være en ubetydelig påvirkning, og virkningen heraf vurderes at være ikke-væsentlig.

Driftsfasen

I driftsfasen forventes der et tab af de kystnære opvækstområder grundet landområdets arealinddragelse. Disse arealinddragelser omfatter 386 ha opvækstareal i projektets nærzone. Da Femern Bælt har en lille betydning for opvækst af hvilling, anses virkningen af denne forringelse for at være lille. Støj fra tunnelen vurderes ikke at have en påvirkning.

Tab og forringelser for hvilling er begrænset til et mindre areal inden for nærzonen, og virkningen på hvilling i Femern Bælt vurderes derfor at være ikke-væsentlig.

Sild

Anlægsfasen

I anlægsfasen forventes de periodisk forekommende, øgede mængder suspenderet materiale at påvirke larvedriften for sild. Dette vil ske i et område på 388 ha svarende til 22 pct. i den danske del af nærzonen og i et område på 2.363 ha i Rødsand Lagune. Graden af forringelse er vurderet til middel, men dette skal dog vurderes i lyset af, at forekomsten af sildelarver i de pågældende områder er meget lille.

På trods af en god hørelse hos sild forventes kun en lille påvirkning af støj i forbindelse med anlægsarbejdet. Det vurderes derfor, at projektets virkninger på sild i anlægsfasen ikke er væsentlige.

Driftsfasen

I driftsfasen forventes et tab af sildens gydeareal på 57 ha i projektets nærzone i området med opfyldning øst for Rødbyhavn. Desuden forventes et tab på 303 ha med larvedrift og 386 ha opvækstområde som følge af arealinddragelse. Disse forhold skal dog vurderes i forhold til en meget lille gydeaktivitet af sild i området. Tunneldriften forventes ikke at påvirke sild i området, og kun opretholdelsen af færgedriften kan medføre en påvirkning af sildens vandring gennem Femern Bælt på grund af støj. Derfor vurderes det, at projektets virkninger på sild i driftsfasen ikke er væsentlige.

Brisling

Anlægsfasen

I anlægsfasen forventes ingen væsentlig påvirkning fra suspenderet bundmateriale i vandet som følge af gravearbejdet. På trods af en god hørelse hos brisling forventes kun en lille og uvæsentlig påvirkning af støj, udsendt i forbindelse med anlægsarbejdet.

Driftsfasen

Under driftsfasen forventes et tab på 386 ha opvækstområde i nærzonen som følge af arealinddragelse. Dette område er dog lille set i lyset af brislingens samlede opvækstområde i Femern Bælt. Kun opretholdelsen af færgedriften kan medføre en påvirkning af brislingens vandring gennem Femern Bælt på grund af støj. Derfor vurderes det, at projektets virkninger på brisling i driftsfasen ikke er væsentlige.

Ål

Anlægsfasen

Der forventes ingen væsentlig påvirkning af blankålens vandring gennem Femern Bælt som følge af anlæg af en sænketunnel. Ål hører forholdsvis dårligt, og de er tolerante over for suspenderet materiale som følge af deres bundlevende levevis på lavt vand. Hverken støj eller suspenderet materiale i vandet påvirker derfor ålevandringen nævneværdigt.

Driftsfasen

Kun arealinddragelsen har en virkning på ålene i Femern Bælt, hvor 383 ha af ålenes opvækst- og fødesøgningsareal forsvinder helt. Tabet skyldes overvejende landområdet ved Rødbyhavn. Området er dog eksponeret og ikke særlig attraktivt for ål, som foretrækker mere beskyttede områder som f.eks. Rødsand Lagune. Samlet set udgør arealtabet kun en meget lille del af ålenes samlede opvækst- og fødesøgningsareal i Femern Bælt. Derfor vurderes det, at virkninger på ål i driftsfasen ikke er væsentlige.

Fladfisk

Anlægsfasen

Hverken æg, larver eller voksne fladfisk forventes at blive påvirket i betydeligt omfang under anlægsfasen af en tunnel. Fladfisk hører dårligt, og selv om deres æg og larver er følsomme over for suspenderet materiale, forventes påvirkningen ikke at have et omfang, hvor overlevelsen af æg og larver påvirkes betydeligt. Som følge af udgravningen af tunnelrenden bliver 166 ha (14 pct.) af fladfiskenes potentielle gydeområde og areal for æg og larvedrift samt 182 ha (9 pct.) af fødesøgningsområdet i nærzonen påvirket. Graden af påvirkningen er vurderet til middel. Områderne udgør dog kun en meget lille del af fladfiskenes samlede gyde- og fødesøgningsområde i Femern Bælt.

Driftsfasen

Kun arealinddragelsen har væsentlig betydning for fladfiskene i Femern Bælt. 383 ha af fladfiskenes opvækstområde forsvinder som følge af opfyldningerne ved Rødbyhavn, og 386 ha af fødesøgningsområder hos de voksne fladfisk forsvinder som følge af beslaglæggelsen. Disse påvirkninger er alle begrænset til nærzonen og vurderes kun at have lille og ikke-væsentlig virkning på fladfiskenes samlede opvækst- og fødesøgningsmuligheder i Femern Bælt.

Fiskefauna på lavt vand

Anlægsfasen

Fiskefaunaen på lavt vand er præget af arter uden svømmeblærer såsom ulke, ålekvabber, kutlinger og hundestjler, som har en meget ringe høreevne. Dertil kommer, at de som følge af deres

bundlevende natur tæt på brændingszonen er vant til suspenderet bundmateriale i vandet. Der forventes derfor ingen påvirkning af fiskefauna på lavt vand som følge af anlæg af en tunnel.

Driftsfasen

Kun arealinddragelsen i forbindelse med landområdet har væsentlig betydning for fiskesamfundet på lavt vand. 383 ha af fiskesamfundets levested forsvinder helt som følge af opfyldningerne ved Rødbyhavn. Samlet set er dette dog kun en forholdsvis lille andel af de lavvandede områder i Femern Bælt.

Beskyttede arter

Der forventes ingen påvirkning af de internationalt beskyttede fiskearter, på bilag IV og bilag II i habitatdirektivet, som følge af anlæg og drift af en tunnel.

Stør er den eneste fiskeart på bilag IV, der potentielt kunne forekomme i Femern Bælt, men da den ikke er fundet i undersøgelserne af de eksisterende forhold, er den vurderet ikke at være relevant for vurderingen af projektet.

Flodlampret og Stavsild er begge opført på bilag II. Begge fiskearter har tidligere været fanget i bundgarn i Femern Bælt, men er ikke fundet i undersøgelserne af de eksisterende forhold.

Flodlampret må formodes at bruge Femern Bælt som vandringskorridor, men ingen af de miljøbelastninger, som forventes ved anlæg og drift af en tunnel, vil skabe en barriereeffekt, som i væsentlig grad vil kunne påvirke fiskenes vandring.

Stavsild må formodes at bruge Femern Bælt som vandringskorridor, men ingen af de miljøbelastninger, som forventes ved anlæg og drift af en tunnel, vil skabe en barriereeffekt, som i væsentlig grad vil kunne påvirke fiskenes vandring.

Rødlistede arter

Der forventes ingen påvirkning af laks, som er den eneste art udover ål på den danske rødliste. På den tyske rødliste vil tangsnarren blive berørt af 383 ha landområde ved Rødbyhavn, hvilket ligeledes vil være gældende for fjæsing, der kan forekomme på lavt vand. Desuden vil spidshalet langebarn blive berørt af 95 ha afgravning og genopfyldning af tunnelrenden på dybt vand. De berørte arealer udgør dog kun en lille del af levestederne for de pågældende fisk. Blandt de øvrige rødlistede arter vil især berggylte og savgylte kunne drage fordel af etableringen af kunstige rev i form af opfyldningen med sten i tunnelsporet.

12.9.10 Konklusion på projektets virkninger

Det samlede omfang og betydningen af virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel på fiskefaunaen forventes at være lille. Virkningerne på de enkelte subkomponenter for hver fiskeart forventes i mange tilfælde at være så små, at det ikke har betydning. Det er derfor valgt at beskrive virkninger, der klassificeres som middel, store eller meget store.

Generelt er disse virkninger på fiskefaunaen begrænset til nærzonen omkring linjeføringen og til områder, som går tabt som følge af nye landområder. Her vil de eksisterende fiskesamfund blive fortrængt, men virkningen er af en størrelse, der gør, at fiskeøkologien i Femern Bælt ikke påvirkes væsentligt. Der forventes ingen regionale eller globale virkninger på fiskeøkologien.

Virkningen i anlægsfasen i lokalzonen

Anlægsfasens påvirkning på fiskefaunaen forventes hovedsagligt at komme fra udgravningen af tunnelrenden, som medfører et midlertidigt tabt areal, indtil havbunden genetableres. Virkningen medfører en forringelse i potentielle gyde- og fødesøgningsområder hos torsk og fladfisk samt i fødesøgningsområder hos hvilling i nærzonen. Herudover vil selve gravearbejdet medføre sedimentspild, som dog kun forventes at påvirke driften af sildelarver i et mindre område øst for Rødbyhavn og i Rødsand Lagune. Væsentligheden af virkningerne på de forringede funktioner beskrives nedenfor.

Virkningen af driftsfasen i lokalzonen

Driftsfasens virkning på fiskefaunaen forventes at være begrænset til arealinddragelsen. Dette vil mindske gyde-, opvækst- og fødesøgningsområdet i nærzonen for en række arter, men som beskrevet i det følgende vil virkningen for de fleste af de tabte funktioner ikke være væsentlig:

Væsentlighed af virkning på gydning

Torskens gydning i Femern Bælt har stor betydning, men hverken gydning eller overlevelse af æg og larver bliver påvirket væsentligt i forbindelse med anlæg og drift af en sænketunnel. Der forventes kun en middel og ikke-væsentlig påvirkning af torskens potentielle gydeområde i nærzonen som følge af afgravningen til tunnelrenden. Generelt er de naturlige variationer i mængden af suspenderet bundmateriale og naturligt varierende saltkoncentrationer af langt større betydning for overlevelsen af æg og larver i Femern Bælt. Det eneste område, som påvirkes uden for nærzonen, er Rødsand Lagune, hvor sedimentspild i dele af anlægsfasen bevirker en middel forringelse af sildens gydeområde. Sildens gydeaktivitet i dette område er lille og begrænset til forårsgydende sild, som har sine primære gydeområder i andre farvande. Derfor vurderes virkningen ikke at være væsentlig.

Væsentlighed af virkning på opvækst og fødesøgning

Areaerne, der tabes ved etablering af landområderne, er fødesøgnings- og opvækstområder for torsk og hvilling, men de er relativt små i forhold til det samlede projektområde i Femern Bælt, og det vurderes, at tabet ikke vil have en væsentlig virkning på de berørte fiskearter.

Tilførslen af nyt hårdt substrat i tunnelrenden kan midlertidigt have en positiv effekt på fiske-samfundene i Femern Bælt, da det kan fungere som et kunstigt rev, der tiltrækker en række fiskearter. Rev er generelt artsrige, og det fysiske anlæg af en tunnel kan derfor skabe nye levesteder for dyr og planter.

Væsentlighed af virkning på vandrende fisk

En begrænsning af vandringen hos blankål, lampretter, stør eller stav-sild gennem Femern Bælt ville være meget alvorlig, men virkningen på disse forhold er meget begrænset. Hverken anlægsarbejdet eller driften af tunnelen skønnes at forårsage en barriereeffekt for disse arter. Derfor forventes der ingen væsentlige lokale eller regionale virkninger på de fire arter.

For torsk og hvilling er frie vandringmuligheder gennem Femern Bælt ligeledes af stor betydning. Påvirkninger af støj fra en sænketunnel, uanset om færgedriften opretholdes, vurderes ikke at udgøre en væsentlig virkning for de to arter.

Samme forhold gør sig gældende for Rügensilden, som i en vis udstrækning anvender Femern Bælt som vandringsrute mellem Rügen og fødesøgningsområderne i Skagerrak. Den samlede virkning er her ligeledes lille og ikke-væsentlig.

Væsentlighed af virkninger på beskyttede og rødlistede arter

Der forventes ingen virkninger på beskyttede fiskearter og fisk på den danske rødliste. De beskyttede arter er ikke fundet i undersøgelserne af de eksisterende forhold. Blandt arter på den tyske rødliste vil spidshalet langebarn blive forstyrret af afgravningen til tunnelrenden, og tangsnarren vil blive berørt af landområderne. Da areaerne er relativt begrænsede i størrelse i forhold til deres samlede habitat, vurderes virkningerne ikke at være væsentlige.

Samlet vurdering af væsentlighed

Vurderet hver for sig vil de forskellige belastninger ikke have en væsentlig virkning på fiskefaunaen, herunder gydning, drift af æg og larver, opvækst, fødesøgning og vandring blandt fiskearterne i Femern Bælt. De kan imidlertid have en potentiel aggregeret virkning på fiskefaunaen. Overlappet mellem de områder, der berøres af enkelte belastninger forventes dog ikke at være så stort, at det har en væsentlig aggregerende virkning.

De eksisterende belastninger er indeholdt i beskrivelsen af de eksisterende forhold for fisk. Der forventes ikke en kumuleret virkning af de eksisterende belastninger og belastningerne fra projektet.

Samlet set forventes det, at anlæg og drift af en sænketunnel ikke har en væsentlig virkning på gydning, drift af æg og larver, opvækst, fødesøgning og vandring blandt de fiskearter, der forekommer i Femern Bælt.

12.10 MARINE PATTEDYR

I Femern Bælt optræder regelmæssigt tre arter af marine pattedyr: Marsvin (*Phocoena phocoena*), spættet sæl (*Phoca vitulina*) og gråsæl (*Halichoerus grypus*). Sandbankerne i Rødsand Lagune øst for Femern Bælt fungerer som landgangsplads og yngleplads for en væsentlig del af den danske Østersøbestand af spættet sæl. Rødsand Lagune er, udover at være den sydligste yngleplads i Østersøen, også den eneste i Danmark for gråsæl.

I dette afsnit beskrives mulige virkninger på havpattedyr fra anlæg og drift af en sænketunnel. I kapitlet præsenteres først de vurderede komponenter, hvilke er marsvin, spættet sæl og gråsæl. Marsvin og sæler vil så vidt muligt blive behandlet separat i hvert afsnit. Afsnittet vil i særlig grad fokusere på marsvin, da alle projektets virkninger på sæler vurderes at være ubetydelige. Af samme årsag er de to sælarter behandlet samlet. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Betydningen af Femern Bælt for de vurderede komponenter er kort beskrevet. Kapitlet beskriver også belastningernes størrelse og marsvin og sælers følsomhed over for disse belastninger. Det beskrives, hvilke kriterier der er anvendt i vurderingen af virkninger fra belastningerne og dernæst virkningerne på de vurderede komponenter, og om disse er væsentlige.

12.10.9 Vurderede komponenter

I afsnittet vurderes virkningerne på tre arter af marine pattedyr:

- Marsvin
- Spættet sæl og
- Gråsæl

Marsvin er en lille tandhval, som er vidt udbredt i den vestlige Østersø og Nordsøen. Marsvin er en beskyttet art i henhold til bilag IV i habitatdirektivet og er dermed beskyttet i hele dets udbredelsesområde.

Spættet sæl er vidt udbredt og findes langs kysterne fra Nordfrankrig i syd til Svalbard i nord samt fra Island i vest til Østersøen i øst. Gråsælen findes i Nordatlanten, Barentshavet og Østersøen med de største forekomster i Nordamerika og Nordvesteuropa. Begge sæler er beskyttet i henhold til bilag II i habitatdirektivet og dermed beskyttet inden for Natura 2000-områder, der har arten på sit udpegningsgrundlag.

Derudover er både marsvin og sæler beskyttet af flere internationale konventioner og national fredning.

12.10.10 Projektets belastninger

I Scoping-rapporten identificeres mulige belastninger, der kan påvirke marsvin og sæler som følge af anlæg og drift af en sænketunnel. Disse belastninger er sammenfattet i tabel 12.10-1.

TABEL 12.10-1 Belastninger, der potentielt kan påvirke havpattedyrene i projektets anlægs- og driftsfase

Belastninger	Anlægsfase	Driftsfase
Undervandsstøj	Relevant	Ikke relevant
Sedimentspild	Ikke relevant	Ikke relevant
Tab af habitat	Relevant	Relevant
Indirekte tab af fødegrundlag	Relevant	Relevant
Habitatændringer	Relevant	Relevant
Barriereeffekt som følge støj	Relevant	Ikke relevant
Forurenende stoffer	Ikke relevant	Ikke relevant

Alle de potentielle belastninger er analyseret, og den potentielle virkning er så vidt muligt kvantificeret.

En række af projektets belastninger vurderes at være så små eller ubetydelige, at de ikke er relevante for marine pattedyr. Nogle få er dog vurderet til at være relevante at gennemgå mere detaljeret. De relevante belastninger er:

- Undervandsstøj og barriereeffekt i anlægsfasen
- Tab af habitat og habitatændringer i anlægs- og driftsfasen, herunder indirekte virkninger i form af tab af fødegrundlag

Belastninger, der er vurderet ikke at være relevante i forhold til vurderingen af projekts virkninger på marine pattedyr i Femern Bælt, er kort beskrevet nedenfor.

Sedimentspild

Sedimentspild kan potentielt have en direkte virkning på de marine pattedyrs evne til at søge føde. Øget turbiditet, som følge af sedimentspild, er dog vurderet ikke at påvirke marsvin og sæler. Marsvin jager ved hjælp af ekko-lokalisering, så de er fysiologisk tilpasset til at kunne jage selv i uklart vand og i mørke. Sæler lever og søger føde i miljøer med til tider meget uklart vand, f.eks. Vadehavet, og om natten, hvor sigtbarheden ligeledes er dårlig. Forsøg foretaget på spættede sæler tyder på, at de jager ved hjælp af deres knurhår (vibrissae) og dermed til en vis grad er uafhængige af synet.

Barriereeffekt i driftsfasen

I driftsfasen vurderes en sænketunnel ikke at udgøre en fysisk barriere. Undersøgelser foretaget ved Drogden over Øresundstunnelen viser, at støj fra bil- og togtrafik i denne tunnel er ubetydelig i forhold til den eksisterende støj fra bl.a. skibe (FEMM 2013c). Der er blevet målt støj og vibrationer lige over Øresundstunnelen og 400 m derfra. Støjmålingerne er foretaget med hydrofoner, og vibrationer er registreret med en geofon. Der er målt støj og vibrationer fra 10 Hz op til 20 kHz.

En typisk passagertogspassage varer i 10 sekunder og fører til en forhøjelse af støjniveauet op til ca. 140 dB re 1 μ Pa lige over tunnelen. Godstog fører til en lignende forhøjelse af støjniveauet i 20 sekunder. Dette skal sammenlignes med den eksisterende skibs- og færgetrafik, der for hvert passerende skib fører til en forhøjelse af støjniveauet til 140 dB re 1 μ Pa i en afstand på op til 400 m i flere minutter (tabel 12.10-2). I 50 m's afstand fra et skib er støjniveauet op til 20 dB re 1 μ Pa højere end støjen fra et passerende tog i tunnelen. I en afstand af 400 m er støjniveauet ca. 120 dB re 1 μ Pa ved passage af et tog. På grund af skibsstøjen er det dog kun en del af togpassagerne, der vil kunne registreres særskilt.

TABEL 12.10-2 SAMMENLIGNING af støjniveauer ved togpassager og skibspassager ved Øresundstunnelen

Måling	Over tunnelen	400 meters afstand
Tog (intercitytog)	140 dB i ca. 10 sek.	120 dB i ca. 10 sek.
Godstog	140 dB i ca. 20 sek.	120 dB i ca. 20 sek.
Skib	-	140 dB i flere minutter

Note: Alle støjværdier er vist i dB re 1 µPa. For en forklaring af enheden henvises til afsnit 10.6 Støj under vand

Støj og vibrationer fra biltrafik i tunnelen kunne ikke identificeres.

Da støjniveauet er lavt med kortvarig og lokal udbredelse, vurderes støj fra sænketunnelen under Femern Bælt i driftsfasen ikke at have nogen væsentlig akustisk barriereeffekt.

Miljøfarlige stoffer

Analysen af miljøfarlige stoffer i havbunden viser (afsnit 10.1.3), at indholdet heraf ligger langt under de nationale grænseværdier i Danmark og Tyskland. Indholdet af miljøfarlige stoffer ligger også langt under grænseværdierne fastsat af OSPAR-konventionen.

Indholdet af miljøfarlige stoffer i den øverste del af sedimentet ligger således tæt på de målte lave baggrundskoncentrationer, og en opgravning vurderes ikke at ville have nogen skadelig virkning grundet frigivelse af skadelige stoffer. Analyser af de eksisterende forhold viser også, at der ikke er fundet koncentrationer af forurenende stoffer i sæler på et niveau, der er fysiologisk skadeligt. I driftsfasen vil der heller ikke være nogen påvirkning af havpattedyr fra miljøfarlige stoffer.

Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensive menneskeskabte aktiviteter, og de eksisterende belastninger på de marine pattedyr er beskrevet i afsnit 10.1.9. Det er især undervandsstøj fra skibstrafik og offshore pæleramning ved anlæg af marine strukturer, bifangst i fiskeriet og forstyrrelse af landgangspladser, der er relevante som eksisterende belastninger på de marine pattedyr.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der, hvor relevant, er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af vurderingskriterier.

12.10.11 Vurderingskriterier

Vurderingskriterierne er fastlagt ud fra eksisterende viden og ekspertvurderinger. Kriterierne opstiller rammer for, hvor stor en grad af forringelse en given belastning vil resultere i. Graden af forringelse kombineret med betydningen for den pågældende art i et område, gør det muligt at vurdere virkningen, som angiver, hvor mange dyr og hvor store dele af forekomsten, der påvirkes i det givne område. Vurderingskriterierne for de relevante belastninger er vist i tabel 12.10-3.

TABEL 12.10-3 Vurderingskriterier for de relevante belastninger for marsvin og sæler

Belastning	Påvirkning og kriterium	Varighed	Udbredelse	Grad af forringelse
Under- vandsstøj i anlægsfasen	Marsvin: Støjniveau højt nok til at forårsage skade eller permanent høreskade. Sæler: Støjniveau højt nok til at forårsage skade eller permanent høreskade. Støjeksponeringsniveau over 198 dB re 1 μ Pa ² s.	Midlertidig	Lokal	Meget stor
	Marsvin: Støjniveau højt nok til at forårsage midlertidig høreskade. Støjeksponeringsniveau over 183 dB re 1 μ Pa ² s. Sæler: Modtaget støjniveau højt nok til at forårsage midlertidig høreskade. Støjeksponeringsniveau over 171 dB re 1 μ Pa ² s. Begge arter: Støjeksponeringsniveau ved 750 m fra kilden overstiger 160 dB re 1 μ Pa ² s eller 190 dBPEAK*.	Midlertidig	Lokal	Stor/ *Meget stor
	Lydtrykket er så højt, at det forårsager adfærdsforstyrrelser. Støjeksponeringsniveau overstiger 150 dB re 1 μ Pa ² s.	Midlertidig	Regional	Middel
	Lydtryk er så højt, at man kan forvente mindre adfærdsreaktioner. Støjeksponeringsniveau overstiger 144 dB re 1 μ Pa ² s.	Midlertidig	Regional	Lille
	Habitat-ændringer i anlægsfasen	Anlægsaktivitet forårsager habitatændringer, der vil lede til tab af habitat for en biologisk vigtig del af Femern Bælt-populationen af marsvin og sæler.	Permanent	Lokal
	Anlægsaktivitet forårsager habitatændringer, der vil lede til tab af habitat for en biologisk vigtig del af Bælt-populationen af marsvin og sæler.	Midlertidig/ langvarende	Lokal	Stor
	Anlægsaktivitet forårsager habitatændringer, der vil lede til tab af habitat for en biologisk vigtig del af Bælt-populationen af marsvin og sæler.	Midlertidig/ kortvarig	Lokal	Middel
	Anlægsaktivitet forårsager habitatændringer, der vil lede til tab af habitat for en biologisk ikke vigtig del af Bælt-populationen af marsvin og sæler.	Midlertidig/ permanent	Lokal	Lille

Note: *Ifølge de tyske myndigheders vurderinger vil et støjniveau over 160 dB re 1 μ Pa²s SEL for offshore pæleramning medføre en meget stor grad af forringelse, da der er risiko for at forstyrre og skade marine pattedyr ved støjniveauer over denne grænseværdi (www.bsh.de). Grænseværdien er også anvendt ved kontinuert støj ved gravearbejdet, hvor enheden, der anvendes, er dB re 1 μ Pa SPL, da der ikke foreligger officielle grænseværdier for kontinuert undervandsstøj offshore

Til vurdering af væsentligheden er kriterierne i tabel 12.10-3 anvendt i en GIS-analyse sammen med beregninger af tætheden af marsvin. Tilsammen giver denne analyse et estimat af, hvor mange marsvin der forstyrres eller eventuelt skades.

Grænseværdien for væsentlighed er fastlagt ud fra ekspertviden og OSPAR EcoQO-grænseværdier og knytter sig til den "totale menneskeskabte fjernelse" af en bestand. Dette medfører, at alle menneskeskabte belastninger tilsammen ikke må lede til en større reduktion end 1,7 pct. af en bestand (OSPAR 2010). EcoQO-grænseværdierne er også anvendt for sæler. Her anvendes anbefalingerne om, at sælbestanden ikke må falde mere end 10 pct. over en 5-årig periode.

12.10.12 Betydning

Marsvin

Femern Bælt har betydning som habitat for marsvin og benyttes som vandringskorridor for migrerende marsvin mellem den vestlige og den østlige del af Østersøen.

Til fastlæggelsen af betydningen af Femern Bælt for marsvin blev der formuleret en række kriterier for lille, middel, stor og meget stor betydning. I udgangspunktet blev der opstillet kriterier for generel forekomst (tætheder), mulige særlige fødesøgnings- og opvækstområder og for mulige områder i Femern Bælt med særlig betydning som vandringskorridor. De indsamlede data viser, at der kun er grundlag for at vurdere betydningen ud fra de observerede tætheder af dyr. Det har ikke været muligt at foretage en opdeling af Femern Bælt i områder af forskellig betydning som fødesøgningsområde, opvækstområde eller vandringskorridor. Derfor er vurderingen af betydningen inden for delområder alene foretaget ud fra den observerede tæthed af dyr i området. I tabel 12.10-4 er vist de tæthedskriterier, der er anvendt til differentieringen af betydningen.

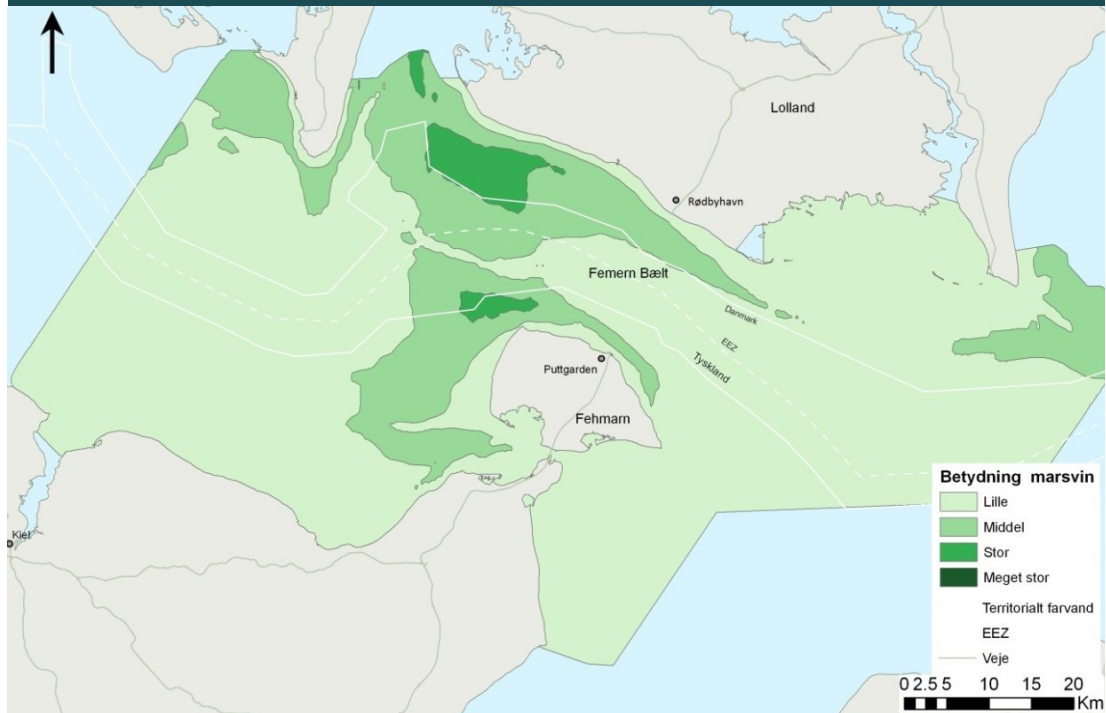
TABEL 12.10-4 Kriterier for vurdering af betydning for marsvin i Femern Bælt

Marsvin	
Betydning	Bestandstæthed
Meget stor	>1/km ²
Stor	>0,5/km ²
Middel	>0,25/km ²
Lille	<0,25/km ²

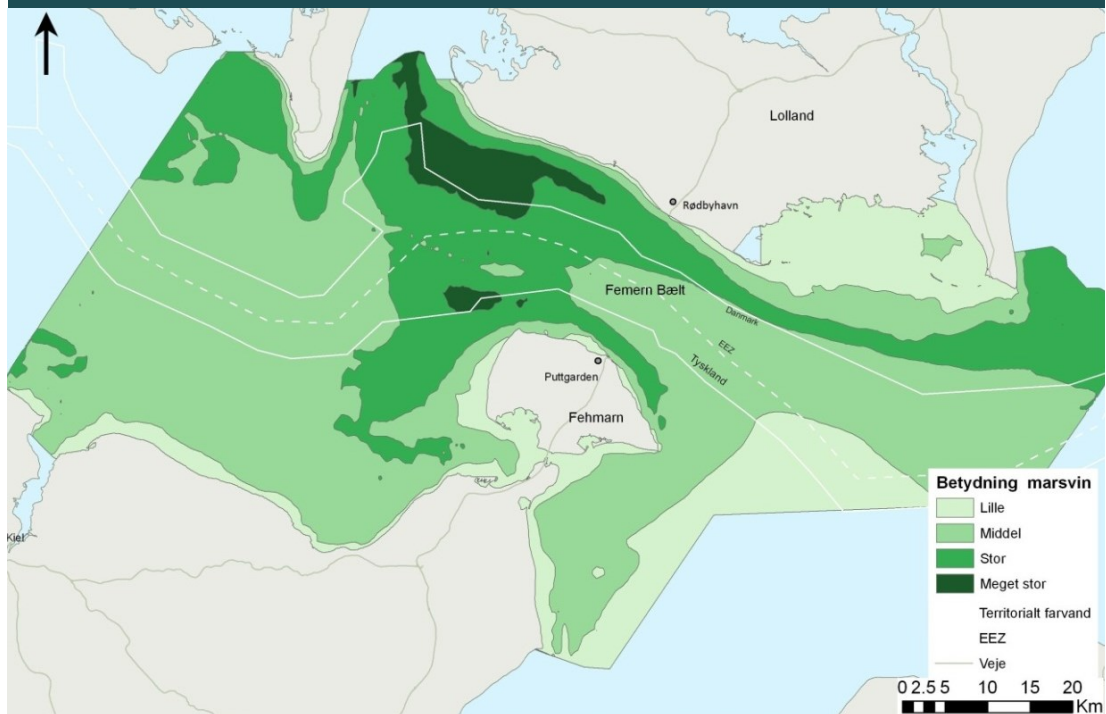
Betydningen af Femern Bælt for marsvin er baseret på en modelleret tæthed (Density surface model, DSM) og vist på figur 12.10-1 og 12.10-2. Modellen er baseret på data fra flytællinger.

Tætheden af marsvin henholdsvis om vinteren og om sommeren er vist i figur 12.10-1 og 12.10-2. og anvendes i vurderingen af, hvor mange marsvin, der kan blive påvirket af projektet. Der er anvendt tætheder og fordelinger af marsvin fra flytællingsdata i 2010, da dette er de undersøgelser, hvor der er fundet flest marsvin: Vurderingen af virkninger vil være et konservativt estimat, og viser således et worst case scenarie. Når tætheden af marsvin sammenholdes med størrelsen af de påvirkede arealer, kan det vurderes, hvor mange dyr der påvirkes af projektet.

FIGUR 12.10-1 Betydning af Femern Bælt for marsvin om vinteren baseret på tætheden af marsvin



FIGUR 12.10-2 Betydning af Femern Bælt for marsvin om sommeren baseret på tæthed af marsvin



Antallet af observerede kalve i årene 2009 og 2010 var i alt 34, og variationen mellem årene er høj. Da der er betydelig usikkerhed forbundet med observationer af marsvin fra fly, og konfidensintervallet omkring estimatet vil være stort med det begrænsede antal kalve, der er observeret, har der ikke været grundlag for at fremhæve særlige områder af særlig betydning for

opvækst af kalve. Der er ingen undersøgelser, der har vist, at der findes specielle opvækst-områder i danske farvande, og heller ikke i Femern Bælt er andelen af kalve højere end i de øvrige danske farvande. Femern Bælt anses derfor ikke at udgøre et særligt opvækstområde, og der er foretaget en generel vurdering af hele undersøgelsesområdet, som tildeles en middel betydning som opvækstområde.

Femern Bælts samlede betydning som vandringskorridor er foretaget ud fra en ekspertvurdering (FEMM 2013b). På grund af den relativt lave tæthed af marsvin øst for Femern Bælt gennem hele året vurderes antallet af marsvin, der krydser linjeføringen, at være begrænset. Samtidig er Femern Bælt kun én ud af flere vandveje, som forbinder de indre danske farvande med Østersøen. Det vurderes derfor, at Femern Bælt ikke har særlig betydning som transportkorridor mellem vigtige områder eller opvækstområder for marsvin.

Sæler

Til opgørelse af betydningen af Femern Bælt for sæler er der opsat en række kriterier for lille, middel, stor og meget stor betydning, som knytter sig til områdets vigtighed som yngleplads. Der er ikke udarbejdet betydningskort for sæler, som dækker hele Femern Bælt, da sæler kun er talt på deres landgangspladser. Usikkerheden ved at opgøre tætheder ud fra flytællinger er for store til, at der kan laves betydningskort på dette grundlag, da sæler er vanskelige at observere i vandet. Data fra telemetri-undersøgelser er brugt til at analysere, hvor sæler fouragerer i Femern Bælt. I tabel 12.10-5 er vist kriterierne, der er anvendt til vurdering af områdets betydning for spættet sæl og gråsæl.

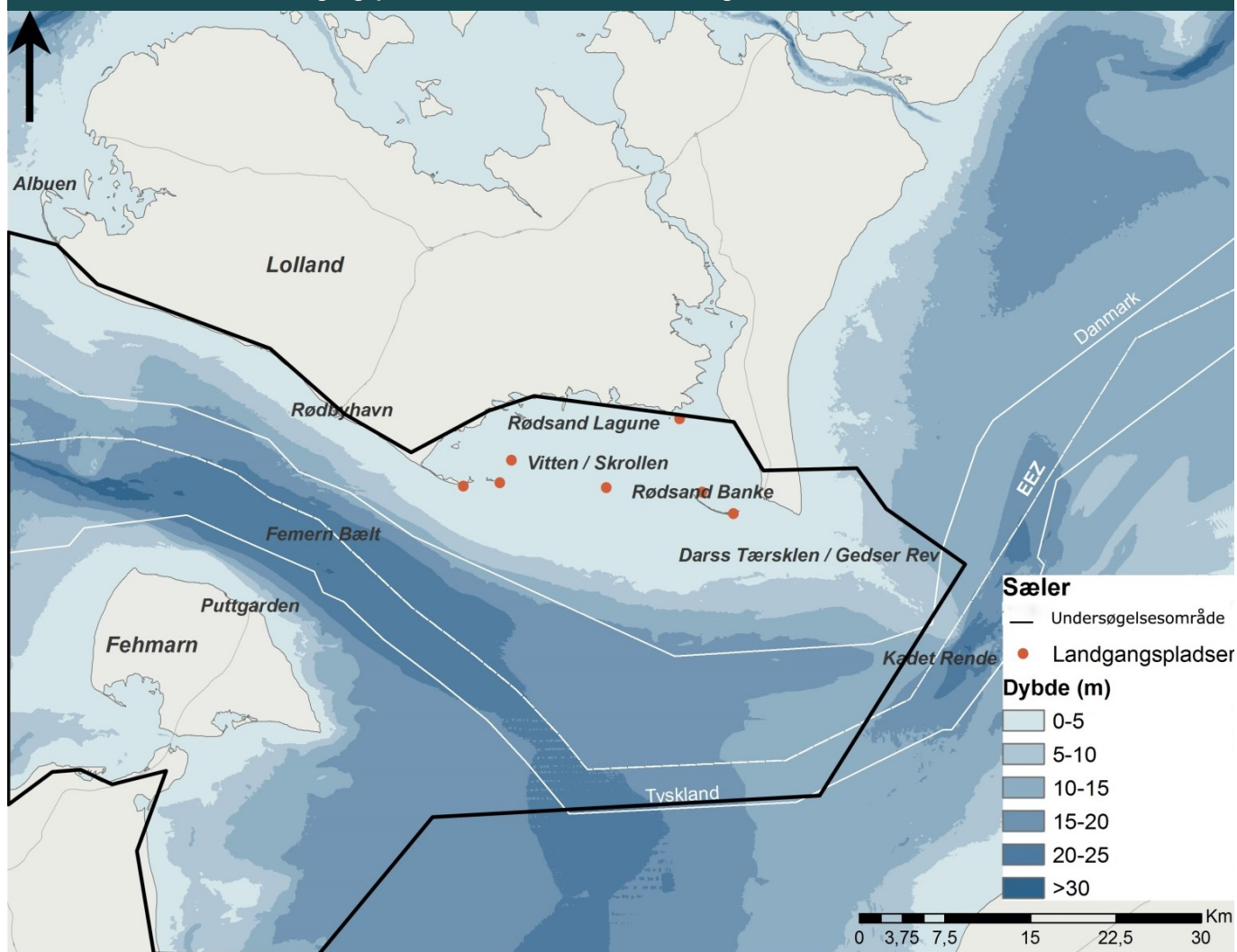
TABEL 12.10-5 Kriterier for vurdering af betydning for sæler i Femern Bælt

Betydning	Komponent spættet sæl og gråsæl
Meget stor	Yngleplads og/eller område med unger med vigtighed for Østersø-bestanden
Stor	Yngleplads og/eller område med unger med vigtighed for bestanden i området
Middel	Yngleplads, men andel af unger er ikke gennemgående højere end andre områder
Lille	Området har mindre betydning for bestanden i den vestlige Østersø og længere væk

Flytællinger foretaget i undersøgelsesområdet viser, at sandbankerne i Rødsand Lagune 25 - 30 km øst for Femern Bælt-forbindelsen udgør vigtige landgangspladser for både spættet sæl og gråsæl året rundt. Rødsand-området er også en vigtig yngleplads for både spættet sæl og gråsæl. Således opholder op mod halvdelen af den danske Østersøbestand af spættet sæl sig i Rødsand Lagune. Lokaliteten er den eneste faste yngleplads for gråsæl i Danmark, dog udgør gråsæler ved Rødsand kun en lille del af den samlede Østersøbestand. Rødsand Lagune og de omkringliggende fødesøgningsområder er vurderet til at have meget stor betydning for spættet sæl. Rødsand Lagune er vurderet til at have stor betydning for gråsæl.

De nærmeste observationer af sæler på land ligger i en afstand af ca. 8,5 km fra det planlagte anlægsarbejde, og størstedelen af observationerne ligger i en afstand af 20 - 25 km. De vigtigste landgangspladser for spættet sæl og gråsæl, der er blevet identificeret i undersøgelsesområdet i Femern Bælt under flytællingerne, er vist på figur 12.10-3.

FIGUR 12.10-3 Landgangspladser for sæler inden for undersøgelsesområdet i Femern Bælt



Note: Den sorte ramme afgrænser den østlige del af undersøgelsesområdet. Der er ingen landgangspladser i den vestlige del af undersøgelsesområdet

12.10.13 0-alternativ

0-alternativet repræsenterer en fremtidig situation (2025) uden anlæg af en Femern Bælt-forbindelse. 0-alternativet vurderes ikke at påvirke forholdene for marine pattedyr i området, og de eksisterende forhold er derfor brugt som sammenligningsgrundlag for en situation med en sænketunnel.

12.10.14 Analyse af miljøkonsekvenserne

Metode

Virkninger på marine pattedyr vurderes ved at kombinere belastningens størrelse og omfang med de marine pattedyrs følsomhed over for belastningen. Dette er gjort ved brug af GIS-analyser og ekspertvurderinger understøttet af relevant litteratur. Til beregning af antallet af påvirkede marsvin er der brugt data fra flytællingerne, da dette er den eneste af de anvendte metoder, der giver et kvantitativt estimat af tætheden. Data fra de akustiske undersøgelser er anvendt til kvalitative vurderinger af følsomhed og virkninger. For både sæler og marsvin er der også anvendt resultater

fra telemetri-undersøgelserne, specielt i forhold til analyser af barriereeffekter, og for sæler også virkninger på fødesøgningsområder. For sæler er der desuden anvendt data fra flytællingerne til vurdering af virkninger på landgangspladserne.

De anvendte vurderingskriterier graduerer de konkrete områdespecifikke forringelser, som sammenholdt med tætheden af marsvin, viser virkningens omfang. Virkningerne gradueres i lille, middel, stor og meget stor, og deres væsentlighed vurderes.

Belastningernes størrelse

Undervandsstøj

Undervandsstøj i anlægsfasen vil fortrinsvist stamme fra anlægsfartøjer, gravearbejdet og pæleramning. Støjen fra anlægsfartøjer vil være sammenlignelig med den eksisterende baggrundsstøj fra skibstrafik. I støjberegningerne er der derfor lagt vægt på gravearbejdet og pæleramning, som er de kraftigste støjkluder.

I vurderingen anvendes to enheder for støjniveauet: Sound Pressure Level (SPL) og Sound Exposure Level (SEL). Støj under vand angives i dB re 1 μ Pa, hvor dB angiver, at der er tale om en decibel-skala, og re 1 angiver, at reference-lydtrykket er 1 μ Pa. Det er ikke muligt at sammenligne lydtryk over og under vand, da luft og vand er to forskellige medier med forskellig massefylde, og samme lyd vil derfor opleves forskelligt. Undersøgelser viser, at det laveste lydniveau, et neddykket menneske kan opfange under vand, er ca. 67 dB re 1 μ Pa (Parvin *et al.* 2002) ved 1 kHz, hvorimod høretærsklen for mennesker er 0 dB over vand. Måling af eksisterende undervandsstøj er beskrevet nærmere i afsnit 10.6 Støj under vand.

For gravearbejde beregnes støjen som SPL root mean square (RMS). Da støjen er kontinuert, relateres SPL ikke til en speciel tidsperiode. For pæleramning beregnes SEL, hvilket er den målte lydenergi. SEL er i beregningerne normaliseret til ét sekund, og enheden er dB re 1 μ Pa²s. Da støjen fra gravearbejdet foregår over længere tidsrum, er normalisering ikke nødvendig, og i dette tilfælde kan SPL og SEL tilnærmelsesvist sidestilles, og dermed relateres der til tyske grænseværdier for støj.

Støjudbredelsen er udregnet for det gravearbejde, der støjer mest. Derfor modelleres støjen for gravearbejdet, hvor der anvendes "Trailing Suction Hopper Dredgers" (TSHD). I tabel 12.10-6 er støj 1 m fra kilden vist i forhold til en anden sædvanlig støjende anlægskilde (pæleramning) og i forhold til støj fra et stort handelsfartøj. Derudover viser tabellen støjudbredelsen ved øget afstand til kilden målt ved andre anlægsprojekter.

TABEL 12.10-6 Baggrundsdata for støjniveau ved kilden fra udvalgte støjkluder i anlægsfasen

Aktivitet	Frekvens- område kHz	Lyd ved kilden, dB re 1 μ Pa ved 1 m	Estimeret modtagne lydniveau ved forskellige afstande (km) dB re 1 μ Pa			
			0,1	1	10	100
Trailing suction Hopper Dredger TSHD	0,032 - 1	157 - 181	117 - 141	97 - 121	77 - 101	57 - 81
	1 - 40	155 - 176	115 - 136	95 - 116	75 - 96	55 - 76
Stort handelsfartøj	0,05 - 0,9	160 - 190	120 - 150	100 - 130	79 - 109	58 - 88
Pæleramning	0,1 - 5	202	-	150 (ved 1,1 km)	-	-

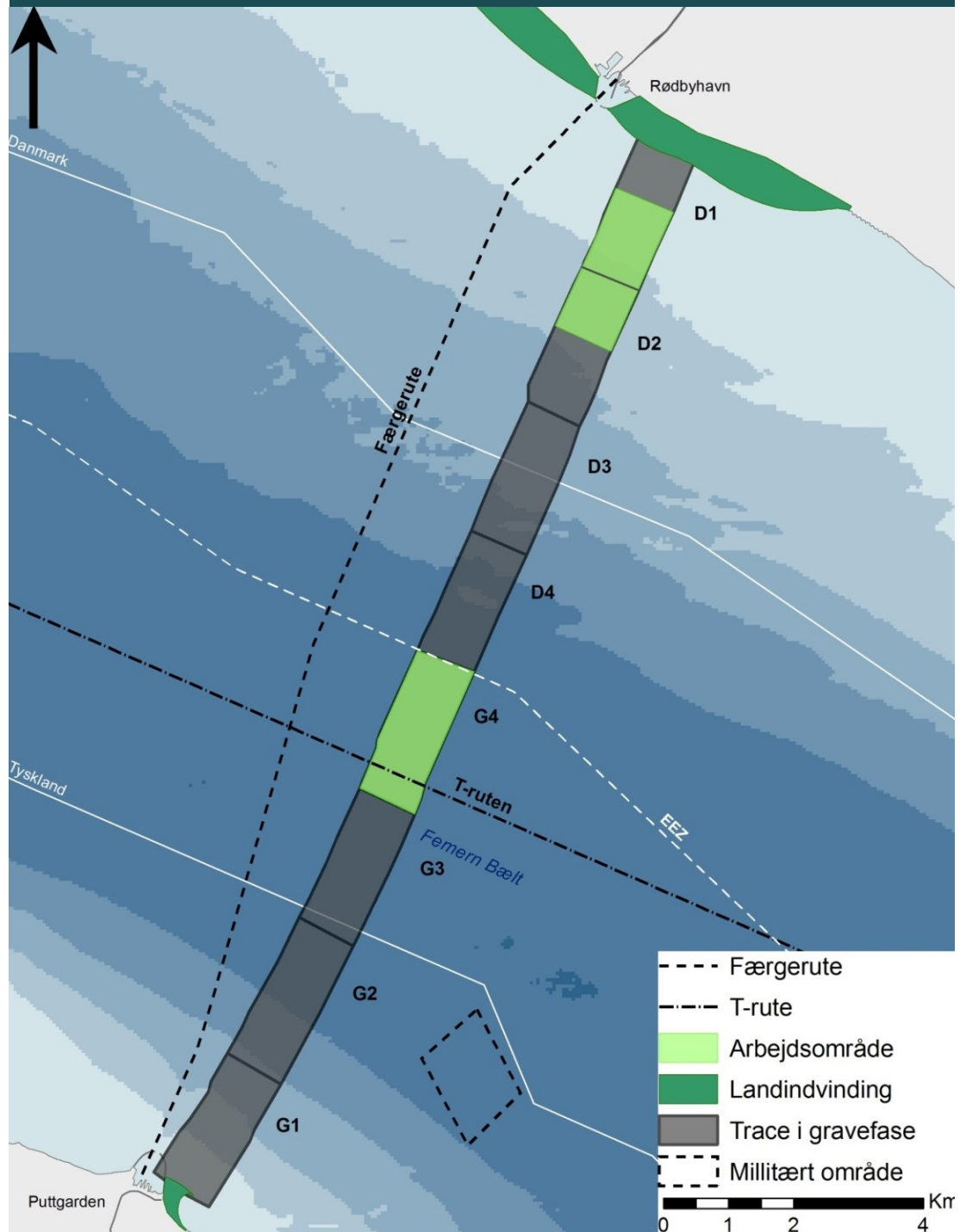
Note: Evans, 1996, Robinson *et al.*, 2011

Støj fra kilder i anlægsfasen skal også ses i forhold til, at den eksisterende baggrundsstøj, der varierer mellem 103 - 132 dB re 1 μ Pa SPL (Leq), fortrinsvist ligger under 1 kHz. Baggrundsstøj i Femern Bælt er beskrevet i afsnit 10.6 Støj under vand.

Støjen fra anlæg af sænketunnelen er modelleret for anlægsarbejdets forskellige faser. I dette kapitel er vist den fase, hvor gravearbejdet er mest intenst og støjer mest, mens baggrundsrapporten viser støjscenariet for samtlige anlægsfaser. Der anvendes den samme model, som er anvendt til beskrivelse af støjbredelsen af støj fra skibe, som beskrives i kapitlet om de eksisterende forhold om støj under vand.

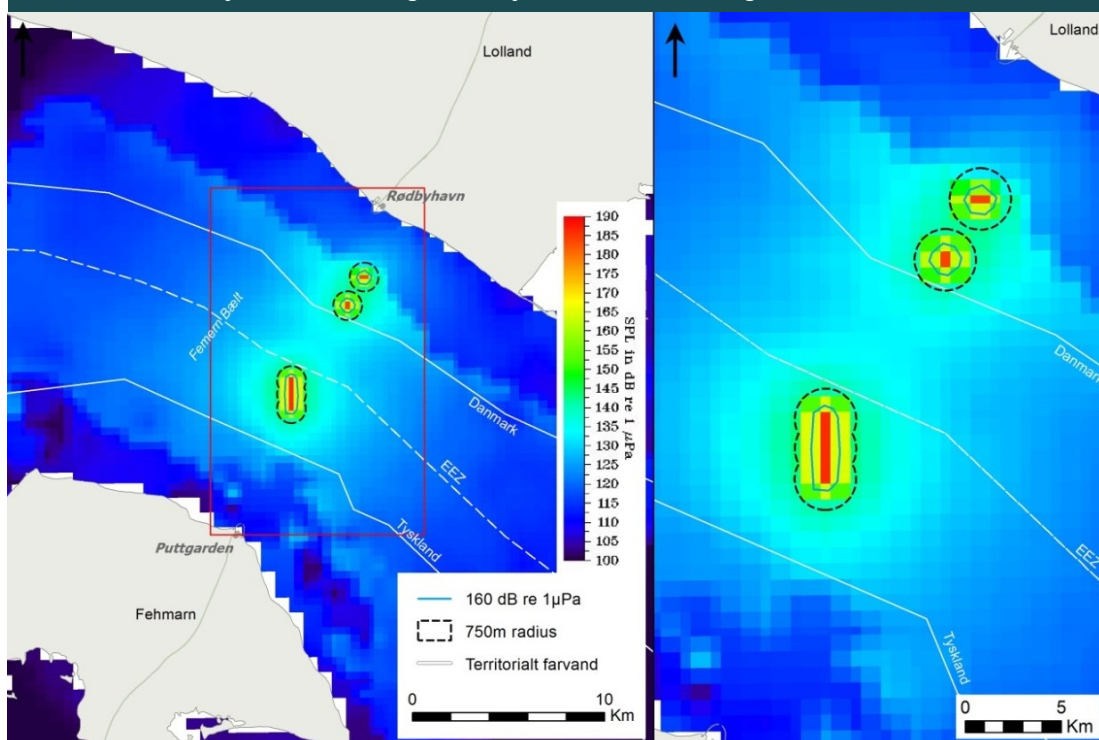
Arbejdsstadiet, hvor der graves med fem gravefartøjer i sektion G4 og to i sektion D1 og D2, har ifølge modellen vist sig at være den fase, hvor der støjes mest. Dette er derfor anvendt i den videre vurdering, da det repræsenterer et worst case-scenarie. Sektionerne er vist i figur 12.10-4 med en grøn markering af sektion D1, D2 og G4. På figur 12.10-5 er vist den modellerede støjbredelse ved gravearbejdet i de nævte sektioner.

FIGUR 12.10-4 Figuren viser et parallelt anlægsarbejde i sektorerne G4, D1 og D2 med angivelse af de øvrige sektorer



Note: Lysegrønt område angiver de sektorer i linjeføringen, hvor der udføres gravearbejde i den betragtede periode

FIGUR 12.10-5 Støjubredelse ved gravearbejde i sektion G4, D1 og D2



Note: Det viste støjbillede er vurderet til at være worst case-scenariet. I denne fase vil gravearbejdet støj mest. I nogle af de andre scenarier støjes over en længere strækning, men med et lavere støjniveau

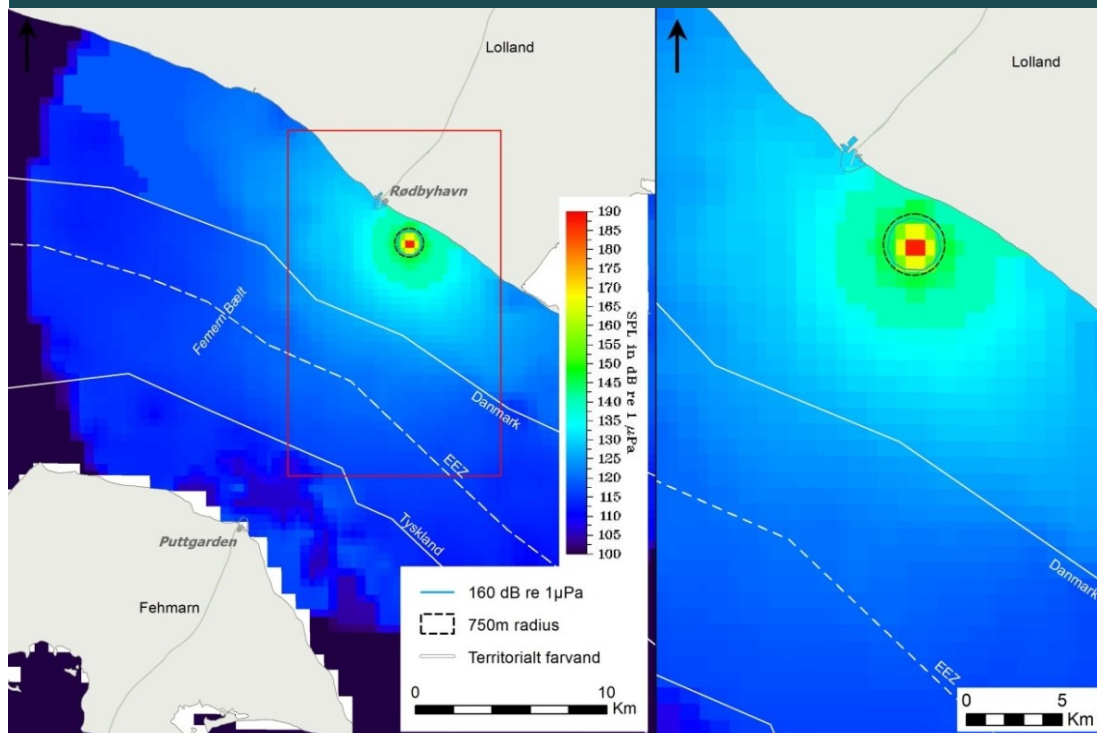
Støjen ved kilden er estimeret til maksimalt 191 dB re 1 μPa tilbageregnet fra niveauet ved 1 m. Styrken aftager dog hurtigt og vil være under 150 dB re 1 μPa ved en afstand på 650 m og vil være under 144 dB re 1 μPa ved 870 m. Ingen af arbejdsstadiene vil overskride de tyske vejledende støjgrænser på 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL ved 750 m. De tyske grænseværdier er gældende for offshore arbejde på vindmølleparker (www.bsh.de), og disse skal også følges under anlægsarbejdet i den tyske del af Femern Bælt.

I et scenarie, hvor et antal grave-fartøjer arbejder samtidig, kan der potentielt set forekomme en støjbarriere i dele af Femern Bælt. Der kan forekomme overlap af støj over 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$, hvilket kan have en adfærdsændrende effekt. Den maksimale afstand, hvor 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ overskrides, er 870 m. I den periode, hvor der arbejdes i flest tunnelsektioner samtidig, graves der i G1, G2 og G3 (figur 12.10-5). Dette vil svare til, at der på en strækning på maksimalt 5,2 km sker en overskridelse af støjniveauet på 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Femern Bælt er ca. 18 km. bred, og arbejdet i de tre sektioner forventes at vare i højst 10 uger.

Støjniveauet ved tildækning af tunnelen og opfyldning af tunnelgraven vil være lavere, da der bruges maskiner, der støjer mindre end en TSHD. Opfyldningen vil eksempelvis foregå med pramme og "Grab Dredgers" (GD). Der er dog modelleret med et støjniveau på opfyldningen ved kilden, der svarer til gravearbejdet. Ved opfyldningen overskrides støjgrænsen på 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ved 750 m ikke.

Ved anlæg af arbejdsbassen udføres der ramning af spunsvægge. Støjen ved kilden er her maksimalt 202 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ved 1 m. Støjniveauet for pæleramning modelleres som Sound Exposure Level (SEL), da den til forskel fra gravearbejdet ikke er en længerevarende støjkilde. Ved pæleramning udløses en lydimpuls med en stor mængde lydenergi over et kort tidsrum. I modellen udregnes den samlede lydenergi, der modtages over et sekund ved forskellig afstand fra kilden. Figur 12.10-6 viser støjniveauet ved pæleramning i forbindelse med anlægget af den midlertidige arbejdsbassin ved Rødbyhavn.

FIGUR 12.10-6 Støjdbredelse ved pæleramning ved anlæg af den midlertidige arbejdshavn ved Rødbyhavn



Støj fra pæleramning er modelleret som støjeksponeringsniveau, Sound Exposure Level (SEL)

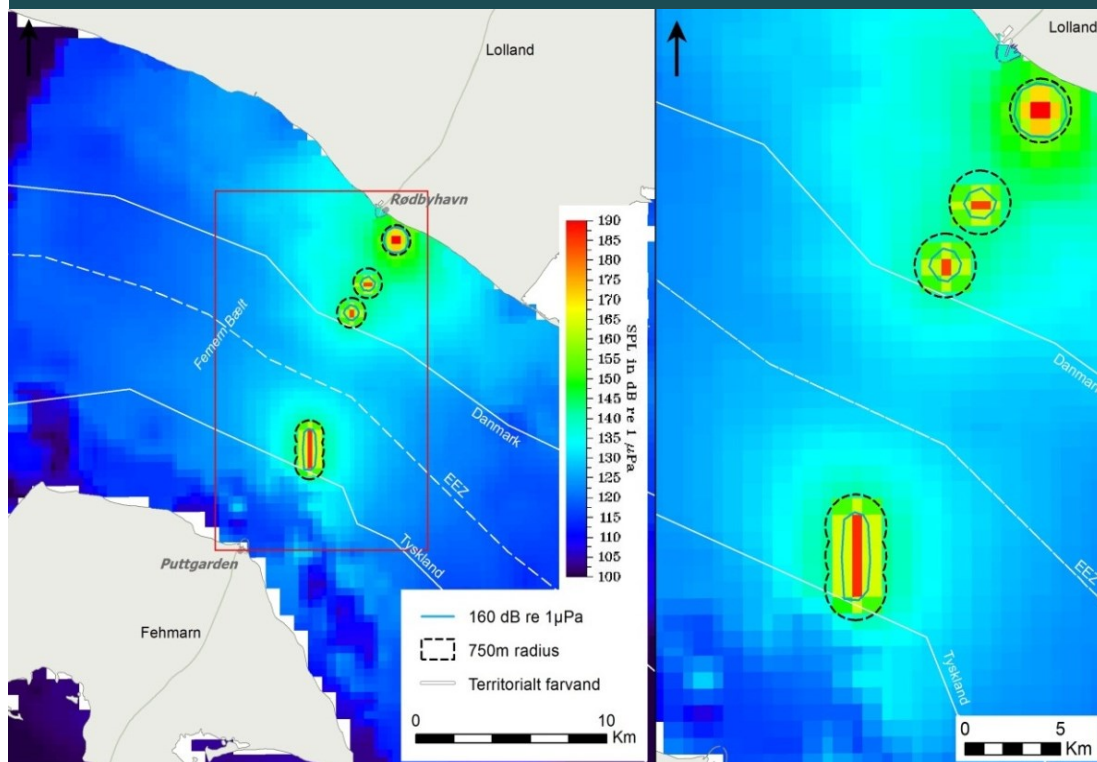
Da pæleramningen foregår på lavt vand, falder støjniveauet hurtigt. Dette skyldes, at lyden absorberes af havbunden. Støjgrænsen på 160 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ ved 750 m overskrides ikke. I en afstand på 1,1 km er støjniveauet under 150 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$, og ved 1,9 km's afstand er støjniveauet fra pæleramningen under 144 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$.

Worst case-støjscenariet for anlægsfasen vil være en situation, hvor der både graves og pælerammes. Lægges støjdbredelsen ved pæleramning sammen med støjen fra gravearbejdet ved sektion G4, D1 og D2, viser modelleringen, at støjen aftager så hurtigt, at der ikke vil forekomme en egentlig barriere. Området med støj over 144 dB re $1 \mu\text{Pa}$, som er vurderingskriteriet for "lille" forringelse (tabel 12.10-3) fra pæleramning, overlapper således ikke med støjen fra gravearbejdet.

Støjdbredelsen ved pæleramning og gravearbejde på samme tid er vist på figur 12.10-7.

Scenariet med gravearbejde og pæleramning samtidig vil kun foregå i en kort periode og strække sig over 10 uger.

FIGUR 12.10-7 Støjubredelse ved gravearbejde i flere sektioner og pæleramning ved Rødbyhavn



Note: Støj fra gravearbejde sektion G4, D1 og D2. Støj fra pæleramning er modelleret som støjeksponeringsniveau, Sound Exposure Level (SEL)

Tab og ændringer af habitat

Arealinddragelsen under anlægsarbejdet vil for marine pattedyr omfatte ca. 5,84 km², herunder medregnes landopfyldningen, tunnelrenden, adgangskanaler til arbejdshavne og gravearbejdet ved arbejdshavne. Det areal, der beslaglægges af de nye landområder, er vurderet til at være ubetydeligt i denne sammenhæng, da tætheden af marsvin her er lav, jf. tætheden i områder med lille betydning i tabel 12.10-4. I forhold til sæler er arealinddragelsen vurderet ikke relevant, da sæler ikke bruger området som landgangsplads.

Som tidligere beskrevet, har sedimentspild ikke en direkte virkning på marsvin og sæler, men sedimentspild og sedimentation vil kunne påvirke fødegrundlaget for sæler og marsvin og dermed have en indirekte virkning. De hydrauliske modeller viser, at der i nærzonen og i dele af Rødsand Lagune vil aflejres varierende mængder materiale. Virkninger på bundflora og -fauna vil kunne påvirke fiskesamfund og dermed fødegrundlaget for marsvin og sæler. De foretagne analyser (afsnit 12.9 Fiskeøkologi) viser dog, at der ikke vil være væsentlige virkninger på fiskesamfundene, hvorfor der ikke vurderes at være afledte virkninger på de marine pattedyr.

12.10.15 Følsomhed

Undervandsstøj

Marsvin og sæler kan være følsomme over for høje støjniveauer. Meget høje støjniveauer kan give vævsskader og permanente eller midlertidige høreskader. Høreskader kan forekomme, hvis dyrene udsættes for et højt støjniveau over længere tid eller et meget højt støjniveau i kort tid, f.eks. en eksplosion eller ved pæleramning med pælehammer. Kriterierne, for hvornår marsvin og sæler skades eller forstyrres af undervandsstøj er oplyst i tabel 12.10-3

Marsvin

Hos hvaler er der registreret permanente høreskader, på engelsk kaldet permanent threshold shift (PTS), ved vedvarende eksponeringer med støjpulse på 198 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ i en 24-timers periode (Southall et al 2007). Disse målinger er dog ikke baseret på målinger hos marsvin, men hos andre hvaler, der anvender mere lavfrekvente kommunikationslyde. Midlertidige høreskader (temporary threshold shift (TTS) er observeret hos marsvin ved en støjpuls på 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (Lucke et al., 2009).

Udover fysiske skader kan et forhøjet støjniveau forårsage adfærdsændringer, maskere naturlige lyde og kommunikationslyde og medføre stress. Dette kan betyde, at marsvin holder sig væk fra områder med støjende anlægsarbejde. Det er vist, at marsvin undgår store skibe og områder, hvor der foretages pæleramning.

Gravearbejdet vil forårsage højere lyde end skibstrafikken, men kun i et lille område. Studier ved offshore pæleramning har vist undvigende adfærd hos marsvin i en afstand på op til 20 km (Tougaard et al., 2009; Diederichs et al., 2010; Brandt et al., 2011). Pæleramning ved anlæg af havvindmøller har dog et langt højere støjniveau end nedramning af spunsvægge. Ved nedramning af monopile vindmøllefundamenter ved Horns Rev og Horns Rev II blev der anvendt pæle med en diameter på ca. 4 m, og støjniveauet blev målt til ca. 235 dB re 1 μPa (Tougaard et al., 2009; Brandt et al., 2011). Støjniveauet ved anlæg af den midlertidige arbejdshavn forventes at være 202 dB re 1 μPa ved 1 m's afstand, hvor det skal tages i betragtning, at en forskel på 3 dB svarer til en halvering henholdsvis en fordobling af støjintensiteten.

Studier ved anlæg af havvindmøller viser, at marsvin bliver midlertidig forstyrret ved en støjeksponering på 140 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ og udviser tydelig undvigende adfærd ved 150 - 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (Brandt et al. 2011, Diederichs et al. 2010).

Undervandstøj kan i nogle tilfælde maskere marine pattedyrs kommunikationslyde, men det er vurderet, at marsvinene har en lav følsomhed i forhold til maskering, da deres ekkolokaliseringsslyde er højfrekvente, omkring 130 kHz (Sveegaard 2011), mens størstedelen af støjen fra pæleramning og skibstrafik er lavfrekvent (FEMM 2013a).

Det er ikke muligt at opgøre følsomhed over for en mulig barrierevirkning i anlægsfasen, da den potentielle barrierevirkning er forårsaget af undervandsstøj. Følsomheden i forhold til en barrierevirkning i anlægsfasen vil således være koblet til marsvinenes følsomhed over for undervandstøj, som er beskrevet tidligere i dette afsnit. Det forventes, at undervandsstøjen vil medvirke til, at marsvinene vil ændre retning og holde sig uden for de mest støjende områder, og at støjen dermed vil have en fortrængningsvirkning.

Med hensyn til habitatændringer i driftsfasen og etablering af beskyttelseslaget af sten oven på tunnelen vurderes dette at have en svag positiv virkning, da der dannes et kunstigt rev. Undersøgelser fra Nysted Havmøllepark viser, at marsvin jager ved havvindmøllefundamenterne (Diederich et al. 2008), og også omkring Storebæltsforbindelsen observeres øget tilstedeværelse af marsvin.

Sæler

Hos sæler er permanente høreskader set ved en støjpulser på 186 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ og midlertidige høreskader ved 171 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (Southall et al 2007).

Udover fysiske skader kan et forhøjet støjniveau også hos sæler forårsage adfærdsændringer, maskere naturlige lyde og kommunikationslyde og medføre stress. Dette kan betyde, at sæler holder sig væk fra områder med støjende anlægsarbejde.

Støj kan hæmme sæler i deres evne til at kommunikere med unger og med hinanden i parrings-tiden, hvilket kan sænke sælers reproduktionsevne. Sæler er også følsomme over for lyde over vand og kan blive skræmt væk, hvis skibe passerer nærmere end 200 m, når de ligger i vandoverfladen.

Habitatændringer og tab

I forbindelse med projektet vil der forekomme et permanent tab af habitat i de nye landområder og i ilandføringsområder, midlertidig tab af habitat på grund af forstyrrelse fra f.eks. støj og indirekte påvirkninger fra sedimentspild, som kan føre til en forringelse af marsvins og sælers fødegrundlag.

Marsvin

Da marsvin er fiskeædere, er de ikke direkte påvirket af ændringer i bundforhold, men da dette kan påvirke fiskebestandene og dermed fødeadgang, kan en forringelse indirekte påvirke marsvin. Baseline-undersøgelserne viser, at sild, torsk, hvilling og kutlinger udgør størstedelen af marsvins føde, så en væsentlig ændring i bestanden af disse arter kan påvirke marsvin.

Ved anlæg af tunnelen lægges der sten oven på tunnelelementerne for at beskytte tunnelen, hvilket kan danne et midlertidig kunstigt rev. Tildækning af stenene i tunnelrenden ved naturlig materialevandring vil ske over nogle årtier, en periode hvor det kunstige rev dog kan have en svag positiv virkning på de marine pattedyr, da det kan føre til øgede mængder af byttedyr.

Undersøgelser har vist en højere akustisk aktivitet fra marsvin omkring vindmølleparker i forhold til referenceområder, hvilket tyder på, at marsvin jager mellem vindmøllerne eller bruger vindmøllefarmene som "læ" for skibstrafik. Ved olieborerplatforme og ved Nysted I vindmøllefarmen er der observeret højere aktivitet om natten. Kunstige rev vurderes derfor at kunne have en lille positiv virkning på marsvin i form af læ og flere byttedyr.

Sæler

Spættet sæl og gråsæl æder både tobiser og torsk, og påvirkningen af lavvandshabitater kan påvirke tobis og unge torsks opvækstområder. Dermed kan tab af lavvandshabitater indirekte påvirke sæler.

Tab af habitat kan også påvirke sæler direkte, da anlægsarbejdet kan hindre deres adgang til dele af projektområdet. Generelt jager sæler dog i habitattyper, der er vidt udbredt i Femern Bælt, og derfor vil et eventuelt tab af små områder af egnede fødesøgningshabitater være uden betydning.

Gråsæler jager fortrinsvist på mudderbund, mens de spættede sæler jager i områder med groft sediment og sten. Telemetriundersøgelserne viser, at gråsælens fødesøgningsområde er større end den spættede sæls (FEMM 2013b), og gråsælen vurderes derfor at være mindre følsom over for lokale habitatændringer.

Der er meget begrænset viden om sælers følsomhed over for hydrografiske ændringer og sælers fordeling i forhold til hydrografiske faktorer. Det er usandsynligt, at de direkte påvirker sæler væsentligt, men mere sandsynligt, at hydrografiske ændringer kan påvirke deres byttedyr, og derved påvirke sælers fødesøgning.

12.10.16 Projektets virkninger i anlægs- og driftsfase

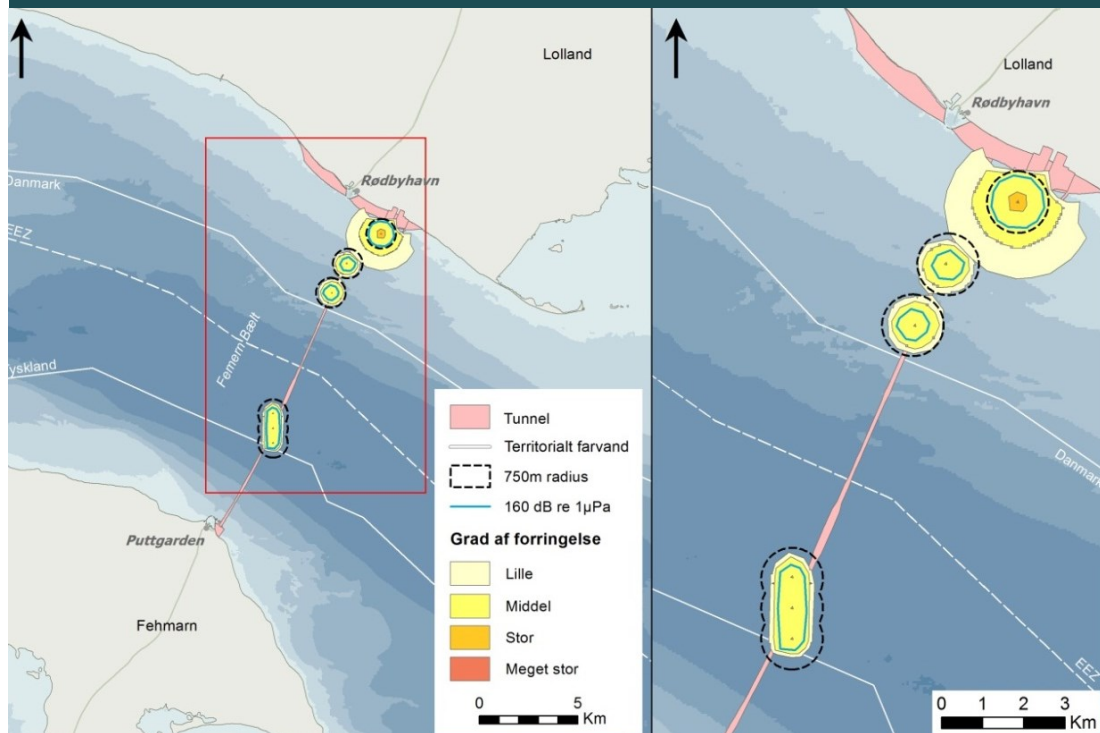
Herunder beskrives graden af forringelse på marsvin og sæler for de relevante belastninger.

Marsvin

Undervandsstøj

Analyser af undervandsstøj i den mest intense del af anlægsfasen viser, at grænseværdien på 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ 750 m fra kilden ikke overskrides. På figur 12.10-8 er vist graden af forringelse som følge af undervandsstøj i den del af anlægsperiode, hvor der pælerammes og graves samtidig, som beskrevet i belastningsafsnittet (afsnit 12.1). Graden af forringelse svarer til de eventuelle skadevirkninger og forstyrrelser, der er angivet i kriterierne i tabel 12.10-3.

FIGUR 12.10-8 Grad af forringelse fra undervandsstøj ved et worst case-scenarie under anlægsarbejdet



Note: De tre områder med støj i det centrale Femern Bælt viser udbredelsen af støj fra gravning i sektion G4, D1 og D2. Området ved Rødby viser udbredelsen af støj fra pæleramning, og i områder uden gul farvemarkerings forventes ingen virkninger

Virksomheden fra støj ved gravearbejdet er lille, således vil støjen påvirke et areal på ca. 5,4 km² med en lille til middel grad af forringelse i vinterperioden og omkring 5,2 km² i sommerperioden med en lille til høj grad af forringelse. I den mest støjende fase af gravearbejdet forventes støjen at være under 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ved 870 m's afstand. Arealerne, der påvirkes af støj fra gravearbejdet, er vist på figur 12.10-8, sammen med støj fra pæleramning.

Den estimerede tæthed af marsvin, beregnet med Density Surface modellen i delområderne i Femern Bælt, er vist i tabel 12.10-7. Tæthederne gælder for de områder, der er vist på figur 12.10-1 og 12.10-2.

TABEL 12.10-7 Tæthed af marsvin i forhold til årstid og områdets betydning målt i individer pr. km²

Betydning	Sommer	Vinter
Meget høj (>1/km ²)	1,27	-
Høj (>0,5/km ²)	0,67	0,59
Middel (>0,25/km ²)	0,37	0,34
Lille (<0,25 ind./km ²)	0,17	0,15

Note: Kriterierne for graduering af betydning er vist i parentes, tæthederne i tabellen er dem, der er estimeret i området med en given betydning. I vinterhalvåret forekommer marsvin ikke i Femern Bælt i tætheder over 1 pr. km²

Antallet af marsvin, der forstyrres, er estimeret for et worst case-scenarie ved at gange tætheden af marsvin i sommer- og vinterperioden med arealet af det område, der forstyrres. Dette viser, at maksimalt tre marsvin forventes at blive forstyrret på et givent tidspunkt ved gravearbejdet.

Forekomsten af marsvin i undersøgelsesområdet i Femern Bælt er vurderet til et antal på 521 – 1.800 individer (95 pct. konfidensinterval) om vinteren og 1.414 – 2.709 (95 pct. konfidensinterval) om sommeren. Estimatet er baseret på en række flytællingerne, der hver især giver øjebliksbilleder. Disse data er i DSM-modellen anvendt i beregningen af den samlede forekomst af marsvin i undersøgelsesområdet i vinter- henholdsvis sommerperioden.

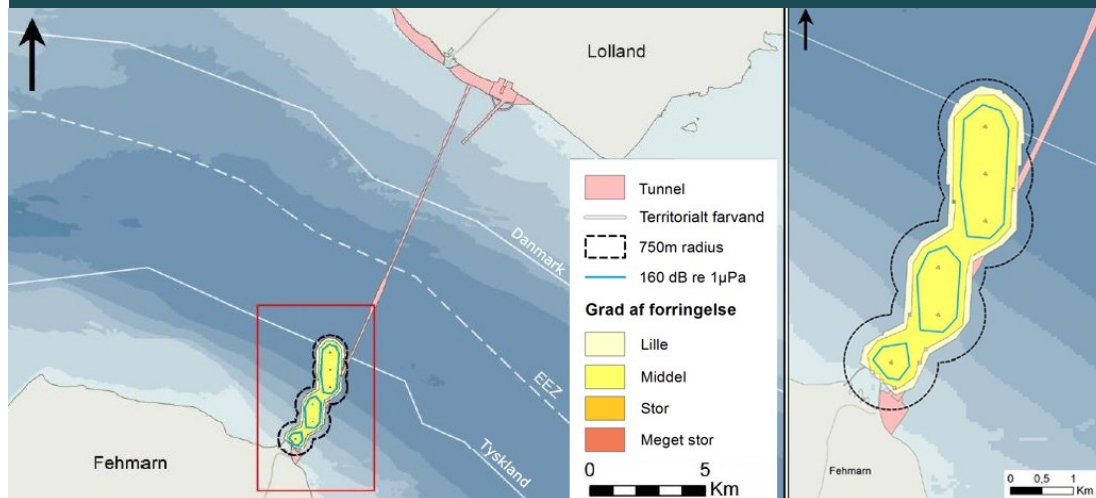
Vurderingen af antallet af dyr, der påvirkes, er foretaget på baggrund af en beregning ud fra tæthederne fundet i 2010, der var de højeste, der blev målt under feltundersøgelserne. Støj fra gravearbejdet forventes således at påvirke under 0,22 pct. af marsvin-populationen i Femern Bælt på et givent tidspunkt, 0,06 pct. - 0,22 pct. om vinteren og 0,10 pct. - 0,20 pct. om sommeren. Da der kun sker en påvirkning af få dyr, vurderes virkningen på marsvinebestanden i Femern Bælt ikke at være væsentlig.

Pæleramning forventes at påvirke ca. 7,3 km² som følge af støj med lidt højere støjniveau ved kilden (figur 12.10-8), end ved gravearbejdet, hvilket betyder, at maksimalt fire marsvin vil blive forstyrret på et givent tidspunkt. Påvirkningen vil ikke medføre permanent skade, og marsvin vil højst sandsynligt undgå de områder, hvor der pælerammes. Støj fra pæleramning er modelleret uden tilstedeværelsen af et dige, der vil omkranse det nye landområde inden pæleramning og vil derfor være en konservativ vurdering af virkningen. Diget begrænser støjbredelsen, da støjen vil absorberes af materialerne i diget.

Arealet af de habitater, der forstyrres af støj, er relativt lille i forhold til det samlede tilgængelige habitat i undersøgelsesområdet svarende til under 0,2 pct. Pæleramning vil ifølge beregninger på et givent tidspunkt påvirke under 0,3 pct. af marsvin-populationen i Femern Bælt, 0,08 pct. - 0,29 pct. om vinteren og 0,13 pct. - 0,24 pct. om sommeren. På nær en meget lille zone med støj over 183 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (figur 12.10-8), men med lav tæthed af marsvin og inden for 750 m fra kilden, viser beregninger, at der ikke vil være områder, hvor marsvin vil blive påvirket af støjniveauer, der kan give midlertidig skade. Virkningen vurderes derfor ikke at være væsentlig. Støjniveauet forventes at være under 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ i en afstand af 1,9 km fra pæleramningen og dermed under kriteriet for en lille grad af forringelse, og der forventes derfor ingen påvirkning af marsvin i en afstand over 1,9 km fra pæleramningen.

Der vurderes ikke at være en væsentlig barriereeffekt som følge af støj i anlægsfasen, da beregninger viser, at der midlertidigt, maksimalt vil være en strækning på 5,4 km med et samtidigt støjniveau over 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ svarende til 25 - 30 pct. af Femern Bælts samlede bredde (figur 12.10-9).

FIGUR 12.10-9 Grad af forringelse fra undervandsstøj ved et worst case-scenarie i forhold til barriere virkning under anlægsarbejdet



Note: De tre områder med støj i det centrale Femern Bælt viser udbredelsen af støj fra gravning i sektion G1, G2 og G3 med seks gravemaskiner samtidig. I området uden gul farvemarkering forventes ingen virkninger

Gravescenariet med den maksimale udbredelse af støj vil højst forekomme i 10 uger, og støj vurderes derfor således at være uden betydning for marsvinenes vandringsmuligheder igennem Femern Bælt. Der findes ikke eksisterende stationære støjkluder, der er vurderet at have barrierevirkning. På et givent tidspunkt opholder der sig under eksisterende forhold mellem 20 - 30 skibe i undersøgelsesområdet samt to færger på ruten Rødby-Puttgarden. Den eksisterende skibstrafik sammen med anlægsarbejdet vurderes dog ikke at udgøre en sammenhængende støjbarriere, da der er en forskydning i både tid og rum i forhold til anlægsarbejdet.

Tab af habitat

Tab af habitat vil påvirke en ubetydelig del af marsvin-populationen. Således påvirker arealinddragelsen, inkl. tunnelrenden, under 4 km² af marsvinenes habitat. Det er kun i et område i den centrale del af Femern Bælt og kun om sommeren, at arealinddragelsen påvirker et område, der har stor betydning (figur 12.10-2). På et givent tidspunkt viser beregninger, hvor det påvirkede areal og tætheden opdelt i de forskellige betydningsklasser for det givne areal er sammenstillet, at der påvirkes under to marsvin svarende til maksimalt 0,1 pct. af populationen i Femern Bælt. Virkningen er derfor vurderet at være ikke-væsentlig.

Habitatændringer og ændringer i fødegrundlag

Forøget turbiditet som følge af sedimentspild fra anlægsarbejdet vil, som nævnt, ikke påvirke marsvinene direkte, og ændringer i habitat som følge af sedimentaflejring vil kun påvirke en ubetydelig del af marsvinenes fødesøgningsområde, da påvirkningen er størst i de lavvandede dele af Femern Bælt. Virkningen er derfor ikke vurderet at være væsentlig.

Beregninger i forbindelse med vurdering af virkninger på fisk viser, at biomassen af juvenile torsk vil falde ca. 15 pct. i nærzonen (500 m på hver side af linjeføringen). Der er kun en marginal påvirkning af fiskebestanden uden for området, der tabes, ved arealinddragelsen. Påvirkningen af fiskebestandene uden for nærzonen vil være betydeligt lavere, og påvirkningen på andre fiskearter vil være lavere end på torsk. Påvirkningen vil være størst i anlægsfasen og ubetydelig i driftsfasen. Samlet set er påvirkningen af fiskebestandene så lille, at påvirkningen af marsvinenes fødegrundlag ikke vurderes at være væsentlig.

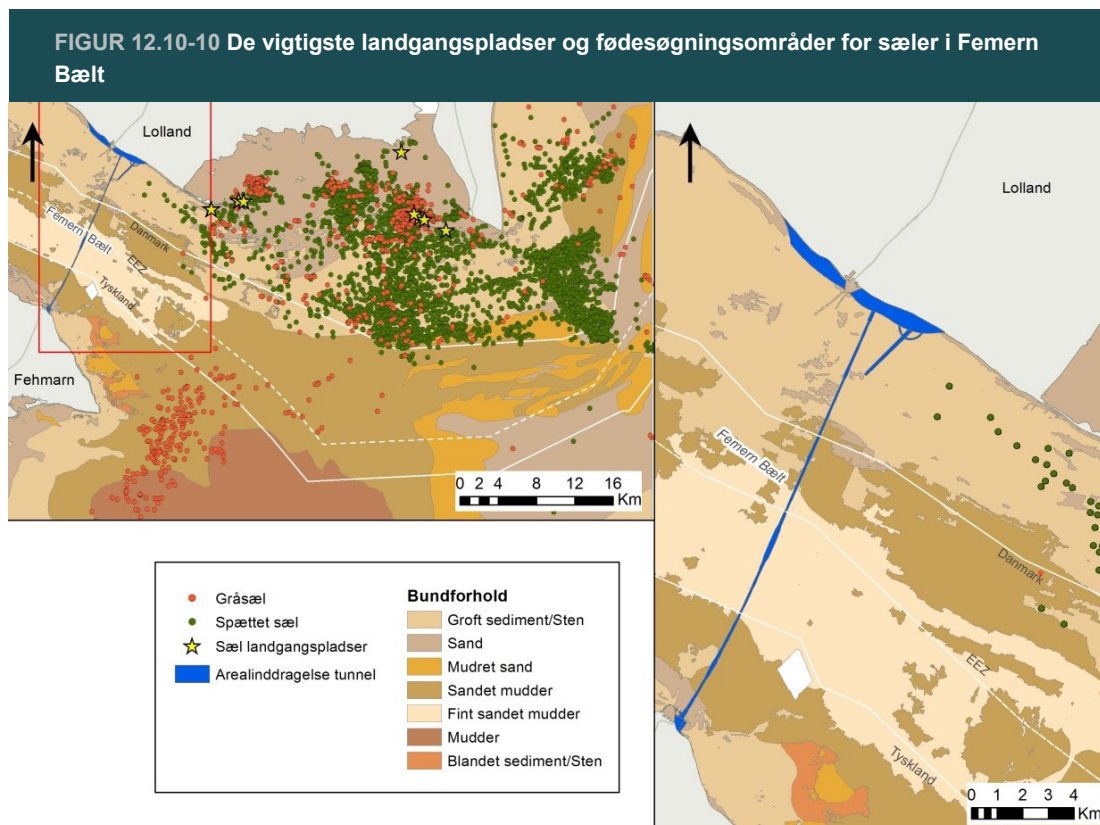
Sæler

Hele Femern Bælt vil potentielt kunne være fødesøgningsområde for sæler. Derfor har analyser af projektets virkninger taget højde for, at forstyrrelser fra støj og habitattændringer kan påvirke sæler. Analyserne viser dog, at ingen belastninger har nogen væsentlige virkninger, da undersøgelserne af sælers bevægelsesmønstre ved hjælp af telemetri viser, at de primært søger føde langt fra projektområdet og meget sjældent opholder sig i nærzonen omkring den planlagte linjeføring (figur 12.10-10).

Spættet sæl

Støj fra anlægsarbejdet vil være på niveau med baggrundsstøjen i de områder, hvor de spættede sæler oftest jager. Støj fra gravearbejdet og pæleramning vil kunne forstyrre de spættede sæler i et område omkring linjeføringen på under 10 km² ud af et samlet undersøgelsesområde på 4.865 km². Området omkring linjeføringen benyttes kun sjældent af sælerne (figur 12.10-10). Tab af habitat kan påvirke sæler direkte, da anlægsarbejdet kan hindre dem adgang til dele af deres udbredelsesområde. De mærkede spættede sæler jager i områder med groft sediment og sten, som er en habitattype, der er vidt udbredt i Femern Bælt. Lokalzonen og nærzonen er heller ikke påvist at være af særlig stor betydning for sæler, og derfor vil et eventuelt tab af små områder af egnede fødesøgningshabitater være uden betydning for bestanden. Afstanden til anlægsarbejdet er så stor, at maskering af kommunikationslyde er vurderet ikke at finde sted.

Virkingen vurderes derfor at være lille, og hverken støj eller habitattændringer vil påvirke sæler væsentligt (figur 12.10-10).



Note: Gule stjerner viser de vigtigste landgangspladser. De grønne markeringer viser steder, hvor de satellitsender-mærkede spættede sæler udviser fødesøgningsadfærd, det vil sige, steder, hvor de mærkede sæler har svømmet med lav hastighed, slow travel rate. De røde markeringer viser steder, hvor gråsæler udviser fødesøgningsadfærd

Enkelte af de spættede sæler, der blev mærket med satellit-sendere, krydsede i få tilfælde projektområdet. I en anden undersøgelse, Crown Estate (FEMM 2013a), fandt man, at en juvenil

spættet sæl krydsede nærzonen syv gange. Det er vurderet, at anlægget af Femern Bælt-forbindelsen, som også vist for marsvin, ikke vil fungere som en barriere, og at de spættede sælers migration gennem Femern Bælt derfor ikke påvirkes væsentligt.

Gråsæl

Støj fra anlægsarbejdet vil være på niveau med baggrundsstøjen i de områder, hvor gråsæler oftest jager. Støj fra gravearbejdet og pæleramning vil kunne forstyrre gråsæler i et område omkring linjeføringen på under 10 km² ud af et samlet undersøgelsesområde på 4.865 km². Området omkring linjeføringen benyttes kun sjældent af sælerne (figur 12.10-10). Tab af habitat kan påvirke gråsæler direkte, da anlægsarbejdet kan forhindre dem adgang til dele af deres udbredelsesområde. Generelt jager gråsæler dog i habitattyper, der er vidt udbredt i Femern Bælt (figur 12.10-10), ligesom Femern Bælt-området ikke er påvist at være af særlig stor betydning for sæler, og derfor vil et eventuelt tab af små områder af egnede fødesøgningshabitater være uden betydning for bestanden. Afstanden til anlægsarbejdet er så stor, at maskering af kommunikationslyde er vurderet ikke at finde sted.

Virkningen vurderes derfor at være lille, og hverken støj eller habitatændringer vil påvirke gråsæler væsentligt.

Enkelte gråsæler, der blev mærket med satellit-sendere, krydsede i få tilfælde projektområdet. I en anden undersøgelse, Crown Estate (FEMM 2013a), fandt man, at tre ud af fem mærkede gråsæler krydsede i alt seks gange. Det er vurderet, at anlægget af Femern Bælt-forbindelsen ikke vil fungere som en barriere, og at gråsælers migration gennem Femern Bælt derfor ikke påvirkes væsentligt.

12.10.17 Sammenfatning

Tabellerne 12.10-8 og 12.10-9 sammenfatter graden af virkninger på marine pattedyr ved anlæg af en sænketunnel. Tabellen viser, hvor stor en del af forekomsten af sæler og marsvin i Femern Bælt der påvirkes, graderet efter hvor stor grad af virkning der forventes at være. Ingen af belastningerne påvirker mere end 1 pct. af marsvin-forekomsten i Femern Bælt, og for sæler er der ingen påvirkning fra nogen af belastningerne, udover en lille påvirkning af deres fødegrundlag.

TABEL 12.10-8 Sammenfatning af grad af virkningerne på marine pattedyr i anlægsfasen for en sænketunnel

Belastning	Marsvin		Spættet sæl	Gråsæl
	Vinter	Sommer		
Undervandsstøj fra gravearbejde	Høj < 0,001 pct.	Høj < 0,001 pct.	Lille	Lille
	Middel < 0,17 pct.	Middel < 0,14 pct.	Lille	Lille
	Lille < 0,09 pct.	Lille < 0,07 pct.	Lille	Lille
Undervandsstøj fra pæleramning	Høj < 0,001 pct.	Høj < 0,001 pct.	Lille	Lille
	Middel < 0,03 pct.	Middel < 0,09 pct.	Lille	Lille
	Lille < 0,07 pct.	Lille < 0,15 pct.	Lille	Lille
Tab af habitat	Stor < 0,04 pct.	Stor < 0,04 pct.	Lille	Lille
	Middel < 0,04 pct.	Middel < 0,04 pct.	Lille	Lille
	Lille < 0,01 pct.	Lille < 0,01 pct.	Lille	Lille
Ændring af habitat	Lille	Lille	Lille	Lille
Tab af fødegrundlag	Lille	Lille	Lille	Lille
Barriereeffekt	Lille	Lille	Lille	Lille
Forurenede stoffer	Lille	Lille	Lille	Lille

Note: Tabellen viser alle potentielle belastninger i anlægsfasen. Ved en eventuel virkning er angivet, hvor stor en andel af henholdsvis sommer- og vinterforekomsten af marsvin i Femern Bælt, der påvirkes, og i hvilken grad det område påvirkes. Andelen skal ses i forhold til den samlede, estimerede forekomst af henholdsvis marsvin og sæler i Femern Bælt. Graderingen er foretaget ved at kombinere omfanget af forringelse med betydningen af det påvirkede areal

TABEL 12.10-9 Sammenfatning af grad af virkningerne på marine pattedyr i driftsfasen for en sænketunnel

Belastning	Marsvin		Spættet sæl	Gråsæl
	Vinter	Sommer		
Støj af drift	Lille	Lille	Lille	Lille
Tab af habitat	Stor < 0,01 pct.	Stor < 0,01 pct.	Lille	Lille
	Middel < 0,01 pct.	Middel < 0,01 pct.	Lille	Lille
	Lille < 0,01 pct.	Lille < 0,01 pct.	Lille	Lille
Ændring af habitat	Lille	Lille	Lille	Lille
Tab af fødegrundlag	Lille	Lille	Lille	Lille
Barriereeffekt	Lille	Lille	Lille	Lille
Forurenede stoffer	Lille	Lille	Lille	Lille

Note: Tabellen viser alle potentielle belastninger i driftsfasen. Ved en eventuel virkning er angivet, hvor stor en andel af henholdsvis sommer- og vinterforekomsten af marsvin i Femern Bælt, der påvirkes. Andelen skal ses i forhold til den samlede estimerede forekomst af henholdsvis marsvin og sæler i Femern Bælt. Gradueringen er foretaget ved at kombinere omfanget af forringelse med betydningen af det påvirkede areal

Beskyttede arter

Da marsvinet er beskyttet i henhold til habitatdirektivets bilag IV, er det nødvendigt at fastlægge, hvorvidt projektets belastninger er i konflikt med artikel 12 i habitatdirektivet. Artikel 12 omfatter forbud mod forsætligt drab eller indfangning af arter, inkl. skade og forsættlig forstyrrelse i hele deres udbredelsesområde. Endvidere er marsvin, spættet sæl og gråsæl totalfredede i Danmark og må ikke jages. Dog kan fiskere søge dispensation til at skyde sæler, der volder skade på garnfiskeriet.

Det er vurderet, at det kun er undervandsstøj i anlægsfasen, der er relevant i denne henseende. Der vil være en minimal zone, svarende til 0,34 ha, med et støjniveau på over 183 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$, hvilket kan give midlertidig høreskade hos marsvin.

Beregnet ud fra tætheden vil dette betyde, at sandsynligheden for, at et marsvin befinder sig i zonen, er meget lille. Derfor vurderes det, at anlægsarbejdet ikke er i konflikt med artikel 12 i habitatdirektivet.

12.10.18 Konklusion på projektets virkninger

Fleere af projektets belastninger er vurderet at være så små, at de er ubetydelige. Støj i anlægsfasen samt tab og ændringer af habitat i anlægsfasen er de eneste belastninger, der er vurderet at have egentlige virkninger på de marine pattedyr.

Væsentlighed af undervandsstøj

I anlægsfasen vil støjniveauet især øges på grund af gravearbejdet, når tunnelrenden skal etableres og ved anlæg af den midlertidige arbejdshavn. De højeste støjniveauer vil forekomme ved pæleramning ved anlæg af kajanlæggene i arbejdshavnen. Analyser viser, at støj fra gravearbejdet ikke vil overskride 160 re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ i en afstand af 750 m fra gravearbejdet eller pæleramning. Der vil fortrinsvist være en virkning fra undervandsstøj i nærzonen og i en mindre del af lokalzonen. Ved et støjniveau under 144 re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$, forventes ingen adfærdsændringer hos marsvin og sæler. I den mest støjende fase af gravearbejdet forventes støjen at være under 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ved 870 m's afstand. Ved pæleramning vil støjniveauet være under 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ved en afstand på 1,9 km. Et worst case-scenarie med gravearbejde og pæleramning

samtidig forventes kun at strække sig over 10 uger. Anlægsarbejdet til udgravning af tunnelrende og etablering af arbejdshavne forventes at tage 72 uger, hvoraf der pælerammes i ca. 2 måneder. Nedsænkning af tunnelelementer og tilbagefyldning af tunnelrenden forventes at tage 2,5 år og vil ske i en løbende proces, efter at tunnelrenden er gravet. Der vil dog muligvis være et overlap på 2 - 3 måneder mellem udgravningen og nedsænkning/tilbagefyldning. Det forventes, at marsvin og sæler vil søge ud af områder med et støjniveau over 144 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$, men at områdets størrelse er ubetydelig i forhold den samlede størrelse af marsvins og sælers habitat i undersøgelsesområdet. Virkninger fra støj er midlertidige og begrænser sig til anlægsfasen. Således vurderes det, at støj i anlægsfasen ikke har en væsentlig virkning.

Væsentlighed af tab af habitat, habitatændringer og ændringer i fødegrundlag

Arealinddragelsen er under 4 km² og påvirker marsvins og sælers habitat i et område, hvor tætheden af marsvin er middel eller lille, og hvor der ikke er landgangspladser for sæler. Arealet har en størrelse, der er ubetydelig i forhold til det samlede habitat for marsvin og sæler. Virkninger fra sedimentspild vurderes at være ubetydelige, da både marsvin og sæler kan jage i dårlig sigt, og arealet, der påvirkes, udgør en ubetydelig del af deres fødesøgningsområde. Virkninger af nyt, hårdt substrat er vurderet at være begrænset og have en neutral virkning. Indirekte virkninger på fødegrundlaget begrænser sig især til nærzonen og er ikke vurderet til at have nogen virkning på marsvin og sæler. Det er derfor vurderet, at virkninger på tab af habitat, habitatændringer og ændringer i fødegrundlag ikke er væsentlige.

12.10.19 Samlet vurdering af væsentlighed

Den samlede virkning fra alle belastninger påvirker mindre end 1 pct. af forekomsten af marsvin i Femern Bælt. Belastninger fra støj og tab af habitat vil påvirke under 0,1 pct. af den samlede Kattegat-, Bælthavet- og vestlige Østersø-bestand af marsvin, der er estimeret til ca. 23.000 dyr under SCANS II undersøgelserne. Derudover er virkningerne midlertidige og forstyrrelser fra støj i anlægsfasen vil for et worst case-scenarie kun strække sig over 10 uger. Forstyrrelse fra støj i anlægsfasen vil skræmme marsvin væk, men området, der forstyrres, har en størrelse, der er ubetydelig i forhold til det samlede habitat i Femern Bælt.

Ingen af virkningerne, der i øvrigt kun er af lokal karakter, er i sig selv væsentlige. Heller ikke i en aggregeret betragtning af samtidige belastninger vurderes der at være en væsentlig virkning. Der vil således ikke på noget tidspunkt forekomme en sammenhængende støjbarriere i Femern Bælt.

Samtlige analyser viser også, at ingen af belastningerne vil forårsage væsentlige virkninger på sæler.

I driftsfasen er der ingen belastninger, der er relevante i forhold til aggregerede virkninger, og der vurderes ikke at være nogen væsentlige virkninger fra projektet som helhed.

Derfor kan det konkluderes, at anlæg af en sænketunnel ikke vil have nogen væsentlig virkning på marine pattedyr i hverken anlægs- eller driftsfasen.

12.10.20 Yderligere afværgeforanstaltninger

Den største projektbelastning er undervandsstøj, og det planlægges at benytte "blød start" ved pæleramning, hvor støjniveauet hæves gradvist. Ved anlæg af arbejdshavnen planlægges det så vidt muligt at vibrere spunsvæggene ned i havbunden (vibro-piling). Vibrations-metoden støjer mindre end nedramning med slag, hvilket betyder, at støjniveauet vil være lavere end det, som er lagt til grund for vurderingen.

12.11 FUGLE PÅ HAVET

Femern Bælt har på en række områder stor betydning for fuglelivet. Således foregår der forår og efterår store fugletræk gennem Femern Bælt, ligesom der er store områder i og omkring Femern Bælt, der er af international betydning for vandfugle og derfor er beskyttet.

I dette afsnit beskrives mulige virkninger på fugle i Femern Bælt fra anlæg og drift af en sænketunnel. I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter, hvilket vil sige de tre hovedgrupper af fugle: Ikke-ynglende, ynglende vandfugle og trækkende fugle i det marine område. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Betydningen af Femern Bælt for de vurderede komponenter og belastningernes størrelse er kort beskrevet. Kapitlet beskriver også fuglenes følsomhed over for projektets belastninger, og hvilke kriterier der er anvendt i vurderingen af deres virkninger. I analysedelen beskrives virkningerne på de vurderede komponenter, dog fokuseres der på de arter eller grupper, hvor der er en virkning. Til sidst i kapitlet vurderes det, om virkningerne er væsentlige.

For udvalgte fuglearter beskrives de indirekte virkninger på fødegrundlaget, hvilket omfatter bundflora, bundfauna og fisk. En lang række fugle er screenet ud tidligt i vurderingen, da det er vurderet, at deres følsomhed over for projektets belastninger er lille, eller hvis projektets virkninger er vurderet til at være ubetydelige. I mange tilfælde er fuglene også vurderet i grupper. En given belastning er vurderet irrelevant for hele gruppen. Dette gælder f.eks. virkninger af sedimentspild på trækfugle.

Vurdering af virkninger på ynglende landfugle behandles i kapitel 13 Lolland. Virkninger på fugle, som er en del af udpegningsgrundlaget i Natura 2000-områder, der kan blive berørt af projektet, er omtalt særskilt i kapitel 17.

De viste eksempler i dette afsnit giver et retvisende og fyldestgørende billede af forholdene og de forventede sandsynlige virkninger. For en fuldstændig beskrivelse henvises til baggrundsrapporten om vandfugle og fugletræk (FEBI 2013a), baggrundsrapporten vedrørende vurderingskriterier for VVM-redegørelsen om fugle (FEBI 2013b) og miljøvurderingsrapporten vedrørende fugle (FEBI 2013).

12.11.1 Vurderede komponenter

For fugle er virkningerne af projektet udført for de følgende komponenter, der er udvalgt på basis af en screening af de forskellige arters følsomhed over for de vurderede påvirkninger:

- Ynglende vandfugle (13 arter)
- Ikke-ynglende vandfugle (23 arter)
 - ”Planteædende”
 - ”Muslingespisende”
 - ”Fiskespisende”
- Trækkende fugle (39 arter)
 - ”Vandfugle med større præference for at trække over vand (kategori I)”
 - ”Vandfugle med mindre præference for at trække over vand (kategori II)”
 - ”Dagtrækkende landfugle (kategori III)”
 - ”Nattrækkende landfugle (kategori IV)”

Fælles for alle komponenter er deres tilknytning til det marine miljø i Femern Bælt, herunder deres afhængighed af marine føderessourcer. For en beskrivelse af hvilke arter, der specifikt indgår i de enkelte komponenter, henvises til FEBI (2013).

For de ynglende vandfugles vedkommende inkluderer dette således terne- og mågearter, der yngler i kolonier i vådområder på Lolland og Fehmarn og fouragerer i Femern Bælt. For de ikke-

Ynglende vandfugles vedkommende inkluderer vurderingerne troldand *Aythya fuligula*, der som dokumenteret i kortlægningen af de eksisterende forhold, opholder sig i ferskvandsområderne på Lolland om dagen, men fouragerer i Femern Bælt om natten.

Fælles for de efterfølgende komponenter er, at der er tale om fugle, der bevæger sig i luftrummet over Femern Bælt enten i form af langdistancetræk eller i form af bevægelser over kortere distancer.

Langdistancetræk, som typisk involverer fugle, der bevæger sig mellem nordlige yngleområder og sydlige overvintringsområder, er opdelt i to vandfuglekomponenter med forskellig præference for at trække over vand, og to landfuglekomponenter dækkende arter med en tendens til enten at trække om dagen eller om natten.

Som dokumenteret af kortlægningen af eksisterende forhold foregår en stor del af dagtrækket af landfugle i højder under 300 m, hvorimod hovedparten af nattrækket af landfugle foregår i højder over 300 m.

Kortlægningen dokumenterer, at de dagtrækkende landfugle i udstrakt grad benytter kysterne på Lolland og Fehmarn som ledelinje og derfor ofte koncentrerer sig ved Rødbyhavn og Puttgarden, som fungerer som endepunkter på kysterne under henholdsvis efterårs- og forårstrækket. De nattrækkende landfugle bevæger sig derimod uafhængigt af kysttopografien, og trækket foregår nærmest som en bred front uden tendens til koncentrerede forekomster ved Rødbyhavn og Puttgarden.

En screening af hvilke arter, der er inkluderet, er beskrevet i afsnittet om arternes følsomhed.

Afværgeforanstaltninger En række afværgeforanstaltninger, der kan begrænse virkninger på fugle som følge af sedimentspild, er inkorporeret i den planlagte konstruktion af projektet, hvoraf de væsentligste er:

- Opgravninger af havbunden planlægges og udføres med de bedst anvendelige metoder for at reducere sedimentspild mest muligt
- Genanvendelse af opgravet materiale i landopfyldninger langs kysterne vil ske inden for dæmninger, der etableres for at undgå spild og spredning af sediment

Projektets belastninger

De relevante belastninger fra projektet for fugle er vist i tabel 12.11-1 med indikation af, hvorvidt belastningerne er direkte eller indirekte. De relevante belastninger er primært knyttet til anlægsfasen. Belastningerne påvirker både vandfuglenes fourageringsmuligheder direkte og indirekte. Belastninger associeret med sedimentspredningen vil være størst i de første 1,5 år af anlægsfasen, og herudover vil der være en lille påvirkning i anlægsfasens afslutning, hvor arbejdspladsen på Lolland genopfyldes.

TABEL 12.11-1 Belastninger, der potentielt kan påvirke fuglene i projektets anlægsfase og driftsfase med indikation af, hvorvidt belastningerne er direkte eller indirekte

Belastninger	Anlægsfase	Driftsfase
Habitattab	Direkte	Direkte
Habitatændring som følge af sedimentspredning	Indirekte	Ingen
Lyssvækkelse og habitatfortrængning som følge af sedimentspredning	Direkte	Ingen
Forstyrrelse og habitatfortrængning fra anlægsfartøjer	Direkte	Ingen
Kollision med anlægsfartøjer	Direkte	Ingen
Barriereeffekt fra anlægsfartøjer	Direkte	Ingen

Kumulative virkninger fra eksisterende belastninger

Femern Bælt er et havområde, der er præget af intensiv menneskelig aktivitet, og de eksisterende belastninger på fugle på havet er beskrevet i afsnit 10.1.10. Det er bl.a. forstyrrelser fra skibstrafik, marine anlæg, havvindmøllefarme og eutrofiering, der er relevante i forhold til kumulative virkninger fra eksisterende belastninger på fuglene.

Miljøvurderingen tager de eksisterende belastninger i betragtning, når det vurderes, om virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel er væsentlige, da der er taget højde for de eksisterende belastninger i fastsættelsen af vurderingskriterier. I modelleringen af virkninger på ederfugle indgår eksisterende marine anlæg, som f.eks. Rødsand II havvindmølleparken, og der ses således på de samlede virkninger på ederfuglene i konklusionsafsnittet.

12.11.2 Vurderingskriterier

Vurderingerne af virkningerne på fugle er foretaget på arts- eller artsgruppeniveau (delkomponent), og så vidt muligt er virkningerne kvantificeret i form af påvirkede antal med udgangspunkt i de optællings- og radardata samt modelresultater, som foreligger fra kortlægningen. Omfanget af virkningerne er vurderet på baggrund af viden om fuglenes respons og følsomhed over for den givne belastning. Følsomheden kombineret med belastningens størrelse estimerer omfanget af forringelse. Et tab af habitat for en delkomponent, som skyldes arealinddragelse til strukturer eller arbejdsanlæg, klassificeres som havende meget stort omfang af forringelse. Detaljerede kriterier til vurdering af omfang af forringelse på vandfugle og trækkende fugle samt begrundelsen for fastsættelse af kriterier fremgår af FEBI (2013). I tabel 12.11-2 er vist de generelle kriterier til vurdering af omfanget af forringelse på fugle.

Omfang af forringelse og arealet, der påvirkes for den pågældende fugleart, er dernæst anvendt til at estimere omfanget af virkningen på arten

Hvorvidt tabet er væsentligt er vurderet ved at analysere en kombination af størrelsen af det tabte habitat inden for det areal, som inddrages til anlægget, og betydningen af det tabte område for den vurderede bestand. De anvendte kriterier til klassifikation af betydningen af påvirkede delkomponenter for fugle fremgår efterfølgende i afsnittet om betydning og afsnittet om følsomhed. Ud fra omfanget af virkningen estimeres antallet af fugle, der fortrænges. Fortrænges der mere end 1 pct. af den biogeografiske bestand, er virkningen som hovedregel vurderet at være væsentlig. Kriteriet 1 pct. er valgt på baggrund af dets globale anvendelse i forbindelse med vurderinger af vådområder af international betydning for vandfugle.

Til vurdering af væsentligheden af en virkning er der for de fleste arter anvendt det maksimale sæsonmæssige antal, estimeret ud fra kortlægningen. For visse af de modellerede vandfuglearter, hvor det estimerede antal kun varierede i mindre omfang over perioden, er der dog anvendt den estimerede middeltæthed over undersøgelsesperioden.

TABEL 12.11-2 Kriterier brugt ved vurdering af virkninger af projektet på fugle

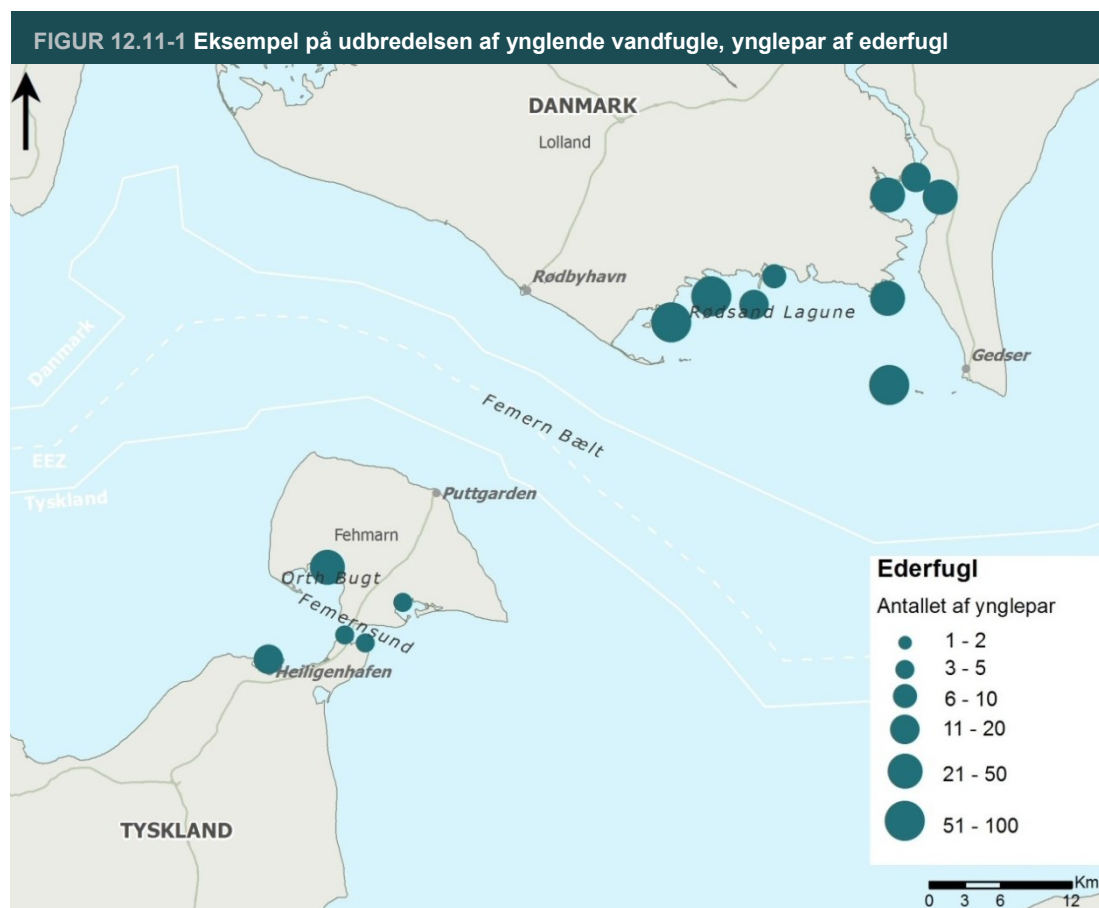
Belastning	Omfang af virkning	Beskrivelse af omfang af virkning
Barriereeffekt	Meget stor	Barriere er fuldstændig i forhold til trækruter (langdistancetræk) og bevægelseskorridorer (ynglende og ikke-ynglende vandfugle). Der eksisterer ingen alternative trækruter eller bevægelseskorridorer, eftersom fuglene ikke bevæger sig over land. Kobling mellem fourageringsområder på begge sider af barrieren er ikke mulig.
	Stor	Barriere er ikke fuldstændig, men trækkende fugle viser kraftige reaktioner, når de nærmer sig barrieren, f.eks. ved at modificere trækruten. Koblingen mellem yngle-, raste- og fourageringsområder på begge sider af barrieren er reduceret.
	Mellem	Barriere resulterer i reaktioner, men fuglene krydser barrieren.
	Lille	Mindre barriereeffekt; fuglene bevæger sig med minimale reaktioner over og under strukturen.
Kollisionsrisiko	Meget stor	En stor andel af trækkende eller rastende fugle forventes regelmæssigt at kolliderer med strukturen.
	Stor	En mindre andel af trækkende eller rastende fugle forventes regelmæssigt at kolliderer med strukturen. Dårligere vejrforhold forventes at øge kollisionsrisikoen.
	Mellem	Kollisionerne har lav sandsynlighed, men dårlige vejrforhold kan resultere i større kollisioner.
	Lille	Kollisionerne har lav sandsynlighed. Kun enkelte fugle forventes at kolliderer med strukturen.
Habitatfortrængning	Meget stor	50 - 100 pct. af ynglende eller ikke-ynglende vandfugle forventes at blive fortrængt fra det påvirkede område, eller omfanget af virkninger kan ikke vurderes.
	Stor	25 - 50 pct. af ynglende eller ikke-ynglende vandfugle forventes at blive fortrængt fra det påvirkede område.
	Mellem	5 - 25 pct. af ynglende eller ikke-ynglende vandfugle forventes at blive fortrængt fra det påvirkede område.
	Lille	Forstyrrelse forårsager ikke en målbar fortrængning af vandfugle (<5 pct. fortrængning).
Habitatændringer	Meget stor	Habitatændringer resulterer i 50 - 100 pct. reduktion i antallet af fugle i det påvirkede område eller omfanget af virkninger kan ikke vurderes.
	Stor	Habitatændringer resulterer i 25 - 50 pct. reduktion i antallet af fugle i det påvirkede område.
	Mellem	Habitatændringer resulterer i 5 - 25 pct. reduktion i antallet af fugle i det påvirkede område.
	Lille	Habitatændringer resulterer i < 5 pct. reduktion i antallet af fugle i det påvirkede område.

12.11.3 Betydning

Betydningen af et påvirket område er klassificeret både ud fra andelen af den totale biogeografiske bestand estimeret for området og artens internationale beskyttelsesstatus (tabel 12.11-3). To internationale sæt af kriterier for beskyttelsesstatus er anvendt; Annex I i EU Fugle-direktivet og SPEC status ifølge BirdLife International. Den højeste beskyttelsesstatus i de to lister blev anvendt til klassifikationen.

Klassifikationen af betydning er foretaget på basis af de eksisterende forhold (FEBI 2013a, b), som også lægges til grund for vurderingen af 0-alternativet.

Figur 12.11-1 viser et eksempel på de vigtigste områder for ynglende vandfugle i Femern Bælt. Størsteparten af den ynglende vandfuglefauna i regionen forekommer inden for tre områder; Rødsand Lagune, vådområderne langs sydkysten af Fehmarn og Maribosøerne. Hvor stor en del af de ynglende vandfugle i Maribosøerne, der udnytter de marine områder i Femern Bælt, er dog usikker.



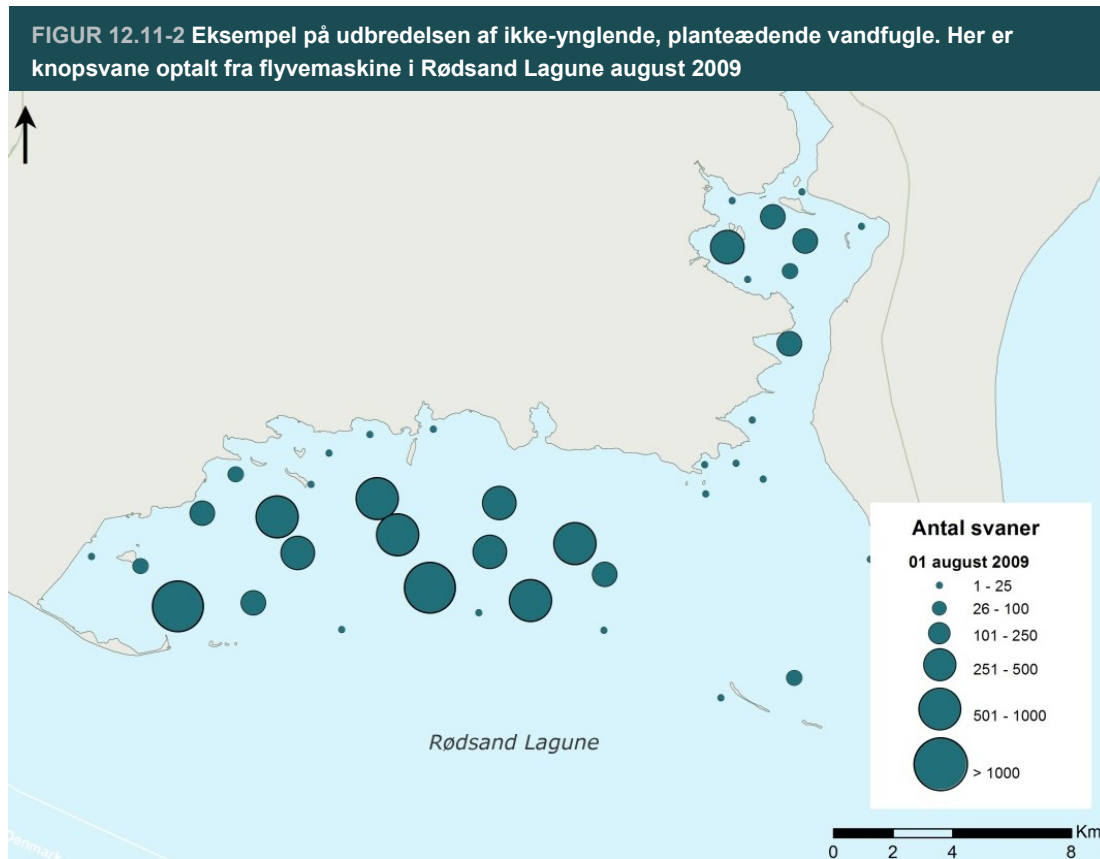
Note: Figuren angiver antal ynglepar

TABEL 12.11-3 Kriterier for klassificering af betydning for ikke ynglende vandfugle og fugletræk

		Beskyttelsesstatus			
		Meget høj	Høj	Middel	Lav
Bestandsandel i Femern Bælt	Meget høj	Meget høj	Meget høj	Meget høj	Meget høj
	Høj	Meget høj	Høj	Middel	Middel
	Middel	Høj	Høj	Middel	Lav
	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav

De vigtigste marine områder for ikke-ynglende planteædende vandfugle er Rødsand Lagune og Ortn Bugt på sydvestkysten af Fehmarn. Området Rødsand Lagune er vist ved et eksempel i figur

12.11-2. I begge områder drejer det sig hovedsageligt om knopsvane *Cygnus olor*, sangsvane *Cygnus cygnus*, og mørkbuget knortegås *Branta b. bernicla*, som forekommer regelmæssigt i Rødsand Lagune

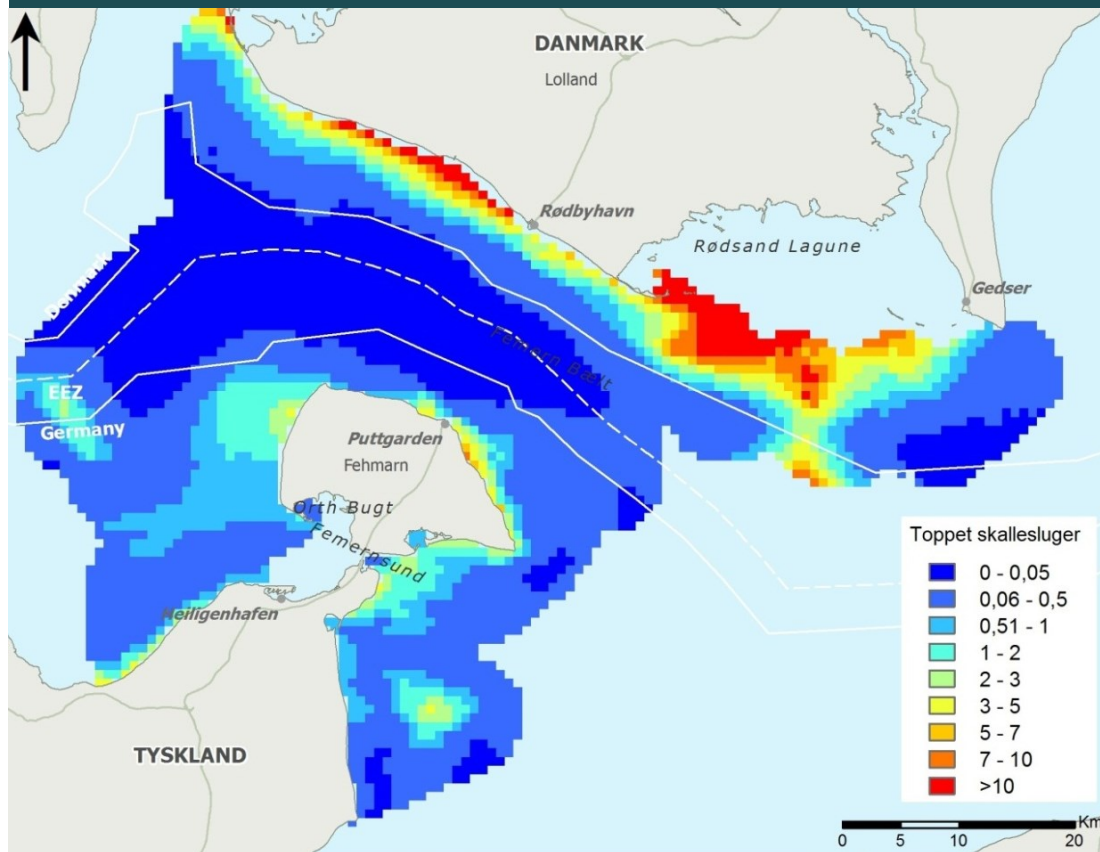


Note: Figuren angiver antal individer

Rødsand Lagune er af stor international betydning for fældende knopsvane og huser regelmæssigt 4 - 6,5 pct. af den central- og nordvesteuropæiske ynglebestand.

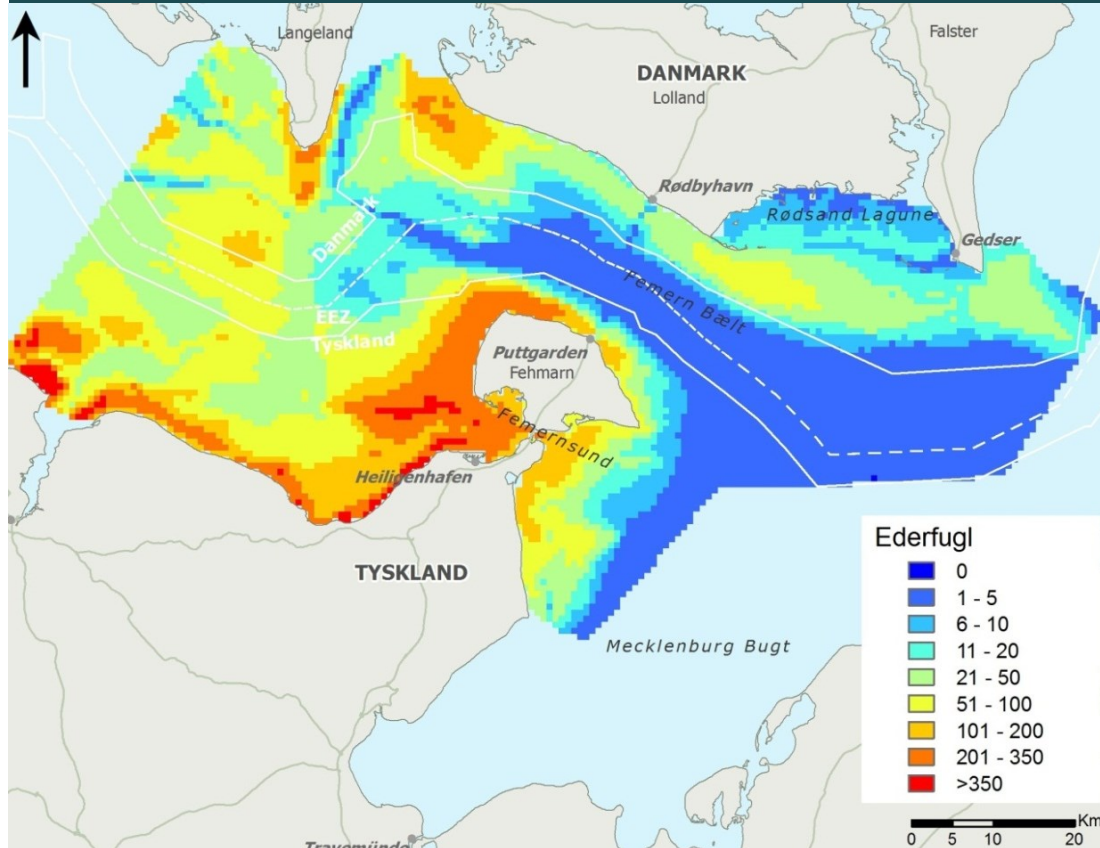
Et eksempel på de vigtigste områder for ikke-ynglende fiskespisende vandfugle er vist i figur 12.11-3. Figuren viser fordelingen af toppet skallesluger. I modsætning til planteædende og muslingespisende vandfugle er Femern Bælt af mindre betydning for fiskespisende vandfugle. De forskellige dele af Femern Bælt udnyttes regelmæssigt, men af forskellige fuglearter. Ikke-ynglende fiskespisende vandfugle inkluderer således både de relativt kystnære arter, som skarv *Phalacrocorax carbo* og toppet skallesluger *Mergus serrator*, samt arter udbredt over de lavvandede områder som rødstrubet og sortstrubet lom *Gavia stellata/arctica* og arter, der er udbredt over de dybere dele af Femern Bælt, som alk *Alca torda* og lomvie *Uria aalge*.

FIGUR 12.11-3 Eksempel på udbredelsen af ikke-ynglende fiskespisende vandfugle. Her modellerede tætheder af toppet skallesluger ud fra skibsbaserede tællinger i vinteren 2008 - 2009 (tætheder pr. km²)



Et eksempel på de vigtigste områder for ikke-ynglende muslingespisende vandfugle fremgår af figur 12.11-4. Figuren viser fordelingen af ederfugl. Ikke-ynglende, muslingespisende vandfugle indeholder de talmæssigt største koncentrationer af vandfugle i regionen, og med undtagelse af knopsvane er det også denne gruppe, der i fuglebeskyttelsessammenhæng er mest betydningsfuld. På figuren er vist fordelingen af ederfugle.

FIGUR 12.11-4 Eksempel på udbredelsen af ikke-ynglende muslingespisende vandfugle. Her modellerede tætheder pr. km² af ederfugl ud fra flybaserede tællinger i vinteren 2008 - 2009



De muslingespisende vandfugles udbredelse og de største koncentrationer af fugle i regionen knytter sig naturligt til områder med store muslingeforekomster. Disse er områderne under 20 m dybde vest for Fehmarn og i Hohwachter Bucht samt ved Albuebanken og i nogen mindre udstrækning syd for Hyllekrog, Gedser Rev og Sagas Banke. Forekomsterne domineres af ederfugl *Somateria mollissima*, sortand *Melanitta nigra* og havlit *Clangula hyemalis*.

Udbredelseskort for øvrige arter findes i baggrundsrapporten (FEBI 2013a).

12.11.4 Følsomhed

Habitattab

Principielt er alle vandfuglekomponenter vurderet potentielt følsomme over for de habitattab, som sker ved inddragelsen af arealer til selve anlægget.

Habitatændring som følge af sedimentspredning

Belastningen er i tabel 12.11-1 beskrevet som både "habitatændring som følge af sediment-spredning" og "lyssvækkelse og habitatfortrængning som følge af sedimentspredning". Disse indirekte og direkte habitatændringer, som følge af anlægsarbejdet, vil hovedsageligt påvirke de ikke-ynglende vandfugle, idet spredning af spildt sediment primært vil forekomme i de ikke-ynglende vandfugles foretrukne fourageringsområder omkring linjeføringen.

De indirekte habitatændringer omfatter forøgede sedimentkoncentrationer i vandsøjlen, og sedimentation på havbunden, idet begge processer kan reducere vækst og biomasse af vandfuglenes fødeemner gennem skygning og tildækning. De direkte habitatændringer dækker reduktion af sigtedybden i vandsøjlen, og den deraf følgende reduktion i fuglenes mulighed for effektivt at lokalisere fødeemner.

Generelt udviser vandfugle en vis plasticitet i deres fødevalg og evne til at justere deres fourageringsadfærd og valg af fourageringsområde i forhold til variationen i byttedyr og kvalitet. De planteædende vandfugle som knopsvane koncentrerer uden for yngletiden i veldefinerede mindre områder og kan potentielt udnytte lokale føderessourcer til den maksimale bæreevne. Dette gør denne vandfuglekomponent meget følsom over for reduktioner i biomassen af vandplanter, selvom en vis tilpasning til reduktioner i fødemængden må formodes at finde sted.

Generelt vurderes denne komponent som middel-følsom over for indirekte habitatændringer, men forekomsten af fældende knopsvaner i Rødsand Lagune i sensommerperioden vurderes som meget følsom på grund af deres afhængighed af den lokale forekomst af vandplanter.

Fødevalget hos fiskespisende vandfugle er i større udstrækning styret af størrelsesfordelingen af fisk end fordelingen af individuelle fiskearter, og fiskespisende vandfugle udviser generelt set betydelig fleksibilitet og de kraftigste koblinger til forekomster af byttefisk på store geografiske skalaer, mens lokale forekomster af fugle i højere grad er koblet til bestemte habitattyper. De fiskespisende vandfugle er derfor vurderet som middel-følsomme over for indirekte habitatændringer.

Både dykkeadfærd og tæthed af muslingespisende vandfugle påvirkes væsentligt af tætheden af føderessourcen, og deres udnyttelse af den lokale ressource indikerer, at fuglene er tæt koblet til forekomsten af muslinger. Det er derfor meget sandsynligt, at denne fuglekomponent vil forlade et lokalt område, hvis tætheden af muslinger falder under et kritisk niveau. På baggrund af undersøgelserne i forbindelse med etableringen af de faste forbindelser over Storebælt og Øresund og den stabile udbredelse af havdykænder i Femern Bælt er denne komponent vurderet som værende meget følsom over for indirekte habitatændringer (FEBI 2013).

Vandfugle anvender forskellige fourageringsstrategier og udviser derfor forskellig tolerance over for reduktioner i lyset i vandsøjlen som følge af forøgede sedimentkoncentrationer. De planteædende vandfugle forekommer udelukkende i ret lukkede, kystnære farvande, hvor der naturligt forekommer høj turbiditet og ringe lysforhold, og hovedparten af arterne optager undervandsplanterne uden at dykke. Da de samtidigt også fouragerer om natten, er denne komponent vurderet som havende lav følsomhed over for direkte habitatændringer forårsaget af ændrede lysforhold.

De fiskespisende vandfugle dækker både overfladefouragerende og dykkende arter. De overfladefouragerende måger benytter sig sjældent af dykning til at fange bytte og må forventes at udvise lav følsomhed over for direkte habitatændringer.

Terner foretager dyk i vandsøjlen fra lav højde og lokaliserer fisk med synet. De er dog naturligt tilpasset miljøer med forhøjede koncentrationer af suspenderet sediment, har vist sig tolerante over for nedsat lys og kan fouragere effektivt ved sigtedybder ned til 0,5 m. Skarver forekommer i de samme habitater og har tilpasset sig til at kunne fouragere ved forhøjede mængder sediment i vandet. Terner og skarver vurderes derfor også at udvise lav følsomhed over for direkte habitatændringer.

De øvrige fiskespisende arter, inklusive lommer, anvender alle synet under dykning til forfølgelse og fangst af bytte, så synet og detektionsafstanden til byttet må forventes at spille en rolle i arternes valg af fourageringsområde. De forskellige lysforhold, som disse arter fouragerer under i Femern Bælt, understreger dog, at der i det mindste for de kystnære arter, som skarver, er sket en tilpasning til fouragering i miljøer med forhøjede koncentrationer af suspenderet sediment.

På grund af dette og de manglende konkrete værdier for tolerancetærsklen for lys hos de fiskespisende vandfugle er arterne vurderet som havende middel følsomhed over for direkte habitatændringer, med undtagelse af de arter, som hovedsageligt forekommer i Rødsand Lagune. Disse arter vurderes som havende lav følsomhed.

De muslingespisende vandfugle omfatter både de kystnære Aythya-arter (f.eks. troidand) og havdykænder. Da Aythya-arterne typisk fouragerer om natten, vurderes de som havende lav følsomhed over for direkte habitatændringer.

Havdykænderne i Femern Bælt fouragerer derimod næsten udelukkende om dagen. I andre områder såsom arktiske områder og i Vadehavet er det dog dokumenteret, at havdykænder kan

fouragere effektivt under forhold med væsentligt dårligere lysforhold, forårsaget af partikler i vandet eller lav lysintensitet.

Sigtedybden i de åbne dele af Femern Bælt varierede under baselineperioden fra 3. juli - 7. oktober til 10,1 m med et gennemsnit på 7,3 m i 2009 og 6,8 m i 2010 (FEMA-FEHY 2013).

Sigtedybden i Kattegat, som er det vigtigste område for overvintrende sortand *Melanitta nigra* er tilsvarende, og i Pommernbugten, som er det vigtigste område for havlit *Clangula hyemalis* om vinteren er sigtedybden mellem 4 - 4,8 m.

Generelt er havdykænder formodentlig kun middel følsomme over for reduktioner i lys, men i tilfælde som under sedimentspredning, hvor større gradienter i lysforhold introduceres over små afstande, er det sandsynligt, at de vil undgå de dårligste lysforhold.

På baggrund af den manglende konkrete viden om tærskelværdier for lys i vandsøjlen hos havdykænder er der anvendt en konservativ tærskelværdi for de middel-følsomme arter ved analyse af variationen i de naturlige lysforhold i de åbne dele af Femern Bælt (FEBI 2013).

Habitatfortrængning fra anlægsfartøjer

Belastningen er beskrevet som "forstyrrelse og habitatfortrængning fra anlægsfartøjer" i Tabel 12.11-1. Vandfugle reagerer forskelligt på både, der nærmer sig, og responsen er i højere grad artsspecifik end relateret til artens økologi, hvorfor habitatfortrængning fra anlægsfartøjer i mindre grad kan knyttes til de fire vurderede fuglekomponenter. Responsen varierer ikke kun i forhold til den enkelte art, men også i forhold til sæson, område og strukturen i vandfuglesamfundet. Endvidere udviser vandfugle en stærkere respons i områder, hvor der drives havjagt.

Vandfugle er specielt følsomme under deres fældeperiode, og reaktionsafstandene synes at være mindre i vinterhalvåret. Der er dog stor variation i de artsspecifikke flugtafstande, og ofte øges afstanden med størrelsen af fugleflokken, ligesom gentagne forstyrrelser har en kumulativ virkning på flugtafstanden. En vis tilpasning til skibstrafik erfares, når trafikken ledes gennem en fastlagt korridor. En detaljeret beskrivelse af reaktionsafstand, flugtafstand, kumulative effekter og tilvæning er givet i baggrundsrapporten.

Ynglende vandfugle er vurderet til at have høj følsomhed over for forstyrrelse fra skibe i nærheden af deres yngleområder, selvom flugtafstandene vil variere fra art til art. Blandt de ikke-ynglende fugle er de planteædende arters følsomhed over for både vurderet som meget høj.

De fiskespisende vandfugle dækker både meget følsomme arter som rødstrubet/sortstrubet lom med flugtafstande til skibe på 1 - 2 km, og måger, der tiltrækkes af både i forventning om udsmidning af affald.

Lommer vurderes at have meget høj følsomhed over for habitatfortrængning fra anlægsfartøjer, mens grupperne lappedykkere, skarver, skalleslugere og alkefugle vurderes at have høj følsomhed og måger og terner vurderes at have lav følsomhed. Hos de muslingespisende vandfugle er sortanden den mest følsomme med flugtafstande til både på 1 - 2 km, hvorimod ederfugl og havlit har flugtafstande på mindre end 1 km. Sortandens følsomhed over for habitatfortrængning fra anlægsfartøjer er derfor vurderet som meget høj, mens følsomheden for de øvrige dykænder er vurderet som høj.

Kollision med og barriereeffekt fra anlægsfartøjer

Set i forhold til aktiviteten med anlægsfartøjer langs linjeføringen er det mest relevant at vurdere følsomheden for delkomponenten af muslingespisende vandfugle (havdykænder), grundet forekomsten af koncentrationer af havdykænder langs linjeføringen og disse arters forholdsvis lave flyvehøjde. På grund af de begrænsede lokale bevægelser af ederfugle og andre havdykænder mellem raste- og vinterområderne øst og vest for linjeføringen forventes potentialet for kollision og barriereeffekt fra anlægsfartøjer dog at være minimalt. Risikoen for kollision er dog til stede, specielt under dårlige lysforhold og ved anvendelse af kraftigt lys på bådene. Undersøgelser af kollisioner af ederfugl med både i Grønlandske farvande har således vist hyppige kollisioner under dårlige lysforhold, når kraftigt positionlys blev anvendt.

De muslingespisende vandfugle vurderes som de øvrige vandfugle at have lav følsomhed over for kollision med anlægsfartøjer og over for barriereeffekt fra anlægsfartøjerne.

12.11.5 Screening af følsomhed

Klassifikationen af følsomheden af de enkelte komponenter i relation til de væsentligste belastninger er blevet anvendt sammen med resultaterne af klassifikationen af betydning til at screene de forskellige fuglearter og belastninger med hensyn til deres relevans i miljøvurderingen. Miljøvurderingen er kun udført for de relevante arter. Screeningen af følsomhed blev ikke gennemført for belastningen habitattab, idet alle arter pr. definition er følsomme over for habitattab. En detaljeret gennemgang af resultatet af screeningen fremgår af FEBI (2013).

Stort set alle ynglende vandfuglearter, der regelmæssigt udnytter marine føderessourcer i Femern Bælt, såsom andefugle, vadefugle, måger og terner, er fundet relevante for vurderingen. For de ikke-ynglende vandfugle, der regelmæssigt forekommer i marine habitater i Femern Bælt, er stort set alle arter, undtagen måger, blevet inkluderet i vurderingen af påvirkninger fra projektet.

Vandfugle f.eks. gæs og nogle svømmeænder, der kun forekommer uregelmæssigt i de marine habitater, er således blevet screenet ud. På trods af artens status som listet på bilag 1 i EF-fuglebeskyttelsesdirektivet og dens relativt store forekomst under trækket, er det valgt ikke at inkludere dværgmåge i vurderingen. Årsagen hertil er, at det er vurderet, at dværgmåge har lav følsom over for alle vurderede belastninger (FEBI 2013). For trækkende fugles vedkommende er arter med lav følsomhed for kollision eller barriereeffekt screenet ud. Disse er rovfugle, vadefugle og en stor del af de dagtrækkende landfuglearter. De ynglende vadefugle i Femern Bælt (især i Hyllekrog-Rødsand), som normalt anvender habitater på land eller i opskylszonen, er vurderet som mindre følsomme over for habitatændringer som følge af sedimentspild fra gravearbejdet og er derfor ikke inkluderet i vurderingen, men fremgår af kortlægningen af eksisterende forhold (FEBI 2013).

12.11.6 Vurdering af 0-alternativet

Kortlægningen af de eksisterende forhold for fugle dækker en 2-års periode fra slutningen af 2008 og frem til slutningen af 2010 og danner grundlaget for en vurdering af 0-alternativet. På grund af usikkerheden omkring de mulige ændringer af de eksisterende forhold for fugle i det marine område frem mod 2025, som følge af bl.a. ændret skibstrafik, vurderes projektet i forhold til de eksisterende forhold.

12.11.7 Metoder for miljøvurdering

To forskellige metoder er anvendt til at kvantificere graden af habitatændringer og habitatfortrængninger. Til estimering af konsekvenserne af habitatpåvirkninger på ederfugl er der anvendt en individbaseret (IBM), energetisk model (FEBI 2013a). IBM-modellens pålidelighed er sikret ved sensitivitetanalyse og model-tests, hvor den estimerede rumlige fordeling af prædationen fra ederfuglene er valideret mod resultaterne af FEBI's vandfugletællinger (FEBI 2013a).

Til estimering af konsekvenserne af habitatpåvirkninger på de fleste andre fuglearter er der anvendt GIS-analyser mellem udbredelsesmodeller og påvirkede relevante komponenter.

Det overordnede mål med IBM-modellen har været at få et modelgrundlag, der kan beskrive koblingerne mellem konditionen hos overvintrende ederfugle og deres føderessourcer for herigennem at kunne kvantificere virkningerne af habitatødelæggelse og habitatændringer, forårsaget af anlægget af Femern Bælt-forbindelsen. De specifikke mål med IBM-modellen er dels at forudsige virkningerne af reduktion i tilgængeligt habitat og føderessourcer på tilstanden (overlevelse og kondition) hos ederfugl og dels at estimere antallet af ederfugle, der kan leve i Femern Bælt.

IBM-modellen relaterer individuel adfærd hos ederfugl såsom aktivitet, fødeindtagsrate og samspil med miljøfaktorer og føderessourcer og giver detaljerede kvantitative beskrivelser af, hvilke aspekter der virker begrænsende på artens tilstand og antallet af fugle, der kan udnytte føderessourcerne. To virkningsscenarioer er blevet beregnet i modellen:

- Den direkte virkning af projektet; virkning af anlægget af tunnelen
- Virkningen set i en bredere kontekst, hvor områdets potentielle bestandsstørrelse inddrages; hypotetisk virkning med maksimalt reducerede føderessourcer forårsaget af anlægget af tunnelen og et øget antal ederfugle

For det første scenarie indgår følgende påvirkninger/del-scenarioer:

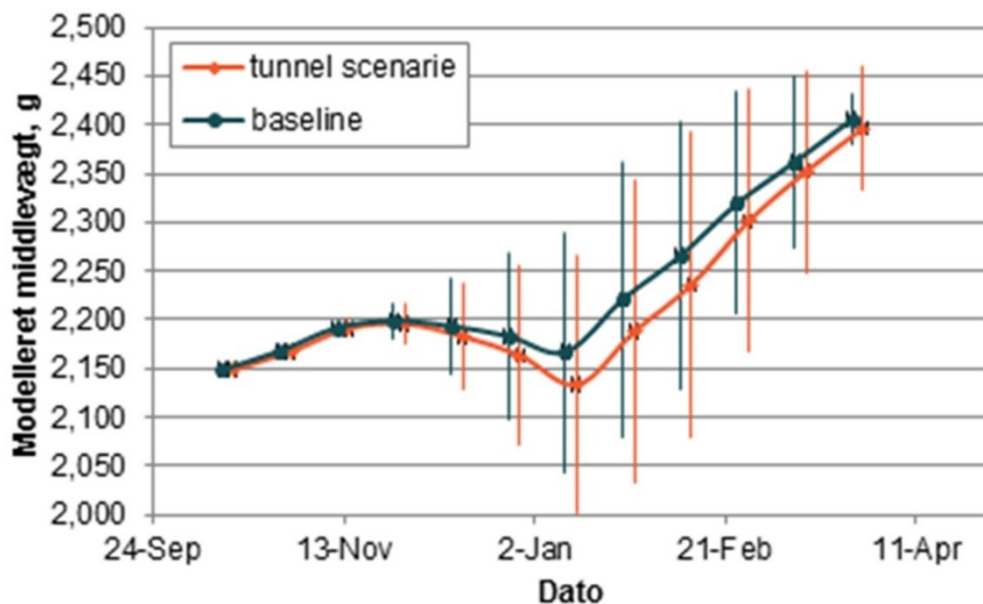
- Tabet af habitatareal grundet arealinddragelsen af anlægget
- Habitatfortrængning omkring linjeføringen og det nye landområde
- I dette scenarie ansås alle føderessourcer for at være utilgængelige inden for en 3 km-zone på begge sider af linjeføringen under konstruktion på grund af forstyrrelse
- Indirekte virkninger af forøgede sedimentkoncentrationer forårsaget af sedimentspildet på biomassen af blåmuslinger. Den spatio-temporale reduktion i muslingebiomassen er beregnet og implementeret tilsvarende i scenariet
- Direkte virkninger af reducerede lysforhold på grund af forøgede sedimentkoncentrationer. Ederfugle og føderessourcer blev fjernet fra alle områder med påvirkede lysforhold under den definerede tærskelværdi

IBM-scenarioerne repræsenterer de samlede direkte og indirekte påvirkninger af den første sæson af gravearbejdet.

Det andet scenarie er designet til at måle den potentielle bestandsstørrelse i det resterende område efter de øvrige virkninger har fundet sted. Det er her antaget, at forstyrrelse og lysreduktion forårsager, at ederfuglene temporært forlader påvirkede områder.

Fuglenes valg af område vil være styret af udbredelsen af de tilgængelige føderessourcer. Eksempler på resultaterne af IBM-modellen i form af simuleret middelvægt hos ederfugl under eksisterende forhold og anlæg af tunnelen er vist i figur 12.11-5.

FIGUR 12.11-5 Estimeret middelvægt hos ederfugl



Note: (Søjler indikerer standardafvigelse) ved brug af individbaseret model for situationen under eksisterende forhold (baseline) og anlægsscenarier for tunnelen. Modelberegningerne er baseret på forekomsten af 250.000 ederfugle i Femern Bælt

Konsekvenserne af habitatpåvirkninger på andre vandfuglearter er estimeret ved anvendelse af GIS-baserede overlay-analyser, der kobler udbredelsesmodeller med de estimerede spatiotemporale områder, hvor fødegrundlaget påvirkes. Belastningsstørrelsen på vandfuglene antages at være identisk med belastningsstørrelsen hos fødekomponenten. For arter, hvor kun få kvantitative data har været til rådighed, er påvirkningerne baseret på kvalitative vurderinger ("expert judgements").

12.11.8 Analyse af miljøkonsekvenserne

Omfang af virkninger

Virkninger fra projektet på fuglene i Femern Bælt er hovedsageligt knyttet til anlægsperioden og vil primært være relevante for de ikke-ynglende vandfugle grundet overlap mellem udbredelsen af disse arter og sedimentspredning, anlægsarbejder og arealtab forbundet med projektet. Direkte påvirkninger i form af habitattab (permanent) og habitatfortrængning fra anlægsgartøjer i og omkring tunneltraceet vurderes at medføre store virkninger på koncentrationerne af de ikke-ynglende andefugle troidand og taffeland ved Rødbyhavn og Puttgarden.

Pibeand og ederfugl påvirkes også af forstyrrelserne fra anlægsarbejdet. De forøgede sedimentkoncentrationer under gravearbejdet vurderes primært at påvirke vandfugle gennem reduktion af de naturlige lysforhold i vandsøjlen og i mindre grad indirekte via reduktion i biomassen af deres fødekilder; ålegræs og muslinger. Det er primært ederfugl, sekundært toppet skallesluger, som udsættes for en stor påvirkning.

De vurderede virkninger på fugle ved projektet er opsummeret i tabel 12.11-4 - 12.11-9. I figur 12.11-6 vises det samlede område, hvor virkninger på fugle fra samtlige belastninger under anlægget af sænketunnelen er enten middel, stor eller meget stor.

TABEL 12.11-4 Oversigt over det vurderede omfang af virkninger af tunnel-løsningen på fugle som følge af habitattab ved arealinddragelse og gravearbejde under anlægsfasen. Projektaktivitet og afledt belastning fremgår af 12.4 A, mens de vurderede virkninger på de enkelte fuglekomponenter fremgår af 12.4 B. Tal nævnt i tabellen under omfang af virkning henviser til det antal fugle, der påvirkes

12.4. A Relateret til:	Belastning	Virkninger
Arealinddragelse og gravearbejde i anlægsfasen og arealinddragelse til tunnelanlægget inkl. landopfyldningen	Habitattab	Reduktion i antal vandfugle i påvirkede områder
	Udskiftning af øvre sedimentlag i linjeføringen	
	Reduktion i bentisk fødegrundlag i linjeføringen. Inddraget areal.	

12.4. B Virkninger	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Reduktion i antal ynglende vandfugle	Lille	Permanent	Tværnationalt
Reduktion i antal planteædende ikke-ynglende vandfugle	Lille	Permanent	Tværnationalt
Reduktion i antal fiskespisende ikke-ynglende vandfugle	Lille	Permanent	Tværnationalt
Reduktion i antal muslingespisende ikke-ynglende vandfugle	Generelt lille	Permanent	Tværnationalt
	Taffeland stor (710)	Permanent	Tværnationalt
	Troldand stor (7100)	Permanent	Tværnationalt

TABEL 12.11-5 Oversigt over det vurderede omfang af virkninger af projektet på fugle som følge af habitatfortrængningen, forårsaget af reducerede lysforhold i vandsøjlen under anlægsfasen. Projektaktivitet og afledt belastning fremgår af 12.5 A, mens de vurderede virkninger på de enkelte fuglekomponenter fremgår af 12.5 B. Tal nævnt i tabellen under omfang af virkning henviser til det antal fugle, der påvirkes

12.5. A Relateret til:	Belastning	Virkninger	
Gravearbejde i anlægsfasen	Habitatfortrængning som følge af sedimentfane	Reduktion af fourageringseffektiviteten hos vandfugle	
	Reduktion af lys vandsøjlen til under det naturlige niveau	Reduktion i antal vandfugle i påvirkede områder	

12.5. B Virkninger	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Reduktion i antal ynglende vandfugle	Lille	Anlægsfasen	Tværnationalt
Reduktion i antal planteædende ikke-ynglende vandfugle	Lille	Anlægsfasen	Tværnationalt
Reduktion i antal fiskespisende ikke-ynglende vandfugle	Generelt lille Toppet Skallesluger middel (866-892 i de to første vintre i anlægsfasen)	Anlægsfasen	Tværnationalt
Reduktion i antal muslingespisende ikke-ynglende vandfugle	Generelt lille Ederfugl meget stor (8.300-8.800 i de to første vintre i anlægsfasen)	Anlægsfasen	Tværnationalt
		Anlægsfasen	Tværnationalt
		Anlægsfasen	Tværnationalt

TABEL 12.11-6 Oversigt over det vurderede omfang af virkninger af projektet på fugle som følge af habitatændringer forårsaget af habitatændringer under anlægsfasen. Projektaktivitet og afledt belastning fremgår af 12. 6 A, mens de vurderede virkninger på de enkelte fuglekomponenter fremgår af 12.6 B

12.6. A Relateret til:	Belastning	Virkninger	
Gravearbejde i anlægsfasen og arealinddragelse i driftsfasen inkl. landområdet.	Habitatændring som følge af sedimentaflejring.		
	Reduktion i biomasse af vandplanter, fisk og muslinger i påvirkede områder som følge af sedimentaflejring og dermed en reduktion i fødegrundlag for vandfugle i påvirkede områder.	Reduktion i antal vandfugle i påvirkede områder.	

12.6. B Virkninger	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Reduktion i antal ynglende vandfugle	Lille	< 2 år efter anlæg	Tværnationalt
Reduktion i antal planteædende ikke-ynglende vandfugle	Lille	< 2 år efter anlæg	Tværnationalt
Reduktion i antal fiskespisende ikke-ynglende vandfugle	Lille	< 2 år efter anlæg	Tværnationalt
Reduktion i antal muslingespisende ikke-ynglende vandfugle	Lille	< 2 år efter anlæg	Tværnationalt

TABEL 12.11-7 Oversigt over det vurderede omfang af virkninger af projektet på fugle som følge af habitatfortrængning forårsaget af forstyrrelse fra anlægsskibe. Projektaktivitet og afledt belastning fremgår af 12.7 A, mens de vurderede virkninger på de enkelte fuglekomponenter fremgår af 12.7 B. Tal nævnt i tabellen under omfang af virkning henviser til det antal fugle, der påvirkes

12.7. A Relateret til:	Belastning	Virkninger	
Gravearbejde i anlægsfasen	Forstyrrelse fra anlægsskibe	Fortrængning af følsomme vandfugle	
		Reduktion i antal vandfugle i linjeføringen	

12.7. B Virkninger	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Reduktion i antal ynglende vandfugle	Lille	Anlægsfasen	Nærzone
Reduktion i antal planteædende ikke-ynglende vandfugle	Generelt lille Pibeand middel (1500)	Anlægsfasen Anlægsfasen	Nærzone Nærzone
Reduktion i antal fiskespisende ikke-ynglende vandfugle	Lille	Anlægsfasen	Nærzone

TABEL 12.11-8 Oversigt over det vurderede omfang af virkninger af projektet på fugle som følge af kollision med anlægsskibe. Projektaktivitet og afledt belastning fremgår af 12.8 A, mens de vurderede virkninger på de enkelte fuglekomponenter fremgår af 12.8 B. Tal nævnt i tabellen under omfang af virkning henviser til det antal fugle, der påvirkes

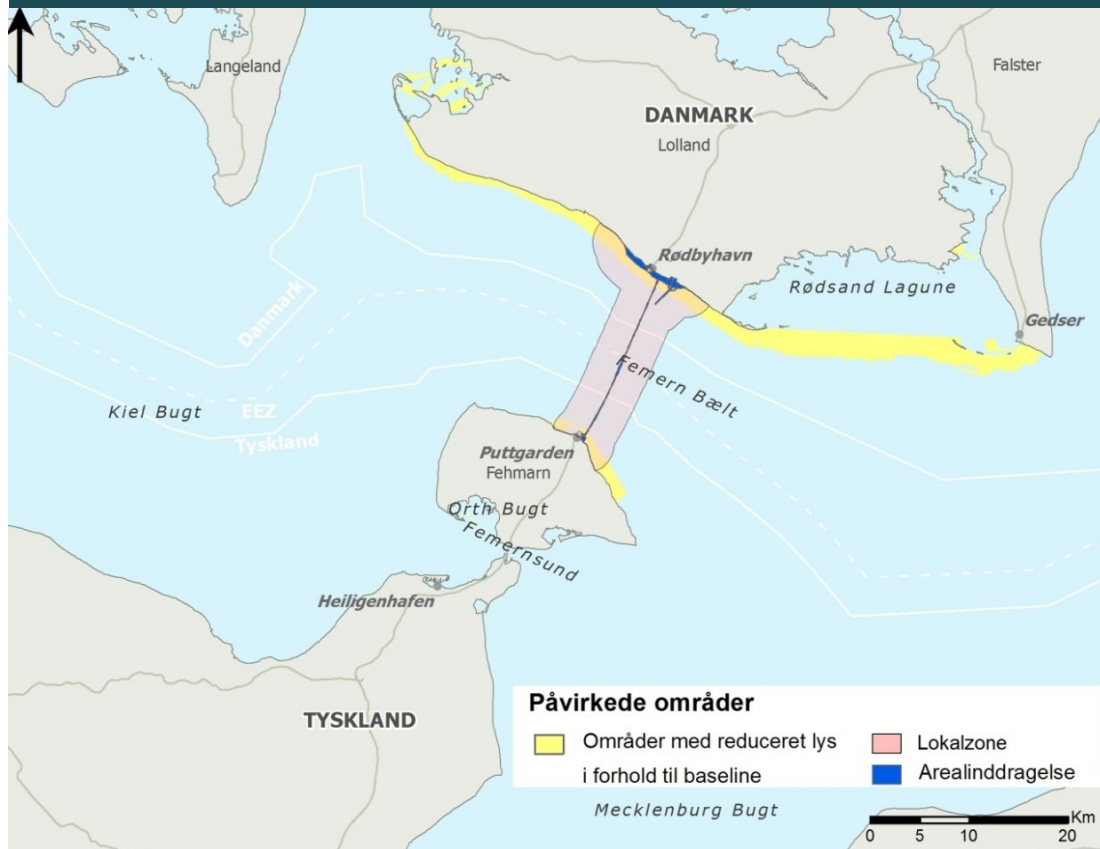
12.8. A Relateret til:	Belastning	Virkninger	
Anlægsarbejde	Kollision med anlægsskibe	Dødelighed hos vandfugle forårsaget af kollision	
	Vandfugle-kollisioner	Reduktion i antal ikke-ynglende og ynglende vandfugle omkring linjeføringen	

12.8. B Virkninger	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Reduktion i antal vandfugle med større præference for at trække over vand	Lille	Anlægsfasen	Nærzone
Reduktion i antal ikke-ynglende og ynglende vandfugle der bevæger sig i linjeføringen	Lille	Anlægsfasen	Nærzone

TABEL 12.11-9 Oversigt over det vurderede omfang af virkninger af projektet på fugle som følge af barriereeffekt fra anlægsfartøjer. Projektaktivitet og afledt belastning fremgår af 12.9 A, mens de vurderede virkninger på de enkelte fuglekomponenter fremgår af 12.9 B

12.9. A Relateret til:	Belastning	Virkninger	
Anlægsarbejde	Barriereeffekt fra anlægsfartøjer	Ændringer i bevægelses- og trækmonstre hos vandfugle gennem Femern Bælt.	
	Anlægsfartøjer	Forøget energiforbrug og ændret habitatvalg hos vandfugle, der foretager fouragerings- eller trækbevægelser gennem Femern Bælt.	
12.9. B Virkninger	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Øget energiforbrug hos vandfugle med større præference for at trække over vand.	Lille	Anlægsfasen	Nærzone
Øget energiforbrug hos lokale bevægelser af ikke-ynglende vandfugle.	Lille	Anlægsfasen	Nærzone

FIGUR 12.11-6 Områder i Femern Bælt, hvor virkninger fra projektets belastninger vurderes i perioder af anlægsfasen at være middel, store eller meget store.



Note: Identificerede området sammenfatter delområder, hvor der midlertidigt optræder reducerede lysforhold, områder hvor der sker habitattab som følge af arealinddragelse og en forstyrrelseszone omkring projektet

12.11.9 Konklusion på projektets virkninger

Væsentligheden af virkninger på fugle på havet vurderes her på baggrund af påvirkede arealers betydning, antal af fugle, der fortrænges, grad af virkning og virkningens varighed. Antallet af fugle relateres til den biogeografiske bestand.

En lang række arter af fugle er blevet screenet ud, da det er vurderet, at de er mindre følsomme for belastningerne fra en sænketunnel. Dette gælder vandfugle f.eks. gæs og nogle svømmeænder samt ynglende vadefugle og dværgmågen, selvom den forekommer i relativt stort antal. Virkningerne på disse fugle er vurderet at være ubetydelige og ikke-væsentlige. Trækkende fugle med lav følsomhed over for kollision og barriereeffekter er også screenet ud. Dette gælder rov-fugle, vadefugle og en stor del af dagtrækkende landfuglearter. Her er virkningerne også vurderet at være ubetydelige og ikke-væsentlige.

Virkningerne på flere af de arter, der indgår i de vurderede komponenter, berører et relativt lille antal fugle, og virkningen er derfor vurderet som lille. For samtlige arter, hvor virkningen er lille, vurderes virkningerne at være ikke-væsentlige for alle belastninger. I det følgende beskrives konklusioner på virkninger, der er vurderet som værende middel, stor eller meget stor, og endelig vurderes det, om virkningen er væsentlig. Virkningerne begrænser sig fortrinsvist til lokalzonen og farvandet omkring Lolland og Fehmarn.

Anlægsfasen

Regionale virkninger

Øget sediment i vandsøjlen vil lokalt reducere lysgennemtrængningen og forringe dykkende fugles muligheder for at finde føde. De direkte virkninger på fugle som følge af reducerede lysforhold vurderes for ederfugl at være meget stor, idet den berører 1,2 pct. af den biogeografiske bestand, mens den vurderes at være middel for toppet skallesluger, hvor 0,6 pct. af den biogeografiske bestand påvirkes.

For virkninger i form af fortrængning som følge af anlægsfartøjer (se lokale virkninger) og reduktion i lysforhold skal det understreges, at virkningerne berører andele af bestandene, der fortrænges fra de påvirkede områder, og at fuglene forventes at kunne undvige til alternative fødesøgningssområder såsom Storebælt, Smålandsfarvandet og Guldborgsund, og retablere sig i de berørte områder umiddelbart efter anlægsarbejdets afslutning.

Med udgangspunkt i resultaterne af IBM-beregningerne for ederfugle vurderes de samlede habitatfortrængninger ikke at reducere den tilgængelige fødemængde for fuglene væsentligt. Ederfuglenes kondition forringes dermed ikke i nævneværdig grad, og da der ikke forventes en væsentlig øget dødelighed på baggrund af habitatfortrængningerne, vil virkningen derfor ikke have konsekvenser regionalt, men kun lokalt. Virkningerne vurderes således ikke at være væsentlige på bestandsniveau.

For de øvrige vurderede arter af vandfugle vurderes det på baggrund af de estimerede berørte antal fugle, at habitatfortrængning forårsaget af reducerede lysforhold kun vil have en lille virkning.

De indirekte virkninger af sedimentspredning (via fødegrundlaget) under anlægsarbejdet vurderes for alle vurderede arter af vandfugle på baggrund af de estimerede berørte antal fugle, at være ikke-væsentlige.

Forstyrrelser fra anlægsfartøjer vil ofte resultere i, at fuglene fortrænges fra områder med anlægs trafik. Der vurderes at være en stor virkning i form af en lokal fortrængning af den ikke-ynglende troidand og taffeland fra habitater ved Rødbyhavn og Puttgarden på grund af forstyrrelser fra anlægsfartøjer. Der forventes ingen regionale virkninger, idet virkningerne kun berører henholdsvis 0,59 pct. og 0,20 pct. af de biogeografiske bestande. For begge arter vurderes virkningerne ikke at være væsentlige i forhold til de berørte bestande. Det samme gør sig gældende for fortrængning af pibeand og ederfugl på grund af anlægsfartøjer, hvor andelen forventes at være henholdsvis 0,1 pct. og 0,64 pct. For de øvrige vurderede arter af vandfugle vurderes denne type af habitatfortrængning at have en lille virkning og at være ikke-væsentlig.

Med hensyn til kollisionsrisiko og barriereeffekt fra anlægsfartøjer vurderes de indirekte og direkte virkninger at være midlertidige og at have en lille virkning og dermed at være ikke-væsentlige.

Driftsfasen

Lokale virkninger

Der vurderes at være en stor virkning i driftsfasen i form af en lokal fortrængning på grund af arealinddragelsen for den ikke-ynglende troidand og taffeland fra habitater ved Rødbyhavn og Puttgarden. Der forventes ingen regionale virkninger, idet virkningerne kun berører henholdsvis 0,59 pct. og 0,20 pct. af de biogeografiske bestande. For begge arter vurderes virkningerne at være ikke-væsentlige i forhold til de berørte bestande.

Samlet vurdering af væsentlighed

Ser man på de aggregerede virkninger af samtlige belastninger, kunne man forvente, at to eller flere belastninger sammen kunne forårsage en væsentlig virkning på nogle af fuglearterne. I IBM-modellen for ederfugle er indregnet samtlige belastninger, og her forventes, som beskrevet ovenfor, kun en fortrængning af fuglene, men ikke en forhøjet dødelighed, der har en væsentlig virkning på bestanden. For de øvrige fuglearter er der ingen af belastningerne, der har en væsentlig virkning, og selvom der er et overlap mellem visse af belastningerne, forventes der

ingen væsentlige virkninger heraf. De væsentligste belastninger for fugle i forbindelse med anlæg og drift af en sænketunnel vil være i form af fortrængning, og virkningen vurderes i tilfælde af overlap i fortrængningen ikke at føre til en væsentlig aggregeret virkning. Anlæg og drift af en sænketunnel vurderes samlet set ikke at have en væsentlig virkning på fugle på havet. Virkninger vurderes dog at forekomme over et større geografisk område, men vurderes ikke at reducere bestandene i en grad, der har betydning regionalt eller globalt.

12.12 MIGRERENDE FLAGERMUS

I det følgende afsnit behandles mulige virkninger på migrerende flagermus ved anlæg af en sænketunnel. Afsnittet forholder sig alene til flagermus, der trækker over Femern Bælt og de flagermus, der i forbindelse med en passage af Femern Bælt eventuelt opholder sig langs kysten inden for projektområdet. Virkninger på yngle- og opholdssteder for flagermus behandles i afsnit 13 og 14.2 i plante- og dyreliv på Lolland/Fehmarn.

Migrerende flagermus kan muligvis kolliderer med trafik og strukturer. Ved anlæg af en sænketunnel er der ikke strukturer, de kan kolliderer med, men da alle flagermusarter er listet på habitatdirektivets bilag IV, er risikoen vurderet for kollision med anlægstrafik og trafik ved tunnelportalen under drift. På nuværende tidspunkt er der begrænset viden om flagermus over havet, herunder trækkende flagermus. Derfor er det i forbindelse med miljøundersøgelserne kortlagt, i hvilket omfang flagermus findes over Femern Bælt og efterfølgende foretaget en vurdering af mulige virkninger på flagermus som følge af etableringen af en sænketunnel under Femern Bælt. Undersøgelser af trækkende flagermus er et nyt felt, og viden om trækruter, antal, årstidsvariation og arter er meget begrænset. Der findes ingen eksakte estimater af bestandsstørrelserne for danske flagermus, og derfor har det heller ikke været muligt at vurdere, hvor stor en del af bestanden, der påvirkes i deres flyvning over Femern Bælt. Derfor er miljøvurderingen af flagermusene foretaget på et spinklere grundlag end f. eks. vurderingen af trækfugle. Set i lyset af begrænsningerne i den grundlæggende viden om flagermusenes trækbevægelser, har den betydelige dataindsamling foretaget under projektet gjort det muligt, at foretage en fyldestgørende vurdering, og skabe sikkerhed for vurderingen af projektets virkning på flagermustrækket over Femern Bælt.

12.12.1 Vurderede komponenter

I alt 10 flagermusarter er blevet observeret i Femern Bælt, hvoraf tre arter, troldflagermus *Pipistrellus nathusii*, dværgflagermus *Pipistrellus pygmaeus* og brunflagermus *Nyctalus noctula*, forekommer regelmæssigt over Femern Bælt og derfor indgår i vurderingen. Arter, der er registreret mindre end fem gange over Femern Bælt, er udeladt fra vurderingen. Flagermusenes sæsonbetingede migration over Femern Bælt kan sammenlignes med trækfugles. Herudover yngler de også i kystnære områder.

12.12.2 Projektets belastninger

Mulige belastninger fra projektet for flagermus er vist i tabel 12.12-1. De permanente belastninger er knyttet til driftsfasen, idet anlægsfasens påvirkninger af flagermus over havet vurderes at være små.

TABEL 12.12-1 Belastninger fra projektet: Flagermus over havet

Belastning	Anlægsfase	Driftsfase
Forstyrrelse fra arbejdsområder	Direkte	Ingen
Kollision med servicebåde	Direkte	Ingen
Barriere-effekt fra servicebåde	Direkte	Ingen
Kollision med permanente strukturer	Ingen	Direkte
Habitatfortrængning fra permanente strukturer	Ingen	Ingen
Kollision med biltrafik	Ingen	Direkte

I driftsfasen vurderes projektets permanente strukturer at udgøre en negligerbar påvirkning af flagermus over havet. Det er derfor kun kollision med biltrafik i det kystnære område, der er vurderet at være relevant at vurdere nærmere i forhold til flagermus over havet, herunder træk-kende flagermus.

12.12.3 Vurderingskriterier

Vurderingerne af virkningerne på flagermus over havet er foretaget på artsniveau (delkomponent). De detaljerede kriterier til vurdering af graden af virkning fremgår af FEBI (2013). I tabel 12.12-2 er listet de generelle kriterier til at graduere virkninger på flagermus over havet.

TABEL 12.12-2 Kriterier brugt ved vurdering af virkninger af projektet på flagermus over havet

Konstruktions-, struktur- eller driftsrelaterede belastninger af projektet	Grad af virkning	Beskrivelse af graden af virkning
Barriereeffekt fra servicebåde/strukturer	Meget høj	Barriereeffekten forhindrer fuldstændig flagermusmigration. Der er ingen alternative migrationsruter.
	Høj	Barriereeffekten er ikke fuldstændig, men migrerende flagermus forventes at udvise en betydelig undvigereaktion, f.eks. ved at ændre migrationsrute.
	Middel	Barriereeffekten resulterer umiddelbart i undvigereaktioner, men flagermusene passerer alligevel.
	Lille	Ingen forventet barriereeffekt. Migrerende flagermus passerer uden undvigereaktioner.
Kollisionsrisiko med permanente strukturer/trafik	Meget høj	En stor andel af de migrerende flagermus kolliderer regelmæssigt med strukturer/trafik.
	Høj	En mindre andel af de migrerende flagermus kolliderer regelmæssigt med strukturer/trafik.
	Middel	Kollisioner forekommer ikke regelmæssigt og risikoen for kollisioner er begrænset til begrænsede dele af strukturen/trafikken.
	Lille	Kollisioner forekommer kun i enkeltstående tilfælde, hvor enkeltindivider kolliderer med strukturer/trafik.
Habitatændring Barriereeffekt fra servicebåde/strukturer	Meget høj	Habitatændringer resulterer i en meget betydelig reduktion i antallet af migrerende flagermus.
	Høj	Habitatændringer resulterer i en betydelig reduktion i antallet af migrerende flagermus.

TABEL 12.12-2 Kriterier brugt ved vurdering af virkninger af projektet på flagermus over havet

Konstruktions-, struktur- eller driftsrelaterede belastninger af projektet	Grad af virkning	Beskrivelse af graden af virkning
	Middel	Habitatændringer resulterer i en mindre, men observerbar reduktion i antallet af migrerende flagermus.
	Lille	Habitatændringer resulterer i en ubetydelig og ikke observerbar reduktion i antallet af migrerende flagermus.

12.12.4 Betydning

Betydningen af Femern Bælt-området for flagermus er blevet bestemt på artsniveau på basis af den registrerede offshore-aktivitet af en art i forhold til artens bevaringsstatus (alle flagermus er opført i bilag IV i habitatdirektivet). Arter registreret mindre end fem gange i løbet af offshore-undersøgelserne antages at have en underordnet rolle og er ikke taget i betragtning. En registrering svarer her til et "lokaliserings-klik", og som beskrevet i kapitlet om eksisterende forhold, kan flere "klik" inden for samme tidsrum godt stamme fra samme individ. Fem registreringer repræsenterer derfor et meget lille antal flagermus af den pågældende art, og derfor er de vurderet at være ubetydelige i forhold til miljøvurderingen.

Anvendelse af en 4-trinsskala med hensyn til betydning af den enkelte art er ikke hensigtsmæssig ved vurdering af virkningerne på flagermus, fordi den manglende viden om migrerende flagermus ikke giver mulighed for en detaljeret kategorisering. Derfor anvendes i stedet en 2-trinsskala, der klassificerer Femern Bælt i forhold til en speciel og generel betydning.

Femern Bælt er vurderet at have generel betydning for både troldflagermus, dværgflagermus og brunflagermus.

12.12.5 Følsomhed

Følsomheden over for en given påvirkning varierer mellem arter, og hvor det har været muligt, er analysen baseret på artsspecifikke oplysninger. Følsomheden af en art afspejles i virkningens omfang set i forhold til varigheden af den givne påvirkning. Vurderingen af følsomheden er enten baseret på kvalitative oplysninger vedrørende en arts reaktion på en given påvirkning eller på graden af specialisering af en art i dens afhængighed af en ressource, der påvirkes af projektet.

Hvis oplysninger om en arts følsomhed ikke er direkte tilgængelige i litteraturen, foretages en begrundet ekspertvurdering. Hvor en art er vurderet til ikke at være følsom over for en given påvirkning, er der ikke foretaget en vurdering af denne påvirknings virkning på den givne art.

For en detaljeret gennemgang af analyserne af de enkelte arters følsomhed over for de respektive belastninger refereres til den relevante baggrundsrapport (FEBI 2013).

Følsomhed over for påvirkninger i anlægsfasen

Vurderingen af følsomheden af flagermus over for de enkelte påvirkninger under konstruktionen af sænketunnelen viser, at de vurderede arter har lav følsomhed over for disse påvirkninger. Følgelig vurderes det, at virkningerne er små, og at der ikke forekommer væsentlige virkninger.

Følsomhed over for påvirkninger under driftsfasen

Følsomheden af flagermus over for påvirkninger fra tunnelstrukturerne vurderes at være lille, og følgelig er effekterne ikke vurderet yderligere. Det er kendt, at flagermus kolliderer med trafikken på land (Brinkmann et al. 2008). Risikoen er størst, når trafikken krydser naturlige ledelinjer

såsom hække eller kystlinjer. Trolldflagermus og dværgflagermus er kendt for at jage i nærheden af oplyste arealer og kan derfor jage nær tunnelåbningen. Følsomheden af trolldflagermus og dværgflagermus over for kollision med trafik vurderes at være middel. Vurderingen baseres på risikoen for tiltrækning af de to arter til koncentrationer af insekter i de oplyste områder ved nedkørslerne til tunnelen. For brunflagermus er følsomheden vurderet til lille, da den jager over trafikken (Brinkmann et al. 2008, Gaisler et al. 2009).

12.12.6 0-alternativet

Et 0-alternativ forventes ikke at ændre forholdene for flagermus over havet, og de eksisterende forhold, som de er dokumenteret i miljøkortlægningen for flagermus, gennemført fra slutningen af 2009 og frem til slutningen af 2010, lægges derfor til grund for den foretagne miljøvurdering af projektets mulige virkninger på flagermus over havet.

12.12.7 Vurdering af virkninger

Påvirkningerne fra projektet på migrerende flagermus i Femern Bælt er primært knyttet til driftsfasen, og mulige virkninger er relaterede til risikoen for kollision med trafikken ind og ud af tunnelen. De sandsynlige virkninger på migrerende flagermus ved projektet er opsummeret i tabel 12.12-3.

Den eneste relevante virkning i driftsfasen vurderes at være den trafikrelaterede kollisionsrisiko, der især forventes at kunne ramme trolldflagermus og dværgflagermus. Brunflagermus jager over trafikken, og kollisionsrisikoen er derfor lille. Kollisionsrisikoen for trolldflagermus og dværgflagermus vurderes dog ikke at være væsentlig for de berørte trækkende bestande af de to arter, idet trækket af begge arter over den vestlige Østersø ud fra de forelæggende observationer ser ud til at ske over en bred front. Dette indebærer, at kun en lille del af det samlede antal flagermus forventes at komme i umiddelbar nærhed af trafikken ved tunnelportalen og dermed være udsat for en kollisionsrisiko. Virkningen vurderes således at være meget lille og lokal.

TABEL 12.12-3 Virkninger på migrerende flagermus ved projektet

Belastning	Omfang af virkning	Varighed	Udstrækning
Habitatfortrængning fra permanente strukturer	Lille	Driftsperioden	Nærzone
Forstyrrelse fra arbejdsområder	Lille	Anlægsperioden	Nærzone
Barriereeffekt fra servicebåde	Lille	Anlægsperioden	Nærzone
Kollision med servicebåde	Lille	Anlægsperioden	Nærzone
Trafikrelateret kollisionsrisiko (trolldflagermus, dværgflagermus)	Middel	Driftsperioden	Nærzone
Trafik relateret kollisions risiko (brunflagermus)	Lille	Driftsperioden	Nærzone

Note: Nærzonen er defineret som 500 m på hver side af linjeføringen

12.12.1 Konklusion

Samlet vurderes anlæg og drift af en sænketunnel ikke at have en væsentlig virkning på migrerende flagermus.

12.13 FISKERI

I dette afsnit behandles mulige virkninger fra anlæg og drift af en sænketunnel på fiskeriet. I Femern Bælt foregår flere former for kommercielt fiskeri. Et infrastrukturprojekt som en sænketunnel under Femern Bælt vil kunne påvirke fiskebestande og adgangen til fiskeområder, hvilket kan have økonomiske konsekvenser for fiskeriet.

I afsnittet præsenteres først de vurderede komponenter, det vil sige de fire typer kommercielt fiskeri, der udøves i Femern Bælt, og den dertil knyttede indtjening. Herefter beskrives de belastninger, der er vurderet at være relevante for en nærmere analyse. Betydningen af Femern Bælt for det kommercielle fiskeri og belastningernes størrelse er kort beskrevet. I analysedelen beskrives fiskeriets sårbarhed over for projektets belastninger, hvilke kriterier, der er anvendt i vurderingen, de konkrete virkninger på de vurderede komponenter, og om disse er væsentlige.

12.13.1 Vurderede komponenter

De vigtigste fiskerier og fiskeriområder i Femern Bælt blev identificeret i forbindelse med kortlægningen af fiskeriets omfang og karakter. Dette inkluderede trawlfiskeri med alle slags bundtrawl og pelagiske trawl, garnfiskeri med alle slags nedgarn herunder gællegarn og toggegarn, bundgarnsfiskeri med bundgarn og pæleruser samt snurrevodsfiskeri.

De vurderede komponenter er følgende:

- Trawlfiskeri
- Garnfiskeri
- Bundgarnsfiskeri og
- Snurrevodsfiskeri

For det kommercielle fiskeri i Femern Bælt er de vigtigste fiskearter torsk, hvilling, sild, brisling, diverse fladfiskearter samt ål.

Alle arterne udviser i større eller mindre grad vandringsadfærd mellem forskellige farvandsområder og/eller mellem større og mindre vanddybder. Deres tilgængelighed for fiskeriet i de specifikke områder er derfor også sæsonafhængig.

For yderligere detaljer om påvirkninger af fiskearternes økologi og vandringsadfærd se afsnit 12.9.

Vurderingen er fokuseret på:

- Tab af fiskeriområder
- Begrænsninger i mulighederne for udøvelse af fiskeri
- Indirekte påvirkninger af fiskeriet på grund af ændringer i forekomst, fordeling og/eller tæthed af de kommercielt betydningsfulde fiskearter

Indtjeningen i fiskeriet

Danske og tyske fiskere er de eneste, der udøver kommercielt fiskeri i Femern Bælt. Det danske fiskeri står for ca. 86 pct. af fangsterne og for ca. 77 pct. af indtjeningen i det statistiske fiskeriområde ICES 38G1, der dækker hele Femern Bælt, samt farvandet omkring Lolland (figur 12.13-1).

FIGUR 12.13-1 Fiskeområdet opdelt i ICES rektangler i Femern Bælt og nærliggende farvande



Indtjeningen i det tyske fiskeri er relativt set højere, da en del af deres fangster består af mere værdifulde fiskearter, primært torsk. Omfanget og karakteren af virkningen på fiskeriet vil være forskellig i henholdsvis anlægs- og driftsfasen. Virkningen er vurderet for hver enkelt fiskeriform. Påvirkninger på fiskebestande er behandlet i afsnittet om fiskeøkologi 12.9. Vurdering af påvirkningen på fritidsfiskeri og lystfiskeri er behandlet i afsnit 13.4 Lolland/Friluftsliv.

12.13.2 Projektets belastninger

En overordnet beskrivelse af belastninger forårsaget af anlæg og drift af en sænketunnel er gengivet i afsnit 12.1. De mulige påvirkninger af det kommercielle fiskeri er:

Anlægsfasen

- Inddragelse af areal: Etablering af sikkerhedszoner, adgangsrestriktioner i forbindelse med anlægsaktiviteter og opfyldninger af kystnære farvandsområder vil have en negativ virkning på fiskeriet i form af tab af fiskeriområder og ved at kunne besværliggøre fiskeriets udøvelse
- Ændringer af bundtopografi, herunder udlægning af beskyttelseslag af sten, kan medføre begrænsninger i fiskeriets udøvelse (primært trawl- og vødfiskeri), ved at trawl/vod eller wirer kan hænge fast og dermed dels miste fiskeevne og dels blive skadet
- Indirekte effekter: Sedimentspild (øget turbiditet og sedimentation) og støj i forbindelse med etableringen af tunnelen påvirker ikke udøvelsen af fiskeri direkte, men kan udløse flugtdadfærd hos kommercielle fiskearter og medføre forringelser/ændringer i fangsterne ved at ændre forekomst, fordeling og/eller tætheden af kommercielle arter
- Sedimentspild kan periodisk eller permanent forringe habitaterne for kommercielle fiskearter. Andre mulige indirekte effekter kan udløses af lys/skygge (barriereeffekt), elektromagnetiske felter, frigivelse af forurenende stoffer i sediment og ændringer i hydrologiske forhold

Driftsfasen

- Inddragelse af areal: Opfyldninger og adgangsrestriktioner overfor fiskeriet henover og omkring tunnelen, vil have en permanent negativ virkning på fiskeriet i form af tab af fiskeriområder
- Hårdt substrat, udlagt til beskyttelse af sænketunnelen, kan medføre begrænsninger i fiskeriets udøvelse, efter som ujævn bundtopografi, herunder sten, kan betyde, at trawl/vod og slæbewirer hænger fast eller skades. I det omfang det ikke vil være muligt at slæbe redskaberne over tunnelen, vil det være nødvendigt at gennemføre effektivitetsreducerende operationer enten i form af indhaling eller løft af redskaber. Omvendt vil etablering af hårbundshabitater kunne have positive effekter på andre dele af fiskeriet (f.eks. garnfiskeriet) ved at udgøre egnede levesteder for torsk og andre kommercielt vigtige fiskearter
- Indirekte effekter, som ikke direkte påvirker udøvelsen af fiskeriet, men som kan have en virkning på fiskeriudbyttet ved at udløse flugadfærd eller ændret fordeling og tæthed af kommercielle fiskearter, kan forårsages af eventuelle ændringer i de hydrografiske forhold som følge af opfyldninger/substratændringer

12.13.3 Betydning

Udvælgelsen af fiskeriformerne trawl-, garn-, bundgarn- og snurrevodsfiskeri er foretaget ud fra deres betydning og værdi for det samlede fiskeri i de lokale og regionale områder i og omkring Femern Bælt. Kriterierne for vurderingen af de enkelte fiskeriformers betydning består dels i fangsternes størrelse og værdi og dels i mulighederne for at udnytte alternative fiskepladser.

Graden af betydning af Femern Bælt for de forskellige fiskeriformer er fastlagt ud fra en 4-trinsskala (meget stor, stor, middel, lille betydning). Kortlægningen heraf er præsenteret dels i tabel 12.13-1 (kriterier og betydning), dels i figur 12.13-2 – figur 12.13-5 (fiskeriets geografiske fordeling).

TABEL 12.13-1 Kriterier samt betydning af Femern Bælt for de enkelte fiskerikomponenter

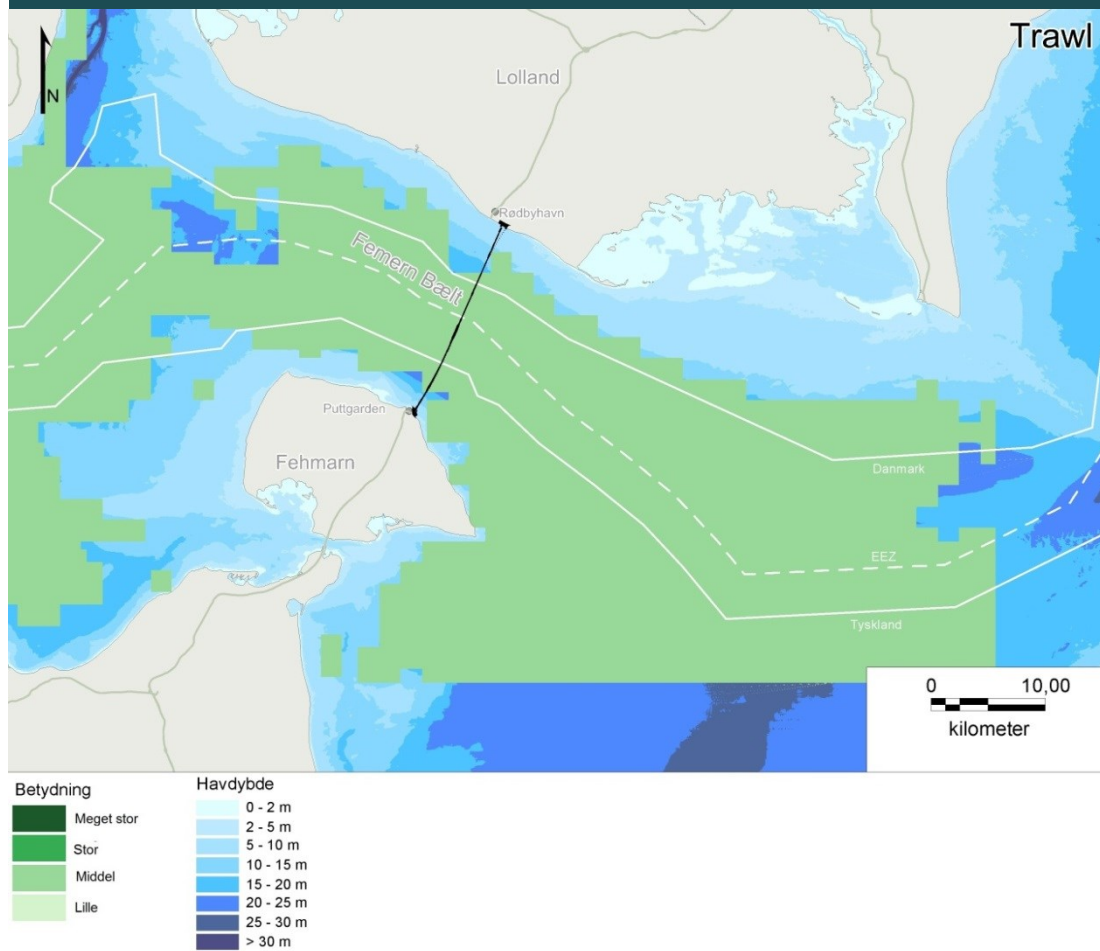
Komponenter	Kriterium	Betydning
Trawlfiskeri	Femern Bælt er et område, der anvendes til fiskeri med trawl og er af en vis lokal og regional betydning og værdi.	Middel
Garnfiskeri	Femern Bælt er et område, der anvendes til fiskeri med garn og er af en vis lokal og regional betydning og værdi.	Middel
Bundgarnfiskeri	Femern Bælt er specifik for fiskeri med bundgarn og er af stor betydning og værdi.	Meget stor
Snurrevodsfiskeri	Femern Bælt er et område, der kun sjældent eller ikke anvendes til fiskeri med snurrevod, og som derfor kun er af lille lokal eller regional betydning og værdi.	Lille

Note: Kriterierne for vurderingen af de enkelte fiskeriformers betydning består dels i fangsternes størrelse og værdi i Femern Bælt og regionen, dels i mulighederne for at udnytte alternative fiskepladser

Trawlfiskeri

Trawlfiskeri gennemføres det meste af året, primært i de dybere (> 10 m), centrale dele af Femern Bælt samt i de dybere dele af det regionale område (figur 12.13-2). Trawlere fra både lokale, regionale og fjerne havne deltager i fiskeriet i Femern Bælt og regionen. Området vurderes til at have middel betydning for denne fiskeriform.

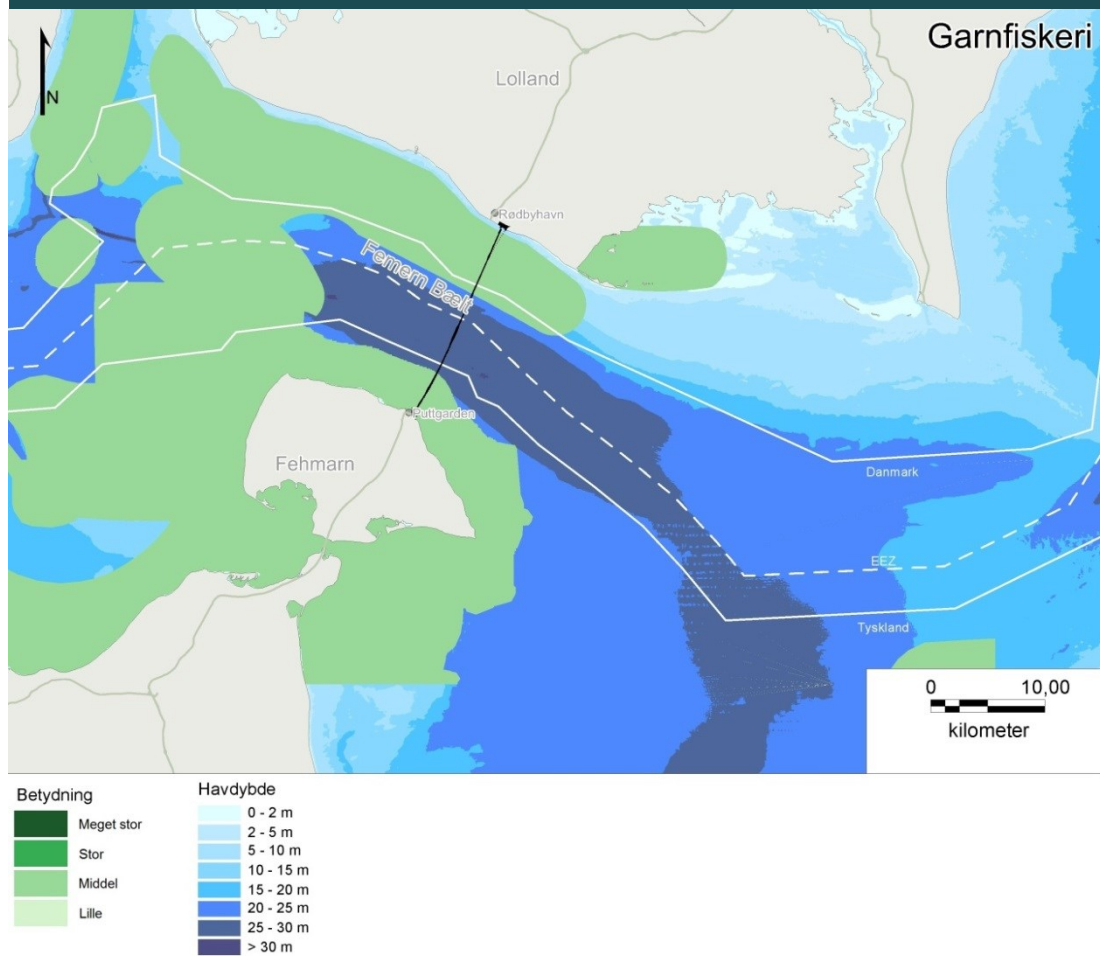
FIGUR 12.13-2 Trawlfiskeriets geografiske fordeling og betydning



Garnfiskeri

Garnfiskeri gennemføres året rundt i Femern Bælt og i farvandet vest herfor. Femern Bælt og det regionale område er af middel betydning og værdi for de mindre fartøjer fra især de lokale havne (figur 12.13-3). Garnfiskeri i Rødsand Lagune, øst for Rødbyhavn, består primært af fiskeri med ruser.

FIGUR 12.13-3 Garnfiskeriets geografiske fordeling og betydning

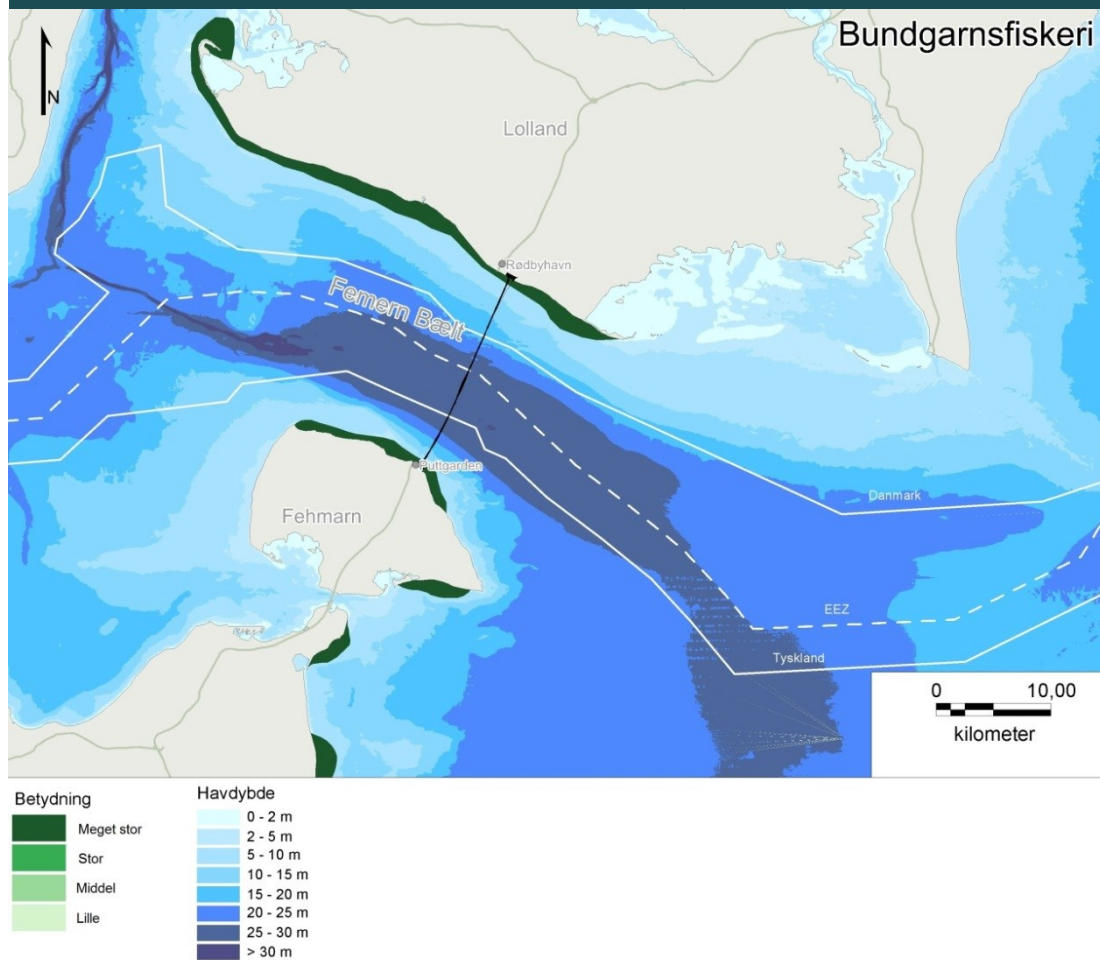


Note: I det angivne område i den vestlige del af Rødsand Lagune foregår fiskeriet i overvejende grad med russer

Bundgarnsfiskeri

Dette fiskeri udføres primært om efteråret, langs hele den sydlige og sydvestlige kyst af Lolland og i nogle områder langs kysten af Fehmarn (figur 12.13-4). Fiskeriet foretages med stationære redskaber, og udbyttet er stærkt afhængig af de lokale miljøforhold. Betydningen af Femern Bælt for dette fiskeri vurderes som meget stor.

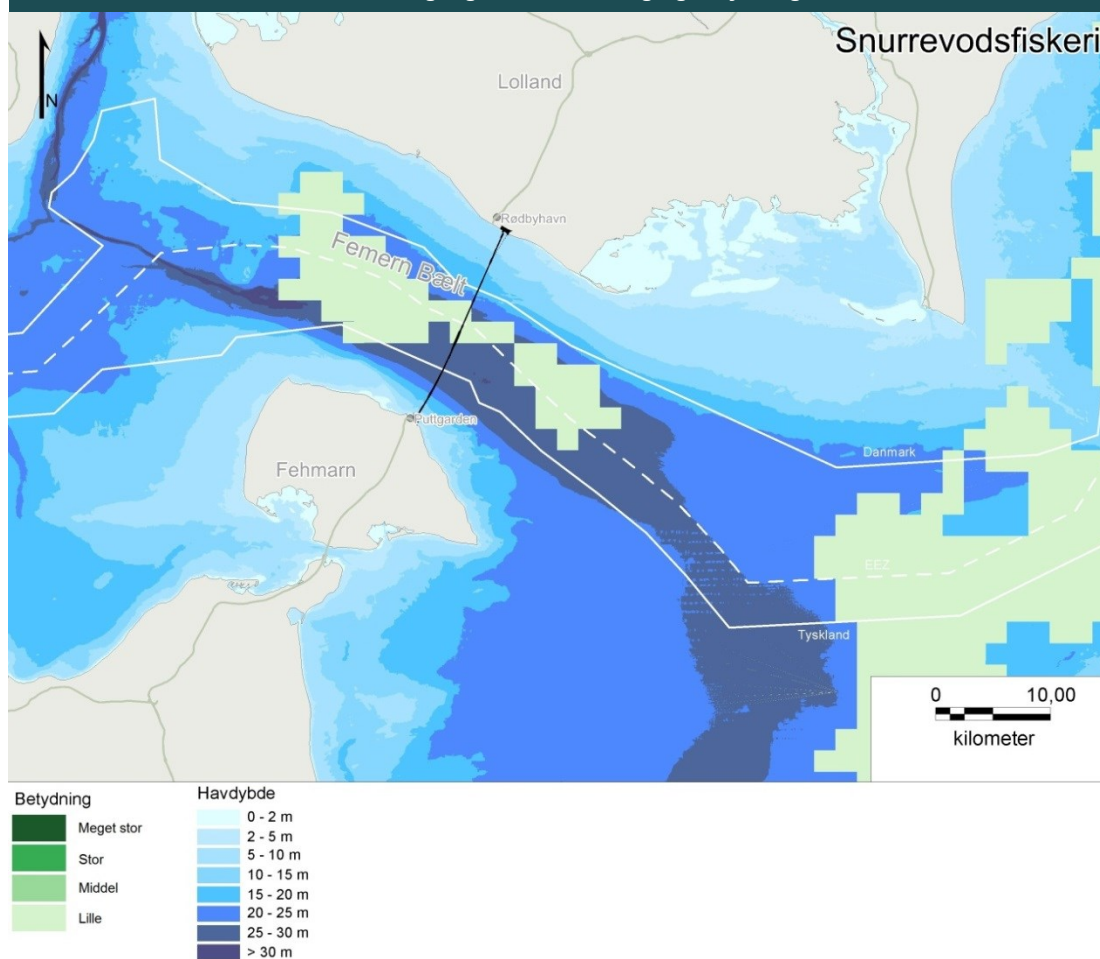
FIGUR 12.13-4 Bundgarnsfiskeriets geografiske fordeling og betydning



Snurrevødsfiskeri

I Femern Bælt og det regionale område gennemføres snurrevødsfiskeri alene af danske fiskere og kun lejlighedsvis i den centrale del af Femern Bælt (ikke hvert år) og med en lav indsats. Størstedelen af snurrevødsfiskeriet i den vestlige Østersø foregår øst for Femern Bælt, og Femern Bælts betydning for dette fiskeri vurderes som lille (figur 12.13-5).

FIGUR 12.13-5 Snurrevodsfiskeriets geografiske fordeling og betydning



12.13.4 0-alternativet

Den eksisterende tætte trafik af fragtskibe og tankere i T-ruten, samt ikke mindst færgefarten mellem Rødby og Puttgarden med afgang hver halve time udgør en begrænsning for fiskeriets frie udøvelse. Den intensive trafik giver endvidere anledning til et højt støjniveau under vand, som lokalt kan påvirke kommercielle fiskearters adfærd. Generelt rummer Femern Bælt en række udfordringer for kommercielle fiskearter da f. eks. de meget variable hydrografiske forhold, især svingninger i saliniteten kan påvirke overlevelsen og bestandsdynamikken (afsnit 12.9).

Der forventes ikke ændringer i forholdene for fiskeriet i 0-alternativet, og projektets virkninger er således vurderet i forhold til de eksisterende forhold.

12.13.5 Kommercielle fiskearter (fiskeressourcen)

En generel beskrivelse af betydning af de vigtigste fiskearter, som udgør ressourcerne for fiskeriet i Femern Bælt og regionen, er givet nedenfor. De nævnte fiskearter indgår i vurderingen, når påvirkninger på fiskerityperne analyseres.

- Torsk er den kommercielt set vigtigste fiskeart i Femern Bælt og udgør en vigtig fangstkomponent i alle de mest betydningsfulde kommercielle fiskerier (trawlfiskeri, garnfiskeri og bundgarnsfiskeri)
- Brisling og sild er de arter, der fanges størst mængder af i Femern Bælt, betydningen målt i værdi er dog mindre på grund af en relativ lav kilopris

- Fladfisk (ising, skrubbe, rødspætte, pighvar, slethvarre og tunge) udgør, både målt i mængde og værdi, en betydelig del af fangsterne i Femern Bælt og regionen. Ising, skrubbe og rødspætte fanges i størst mængde, men pighvar, slethvarre og tunge udgør periodisk, på grund af en høj kilopris, vigtige målarter for fiskeriet
- Den europæiske ål (primært vandrende blankål) er den primære målarart for bundgarnsfiskeriet i Femern Bælt. Fiskeriet foregår overvejende om efteråret. En nedgang i mængden af ål i lokalområdet vil få alvorlige konsekvenser for bundgarnsfiskeriet
- Hvilling fanges i perioder i store mængder i Femern Bælt og har da en væsentlig økonomisk betydning for dele af trawlfiskeriet
- Andre arter Laks/havørreder udgør ikke målarter for det kommercielle fiskeri og fanges kun i små mængder i Femern Bælt. Hornfisk er om foråret et vigtigt supplement i dele af det kommercielle bundgarnsfiskeri i Femern Bælt. Hestemakrel fanges i enkelte år i stor mængde, men den økonomiske betydning er relativt ringe på grund af en lav kilopris. Fjordrejer fanges i enkelte år i mindre mængde i Rødsand Lagune

Betydningen af Femern Bælt for de kommercielle fiskearter ud fra en økologisk betragtning, herunder deres beskyttelsesmæssige status i henhold til lovgivningen er givet i afsnit 12.9.

12.13.6 Analyse af miljøkonsekvenserne

Analysen af virkningen af de enkelte belastninger på de respektive fiskerikomponenter følger punkterne i følgende oversigt:

- Kortlægning af forekomsten af de udvalgte fiskerikomponenter i Femern Bælt med fokus på, hvor og hvornår udøvelsen af de enkelte fiskerier foregår i påvirkningsområdet. Metoden og resultaterne af undersøgelserne af de eksisterende forhold er beskrevet i kapitel 10
- Udvælgelse af målbare indikatorer for fiskeri, herunder kommercielle fiskearters følsomhed overfor de respektive belastninger (eksempelvis tilgængelig fiskeriareal, flugtafærd) samt fastsættelse af tærskelværdier for følsomhed (eksempelvis flugt ved en given koncentration af sedimentspild eller lydniveau)
- Beregning af størrelsen på den enkelte belastning ud fra intensitet, varighed og udstrækning opdelt i anlægs- og driftsfase
- Beregning af størrelsen af påvirkningen af de enkelte indikatorer ud fra belastningens areal- og tidsvægtede overskridelse af den givne tærskelværdi (eksempelvis antal ha hvor sedimentspildkoncentration eller lydniveauet overstiger tærskelværdien for flugtafærd). For hver fiskeritype beregnes omfanget af forringelse ud fra tærskelværdier for følsomhed, (tabel 12.13-2) og kriterier for reduktionen af fiskeressourcen (tabel 12.13-3)
- Bestemmelse af graden af virkning ud fra fastlagte kriterier om acceptable forringelser eller tab i lyset af varigheden af påvirkningerne. Væsentligheden af de respektive virkninger er herefter vurderet på grundlag af fiskerikomponenternes betydning i lokal (ICES 38G1) og regionalt (ICES 38G1 og nærregionen) perspektiv. Påvirkninger fra sedimentspild er vurderet ud fra modelberegninger
- Endelig er projektets overordnede virkning på fiskeriet vurderet på grundlag af den samlede virkning på samtlige fiskerikomponenter i såvel anlægs- som driftsfasen

Vurderingerne af virkning på de enkelte fiskerikomponenter (bortset fra bundgarnsfiskeri) er foretaget i de fiskeriområder, som dels repræsenterer Femern Bælt (ICES 38G1 - fiskeristatistisk område med en udstrækning på 30 x 30 sømil), da langt de fleste påvirkning er inden for dette fiskeristatistiske område. I den overordnede vurdering er der inkluderet en vurdering i et lidt større regionalt område, som repræsenterer Femern Bælt regionen. Vurdering af påvirkning på bundgarnsfiskeri er foretaget for hele den sydlige og sydvestlige kyst af Lolland (det danske fiskeri) og i nogle områder langs kysten af Fehmarn (det tyske fiskeri).

Følsomhed

Fiskeriet påvirkes af en etablering af en sænk tunnel under Femern Bælt dels i form af et tab af fiskeriområde, dels i form af et tab af fiskeressourcer. Indikatorerne for beregningen af omfanget af disse tab er beskrevet i det følgende:

1. Indikatorer i forbindelse med tab af fiskeriområde:

- Arealinddragelse (nye landområder)
- Adgangsbegrænsninger (sikkerheds-/fiskeriforbuds zoner)
- Fysiske forhindringer (sten og andet, der udgør hindringer for fiskeriets udøvelse)

Disse fysiske indikatorer er målbare (arealer), og fiskerikomponenternes følsomhed afhænger af deres aktivitetsområde, mobilitet og mulighed for at bruge alternative fiskeriområder/-metoder.

2. Indikatorer i forbindelse med tab af fiskeriressourcer:

- Flugadfærd hos fisk (reversibel)
- Bestandsstørrelse (temporær/permanent)

Disse indikatorer påvirkes af belastninger i form af sedimentspild, ændringer i hydrologiske forhold, støj, ændringer i fødegrundlag mv. Følsomhed og tærskelværdier for disse indikatorer er beskrevet i detaljer i afsnit 12.9, hvor påvirkninger af fisk og fiskebestande er behandlet. De mest centrale tærskelværdier for sedimentspild, som er brugt til vurdering af virkning på de kommercielle fiskearter i dette afsnit, fremgår af tabel 12.13-2.

TABEL 12.13-2 Tærskelværdier anvendt ved vurdering af sedimentspildets virkning på flugtreaktion hos fisk for de mest almindelige kommercielle fiskearter

Miljøkomponent	Torsk	Hvilling	Sild	Brisling	Fladfisk	Ål
Sedimentspild Flugtreaktion, mg/l	10	10	10	10	50	100

12.13.7 Vurderingskriterier

De enkelte virkninger er vurderet i form af dels tab af fiskeriområder og dels tab af fiskeriressourcer indenfor fiskeriområdet. Den geografiske fordeling af fiskeriområderne for de enkelte fiskeriformer i Femern Bælt og regionen er vist i figurer 12.13-2 - 12.13-5. De vurderede områder omfatter de fiskeriområder, som er inden for ICES-rektangel 38G1 (Femern Bælt, figur 12,13-1), og alle fiskeriområder inden for det større, "regionale" område. Dog omfatter vurderingsområdet for bundgarnfiskeriet hele kyststrækningen langs Femern Bælt.

Værdien af det procentvise tab eller påvirkning af fiskeriområdet er sammenlignet med vurderingskriterier baseret på den gennemsnitlige variation i landingerne af fisk igennem 11 år (1998 - 2008) fra Femern Bælt (ICES-rektangel 38G1) (tabel 12.13-3) for at fastlægge omfang af forringelsen.

En forringelse som er mindre end niveauet for den årlige variation er således vurderet til lille eller middel, mens forringelser større end variationen er vurderet til stor (1 - 2 gange variationen) eller meget stor (> 2 gange variationen).

TABEL 12.13-3 Vurderingskriterier anvendt ved vurdering af omfanget af forringelse

Miljøkomponent	Subkomponent	Reduktion i pct.		Omfang af forringelse
		Anlæg (midlertidig)	Drift	
Fiskeri	Trawlfiskeri	> 50	> 25	Meget stor
		< 50	< 25	Stor
		< 25	< 12	Middel
		< 12	< 6	Lille
	Garnfiskeri	> 40	> 20	Meget stor
		< 40	< 20	Stor
		< 20	< 10	Middel
		< 10	< 5	Lille
	Bundgarnsfiskeri	> 25	> 12	Meget stor
		< 25	< 12	Stor
		< 12	< 6	Middel
		< 6	< 3	Lille
	Snurrevodsiskeri	> 60	> 30	Meget stor
		< 60	< 30	Stor
		< 30	< 15	Middel
		< 15	< 7	Lille

Note: Tabellen angiver reduktion i fiskeressourcen og det vurderede omfang af forringelse som svarer til den procentvise reduktion af fiskeriområder for midlertidige (anlæg) og permanente (drift) påvirkninger

Der er generelt valgt en konservativ tilgang til vurderingen af tab af fiskeressourcen, da viden og dermed opgørelsen af tærskelværdier for nogle arter, er usikker.

12.13.8 Grad af virkning

Tab og forringelser for de udvalgte fiskerikomponenter (fiskerimetoder) er beskrevet i dette afsnit. Det vurderes, at virkningerne på det danske og tyske fiskeri fra anlæg og drift af en sænketunnel helt overvejende vil forekomme i nærzonen langs tunneltracéet (fastlagt til 500 m på hver side af linjeføringen) og rundt om de nye landområder. Virkningerne består i arealinddragelse, fysisk forhindringer og potentielle adgangs begrænsninger, som langt overvejende er begrænset til ICES-rektangel 38G1.

Kun påvirkningen af de kommercielle fiskearter, som følge af sedimentspild, er angivet, da øvrige påvirkninger, som vil kunne have en virkning på de kommercielle fiskearter, såsom ændringer i hydrologiske forhold, støj, ændringer i fødegrundlag mv., er vurderet at være ubetydelige (afsnit 12.9). I nedenstående tabeller er påvirkningsområderne for hver fiskerimetode sammenholdt med kortlægningen af det respektive fiskeris primære fiskeriområde i Femern Bælt (figur 12.13-2 - 12.13-5). Herudfra er det muligt at beregne tab af relevant fiskeriområde for den enkelte fiskerimetode.

Danmark

Trawlfiskeri

Overordnet set forventes tunnelanlægget kun at have en middel virkning på trawlfiskeriet i Femern Bælt, men da redskaberne (trawlet) som hovedregel slæbes over lange strækninger (10 - 20 sømil), primært i de dybere centrale dele af Femern Bælt, vil mulige gener eller restriktioner mod at trawle henover tunnelrenden kunne have en væsentlig lokal virkning på trawlfiskeriet i Femern Bælt.

Virkningerne berører et areal på i alt 93 ha, og består dels i begrænsninger i fiskeriets udøvelse i selve anlægsfasen, dels i en mulig gene for fiskeriet ved passage med trawl hen over linjeføringen (tunnelrenden), idet havbunden efter tunnelens etablering vil bestå af sten. Sandtransporten ved havbunden forventes at ville dække stenene efter en længere årrække – beregnet til i størrelsesordenen 20 år. Mulige restriktioner fastlagt af myndighederne, eller fysiske begrænsninger for trawlfiskeriet henover tunnelen vil medføre ekstra håndtering af redskaber og dermed forhøjede omkostninger, som kan påvirke rentabiliteten i trawlfiskeriet.

Det forventes desuden, at sedimentspild i anlægsfasen vil have en lille virkning på trawlfiskeriet ved at kunne udløse flugtadfærd hos de meste følsomme kommercielle fiskearter (pelagiske arter) i op til 0,3 pct. af trawlfiskeriområdet (171 ha) i Femern Bælt (ICES 38G1) og i op til 0,05 pct. af trawlfiskeriområdet (249 ha) i Femern Bælt regionen. Omfanget af sedimentspildet er nærmere beskrevet i afsnit 12.1 Belastninger.

TABEL 12.13-4 Virkninger på det danske trawlfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i Femern Bælt (ICES 38G1) i ha

Miljøvirkning af projektet på trawlfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Middel	Tab af 93 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Middel	Tab af 93 ha fiskeriområder i Femern Bælt
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter Sedimentspild	Lille	Påvirkning i anlægsfasen af 171 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

Garnfiskeri

Tunnelanlægget forventes kun at udgøre en middel, ikke-væsentlig påvirkning af garnfiskeriet i Femern Bælt i form af dels opfyldning af et kystnært område (27 ha), dels af temporære men langvarige fiskerirestriktioner i anlægsområdet (ca. 57 ha) i nærzonen langs tunneltracéet. Dog vil øget sejllads i byggeperioden kunne opleves som forstyrrende/generende for fiskeriet afhængigt af, hvorledes kommunikation og tilrettelæggelse af byggearbejdet gennemføres.

Sedimentspild i anlægsfasen forventes at ville påvirke et areal på 835 ha garnfiskeriområde i Femern Bælt (38G1) og i alt 949 ha i Femern Bælt regionen, overvejende langs kysten. Da denne påvirkning kun er kortvarig, og kun vil berøre ca. 1 - 9 pct. af det danske garnfiskeriområde i Femern Bælt, er virkningen vurderet som lille og ikke-væsentligt.

Udlægningen af sten til beskyttelse af tunnellen vil kunne fungere som et kunstigt "rev", der vil være et velegnet habitat for en lang række fiskearter, herunder torsk. Dette vil kunne være til gavn for garnfiskeriet.

TABEL 12.13-5 Virkninger på det danske garnfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i Femern Bælt (38G1) i ha

Miljøvirkning af projektet på garnfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Middel	Tab af 27 ha fiskeriområde i anlægsfasen og 57 ha (opfyldning langs linjeføring)	Middel	Tab af i alt 84 ha fiskeriområder i Femern Bælt
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter Sedimentspild	Lille	Påvirkning i anlægsfasen af 835 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

Bundgarnsfiskeri

Overordnet set vurderes omfanget af forringelsen af bundgarnsfiskeriet fra anlæg af en sænketunnel i Femern Bælt som meget stor og væsentlig for det lokale område. Det forhold, at bundgarnsfiskeriet foregår med faststående redskaber, og at relevante alternative fiskepladser ikke er tilgængelige, gør, at denne fiskeriform, der anses for værende af meget stor vigtighed, er særligt følsom over for inddragelse af fiskeriområder. Opfyldning af 353 ha kystnære arealer (22 ha i anlægsområdet) i forbindelse med tunnelanlægget, svarende til inddragelse af 5,5 pct. af bundgarnsfiskeriområdet langs Lollands kyst, udgør en væsentlig lokal virkning på det danske bundgarnsfiskeri.

Forekomst af suspenderet materiale i anlægsfasen forventes at ville påvirke 302 ha kystnært fiskeriområde (inkl. Rødsand lagune), for bundgarnsfiskeriet svarende til ca. 5 pct. af bundgarnsfiskeriområdet i Femern Bælt. Arealmæssigt er bundgarnsfiskeri den type fiskeri, der påvirkes mest gennem sedimentspild og denne påvirkning kan have en væsentlig virkning på fiskeriet i det lokale områder. Påvirkningen er kortvarig og den overordnede virkning er derfor vurderet som ikke-væsentlig.

Etableringen af de nye landområder vil påvirke i alt 353 ha bundgarnsfiskeriområde. Heraf vil 346 blive permanent tabt. Af disse ligger de 331 ha langs den lollandske sydkyst og 15 ha i anlægsområdet. Yderligere 7 ha i anlægsområdet vil blive genskabt efter anlægsfasen, men det vurderes, at det ikke vil bidrage til at genskabe mulighederne for bundgarnsfiskeri i dette område. Da de enkelte fiskere er benytter stationære fiskeripladser, og da alternative pladser ikke er tilgængelige/relevante, vil tab af traditionelle fiskeriområder være en væsentlig virkning på det lokale bundgarnsfiskeri.

TABEL 12.13-6 Virkninger på det danske bundgarnsfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i det danske bundgarnsfiskeri langs hele Femern Bælts kyststrækning i ha

Miljøvirkning af projektet på bundgarnsfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Meget stor	Tab af 353 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Meget stor	Tab af 346 ha fiskeriområder i Femern Bælt
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter Sedimentspild	Lille	Påvirkning af 302 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

Snurrevodsfiskeri

Projektet forventes kun at have en lille, ikke-væsentlig virkning på snurrevodsfiskeriet i Femern Bælt. Dog vil mulige gener eller restriktioner mod at udøve snurrevodsfiskeri henover tunneltracéet medføre en væsentlig lokal virkning.

Påvirkninger består dels i begrænsninger i fiskeriets udøvelse i selve anlægsfasen, dels i en mulig gene for fiskeriet ved passage med vod/wirer hen over linjeføringen, som til beskyttelse er dækket med sten. Det berørte fiskeriområde for snurrevodsfiskeriet udgør i alt 44 ha. Det forventes at havbunden efter en årrække er jævnet ud og dækket med sand. Mulige restriktioner fra myndighedernes side mod at fiske med snurrevod henover tunneltracéet vil kunne påvirke det lokale snurrevodsfiskeri i væsentlig grad.

Der forventes ingen væsentlig påvirkning af kommercielle fiskearter i snurrevodsfiskeriområdet som følge af sedimentspild i anlægsfasen. Sedimentspild vil kun have en lille virkning ved at kunne udløse kortvarig flugtdadfærd hos de meste følsomme kommercielle fiskearter (pelagiske arter) i omkring 35 ha svarende til mindre end 1 pct. af fiskeriområdet.

TABEL 12.13-7 Virkninger på det danske snurrevodsfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i Femern Bælt (ICES 38G1) i ha

Miljøvirkning af projektet på snurrevodsfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Lille	Tab af 44 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Lille	Tab af 44 ha fiskeriområder i Femern Bælt
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter Sedimentspild	Lille	Påvirkning af 35 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

Tyskland

Trawlfiskeri

Projektet forventes kun at have en middel og ikke-væsentlig påvirkning på det tyske trawlfiskeri i Femern Bælt. Eventuelle gener (sten mv.) eller restriktioner mod at trawle henover tunneltracéet vil dog lokalt kunne påvirke trawlfiskeriet i væsentlig grad.

Påvirkningerne består dels i begrænsninger i fiskeriets udøvelse i selve anlægsfasen og dels i en mulig gene for fiskeriet ved passage med trawl hen over tunnelen på grund af udlagte sten til beskyttelse af tunnelen. I alt berøres 93 ha af det tyske trawlfiskeris fiskeriområde svarende til 0,3

pct. af det samlede fiskeriområde), Udjævning/tildækning af tunnelrenden ved naturlig sandvandring forventes at ville tage op mod 20 år. Det forventes desuden, at sedimentspild i anlægsfasen vil have en lille og ikke-væsentlig påvirkning på trawlfiskeriet ved at kunne udløse flugtafærd hos de mest følsomme kommercielle fiskearter (pelagiske arter) i omkring 30 ha eller i under 1 pct. af fiskeriområdet.

TABEL 12.13-8 Virkninger på det tyske trawlfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i Femern Bælt (ICES 38G1) i ha

Miljøvirkning af projektet på trawlfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Middel	Tab af 93 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Middel	Tab af 93 ha fiskeriområder i Femern Bælt
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter Sedimentspild	Lille	Påvirkning af 30 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

Garnfiskeri

Tunnelanlægget forventes kun at forårsage en middel og ikke-væsentlig påvirkning på det tyske garnfiskeri i Femern Bælt i form af temporære fiskerirestriktioner langs linjeføring i anlægsfasen (ca. 47 ha).

Sedimentspild i anlægsfasen forventes at ville påvirke et garnfiskeriområde, der er overvejende kystnært, med et areal på i alt 96 ha. Da denne påvirkning kun er kortvarig og vil berøre mindre end 1 pct. af det tyske garnfiskeriområde i Femern Bælt, er virkningen vurderet som lille og ikke-væsentlig.

Udlægningen af sten til beskyttelse af linjeføringen vil kunne fungere som et kunstigt "rev", der vil være et velegnet habitat for en lang række fiskearter, herunder torsk. Dette kan være til gavn for garnfiskeriet.

TABEL 12.13-9 Virkninger på det tyske garnfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i Femern Bælt (ICES 38G1) i ha

Miljøvirkning af projektet på garnfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Middel	Tab af 47 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Middel	-
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter Sedimentspild	Lille	Påvirkning af 96 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

Bundgarnsfiskeri

Bundgarnsfiskeriet foregår med faststående redskaber og relevante alternative fiskepladser er ikke tilgængelige. Opfyldning af 7 ha kystnære arealer ved Fehmarn i forbindelse med tunnelanlægget vurderes som et væsentligt lokalt tab, men da tabet svarer til mindre end 1 pct. af bundgarnsfiskeriområdet langs Fehmarns kyst, vurderes tabet generelt som værende lille.

I anlægsfasen forventes en påvirkning af op til 67 ha bundgarnsfiskeriområde i de kystnære områder som følge af suspenderet bundmateriale. Denne påvirkning kan have en betydelig virkning på bundgarnsfiskeriet i det lokale område, men virkningen er kortvarig og derfor vurderet som ikke-væsentlig.

TABEL 12.13-10 Virkninger på det tyske bundgarnsfiskeri af projektet angivet som påvirket areal i Femern Bælt i ha

Miljøvirkning af projektet på bundgarnsfiskeri	Anlæg		Drift	
	Virkning	Beskrivelse	Virkning	Beskrivelse
Arealinddragelse	Meget stor	Tab af 7 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Meget stor	Tab af 7 ha fiskeriområder i Femern Bælt
Maksimal påvirkning af kommercielle fiskearter - Sedimentspild	Lille	Påvirkning af 67 ha fiskeriområder i Femern Bælt	Ingen	-

12.13.9 Konklusion på projektets virkninger

Påvirkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel på de kommercielle fiskebestande vurderes som små. Sedimentspredning og støj i anlægsfasen kan medføre, at kommercielle fiskearter udviser undvigeadfærd og forlader anlægsområdet. Der vil i så fald være tale om en kortvarig, lille og reversibel virkning. Vurderingen af væsentlighed er foretaget på de aggregerede virkninger fra projektets belastninger. Der forventes ingen globale og regionale virkninger.

Væsentlighed af virkninger på fiskeriresourcen

Samlet set vurderes virkningerne på de kommercielle fiskearter i Femern Bælt og i regionen at være meget begrænsede og ikke-væsentlige. Dette gælder såvel virkninger på vandringsmuligheder, gydning, overlevelse af æg og larver eller habitater fra anlæg og drift af en sænketunnel.

Det vurderes, at variationer i havmiljøet under de eksisterende forhold, som f.eks. naturlige variationer i suspenderet bundmateriale og svingende saltkoncentrationer har en større indvirkning på fiskeressourcerne end de påvirkninger, der vil gøre sig gældende i anlægsfasen.

Væsentlighed af virkning på trawl- og snurrevodfiskeri

Fiskerirestriktioner i anlægsfasen langs linjeføringen samt det forhold, at beskyttelseslaget af sten over tunnelen først vil blive naturligt dækket af naturlige bundmaterialer (sand) i løbet af en årrække, vil forhindre/besværliggøre fiskeri med bundslæbende redskaber henover linjeføringen. I modsætning til bundgarnsfiskeriet, er trawl- og vodfiskeriet mere fleksibelt, da det i forvejen er indstillet på fiskeressourcens naturlige variabilitet i Femern Bælt. De enkelte fartøjer vil i et vist omfang kunne anvende alternative fiskepladser, og den samlede virkning på trawl- og snurrevodfiskeriet vurderes derfor ikke at være væsentlig.

Væsentlighed af virkninger på bundgarnsfiskeri

Bundgarnsfiskere både på dansk og tysk side vil lokalt blive væsentligt påvirket af opfyldninger af kystnære havområder ved henholdsvis Rødbyhavn og Puttgarden. Virkningen er størst på dansk side, dels på grund af en større fiskeriindsats her, dels fordi der inddrages en større andel af det danske bundgarnsfiskeriområde. Virkningen på bundgarnsfiskeriet vurderes som væsentlig i det lokale område, hvorimod virkningen regionalt set vurderes at være lille.

Væsentlighed af virkninger på garnfiskeri

Garnfiskeriet vil i en årrække kunne drage nytte af en mulig "reffeekt" som følge af udlægning af hård substrat (sten), idet en række fiskearter, herunder torsk, vil blive tiltrukket af disse.

Væsentlighed af virkninger på fiskeriet

Samlet vurderes virkningerne fra anlæg og drift af en sænketunnel på det danske og tyske fiskeri i Femern Bælt at være forholdsvis små, og de er kun vurderet som væsentlige for så vidt angår bundgarnsfiskeriet i de lokale kystnære områder. Her foretages arealinddragelse/nye landområder, som påfører fiskeriet et permanent tab fiskeriområde.

Påvirkningen af trawl- og snurrevodsfiskeriet er primært begrænset til området over og omkring tunneltracéet. Virkningen på fiskeriet vil afhænge af de gener og eventuelle fiskerirestriktioner, som ændringer i havbundens udformning og materialer vil give anledning til. Da fiskeressourcen i Femern Bælt ikke påvirkes væsentligt af projektet, og fiskeriet – som også under de eksisterende forhold – kan basere sig på en række alternative fiskepladser, vurderes virkningen af projektet på det nævnte fiskeri som værende ikke-væsentlig.

12.14 KULTURARV OG ARKÆOLOGI

Historiske skibsvrag og fortidsminder på havbunden er i Danmark beskyttet af museumslovens § 28 og 29 og må hverken forstyrres eller fjernes uden tilladelse fra Kulturstyrelsen. Kulturstyrelsen registrerer alle fortidsminder, sejlspærringer, skibsvrag mv., herunder relevante løsfund i databasen Fund og Fortidsminder (www.kulturarv.dk).

Løsfund på havbunden, såsom mistede oldsager, offernedlæggelser, redskaber, ankre og mindre dele af fartøjer og laster ældre end 100 år, er ligeledes omfattet af museumslovens bestemmelser, dog således at de ikke nyder en stedbunden beskyttelse. For søterritoriets kulturminder gælder det specielle forhold, at de nyder beskyttelse, også selv om de endnu ikke er kendt og registreret i Fund og Fortidsminder.

I januar 2012 trådte en ny tysk lov i kraft vedrørende beskyttelse og bevarelse af kulturarvmæssige og arkæologiske objekter og monumenter. Der er tale om Denkmalschutzgesetz des Landes Schleswig-Holstein (loven om beskyttelse af (kulturelle) monumenter), hvor kulturarvmæssige monumenter og objekter defineres som faste kulturelle monumenter eller enkeltfund, der er placeret i jorden, i moser eller under vand. Fundne genstande/elementer, der falder inden for denne definition, er beskyttet mod ændringer i deres tilstande og skal sikres mod ændringer, inden anlægsarbejdet påbegyndes.

Den tilsynsførende myndighed i forhold til kulturarv og arkæologi på Fehmarn og på tysk søterritorium er Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein (ALSH) (Slesvig-Holstens styrelse for arkæologi). Den er med til at koordinere eventuelle udgravninger og er ansvarlig for registreringer af fund i en særlig database (Archäologische Landesaufnahme).

I forbindelse med et anlægsarbejde eller en aktivitet på havbunden foretages der en myndighedsbehandling, der bl.a. skal sikre, at ovennævnte lovgivning overholdes. Det relevante anlægsområde vurderes med henblik på at identificere kendte såvel som formodede kulturlevn, og der gennemføres et geofysisk undersøgelsesprogram.

Registrerede fund såvel som punkter, hvor der er en begrundet formodning om kulturhistoriske interesser, dykkerbesigtiges og/eller undersøges arkæologisk. For så vidt angår de arkæologiske undersøgelser i Femern Bælt, er det Vikingeskibsmuseet i Roskilde, som er udførende institution og Kulturstyrelsen, som er godkendende myndighed, hvad angår undersøgelser i dansk farvand, mens ALSH er udførende og godkendende myndighed, hvad angår undersøgelser i tysk farvand.

12.14.1 Fortidsminder

Der kan på store dele af den danske og tyske havbund gøres fund af skibsvrag fra alle perioder. Vragene kan fortælle om en periodes fartøjer og generelt betragtes som historisk og arkæologisk kildemateriale.

Det er også muligt at gøre fund fra oldtiden i form af bl.a. bopladser, fiskepladser, oldsager og affald fra jæger-samlerbefolkningernes liv og færden.

Mod slutningen af sidste istid (ca. 10.000 f.Kr.) stod verdenshavet ca. 70 m lavere, end det gør i dag, og store dele af Nordsøen og Kattegat var landområder. Klimaet var varmere, og Fehmarn-regionen gennemskæres på det tidspunkt af en stor afløbsflod fra den ferske Ancylus sø (et stadie i Østersøens udviklingshistorie). Fra dette tidspunkt og til lidt ind i bondestenalderen omkring år 3.500 f.Kr., stiger vandstanden løbende i Femern Bælt, indtil der opstår noget nær det landskab, som det kendes i dag.

12.14.2 Projektets belastninger

Den marine kulturarv i Femern Bælt kan potentielt blive påvirket af følgende faktorer:

Ankre, ankerwirer, ankerhåndtering, støtteben (både fra læggefartøjer og støttefartøjer)

- Erosion grundet ændrede strømforhold i forbindelse med ændring af havbunden ved gravning og opfyldning af tunnelrenden
- Ændringer af havbundsrelieffet i området, som f. eks. spild af sediment ved gravning og opfyldning af tunnelrende, samt etablering af landområder langs især Lollands kyst

12.14.3 Virkninger i anlægsfasen

Der er lokaliseret to historiske skibsvrag i henholdsvis dansk og tysk farvand (figur 12.14-1). Øst for Rødbyhavn er der desuden fundet sediment, der kan indikere, at der har ligget en mose fra tidligere tider. Mosen ligger 2 - 5 m under DNN (Dansk Normal Nul) og er bevaret i et område, der fra land strækker sig ind til ca. 350 m ud i vandet.

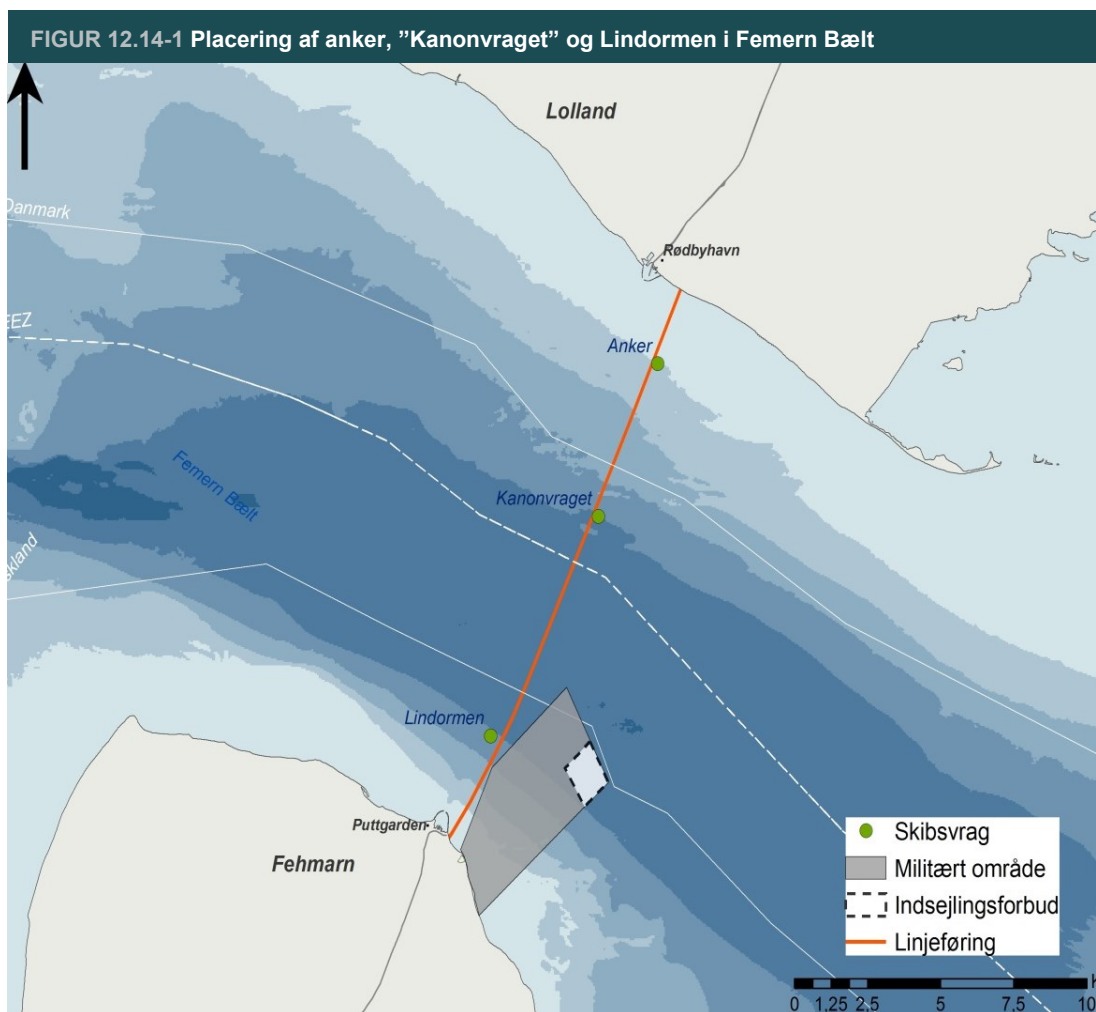
Under anlægsfasen kan "Kanonvraget" (i dansk farvand) og det omkringliggende vragområde potentielt påvirkes direkte af anlægsfartøjers støtteben, ankre og ankerwirer (både fra læggefartøjer og støttefartøjer).

Afstanden mellem tunneltracéets centerlinje og ankerklodserne, der anvendes ved nedsænkning af tunnelelementerne, er ca. 120 m. Afstanden fra ankerklodsernes centrum til vragets centrum er 75 m. Desuden ligger vraget og vragområdet midt i den opankringszone, der strækker sig 440 m øst for tunneltracéets centerlinje.

Indirekte kan både vrag og vragområde potentielt blive påvirket af erosion grundet ændrede strømforhold i forbindelse med ændring af havbunden ved gravning eller opfyldning af tunnelrenden eller andre ændringer af havbundsrelieffet i området.

Der er desuden lokaliseret et 1850 – 1920-tals-anker ca. 180 m fra den projekterede tunnels centerlinje, ca. 139 m fra tunnelrendens østlige afgrænsning, ca. 60 m fra ankerklodserne og midt i den opankringszone, der strækker sig 440 m øst for tunneltracéets centerlinje.

Vraget af Lindormen ligger i en afstand af 370 m vest for centerlinjen og er dermed ikke beliggende i de øst for tunnelen påtænkte arbejds- og ankerzoner. Derfor forventes der ikke at ske beskadigelse af skibsvraget som følge af ankeroplægning og ankerhåndtering i forbindelse med byggefasen offshore.



12.14.4 Virkninger i driftsfasen

Det vurderes, at kyst-kyst projektet ikke påvirker de kendte vrage og vragområder i projektets driftsfasen. Eventuelt behov for kontrolforanstaltninger vil blive vurderet af Kulturstyrelsen og ALSH.

12.14.5 Afværgeforanstaltninger

Femern A/S udarbejder anker- og ankerwirehåndteringsplaner, der godtgør, at den eller de af Kulturstyrelsen eller ALSH definerede sikkerhedszoner ikke berøres af ankere, ankerwires, ankerhåndtering og lignende. Anker- og ankerhåndteringsplaner skal godkendes af henholdsvis Kulturstyrelsen og ALSH, som også kan stille krav om overvågning i forbindelse med passering af vragområdet eller andre kontrolforanstaltninger.

I sommeren 2012 færdiggjorde Vikingskibsmuseet dykkerundersøgelser af skibsvraget benævnt "Kanonvraget". In situ sikring af "Kanonvraget" er på dansk søterritorium foretaget i sommeren 2012. Vraget er således tildækket med 0,5 m sand og 20 - 30 cm singels. Kulturstyrelsen har vurderet, at dette er en passende sikring. Der vil desuden blive oprettet en friholdelseszone omkring vrage og vragområde. Femern A/S er i dialog med Kulturstyrelsen om fastlæggelse af denne zone.

Det fundne jernstok-anker (fremstillet i perioden 1850 - 1920) vil være omfattet af museumsloven, hvis det på tidspunktet for anlægsarbejdet vurderes at have en alder på over 100 år. Kulturstyrelsen vil tage stilling til, hvorvidt ankeret, inden anlægsperiodens start, skal bjærges

eller ej. Hvis der ikke sker en bjærgning af ankeret, vil der blive taget stilling til, om det skal sikres og i givet fald hvordan.

ALSH har besluttet, at der skal gennemføres in situ sikring af vraget af Lindormen, som ligger i tysk farvand. Dette skal ske efter samme principper som in situ sikringen af "Kanonvraget". Sikringen ventes udført i sommeren 2013.

Såfremt der i dansk farvand under anlægsarbejdet findes vrage, vragele, stenalderboplads eller andet, der måtte være beskyttet af Museumsloven, indstilles anlægsarbejdet, og Kulturstyrelsen underrettes. Det samme gør sig gældende, hvis der i tysk farvand findes genstande, der er beskyttet i henhold til Denkmalschutzgesetz des Landes Schleswig-Holstein, hvor ALSH underrettes.

12.14.6 Konklusion på projektets virkninger

På grund af "Kanonvragets" tætte placering på projektets linjeføring har Kulturstyrelsen besluttet, at vraget skal in situ sikres gennem tildækning med sand og singels. Hermed sikres vraget også mod ulovlig aktivitet fra amatørdykkere. Vraget og vragområdet kan potentielt blive påvirket af erosion og sedimentspild grundet ændrede strømforhold i forbindelse med ændring af havbunden ved gravning eller opfyldning af tunnelrenden, af opankringsmønstre for anlægsgartøjer eller af andre ændringer af havbundsrelieffet i området. Der vil blive fastlagt en beskyttelseszone omkring vrage og vragområde til sikring imod direkte påvirkning fra ankre, ankerwirer, mv. i samarbejde med Kulturstyrelsen.

I forhold til 1850 - 1920-tals-ankeret vil Kulturstyrelsen tage stilling til, hvorvidt ankeret inden anlægsperiodens start skal bjærges eller ej. Hvis der ikke sker en bjærgning af ankeret, vil der blive taget stilling til, hvordan det bedst muligt sikres.

Vraget af Lindormen ligger i en afstand af 370 m vest for centerlinjen i tysk farvand og dermed uden for de påtænkte arbejds- og ankerzoner for sænketunnelen. Derfor forventes der ikke at ske beskadigelse af skibsvraget som følge af opankring og ankerhåndtering i forbindelse med byggefasen offshore. ALSH har stillet krav om sikring af vraget samt udlægning af en beskyttelseszone omkring vraget for at forhindre forsyningskibe og andre anlægsgartøjer i at ankre op i området. Denne sikring og beskyttelseszone vil blive nærmere fastsat af ALSH.

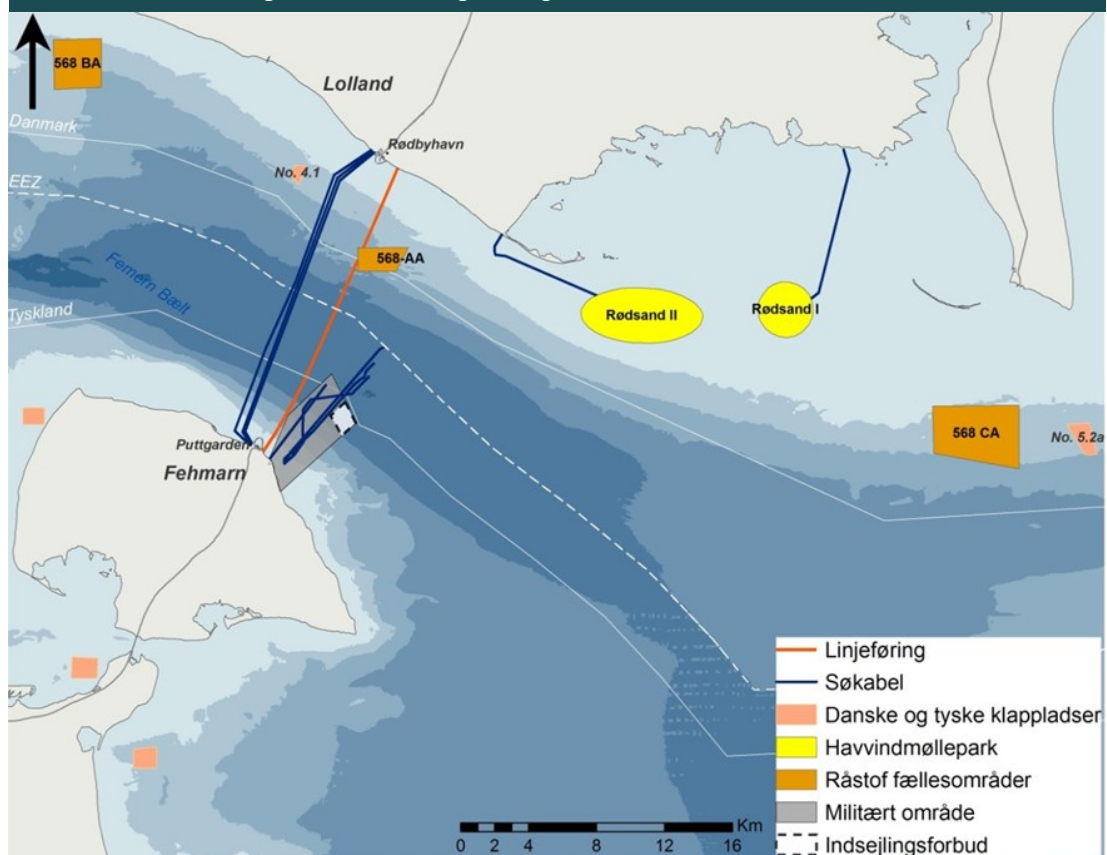
12.15 MATERIELLE GODER

I dette afsnit beskrives og vurderes projektets virkning på materielle goder i Femern Bælt. Eksisterende og planlagte materielle goder i Femern Bælt omfatter:

- Eksisterende telekommunikationskabler og andre søkabler
- Eksisterende og planlagte havvindmølleparker
- Områder udlagt til råstofindvinding – herunder indvinding af sand, grus og sten samt klapplads
- Militære områder

På figur 12.15-1 er vist de vurderede materielle goder i Femern Bælt. En beskrivelse af de materielle goder offshore findes i afsnit 10.1.13.

FIGUR 12.15-1 Oversigt over materielle goder og militære områder i Femern Bælt



Der findes en række telekommunikations- og energikabler på havbunden af Femern Bælt. De planlagte offshore aktiviteter i forbindelse med etableringen af en sænketunnel kolliderer ikke med disse (www.dkpc.dk). Nærmeste afstand fra linjeføringen til nærmeste søkabler er ca. 120 m.

Planlagte vindmølleparker i den centrale del af Østersøen ligger mere end 100 km øst for området og vurderes ikke at kunne blive påvirket af projektet.

Der er etableret to havmølleparker på dansk område ca. 20 - 25 km sydøst for Rødbyhavn. Rødsand I (Nysted) havmøllepark, som består af 72 møller, ligger syd for sandbanken Rødsand og nord for T-ruten i Femern Bælt. Vest for denne møllepark og syd for Hyllekrog og Rødsand ligger Rødsand II havmøllepark, som består af 90 møller (www.energinet.dk). Begge mølleparker er i drift. Ilandføringskablerne til de to havvindmølleparker fremgår af figur 12.15-1. Det ses, at linjeføringen ligger langt fra disse anlæg. Projektet vurderes ikke at påvirke havvindmølleparkerne.

På tysk område er der planlagt en havvindmøllepark (GEOFree) ca. 30 km øst for Fehmarn (Planungsbüro Ostholstein (2009)). Placeringen ligger i så stor afstand fra linjeføringen for sænketunnelen, at der ikke vil forekomme en påvirkning af denne havvindmøllepark.

I Femern Bælt er der tre indvindingsområder for sand og grus, hvoraf det ene endnu ikke er i drift. Indvindingsområde 568-AA ligger placeret meget tæt på linjeføringen for sænketunnelen. Området er i drift, men lukkes såfremt indvinding i området vurderes at udgøre en sikkerhedsrisiko i forbindelse med anlæg og drift af Femern Bælt-forbindelsen. (www.naturstyrelsen.dk).

Indvindingsområderne nr. 568-CA og nr. 568-BA ligger i større afstand fra linjeføringen og påvirkes ikke. Der forekommer ingen indvindingsområder i tysk farvand i Femern Bælt, og der foreligger ingen aktuelle planer for udpegning af sådanne.

Der findes fire klappladser i Femern Bælt-området inden for dansk territorium, hvoraf de to benyttes. Den ene ligger vest for Rødbyhavn (No. 4.1) (figur 12.15-1) og vil ikke blive påvirket af projektet. Den anden ligger sydøst for Gedser og påvirkes ikke (No. 5.2a) (figur 12.15-1).

På tysk territorium i Femern Bælt-området ligger tre klappladser. Én ligger på sydvestsiden af Fehmarn, de to andre ligger på hver side af Wargrien-halvøen. Alle tre nævnte klappladser ligger langt fra projektets linjeføring og vil derfor ikke blive påvirket af projektet (<http://www.bsh.de>).

På baggrund af disse indledende vurderinger, vil ovenstående komponenter ikke blive behandlet yderligere i det følgende.

12.15.1 Vurdering af miljøkonsekvenserne

Alle nævnte materielle goder på det marine område er, på grund af deres samfundsmæssige betydning og i henhold til den i miljøvurderingen benyttede 2-trins skala ("særlig betydning" og "generel betydning"), tillagt særlig betydning. Dette er lagt til grund for den foretagne vurdering af projektets virkninger på de materielle goder. Vurderingen af projektets virkninger på materielle goder er foretaget ud fra en konkret vurdering af projektets muligheder for at forvolde skade på de materielle goder eller forringe de materielle goders funktion. Der er i denne sammenhæng taget afsæt i projektets arealinddragelser og de øvrige belastninger, som anlægsarbejdet giver anledning til.

I det følgende gennemgås mulige virkninger på de materielle goder under anlæg og drift af en sænketunnel.

Vurdering af virkninger i anlægsfasen

Påvirkninger i anlægsfasen vil være indgreb og forstyrrelser i havbunden under gravearbejder og ankerhåndtering, som kan medføre:

Skade på eksisterende kabler på og i havbunden

Restriktioner på fremtidig udvikling af offshore-aktiviteter og klappladser (herunder tab af områder)

Da der ikke sker indgreb eller forstyrrelser i havbunden tæt på eller i områder med telekommunikations- eller energikabler eller i det militære område, vurderes der ikke at være nogen væsentlig virkning på disse materielle goder. Der vurderes heller ikke at opstå væsentlige forringelser af mulighederne for fremover at etablere denne type kabler mellem Danmark og Tyskland eller væsentlige restriktioner for anden relevant offshore aktivitet i Femern Bælt. Dog vil en del af det nye landområde komme til at dække dele af søkablerne (ca. 500 m ud fra kysten), der ligger placeret vest for Rødbyhavn. De relevante ejere er kontaktet, og de mener ikke, at dette kommer til at påvirke kablernes funktion, og derfor er afværgeforanstaltninger ikke relevante.

Af sikkerhedsmæssige årsager kan der blive tale om allerede i anlægsfasen at foretage en permanent lukning (tab) af indvindingsområde nr. 568-AA, som er beliggende meget tæt på linjeføringen. Dette vurderes ikke at være en væsentlig virkning, da der findes en række indvindingsområder i Femern Bælt-området.

Hverken de danske eller de tyske klappladser vil opleve en påvirkning som følge af projektet, da alle ligger langt fra arbejdsområderne og linjeføringen.

På tysk område er der planlagt en havvindmøllepark (GEOFree) ca. 30 km øst for Fehmarn (Planungsbüro Ostholstein (2009)). Placeringen ligger flere km fra linjeføringen for sænketunnelen, og der vil derfor ikke forekomme en påvirkning af denne (Baseline UVS, 2011).

Øst for Puttgarden findes et tysk militært område, som har sejladsforbud. Det er 16,3 km² stort og ligger ca. 750 m øst for sænketunnelens linjeføring. Det vurderes ikke at blive påvirket af projektet.

Anlægsaktiviteter, herunder de belastninger, som hidrører fra gravearbejdernes sedimentspild, og som berører områder i større afstand fra projektet, vurderes ikke at kunne skade eksisterende eller planlagte materielle goder på havet.

Vurdering af virkninger i driftsfasen

Mulige virkninger i projektets driftsfase vil alene være sænketunnelens permanente tilstedeværelse i havbunden, idet projektet udformes på en sådan måde, at øvrige virkninger på havbunden og kysten vil være ubetydelige og ikke vil kunne udgøre en reel påvirkning af de materielle goder. Projektets påvirkning vil derfor i driftsfasen alene medføre restriktioner på udvikling af offshore-aktiviteter i området, hvor tunneltraceet ligger.

Da denne restriktion i sin arealmæssige udbredelse ikke vurderes i nogen væsentligt grad at begrænse mulighederne for en fremtidig offshore udvikling i området, vil der ikke i projektets driftsfase forekomme en væsentlig virkning på materielle goder.

12.15.2 Konklusion på projektets virkning

Det vurderes samlet, at projektet i både anlægs- og driftsfasen ikke vil medføre væsentlige virkninger på materielle goder i det marine område, selvom der i forbindelse med etableringen af sænketunnelen vil ske et ophør af mulighederne for fortsat indvinding fra indvindingsområde nr. 568-AA.

12.16 LYSTBÅDSSEJLADS OG FRILUFTSLIV

Ud over den kommercielle skibstrafik benyttes Femern Bælt i vid udstrækning til lystsejlad. Der findes en række lystbådehavne på begge sider af Femern Bælt eksempelvis Nysted, Rødbyhavn, Kramnitze, Burgtiefe, Burgstaaken, Lemkenhafen, Orth, Großenbroder Fähre, Fehmarnsund og Heiligenhafen.

I dette afsnit vurderes, i hvilket omfang lystbådssejlad samt andre rekreative aktiviteter, der foregår til havs, vil blive påvirket af kyst-kyst projektet. Friluftaktiviteter, der foregår til lands og på stranden, er dækket i afsnit 13.4 Friluftsliv/Lolland og 14.4 Friluftsliv/Fehmarn.

De aspekter af rekreative forhold i Femern Bælt, der behandles i afsnittet, omfatter:

- Lystbådssejlad
- Vandsport, f.eks. surfing, kitesurfing og kajak, vandscooter, vandski mv.

Vurdering af påvirkningen på fritidsfiskeri og lystfiskeri er behandlet i afsnit 13.4 og 14.4.

12.16.1 Projektets belastninger

Mulige påvirkninger, der relaterer sig til anlægsfasen og driftsfasen ved en sænketunnel, kan inddeles i følgende:

- Barrierevirkninger for lystsejleres navigation som følge af sejladforbudszoner og anlægsrelateret skibstrafik
- Visuel forstyrrelse som følge af offshore anlægsarbejder
- Offshore støj (over vandet) under anlægsfasen

12.16.2 Datagrundlag og metoder

Vurderingen er foretaget på baggrund af eksisterende viden, herunder relevant litteratur samt data fra HELCOM-kilder, hvilket samlet er lagt til grund for et estimat over antal lystbådssejlere i Femern Bælt langs Lollands kyst. Ligeledes danner den tyske N.I.T. FFL Einflussanalyse

Tourismus baggrund for undersøgelser af friluftsliv og lystbådssejlads på og ved Fehmarn. Vurderingen er desuden foretaget på baggrund af belastningernes udbredelse og varighed.

12.16.3 0-alternativet

De eksisterende forhold anvendes som 0-alternativ.

12.16.4 Femern Bælts lystbådssejlads og friluftsliv

Femern Bælt er et trafikeret farvand med omkring 38.000 årlige øst-vestgående skibspassager (i 2010). Lystbådspassager er ikke inkluderet i disse tal, men med mere end 170.000 registrerede overnatninger i 2007 i de danske lystbådehavne, Rødbyhavn, Lundeheje, Errindlev Havn, Stubberup og Kramnitse, er Femern Bælt et velbesøgt område for lystsejlere (HELCOM 2010). Fehmarns seks lystbådehavne har sammenlagt lidt over 50.000 registrerede overnatninger målt i samme periode (N.I.T., 2010).

Der findes ikke nogen præcise målinger af antallet af lystbådspassagerer i Femern Bælt, men for Østersø-området alene regner man med, at ca. 850.000 registrerede lystsejlere årligt sejler i Østersøen, herunder Femern Bælt. Der er dog en tendens til, at lystbådssejlads koncentrerer sig langs kysterne, men der har de senere år været et stigende antal lystbåde, som krydser internationale farvandsgrænser (HELCOM 2010).

Muligheden for at dyrke friluftaktiviteter i Femern Bælt-området er hovedsageligt koncentreret omkring kystferiesteder og lystbådehavne, der tilbyder fritidsaktiviteter, såsom fiskeri, sejlads, surf-faciliteter mv.

Samlet set viser tallene fra 2007, at ca. 8 pct. af overnatningerne i Fehmarns lystbådehavne er gæster udefra, ca. 4.000 overnatninger (N.I.T., 2010). Fehmarn har årligt mere end 1 mio. besøgende (primært tyskere), og især fritidsaktiviteter på vandet og langs kysten dyrkes meget, og kysterne er hyppige udflugtsmål for såvel gæster som fastboende. Fehmarn er et yndet surf-område grundet den ofte kraftige vestenvind, og på nordsiden af Fehmarn er der udpeget en række surf-områder. Fehmarns seks lystbådehavne er alle placeret på den sydlige del af øen, og de vigtigste vandsportssteder ligger ligeledes på den sydlige del af øen, ved områderne Femernsund og Gold med lystbådehavne i Orth, Lemkenhafen, Femernsund, Burgtiefe og Burgstaaken. Bugten mellem Orth og Strukkamphuk er ideel til windsurfing.

For det daværende Storstrøms Amt er ca. 11 pct. af lystsejlerne gæsteovernattende, i alt ca. 18.700. I tallene fra Storstrøms Amt er det ikke opgjort, hvor mange overnatninger, der foretages af gæster udefra (N.I.T., 2010). På Lolland er der ingen specifikke surf-områder, men der kan surfes fra flere strande langs Lollands kyst. Der er havkajakklubber i Maribo, Guldborgssund og Nysted, som potentielt kan benytte farvandet ud for og omkring Rødbyhavn, men der er ikke tilgængelige tal, der viser det. Kajaksejladsen er dog koncentreret i Rødsand-området. Lystbådehavnene på Lolland ligger alle på den sydlige del af øen.

12.16.5 Afværgeforanstaltninger

Da havne- og søfartsmyndighederne vil blive informeret om alle anlægsarbejder, som kan påvirke skibstrafikken, vil det ikke have nogen væsentlig påvirkning for lystsejlere, at der forekommer anlægstrafik på havet. Desuden oprettes et VTS-system i Travemünde, som højner sikkerheden for skibstrafikken generelt i Femern Bælt. VTS-systemet overvåger skibstrafikkens bevægelser i området ved hjælp af bl.a. radar, VHF (Very High Frequency) og AIS (Automatic Identification System) og kan kalde skibe op, såfremt det er nødvendigt. I forhold til offshore friluftaktiviteter, vil der blive oprettet sejladsforbud med tydelige markeringer, i henhold til Søfartsmyndighedernes krav, i arbejdsområder offshore, således at surfere vil kunne holde sig klar af disse. I Travemünde vil der i løbet af 2013 blive oprettet et VTS-system, der vil dække hele Femern Bælt.

12.16.6 Vurdering af virkninger i anlægsfasen

Der forventes ingen væsentlige påvirkninger af lystbådssejlads eller offshore friluftaktiviteter under anlægsfasen. Dette skyldes primært, at lystsejlere og offshore fritidsudøvere i Femern Bælt allerede er vant til meget trafik i strædet. Ikke mindst i form af de daglige 52 passager færgerne foretager mellem Rødbyhavn og Puttgarden samt den erhvervsrelaterede skibstrafik, der passerer gennem i Femern Bælt, primært i T-ruten.

Da lystsejlere som regel har en større manøvredegygtighed end erhvervstrafik, vurderes den anlægsrelaterede skibstrafik ikke at have en væsentlig barriereeffekt på lystsejleres navigationsmuligheder. Desuden viser beregninger, at VTS-systemet vil sørge for at opretholde sikkerheden for lystsejlere i området under anlægsfasen, således at sikkerheden vil være bedre under anlægsfasen end på nuværende tidspunkt (Rambøll 2012).

Det er vurderet, at mulighederne for at dyrke vandsport ikke påvirkes væsentligt, og området omkring linjeføringen med sin høje frekvens af skibstrafik er i forvejen ikke egnet til denne form for aktivitet.

Der vil forekomme en visuel og fysisk forstyrrelse i form af de mange anlægsskibe, men virkningen vurderes ikke at være væsentlig, da den er midlertidig.

Med hensyn til støj under anlægsfasen vil der være en vis påvirkning. For gravearbejderne, der foregår før nedsænkningen af tunnelelementerne, kan der forekomme et støjniveau på mellem 104 - 114 dB ved kilden afhængigt af, hvilken type gravemaskine, der er i operation.

Ved nedsænkningen af tunnelelementerne er det kun slæbebådene, der vil generere støj (ca. 110 dB ved kilden), og for selve tildækningen af tunnelelementerne vil der være et støjniveau på ca. 115 dB ved kilden. I forvejen er baggrundsstøjen højere i Femern Bælt end de angivne dB som følge af den tætte trafik, hvor især færgerne afgiver støj. Det vurderes derfor, at anlægsskibene ikke vil have en væsentlig påvirkning på eksisterende forhold, omend der vil være flere støjkilder end normalt.

12.16.7 Vurdering af virkninger i driftsfasen

Under drift vil der ikke være nogen væsentlig påvirkning som følge af projektet i forhold til lystsejlere og andre offshore friluftaktiviteter.

12.16.8 Konklusion på projektets virkninger

Grundet den allerede intense skibstrafik i Femern Bælt forventes den øgede skibstrafik i anlægsfasen ikke at have en væsentlig indvirkning på de eksisterende forhold for sejlads på steder, hvor lystbådssejlere normalt passerer. Også den mulige barrierevirkning som følge af offshore anlægsaktiviteters midlertidige sejladsforbudszoner vurderes at være af ikke-væsentlig karakter, da lystsejlere kan holde sig klar af disse, da de er markeret tydeligt.

I forhold til andre friluftaktiviteter på havet ved Fehmarns kyst vurderes påvirkningen af lystbådssejladsen at være lille, da de primære områder, der anvendes til offshore friluftaktiviteter, ligger på den sydlige del af Fehmarn og derfor ikke vil blive påvirket af projektet. Friluftaktiviteter på havet ud for Lolland vurderes også at blive påvirket i meget lille grad, da udfoldelsesmulighederne ikke begrænses i væsentligt omfang. Desuden er der ingen af belastningerne, der er af permanent karakter.

Generelt vurderes det, at påvirkninger af mulighederne for friluftaktiviteter på havet, som følge af projektet, vil være ubetydelige og kun vil forekomme i anlægsperioden. Samtidig vurderes det, at eksisterende havn i projektområdet ikke vil blive gjort utilgængelige for lystsejlere, hverken i anlægs- eller driftsfasen.

Ligeledes påvirkes mulighederne for at dyrke andre vandsportsaktiviteter meget lidt, da området råder over mange tilsvarende faciliteter og områder, som kan benyttes, mens anlægsaktiviteterne er i gang.

For støj er der en permanent positiv påvirkning på længere sigt, da den nuværende trafikstøj vil mindskes i Rødbyhavn, da størstedelen af trafikken vil blive koncentreret øst for havnen, i stedet for som nu at gå igennem Rødbyhavn. Dette betyder også, at lystbådehavnen i Rødbyhavn vil opleve en markant permanent reduktion i støjniveauet i driftsfasen.

12.17 REFERENCER

Brinkmann, R., M. Biedermann, F. Bontadina, M. Dietz, G. Hintemann, I. Carst, C. Schmitd & W. Schorcht (2008). Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse. – Ein Leitfaden für Straßenbauvorhaben im Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit, 134 pp.

Cowi 2012. Basis for noise during construction. Danish approach and ramp area EIA. January 27th 2012.

COWI/DHI 2001. The Great Belt Link. The Biological Monitoring Programme 1987-2000. Project report June 2001. 154pp.

Dennison WC, Orth KA, Moore RJ, Stevenson JC, Carter V, Kollar S & RA Batiuk. 1993. Assessing water quality with submerged vegetation. *BioScience* 43: 86-94

DHI(2007). Rødsand II. Littoral Transport and Coastal Morphology. DHI Report for DONG Energy. January 2007

Diederichs A, Hennig V, Nehls G (2008) Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms, Horns Rev, North Sea and Nysted, Baltic Sea, in Denmark, Part II: Harbour porpoises. Final report, Supported by the German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (FKZ0329963 and FKZ 0329963A). 96 pp.

Evans PGH (1996) Human disturbance of cetaceans. In: N. Dunstone, V. Taylor (eds) *The exploitation of mammals – principals and problems underlying their sustainable use*. Cambridge: Cambridge University Press, p 374–394

FeBEC (2013). Density measurements of flatfish eggs. Prepared for Femern A/S. Data report. Doc. no. E4-TR-049.

FeBEC (2013). Sediment dose-response study. Prepared for Femern A/S. Technical report. Doc. no. E4-TR-036.

FeBEC (2013): Baseline for Commercial Fisheries in Fehmarnbelt. Doc. E4-TR-035 Vol. II

FeBEC (2013): Baseline for Fish Ecology in Fehmarnbelt. Doc. E4-TR-038 Vol. I.

FeBEC (2013): Environmental Impact Statement – Commercial Fisheries in Fehmarnbelt. Doc. E4-TR-42 Vol. II.

FeBEC (2013): Environmental Impact Statement – Fish Ecology in Fehmarnbelt. Doc. E4-TR-41 Vol. I

FEBI (2013): Bird Investigation in Fehmarnbelt – EIA. E3TR0015 Volume I

FEBI (2013): Fauna and Flora – Bats – Baseline Bats of the Fehmarnbelt area. Doc. E3-TR-0016 Vol. I.

FEBI (2013): Fauna and Flora – Bats – Impact Assessment. Bats of the Fehmarnbelt area. Doc. E3-TR-0017

FEBI (2013b): Bird Investigations in Fehmarnbelt. FEBI criteria and thresholds for environmental impact assessment.

FEBI (2013a): Bird Investigations in Fehmarnbelt – Baseline. E3TR0011 Volume I-III

Fehmarnbelt Fixed Link, Danish Approach and Ramp EIA, Presentation of Noise Results (01.02.2011), Fehmarnbelt Fixed Link

FEHY (2013) Baseline for Suspended Sediment, Sediment Spill, related Surveys and Field experiments. The spreading of spilled sediment. Report No. E1TR0020 R0, 218 pp.

FEHY (2013) Marine Soil. Volume I. Seabed Morphology of the Fehmarnbelt Area – Impact Assessment. Report No. E1TR0059, 122 pp.

FEHY (2013) Marine Soil. Volume II. Sediment spill during construction of the Fehmarnbelt Fixed Link. Report No. E1TR0059, xx pp.

FEHY (2013) Marine Soil. Volume III. Coastal Morphology of the Fehmarnbelt Area – Impact Assessment. Report No. E1TR0059, 204 pp.

FEHY (2013) Marine Water. Volume II. Hydrography of the Fehmarnbelt Area – Impact Assessment. Report No. E1TR0058, xx pp.

FEHY (2013) Marine water. Volume III. Suspended sediment – Baseline. Report no. E1TR0057. Report 89 pp App 533 pp.

FEHY (2013). Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Water. Baltic Sea Hydrography, Water Quality and Plankton - Impact Assessment. Report No. E1TR0058 Volume I. 109 pp

FEHY (2013). Hydrography of the Fehmarnbelt area – Impact Assessment. Report No. E1TR0058 Volume II. 105 pp

FEHY (2013). Marine Water - Impact Assessment. Baltic Sea Hydrography, Water Quality and Plankton. Report No. E1TR0058 Volume I. 109 pp

FEHY (2013): Marine Water – Baseline. Suspended Sediment. Report No. E1TR0057 Volume III 48 pp.

FEHY (2013a). Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Soil - Baseline. Volume I. Sea bed Morphology of the Fehmarnbelt Area. Report No. E1TR0056

FEHY (2013b). Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Soil – Impact Assessment. Volume I. Sea bed Morphology of the Fehmarnbelt Area. Report No. E1TR0059

FEHY (2013b). Marine Water. Baltic Sea Hydrography, Water Quality and Plankton - Impact Assessment. Report No. E1TR0058 Volume I. 109 pp

FEHY (2013c): Marine Soil – Impact Assessment. Volume III, Coastal Morphology along Fehmarn and Lolland. Report No. E1TR0059

FEHY 2013. Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine soil – Impact Assessment . Sediment Spill during Construction of the Fehmarnbelt Fixed Link. Report No. E1TR0059 Volume II. 216p

FEHY 2013. Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Sensitivity Analysis of Sediment Spill – Seasonal Variability. Technical Note No. E1TR0069. 27pp.

FEHY 2013. Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Sensitivity Analysis of the Impact on Rødsand Lagoon of Spill Distance from the Shore. Technical Note No. E1TR0067. 24pp.

FEMA (2013) Fauna and Flora – Benthic Marine Biology. Volume I. Benthic Flora of the Fehmarnbelt Area - Baseline. Report No. E2TR0020. 158 pp.

FEMA (2013) Fauna and Flora – Benthic Marine Biology. Volume x. Marine chemistry – Baseline and impact assessment. xx pp.

FEMA (2013) Fauna and Flora – impact Assessment. Benthic flora of the Fehmarnbelt Area. Report No. E2TR0021 Volume I. 207 pp.

FEMA (2013): Marine Biology – Impact Assessment Benthic Fauna of the Fehmarnbelt Area. Report E2TR0021 Volume II 161 pp.

- FEMA (2013): Marine Soil – Baseline. Seabed Chemistry of the Fehmarnbelt Area, including Assessment of Chemical Risks of Sediment Suspension, Volume II, Femern A/S
- FEMA-FEHY (2013) Fehmarnbelt Fixed Link EIA Marine Water and Fauna and Flora -Impact Assessment. Water Quality and Plankton of the Fehmarnbelt Area E2TR0021 Volume III. 185 pp
- FEMA-FEHY (2013) Marine Water and Fauna and Flora - Impact Assessment. Water Quality and Plankton of the Fehmarnbelt Area. Report No. E2TR0021 Volume III. 210 pp
- FEMA-FEHY (2013): Fauna and Flora Baseline – Marine Biology Volume IV. Water quality and plankton in the Fehmarnbelt Area. Report No. E2TR0020
- Femern A/S (2011): Memorandum Fehmarn Fixed Link (Oktober 2011): Noise during construction
- Femern A/S og LBV-SH-NL (2010): Forslag til miljøundersøgelserprogram for den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst) VVM Scoping-rapport.
- FEMM (2013a): Marine Mammals – Impact Assessment. Report no. E5TR0021., Femern A/S
- FEMM (2013b): Marine Mammals - Baseline. Report no. E5TR0014, Femern A/S
- FEMM (2013c): Fehmarnbelt Marine Mammal Studies - Measurement of underwater noise and vibrations induced by traffic in the Drogden tunnel, Femern A/S
- FEMM 2013. Ambient noise measurements and modelling (noise maps).
- Gaisler, J., Z. Rehak & T. Bartonicka (2009). Bat casualties by road traffic (Brno-Vienna). – *Acta Theriologica* 54(2): 147-155.
- Havmølleparken Rødsand 2, figurbilag til udbudsmateriale/energinet.dkN.I.T. FFL Einflussanalyse Tourismus (Fehmarn und Grossenbrode), 26 februar 2010
- HELCOM, Baltic Sea Environment Proceedings No. 123 “Maritime Activities in the Baltic Sea” 2010:15 <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep123.pdf>
- Krause–Jensen, D., Middelboe, A.L., Sand–Jensen, K. og P.B. Christensen (2000). Eelgrass, *Zostera marina*, growth along depth gradients: upper boundaries of the variation as a powerful predictive tool. *Oikos*, 91, 233–244.
- Lolland Kommune (2011): Kommuneplan 2010 – 2022.kap. 12-13
- Lolland Kommune (2011):, Kommuneplan 2010-2022: [http://www.lolland.dk/Politik_og_planer/Planer/Kommuneplan/Kommuneplan 2010 - 2022.aspx](http://www.lolland.dk/Politik_og_planer/Planer/Kommuneplan/Kommuneplan%2010%20-%202022.aspx)
- Lucke K, Siebert U, Lepper PA, Blanchet MA (2009) Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America* 125:4060-4070
- Meinig, H. (2010). Die Klimaveränderung – Auswirkungen auf Vögel und Säugetiere in Mitteleuropa. *Nyctalus* 15 (2-3), 128-153
- N.I.T. (2010) FFL Einflussanalyse Tourismus pp. 49-74
- Niemann, S.L, Fredsøe, J. and Jacobsen, N.G. (2011). Sand Dunes in Steady Flow at Low Froude Numbers: Dune Height Evolution and Flow Resistance. *Journal of Hydraulic Engineering*, 137: 5-14
- Niemann, S.L. (2003). Modelling of sand dunes in steady and tidal flow, Phd-thesis, Coastal and River Engineering Section, Technical University of Denmark, [http://orbit.dtu.dk/en/publications/modelling-of-sand-dunes-in-steady-and-tidal-flow\(2e9b7990-4f73-443c-8742-036b7691e799\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/modelling-of-sand-dunes-in-steady-and-tidal-flow(2e9b7990-4f73-443c-8742-036b7691e799).html)
- OSPAR (2010) Quality Status Report 2010, OSPAR Commission, London
- Parvin S. J., Cudahy E. A. and Fothergill D. M., (2002), Guidance for diver exposure to underwater sound in the frequency range 500 to 2500 Hz, Underwater Defence Technology.

Popa-Lisseanu, A.G., Voigt, C.C. (2009). Bats on the move. *Journal of Mammalogy*, 90(6), 1283–1289.

Rambøll (2012), Immersed Tunnel, Construction Phase, Risk Assessment – Impact from offshore construction activities on non-construction traffic in Fehmarnbelt, Femern A/S

Robinson SP, Theobald PD, Hayman G, Wang LS, Lepper PA, Humphrey V, Mumford S (2011) Measurement of noise arising from marine aggregate dredging operations - MALSF (MEPF Ref no. 09/P108)

Søkort nr. 196 af 2007, Femern Bælt, samt opdaterede elektroniske søkort fra Søfartsstyrelsen over Femern Bælt af 2011

Southall BL, Bowles AE, Ellison WT, Finneran JJ, Gentry RL, Greene CRJ, Kastak D, Ketten DR, Miller JH, Nachtigall PE, Richardson WJ, Thomas JA, Tyack P (2007) Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals* 33:411-521

Storstrøms Amt (2005): Regionplan 2005-2017, Bilag 3, Målsætninger for Kystvande i Storstrøms Amt

Storstrøms Amt, Regionplan 2005-2017, december 2005

Sveegaard, S. 2011: Spatial and temporal distribution of harbour porpoises in relation to their prey. PhD thesis. Dep. of Arctic Environment, NERI. National Environmental Research Institute, Aarhus University, Denmark. 128 pp.

Tougaard J, Damsgaard Henrisken O, Miller LA (2009) Underwater noise from three types of offshore wind turbines: estimation of impact zones for harbour porpoises and harbor seals. *Journal of the Acoustical Society of America* 125:3766-3773

www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/CONTIS-Informationssystem/index.jsp

www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/Grundlagen/Leitsaetze_Eingriffsregelung.pdf, Leitsätze für die Anwendung der Eingriffsregelung innerhalb der ausschließlichen Wirtschaftszone und auf dem Festlandssockel im Rahmen von § 58 Abs. 1 Satz 2 BNatSchG, besøgt 15. marts 2013.

www.dkpc.dk – (interaktive kort over søkabler)

www.naturstyrelsen.dk/NR/ronlyres/331B1C54-E5CC-4899-8DFF-9C31BC371973/0/Roedsand_klap.pdf

www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Raastoffer/Raastoffer_paa_havet/Indvindingstilladelser/

www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Raastoffer/Statistik_om_raastoffer/

www2.blst.dk/download/nyk/basisanalyser/del1-pdf-filer/basisanalyse1_kap2_3.pdf p.55