



Januar 2017

**KULHUSE - HØJVANDSBESKYTTELSE
FREDERIKSSUND KOMMUNE**

PROJEKT

Kulhuse - højvandsbeskyttelse
Frederikssund Kommune

Projekt nr. 220345
Dokument nr. 1222412007
Version 1
Udarbejdet af MML, LKP,
PFKL, ABI
Kontrolleret af MAC, JAD, JLA
Godkendt af CHP

INDHOLD

1	Sammenfatning og anbefaling	1
2	Eksisterende forhold	2
2.1	Områdebeskrivelse	2
2.2	Nuværende kystmorfologi	4
2.3	Kronisk og akut erosion	5
2.4	Havoversvømmelse og kystbeskyttelse i dag	7
2.5	Jordbundsforhold	9
2.6	Afstrømningsforhold i dag	10
2.7	Tekniske anlæg i dag	12
3	Eksisterende planmæssige forhold	12
3.1	Naturbeskyttelse	12
3.1.1	Generelt	12
3.1.2	Natura 2000	14
3.2	Kommuneplanforhold	18
3.3	Lokalplanforhold	19
3.4	Øvrige bindinger	19
3.5	Overordnede udfordringer og løsningsforslag	20
4	Kystbeskyttelse	20
4.1	Designforudsætninger	20
4.1.1	Vandstand	20
4.1.2	Fremtidig landhævning	21
4.1.3	Fremtidigt klima	22
4.1.4	Bølger	22
4.1.5	Strømforhold	23
4.1.6	Sikringsniveau	23
4.2	Design af kystbeskyttelse	24
4.2.1	Materialer	24
4.2.2	Generel opbygning og tværsnit	25
4.2.3	Placering og udstrækning	26
4.3	Funktion af kystbeskyttelse	26
4.3.1	Sikringsniveau, landskabsforhold og funktion	27
4.3.2	Afstrømningsforhold efter etablering	27
4.4	Anlægsoverslag	32
5	Konsekvenser	33
5.1	Anlæg	33
5.2	Naturbeskyttelse	34
5.2.1	§ 3 strandeng	34
5.2.1.1	Erstatningsnatur	35
5.2.1.2	Naturforbedring	36
5.2.2	Fredskov	37

INDHOLD

5.2.3	Sten- og jorddiger	37
5.2.4	Bilag IV-arter	37
5.2.5	Natura 2000-områder	38
5.3	Planforhold	39
5.4	Landskab og visuelle forhold	39
5.5	Økonomiske konsekvenser	41
5.6	Kysttekniske konsekvenser	42
5.7	Afstrømningsmæssige konsekvenser	42
6	Bilag	43
7	Referencer	55

1 SAMMENFATNING OG ANBEFALING

Projektområdet omfatter kyststrækningen og det lavtliggende bagland på Kulhuses nordøstlige kyst. Under Bodil-stormen i 2013 blev mere end 260 boliger oversvømmet ved oversvømmelse fra havet.

De lokale boligejere i projektområdet har sammen med Frederikssund Kommune og NIRAS fundet frem til en ønsket højvandsbeskyttelse af området, der dels varetager beskyttelsen af samtlige boliger mod stormflod op til 2,2 m DVR90 og samtidig håndterer de risici for oversvømmelse, der er fra nedbør, bagvand fra skoven og stigende grundvand.

Digets placering er fremkommet ved at de lokale grundejere og grundejerforeninger har defineret digets tracé og inden den videre hovedprojektering, må det forventes, at der skal finjusteres på digelinjen, så alle lokale hensyn integreres i digets placering.

Digets højde og derved det valgte sikringsniveau for højvandsbeskyttelsen er valgt i fællesskab blandt grundejere, Frederikssunds Kommune og NIRAS. Det afspejler det bedste kompromis mellem fuld stormflodsbeskyttelse og muligheden for udsyn henover diget, hvorved 1. rækkes grundejere stadig har mulighed for havudsigt.

De fremtidige klimarelaterede påvirkninger med fx forventet øget nedbør og stigende havspejl er medtaget i optimeringen af det samlede anlægsprojekt. Disse påvirkninger kun er fremtidige estimater, så det anbefales at klimatilpasse anlægget rettidigt ved fx at øge udløbskapacitet af bagvand, nedbør mv. ved målbart større nedbør i fremtiden end estimeret. Ligeledes vil en accelererende havspejlsstigning, der er højere end estimeret, medføre et tillæg af sikrings-/dige højde i fremtiden ved at tilføre en ny digekrone ovenpå det ny ønskede dige.

Det anbefales at økonomisk fordelingsnøgle og udpegning af mulig erstatningsnatur defineres inden indsendelse af ansøgning om digeanlæg til Kystdirektoratet, men det er ikke et "must" for den videre proces: Myndighedshåndtering.

De afsluttende detaljer med fx mulig behov for fældning af træer, justering af digets forløb, antallet og placeringen af overgange henover det fremtidige dige anbefales fastlagt inden den detaljerede hovedprojektering opstartes. Herved spares meget tid til produktion af udbudsmateriale og licitation.

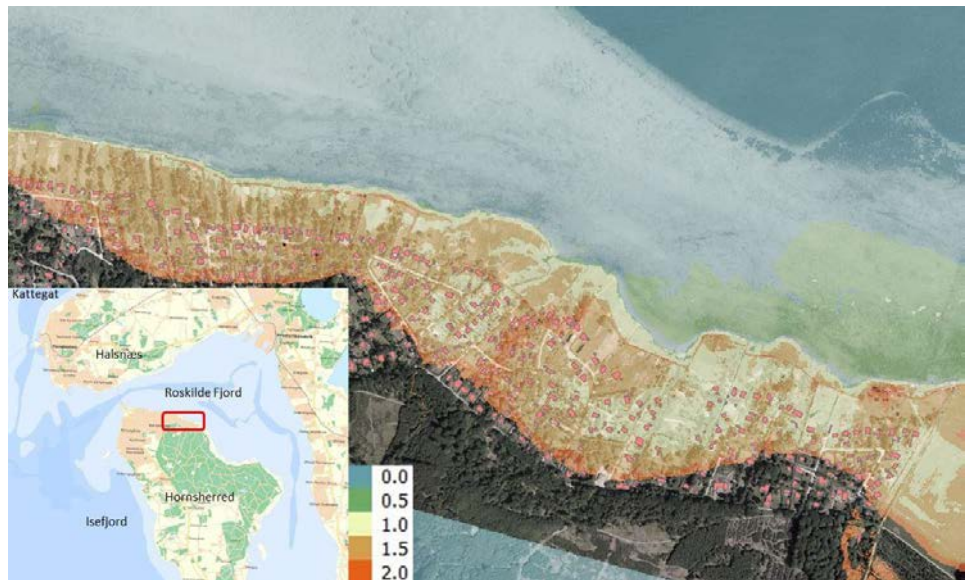
Den fysiske anlægsfase af dige, grøfter mv. forventes mulig i foråret 2017, så højvandsbeskyttelsen kan stå færdig inden stormsæsonen fra november 2017.

2 EKSISTERENDE FORHOLD

Alle koter og højder i det følgende refererer til meter i DVR90 referencesystemet (højder i forhold til daglig middel-vandstands niveau). /x/ definerer referencer jf. Kapitel 7 Referencer.

Kulhuse er beliggende på den nordligste del af Hornsherred, se Figur 2-1.

Området er generelt lavtliggende og blev kraftigt påvirket af vandmasserne under Bodil-stormen, hvor mere end 260 ejendomme blev oversvømmet.



Figur 2-1 Oversigtskort med højder 0-2 m, huse samt indsat områdekort. Den røde kasse markerer projektområdet.

Denne oversvømmelse har dannet baggrunden for boligejernes ønske om fælles ensartet højvandsbeskyttelse af hele det lavtliggende område i Kulhuse.

2.1 Områdebeskrivelse

Projektområdet er kendetegnet ved at være relativt lavtliggende med en middelhøjde på terrænoverfladen på omkring +1,5 m DVR90.

Der er boliger i projektområdet, som er beliggende med terrænhøjde kun 60 cm over havniveau ved soklen rundt om boligerne, mens andre boliger i projektområdet er så højt beliggende, at de netop undgik oversvømmelse i Bodil-stormen, se Figur 2-1 samt Bilag 1.

Projektområdet strækker sig langs den nordøstlige del af Kulhuses nordlige kystlinje fra Matthiesens Enghave nr. 30 i vest til Ved Vigen 59 i øst, se Figur 2-2 og Figur 2-3. Derved medtages alle oversvømmelsestruede huse i området.

Vandpåvirkning fra havet er ikke nyt for beboerne og langs kyststrækningen er der visse steder eksisterende højvandsdiger, der er meget uensartet i styrke og kronekote, hvorfor de ikke indgår aktivt i det nye samlede digeprojekt.

Den overordnede lave terrænhøjde bevirker, at projektområdet generelt dør med vand. Ved kraftigt eller længerevarende nedbør bliver de mange afløbsløse fordybninger (bluespots), se Figur 2-13, fyldte og særligt engarealerne mellem kystlinjen og boligerne er lejlighedsvis oversvømmet med regnvand. Dertil kommer, at regnvand fra de bagvedliggende højere beliggende områder løber gennem projektområdet og ud i Roskilde Fjord.

Boligmassen i projektområdet består både af helårsboliger og ferieboliger.

Fredningsmæssigt er der lokale naturfredede strandengsarealer mange steder på de flade arealer mellem boligerne og kysten, hvilket beskrives nærmere i Kap. 3.1. Mod øst afgrænses projektområdet af et åudløb, der støder op til habitatområde (Natura 2000) N136.

2.2 Nuværende kystmorfologi

Kysten betegnes kystmorfologisk som tilgroningsforland og er orienteret i to overordnede retninger, se Figur 2-4.



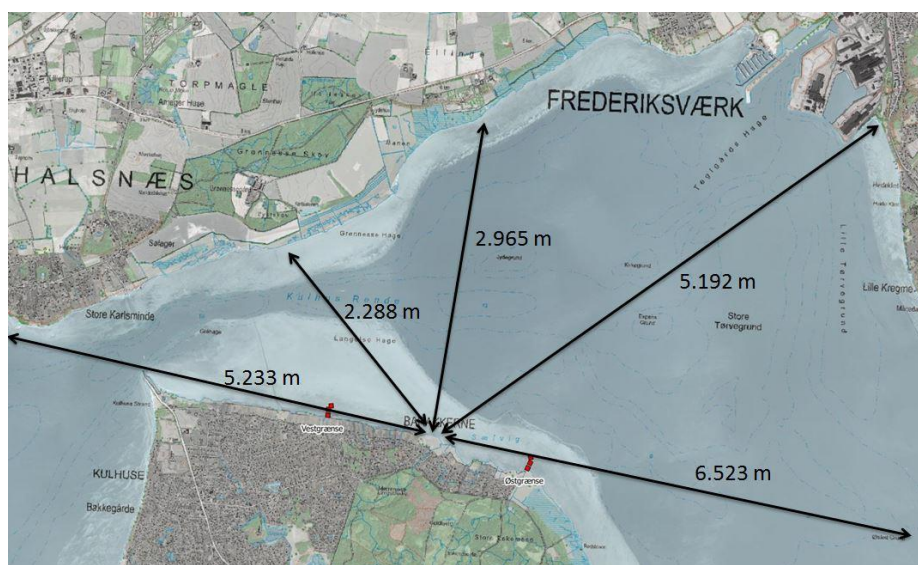
Figur 2-4 Overordnet kystlinjeorientering delt i vestlig (rød) og østlig (orange) hovedindfaldsvinkel

Den vestlige del af projektområdet, der er omkring 2 km lang, har en overordnet kystlinjeretning på omkring 10°N (280° mod vest til 100° mod øst) og er relativt

retlignet, som følge af en relativt stor bølgeeksponering dannet af de hyppige vestnordvest og nordlige vinde.

Den østlige del på 1,5 km har en mere nordøstlig kystlinjeorientering med overordnet kystlinjeretning på 23°N (293° i vest til 113° i øst). Den er betydeligt mere ondulerende i kystlinjemarkering på grund af det relativt lavere bølgeenerginiveau skabt af de sjældnere forekommende vinde øst og nordøst, se Figur 2-5.

Området er gammel hævet havbund fra Litorinahavet med de gamle kystklinter stående synlige i de højere beliggende områder over omkring +2 m DVR90 som markante terrænændringer mellem de flade kystflader i projektområdet og det kuperede morænelandskab mod syd.



Figur 2-5 Lokaltet med frit stræk i meter og dybder samt markering af projektafgrænsning med rød.

2.3 Kronisk og akut erosion

Kystdirektoratet har udarbejdet et Kystatlas for hele Danmark, hvor de kvantificerer dels den historiske erosion for en kyststrækning (kronisk erosion) og dels den potentielle erosionsfare i storme ved akut erosion, som det fremgår af Figur 2-6.



Figur 2-6 Kronisk erosion for projektområdet, hvor grøn linje markerer kystfremrykning, sort linje markerer lille erosionsrate og gul linje markerer moderat erosion /1/.

Den kroniske erosion er fremkommet ved at sammenholde kystlinjen i 1897 og i 2003. Hvor kysten er rykket tilbage, er der erosion og hvor den er rykket frem er der kystfremrykning. Som det fremgår af Figur 2-7, er der generelt ikke store erosionsrater i projektområdet. Dog er den vestlige del karakteriseret ved den største lokale gennemsnitlige årlige kystlinjetilbagerykning på op til 0,28 m/år.



Figur 2-7 Kystlinjeændring mellem år 1897 (gul linje) og 2003 (rød linje) samt gennemsnitlig årlig kystlinjetilbagerykning i m/år. /2/

Akut erosion betegner korrelationen mellem samtidighed af høj vandstand og høje bølger, og benyttes som udtryk for den erosive kraft som en storm kan forvolde på en given kyststrækning. Den akutte erosion er lille i hele området, se Figur 2-8.

Her er erosionen altså lille under storm, da der ikke kan dannes bølger, der er store nok til at forårsage stor skade på kysten selvom vandstanden kan være stor. Under Bodil-stormen, var det således også oversvømmelseshøjden og ikke bølgernes ødelæggende kraft, der gav flest skader.

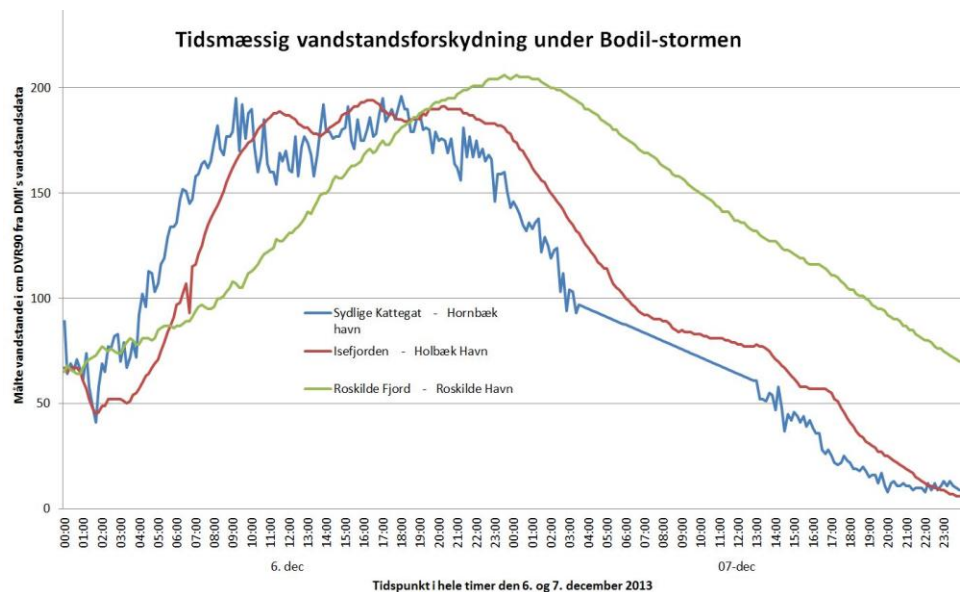


Figur 2-8 Akut erosion for projektområdet. Sort linje markerer lille akut erosionsrate. /1/

2.4 Havoversvømmelse og kystbeskyttelse i dag

Ved en stormflod, der vil have påvirkning på projektområdet, skal der være helt bestemte vejforhold til stede, før der vil være sandsynlighed for, at området bliver oversvømmet.

Først skal stormen presse store mængder vand fra Nordsøen og ind i Kattegat over mange timer for at få et tilstrækkeligt stort vandlegeme i den sydlige del af Kattegat. Dele af dette vandlegeme skal derefter blive presset ind og fylde Isefjorden og videre ind i Roskilde Fjord, se Figur 2-9, der viser vandstandsudviklingen under Bodil-stormen for henholdsvis Hornbæk, Holbæk og Roskilde vandstandsmålere.



Figur 2-9 Tidslige vandstandsmålinger under Bodil-stormen for henholdsvis Hornbæk Havn (blå linje), Holbæk Havn (Rød linje) og Roskilde Havn (Grøn linje). /3/

Mellem Isefjorden og Roskilde Fjord vil vandlegemet blive kraftigt påvirket henover tærsklen i Kulhuse, henover tærsklen ved Dyrnæs Hage samt alle de andre tærskler i Roskilde Fjord. Derudover påvirker de mange variationer i søbundens overflade vandlegemet, så det helt har ændret udbredelsesmønster i Roskilde Havn.

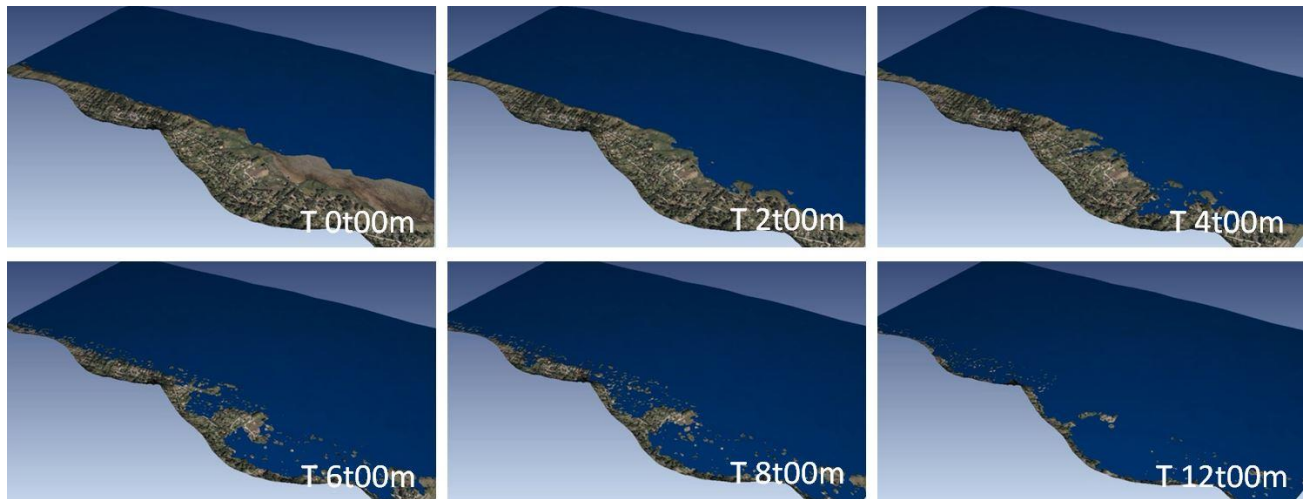
Der skal være ligevægt mellem vandtilførsel til Roskilde Fjord fra Isefjorden og videre vandudbredelse gennem Roskilde Fjord via Dyrnæs Hage for at der ikke sker vandstandsændring i Kulhuse. Hvis vand-input ved Kulhuse er betydeligt større end vand-output ved Dyrnæs Hage, vil den nordlige del af Roskilde Fjord, herunder Kulhuse og Frederiksværk opleve lokale havoversvømmelser. Hvis output ved Dyrnæs Hage er større (fx vindpres) end input ved Kulhuse, vil det opleves som lokal lavvande ved projektområdet. Hvis der er ligevægt mellem input og output, sker der ikke ændringer i vandstanden ved Kulhuse.

På Figur 2-9 ses det tydeligt, at vandstanden under Bodil-stormen i bunden af Isefjorden (Holbæk) fulgte vandstandsudviklingen i Kattegat (Hornbæk), dog med en tidlig forsinkelse på omkring 2 timer, da vandlegemet først ramte sydlige Kattegat og derefter Isefjorden.

Efter stormen var den tidlige forsinkelse mellem sydlige Kattegat (Hornbæk) og Isefjorden (Holbæk) forøget til næsten 3 timer. Det skyldes at vandet blev forsinket på grund af lokale opstuvninger og bundforhold i Isefjorden.

Vandstandsudviklingen i Roskilde Havn er væsentlig forskellig fra sydlige Kattegat og Isefjorden, se Figur 2-9. Vandstandsstigningen foregik meget mindre hurtigt, den lokale maksimal vandstand var højere på grund af lokal opstuvning og vandstanden aftog tilsvarende meget mere langsomt. Eneste forskel er den lokale topografi og bathymetri i Roskilde Fjord som vandlegemet skulle gennemløbe på sin vej fra Hundested til Roskilde og tilbage ud i Kattegat samt vindens påvirkning af vandlegemet i både vindstyrke og retning i forhold til den lokale terrænoverflade.

I Bodil-stormen blev store dele af projektområdet oversvømmet med en vandstandsudbredelse svarende til den tidsafhængige modellering af området som vist på Figur 2-10. Vandstandsudvikling er modelleret som tidlig dynamisk udvikling med målinger mellem Isefjorden og Roskilde Fjord.



Figur 2-10 Tidlig modellering af havoversvømmelse under Bodil-stormen med timer/min efter start på oversvømmelse

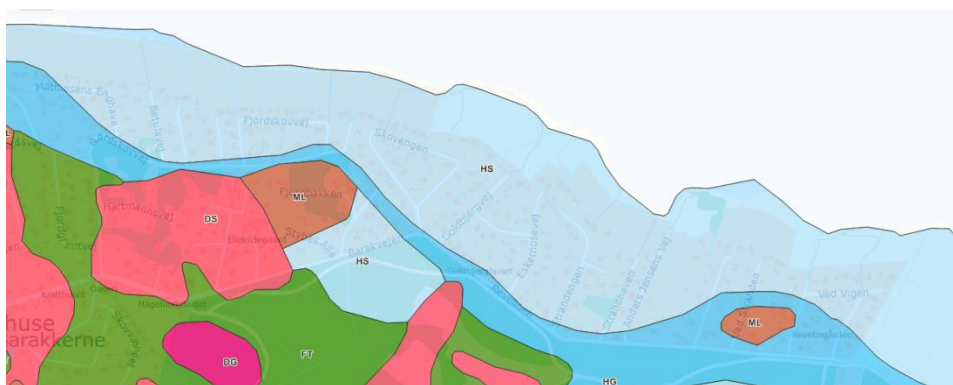
I dag består kystbeskyttelsen af en række diger, ofte med enkelt stensætning på havværts side, der er uensartet i sikringshøjde, konstruktion, vedligeholdelsesniveau og virkning. Der er områder fra et diges afslutning til næste diges start, hvor vandlegemet i havoversvømmelsen uhindret kan komme ind i det lavtliggende bagland.

Ved åudløb og udløb fra dræn er der mange steder etableret højvandslukker for at forhindre vandindtrængen i stormflod. Disse højvandslukker er uensartede i konstruktion, funktion og virkningsgrad.

Som det fremgår af Bodil-modelleringen, se Figur 2-10, udgjorde åudløb og lavest beliggende områder de hydrauliske adgangsveje for vandindtrængen og mange steder løb vandet bag diverse eksisterende højvandsbeskyttelser, bl.a. fordi de ikke udgjorde et sammenhængende værn mod havet.

2.5 Jordbundsforhold

Projektområdet ligger på gammelt marint forland bestående primært af saltvandsgrus og –sand med indslag af postglaciale aflejringer i form af smeltevandssand og moræneler, se Figur 2-11.

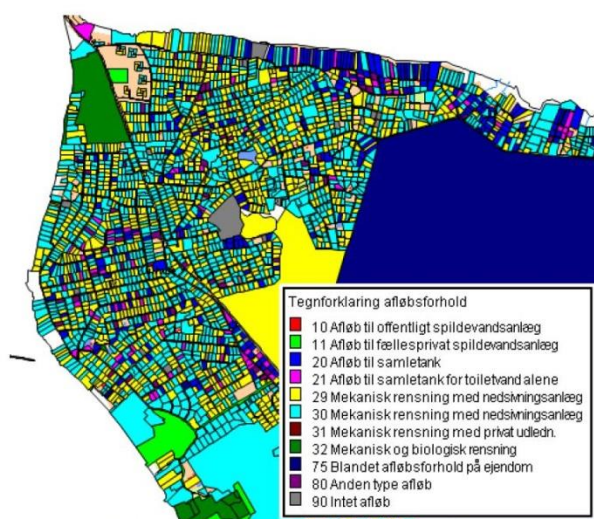


Figur 2-11. Udsnit af GEUS jordartskort for den øverste meter under projektområdet. For jordtypemarkeringer henvises til GEUS standardlegende for Jordartskort /4/.

Der forefindes ingen kendte offentligt tilgængelige boringer (GEUS) i projektområdet, hvorfor de geologiske forhold ikke kendes. En grundvandsmodel opstillet for Frederikssund Kommune viser et tykt morænelerlag under de marine aflejringer, og herefter Danien-kalk /5/. Lokale geologiske variationer i sand- og lerlag/lommer kan have stor betydning for nedsivningskapaciten.

2.6 Afstrømningsforhold i dag

Projektområdet ligger indenfor Kulhuse-området, som ifølge den gældende spildevandsplan har godkendte individuelle løsninger på spildevandsafledningen, karakteristisk hustanke med nedsivningsanlæg, se Figur 2-12 og /6/. Regnvand håndteres lokalt ved nedsivning eller afledning via vandløb og grøfter til Roskilde Fjord.



Figur 2-12 Aføbsforhold i Kulhuse. Kilde: Frederikssund Spildevandsplan 2013-2021 /6/

Grundvandsmodellen, opstillet for Frederikssund Kommune, viser et terræn-nært grundvandspejl i projektområdet /5/. Strømningsretningen er nordøstlig mod Roskilde fjord. Grundvand afledes via grøfter/dræn og vandløb til fjorden.

Ved kraftige regnhændelser og under skybrud overskrides kapaciteten af normale afvandingskanaler, og vand afstrømmer på terræn i større og mindre strømningsveje. Mængden af vand i en strømningsvej afhænger af den pågældende regnhændelse samt hvor stort et opland, der afvander til strømningsvejen.

Det største delopland i projektområdet afvander fra Jægerspris Nordskov til den centrale del af projektområdet. Oplandet afgrænset af Horsemosevej og Rødstensvej og afvander ned gennem den centrale del af projektområdets afvandingskanaler til Roskilde Fjord. Oplandets størrelse (> 100 ha) betyder, at projektområdet ved kraftig regn og skybrud skal håndtere ikke bare lokalt vand, men store mængder tilstrømmende overfladevand fra baglandet.

Ved en skybrudshændelse, her defineret som 100 mm nedbør over 4 timer, svarende til en 100 års hændelse i 2110 med en klima- og usikkerhedsfaktor på 1,5, opstår bluespots og strømningsveje i og omkring projektområdet som vist på Figur 2-13. Bluespots er arealer, hvor vand samles på terræn og stuver til en vis højde, før videre afstrømning. Områder med bluespots og/eller strømningsveje er særligt udsatte ved kraftig regn og skybrud.



Figur 2-13 Strømningsveje og bluespots ved en 100 års regn

Da jordbunden i området potentielt er sandet (afsnit 2.5) vil en del nedbør under skybrud kunne nedsive, og ikke afstrømme på overfladen. Andelen af nedbør der kan nedsive, afhænger udover jordart bl.a. af hvor vandmættet jorden er (har det fx regnet op til skybruddet), hvor højt grundvandet står og hvilken intensitet nedbøren falder med. Disse faktorer kan betyde, at nedsivningskapaciteten under skybrud bliver meget begrænset, og det vurderes sandsynligt, at strømningsveje og bluespots i dag opstår som vist på Figur 2-13.

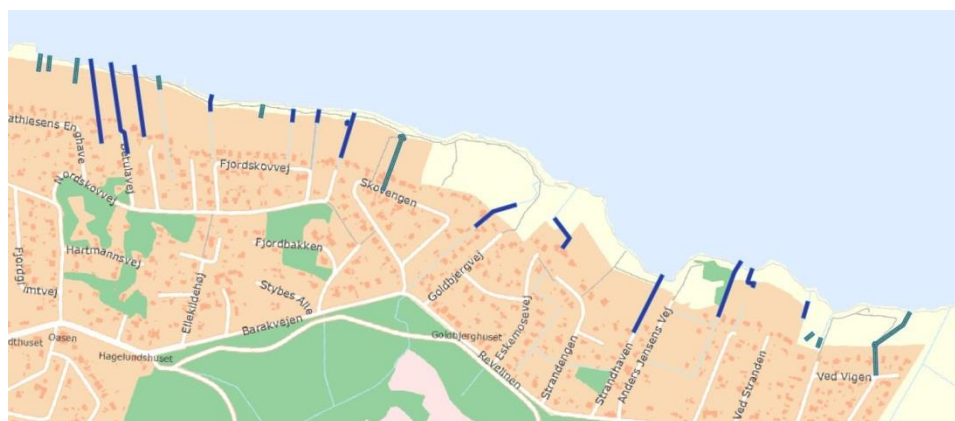
Som udgangspunkt sker afstrømning af nedbørsvand fra projektområdet til Roskilde Fjord i dag uhindret. Alt efter vandstanden i havet kan afstrømningsgraden variere, mindskes eller standses helt. Projektområdet er således under de nuværende forhold, potentielt vandlidende en stor del af året – det er også truet af oversvømmelse ved længerevarende- og/eller kraftig regn samt skybrud.

2.7 Tekniske anlæg i dag

Der er indhentet ledningsoplysninger gennem Ledningsejerregistret (LER).

De tekniske anlæg i dag ejes ifølge LER af henholdsvis Frederikssund Forsyning A/S, Radius Elnet A/S og TDC A/S.

Udover LER-oplysninger, har projektområdets beboere været meget behjælpelig med at give tilbagemeldinger om eksisterende kendte dræn og vandløb, der afvander området, se Figur 2-14.



Figur 2-14 Boligejernes indrapporterede dræn (grøn linje) og vandløb (blå linje).

3 EKSISTERENDE PLANMÆSSIGE FORHOLD

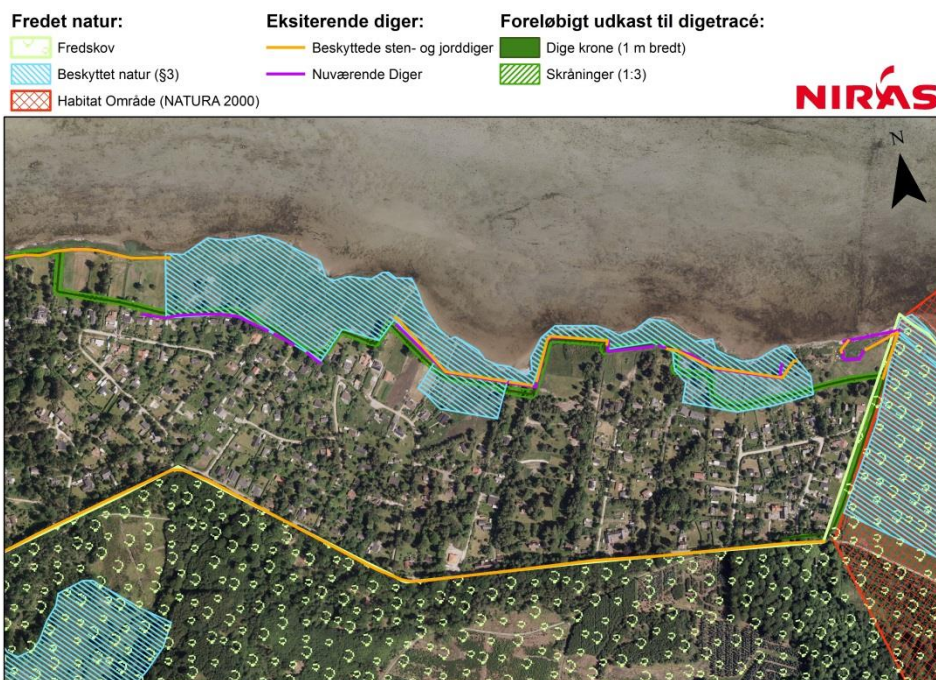
3.1 Naturbeskyttelse

3.1.1 Generelt

Langs kysten i projektområdet findes arealer udpeget som naturtypen strandeng, der er beskyttet i henhold til Naturbeskyttelseslovens § 3, se

Figur 3-1.

Den overvejende del af arealet langs kysten fremstår som naturlig strandeng (Figur 3-2), dog er der partier af arealerne, der i dag plejes og fremstår med græsbevoksning, der tydeligvis slås med jævne mellemrum (Figur 3-3). Flere arealer drives med høslæt.



Figur 3-1. Beskyttede arealer. Figuren viser § 3-strandeng, fredskov og beskyttede sten- og jorddiger og ikke beskyttede diger og projektforslaget til dige er vist med grøn signatur.

Yderligere er der langs kystlinjen en række beskyttede sten- og jorddiger samt andre former for højvandsbeskyttelse. Digerne i området er pt. ikke sammenhængende. De beskyttede stendiger er generelt lokaliseret i eller langs kanten af § 3 strandengsområderne og fremstår typisk som diger opbygget af kampesten. Det nuværende projektforslag med ensartet nyt samlet dige er tilpasset så eksisterende stendiger kun berøres mindst muligt af projektet.

Stendiger er velegnede levesteder for bl.a. bilag IV-arten markfirben, som kendes fra nærområdet /8/.

Jægerspris Nordskov er et stort fredskovs-område, der afgrænses mod nord af vejen Revelinen syd for Kulhuse (se

Figur 3-1 og Figur 2-3). Den sydlige del af dige-projektet er placeret lige nord for Revelinen på en kort strækning i kanten af fredskoven, og kan evt. medføre fældning af enkelte, større træer (<10 træer). Det kan desuden være nødvendigt at fælde enkelte træer og krat langs resten af det foreslåede dige.

Rydning af skov beskyttet som fredskov kræver dispensation fra Naturstyrelsen og medfører krav om etablering af erstatningsskov, sædvanligvis i et arealmæssigt forhold på 1:2.



Figur 3-2 Kyststrækning med naturlig strandeng.



Figur 3-3. Mindre dele af kystarealet plejes som græsplæne.

3.1.2 *Natura 2000*

Projektområdet ligger umiddelbart vest for Natura 2000-område nr. 136 (Roskilde-fjord og Jægerspris Nordskov) (se

Figur 3-1, og Figur 3-4). Natura 2000-område N136 omfatter Habitatområde H120 (Roskilde Fjord) og Fuglebeskyttelsesområde F105 (Roskilde Fjord). En lille del af Natura 2000-området ligger i Jægerspris Nordskov udpeget som Habitatområde H199 (Kongens Lyng) ca. 1,7 km fra projektområdet. Herudover er

der udpeget et Fuglebeskyttelsesområde F107 (Jægerspris Nordskov) syd for Kulhuse by (se

Figur 3-1) /7/.

Projektet påvirker ikke den marine del af Natura 2000-området, som derfor ikke omtales nærmere.



Figur 3-4. Den nordlige grænse af Natura 2000-område N136, med angivelse af placering af habitatområderne H120 og H199 og fuglebeskyttelsesområderne F105 og F107.

Natura 2000-område N136 er specielt udpeget for at beskyttede store, sammenhængende strandengsarealer, kystskrænter, rigkær og marine naturtyper samt de tilknyttede arter, herunder billen eremit og mange yngle- og trækfugle /7/.

Natura 2000-området omfatter på land en række naturtyper, som i kraft af deres størrelse eller rige flora er af regional eller national betydning /7/. Dette gælder i høj grad de store sammenhængende strandengsarealer langs fjorden, kalkrige søer og 9 vandhuller med kransnålalger, rigkær med f.eks. de truede (rødlistede) planter langakset trådspore og mygblomst, særligt prioriterede kalkoverdrev med

vigtige orkidébestande samt fattigkæret med hængesæk i Kongens Lyng i Nordskoven (Habitatområde H199).

I dele af området findes bestande af grøn mosaikguldsmed, spidssnudet frø, markfirben og arter af flagermus. Disse arter indgår ikke i udpegningsgrundlag for Natura 2000-områder, men er generelt beskyttede efter Habitatdirektivets bilag IV /7/.

Roskilde Fjord (Fuglebeskyttelsesområde F105) er med den lavvandede fjord og dens små øer og holme et af Danmarks vigtigste yngleområder for vandfugle. På holmene i fjorden yngler hvert år 10-20.000 par fugle fordelt på 25-30 arter. Af ynglende fugle fra områdets udpegningsgrundlag kan nævnes klyde, fjordterne og dværgterne /7/.

I Jægerspris Nordskov (Fuglebeskyttelsesområde F107) yngler fuglearterne hvepsevåge, sortspætte og rødrygget tornskade, som alle er på udpegningsgrundlaget. Ud over udpegningsarterne huser skoven tillige en række sjældne, ynglende fuglearter /7/.

Den østligste ende af diget vil følge kanten af Natura 2000-område N136 langs grøften, der afgrænser området fra kysten og ind i land. Ligeledes vil digets sydlige del løbe langs vejen Revelinen, der udgør den nordlige grænse for Fuglebeskyttelsesområde F107 (Jægerspris Nordskov). Diget er lagt, så Natura 2000-området, Habitatområde H120 og Fuglebeskyttelsesområdet ikke berøres arealmæssigt af projektet (Figur 3-5).



Figur 3-5. Natura 2000-området, Habitatområde H120 og det planlagte diges forløb. Habitatområde H120 og Fuglebeskyttelsesområde F105 har samme udbredelse.

Udpegningsgrundlaget for Habitatområde 120 og 199 og Fuglebeskyttelsesområde F105 og F107 er vist i Tabel 3-1 nedenfor /7/.

Udpegningsgrundlag for Habitatområde nr. 120			
Naturtyper:	Sandbanke (1110)	Vadeflade (1140)	
	Lagune* (1150)	Bugt (1160)	
	Strandvold med enårige planter (1210)	Strandvold med flerårige planter (1220)	
	Kystklint/klippe (1230)	Enårig strandengsvegetation (1310)	
	Strandeng (1330)	Søbred med småurter (3130)	NY
	Kransnålalge-sø (3140)	Næringsrig sø (3150)	
	Brunvandet sø (3160)	Vandløb (3260)	
	Tørt kalksandsoverdrev* (6120)	Kalkoverdrev* (6210)	
	Surt overdrev* (6230)	Tidvis våd eng (6410)	
	Urtebræmme (6430)	Hængesæk (7140)	
	Kildevæld* (7220)	Rigkær (7230)	
	Bøg på mor (9110)	Bøg på muld (9130)	
	Ege-blandskov (9160)	Skovbevokset tørvemose* (91D0)	
	Elle- og askeskov* (91E0)		
Arter:	Skæv vindelsnegl (1014)	Sumpvindelsnegl (1016)	NY
	Eremit* (1084)	Stor vandsalamander (1166)	
	Blank seglmos (1393)	Mygblomst (1903)	

Udpegningsgrundlag for Habitatområde nr. 199			
Naturtyper:	Brunvandet sø (3160)	Hængesæk (7140)	
	Skovbevokset tørvemose* (91D0)		

Udpegningsgrundlag for Fuglebeskyttelsesområde nr. 105			
Fugle:	Knopsvane (T)	Sangsvane (T)	
	Grågås (T)	Skeand (T)	NY
	Troldand (T)	Hvinand (T)	
	Stor Skallesluger (T)	Havørn (TY)	
	Blishøne (T)	Klyde (Y)	
	Fjordterne (Y)	Havterne (Y)	
	Dværgerterne (Y)		

Udpegningsgrundlag for Fuglebeskyttelsesområde nr. 107			
Fugle:	Hvepsevåge (Y)	Sortspætte (Y)	
	Rødrygget Tornskade (Y)		

Tabel 3-1. Naturtyper og arter på udpegningsgrundlag for Natura 2000-område nr 136, som inkluderer Habitatområde H120 og H199 og Fuglebeskyttelsesområde F105 og F107 /7/.

3.2 Kommuneplanforhold

Frederikssund Kommuneplan 2013-2015.

I følge kommuneplanens generelle rammer for lokalplanlægning skal der ved disponering af lokalplanområdets areal tages hensyn til vandets strømningsveje og oversvømmelsesrisici fra både skybrud, havvandsstigninger, vandløb og stigning i grundvandsspejl.

Området er beliggende inden for rammeområde S 6.1.

Plannummer	S 6.1
Plannavn	Kulhuse
Plandistrikt	6. Jægerspris og den nordlige del af Horns Herred
Anvendelse generelt	Sommerhusområde
Anvendelse specifik	Sommerhusområde
Fremtidig zonestatus	Sommerhusområde
Zonestatus	Sommerhusområde
Bebyggelsesprocent	15%
Bebyggelsesprocent af	den enkelte ejendom
Maksimalt antal etager	1 etage
Maksimal bygningshøjde	5 m
Rammeområdets anvendelse	Sommerhusområde samt bebyggelse til offentlige formål såsom fællesanlæg og service for området.
Bemærkninger	Områdets grønne karakter med åben og meget lav bebyggelse ønskes fastholdt.

Zoneforhold

Området er i kommuneplanen udpeget til sommerhusområde.

3.3 Lokalplanforhold

Området er ikke omfattet af lokalplan.

3.4 Øvrige bindinger

Kystnærhedszone.

Arealet er beliggende inden for kystnærhedszonen. Kystnærhedszonen skal sikre de danske kystlandskaber mod bebyggelse, som hindrer oplevelsen af landskaberne fra vandet eller fra land. Kystnærhedszonen dækker arealer fra kysten og 3 km ind i landet.

Fra fjorden vil oplevelsen af kystlandskabet opleves som uændret. Arealer til bl.a. tekniske anlæg i kystnærhedszonen vil ifølge kommuneplanen kunne udlægges på baggrund af en funktionel eller planlægningsmæssig begrundelse,

som i dette tilfælde er oversvømmelse af lavliggende arealer. I følge kommuneplanen skal landskabs- og naturhensyn i forbindelse med begrundelsen gives høj prioritet.

Tilladelser til anlæg i kystnærhedszonen kan gives under hensyntagen til det ansøgt placering i landskabet, samt afstanden til og synligheden fra kysten og under forudsætning af, at de ansøgte nye bygninger, anlæg mv. placeres og udformes hensigtsmæssigt under hensyntagen til kystlandskabet.

Kysten vil forsat være tilgængelig for offentligheden, der etableres en lang række overgange for fodgængere og overgange, hvor det er muligt at få både over diget.

3.5 Overordnede udfordringer og løsningsforslag

Projektområdet er generelt lavtliggende og er kendetegnet ved at store dele af området er beliggende i beskyttede strandengsarealer. Der er identificeret behov for styring af vand fra både bagland, nedbør, grundvand og havet for at beboerne ikke oplever unødige gener nu og i fremtiden.

Det overordnede løsningsforslag består af en sammenhængende højvandsbeskyttelse, der langs hele kyststrækningen fremstår som jorddige med lerbeklædning og afsluttes med græsvækst. Landværts for diget etableres grøft til styring af bølgeoverskyl, nedbørsafstrømning m.v. Hvor der er behov for det, etableres højvandsslukker og enkelte højvandspumper.

4 KYSTBESKYTTELSE

Kystbeskyttelsen består udelukkende af højvandsbeskyttelse i form af jorddige med leroverflade og græsdække.

4.1 Designforudsætninger

Designhøjden på et diget bestemmes på baggrund af vandstanden ved en stormflodhændelse samt et ekstra bidrag fra bølger. For at fremtidssikre højvandsbeskyttelsen øges højden af diget idet den generelle havniveau forventes at stige relativt til landniveauet.

Den endelige digehøjde bestemmes ud fra en vægtning af designforholdende og konsekvenserne ved etablering af diget.

4.1.1 Vandstand

Kystdirektoratets højvandsstatistik angiver målinger i Hundested Havn frem til 2010 og Roskilde Havn frem til 2012. NIRAS har desuden behandlet vandstandsmålinger for Kulhuse for perioden fra 2006 til 2009 samt vandstandsmålinger for Hundested Havn og Roskilde Havn frem til 2015.

På baggrund heraf har NIRAS udarbejdet nye højvandstatistikker for Isefjorden og Roskilde Fjord, der viser en forøgelse af ekstrem vandstande i forhold til værdier beregnet af Kystdirektoratet, så de seneste storme med høje vandstande til følge er inkluderet. Grundet den korte måleperiode for Kulhuse kan der ikke laves en rimelig ekstremværdi analyse med disse data /9/.

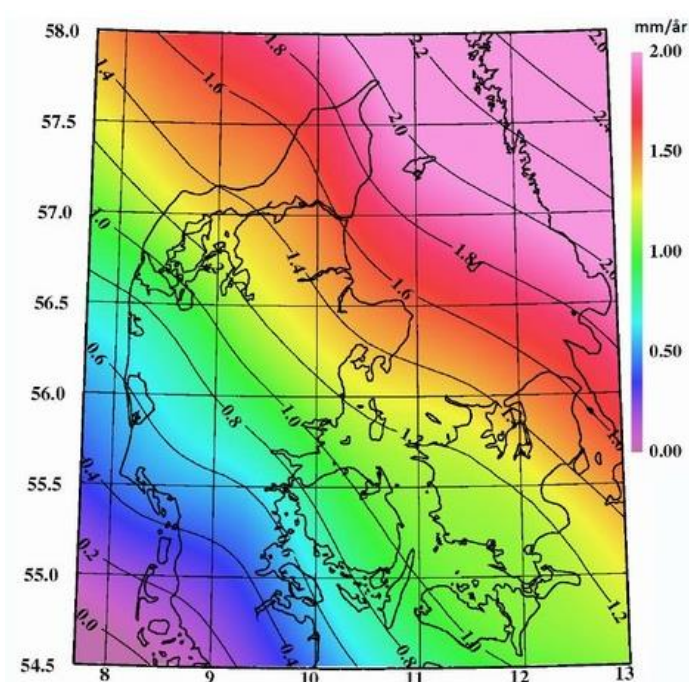
På baggrund heraf er det valgt at anvende ekstremvandstande beregnet af NIRAS for Holbæk Havn/9/. Her er vandstand (eks. bølgebidrag) beregnet som følger:

- 50 års hændelse: +1,73 m.
- 100 års hændelse: +1,84 m.
- 200 års hændelse: +1.96 m.

4.1.2 Fremtidig landhævning

I Danmark er der en årlig landhævning. Denne skyldes at isen under den seneste istid "trykkede" store dele af Danmark nedad og da isen forsvandt, begyndte landet at hæve sig igen.

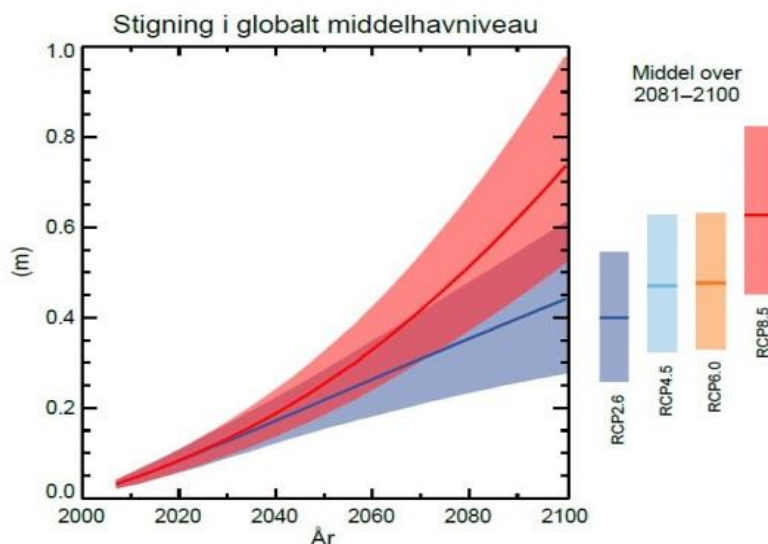
Den årlige gennemsnitslige landhævning i Kulhuse er bestemt til 1,4 mm/år, se Figur 4-1. Dette giver en samlet landhævning indtil 2050 på 5 cm i området omkring Kulhuse.



Figur 4-1 Landhævning som følge af returpåvirkning fra sidste istid /10/.

4.1.3 Fremtidigt klima

Fremskrivning til år 2050 bevirker, at den forventede middelvandsstigning skal tages i betragtning. DMI og Kystdirektoratet forventer en vandstandsstigning, der følger IPCC's nyeste klimaforudsigelser. Da middelludledningen af CO₂ ikke er faldet drastisk, defineres RCP8,5 gældende for vores område. Ud fra Figur 4-2 er den maksimale forventet vandstigning i år 2050 aflæst til 31 cm. Grundet den fremtidige landhævning vil den relative havvandsstigning være 26 cm (31 cm – 5 cm) frem mod år 2050.



Figur 4-2 Forventet vandstigning i verden ved forskellige fremtidsscenerier for CO₂-udledning Kilde: IPCC's 5. hovedrapport, DMI 2015

4.1.4 Bølger

Når bølger rammer diget giver det anledning til et bølgeopløb, som hvis det overstiger højden af diget leder til et overskyl. Af stabilitetsgrunde sættes en øvre grænse for bølgeoverløbet til 10 liter per sekund per løbende meter dige. Hvis denne grænse overskrides vil der kunne opstå digebrud.

Der er ikke udført hydraulisk modellering af bølgeklimate ved Kulhuse. Bølgehøjden er derfor bestemt på baggrund af en hindcast fritstræksberegning.

Stormflodshændelser i Isefjorden og Roskilde Fjord vil kun forekomme ved vinde fra en vestlig-nordvestlige retning, da der ved disse vindretninger er risiko for opstuvning, da havvand fra Kattegat bliver presset ind i Isefjorden og videre ind i Roskilde Fjord. Ved disse vindretninger haves et frit stræk fra kystlinjen i Kulhuse i en nordvestlig retning (315°N) på 2.400 meter med en gennemsnitsdybde på cirka 5 meter. Cirka 400 meter fra kystlinjen falder vandybden til 2 meter og ind mod land haves et relativt lavvandet område med en gennemsnitsdybde på cirka 1 meter.

På denne basis beregnes en bølgehøjde ved et frit stræk på 2.000 meter og en dybde på 7,1 meter (nuværende dybde tillagt 100-års stormflodsvandstand og fremtidig vandstigning) hvorefter denne bølge transformeres de sidste 400 meter ind mod land.

Ved en vindstyrke på 23 meter per sekund er fritstræks-bølgen beregnet til en signifikant bølgehøjde på 0,74 meter og med en bølgeperiode på 2,44 sekunder.

Ved en vanddybde på mere end 2 meter vurderes det ikke, at højden af denne bølge vil aftage betydeligt over det nuværende lavvandet område og denne bølge anvendes ved nuværende kyststrækning. Idet bølgen udbredes over det nuværende kyst vil bølgen bryde og bølgehøjden aftage. Efter brydning vil bølgehøjden være den halve vanddybde.

Ved en kystnær digeplacering på terrænkote 0,5 m DVR90, vil bølgen ikke bryde inden den når diget og derved anvendes fritstræksbølgen. Ved EurOtop deterministisk empirisk formel baseret på en simple hældning er en frihøjde på 0,67 meter nødvendig ved en digehældning på 1:3.

Placeres diget længere fra kysten i terrænkote 1,0 m DVR90, haves en vanddybde på 0,95 meter. Bølgehøjden ved digefoden vil da være 0,48 meter, hvilket nødvendiggør en frihøjde på 0,47 meter.

4.1.5 *Strømforhold*

Strømforholdene ud for Kulhuse er ukendte. Det vurderes dog at de kystmorfologiske effekter er styret af bølger, hvorfor strømningerne ikke har relevans.

4.1.6 *Sikringsniveau*

De ovenfor beskrevet bidrag er gengivet herunder:

- | | |
|---------------------------------|---------------|
| • En 100 års middeltidshændelse | +1,84 m DVR90 |
| • Klimabidrag i år 2050 | 0,31 m |
| • Landhævning i år 2050 | -0,05 m |
| • Bølgebidrag for landdige | 0,47 m |
| • Bølgebidrag for kystnært dige | 0,67 m |

For at opnå en nuværende sikring imod en 100-års stormflodshændelse her og nu, skal digekronen mindst være i kote +2,31 m DVR90 for landdiget og mindst i kote +2,51 m DVR90 for det kystnære dige. For at opretholde sikringsniveauet imod en 100-års hændelse frem mod år 2050 skal diget forhøjes med 0,26 meter til 2,57 m DVR90.

Valg af sikringsniveau er fremkommet ved samarbejde med arbejdsgruppen og Frederikssund kommune. Det er, med baggrund i disse diskussioner besluttet at fastsætte et sikringsniveau som:

Sikringsniveau for landdige: 2,20 m DVR90

Sikringsniveau for kystnært dige: 2,44 m DVR90

Valg af disse sikringsniveauer svarer til sikring imod en 50-års hændelse for landdiget og cirka en 65-års hændelse for det kystnære dige. Disse sikringer vil gradvist forringes eftersom havniveauet vil stige fremadrettet. I år 2050 vil disse sikringsniveauer sikre imod en stormflod med 1,47 meters forøget vandstand for landdiget og en stormflodsvandstand på 1,51 meter for det kystnære dige.

Fastholdes en middeltidshændelse på 100 år vil ekstremvandstanden være +1,70 meter. Uanfægtet af klimaændringer, kan det ikke forventes, at fritstræksbølgen vil bryde inden den når diget. På denne baggrund skal den klimarelaterede havvandstigning reduceres med 15 cm til kun 10 cm. Denne havvandstigning forventes at forefindes i år 2023.

4.2 Design af kystbeskyttelse

Den primære beskyttelse mod stormflod er et jorddige, der opbygges af en kerne af sand omgivet af et lerlag. Idet diget forhindrer udstrømning af overfladevand fortages der sekundære foranstaltninger i form af grøft på bagsiden af diget og 3 gennemføringer, som leder overfladvand ud gennem diget.

I gennemføringerne etableres der en højvandslukke der forhindrer havvand at strømme ind bag diget ved højvande. Ved gennemføringerne etableres der også pumpestationer, der sikre bortledning af overfladevand til situationer med kombination af højvande og nedbør.

4.2.1 Materialer

Et jorddige skal, ifølge Kystdirektoratet, indeholde følgende materialer: en sandkerne af ensartet rent sand med $D_{50} = 0,4$ mm og en lerbeklædning med specifikationer som det fremgår af Figur 4-3 og Figur 4-4.

Requirements for clay used as dike revetment (EAK, 2002).

Soil property	Threshold
Sand content ($d > 0.06\text{mm}$)	< 40%
Clay content ($d < 0.002\text{mm}$)	> 10%
Liquidity Limit	$w_L > 25\%$
Plasticity Limit	$w_P > 15\%$
Undrained Shear Strength	> 20 kN/m ²
Dry density	$0.85 < \rho_d < 1.45 \text{ t/m}^3$
Water content	$80\% > w > 30\%$

Figur 4-3 Lersammensætning for lerbeklædning. Kilde: Kystdirektoratet

Classification of clay erosion resistance (TAW, 1996)

Clay category	Water content w [%]	Plasticity Index	Sand content [%]
Erosion resistant	> 45	> 0.73 · (w - 20)	< 40
Moderate erosion resistance	< 45	> 18	< 40
Low erosion resistance	< 45	< 18	< 40

Figur 4-4 Erosionsmodstand for lerbeklædning. Kilde: Kystdirektoratet

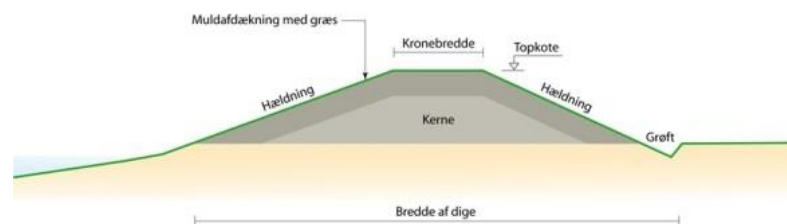
Kernen af diget forventes delvist at kunne opbygges af eksisterende jord, der afgraves i forbindelse med etableringen af grøften.

4.2.2 Generel opbygning og tværsnit

Diget opbygges med en kerne af sand og uden på kernen anbringes et 0,3 meter tykt lag ler. Dette lag gør diget impermeabelt (vandtæt) selv under længere tids påvirkning.

Over lerbeklædningen anlægges et 10 cm muldlag med græsfrø, hvor særligt arten Rød Svingel er dominerende, for etablering af kraftigt erosionsbestandigt rodnet. Dette græstæppe skal slås mindst 3-4 gange årligt for at rodnettet har den ønskede modstandskraft mod bølgepåvirkning samtidig med at uønskede vegetationstyper holdes nede.

Landværts diget etableres en grøft, der opsamler bølgeoverskyl samt overfladevand fra regn og grundvand, se Figur 4-5.



Figur 4-5 Designskitse af jorddige. Kilde: Kystdirektoratet

Diget opbygges med en hældning 1:3 på begge sider. Dette sker for at reducere bølgepåvirkningen på forsiden og mindske skaderne ved eventuelt overskyl på bagsiden.

Overgange til fodgængere etableres med armeringssten i muldlaget i 1 meters brede. Overgangen følger digets tværsnit således at overgange også bliver med hældninger på 1:3.

Overgange til køretøjer udføres som ramper i komprimeret stabilgrus med hældninger på 1:7 i 5 meters brede.

Hvor der etableres overgange og overkørsler rørlægges grøften under overgangen \-kørslen.

4.2.3 Placering og udstrækning

Alle matrikler i interesseområdet er del af ejerlavet Barakkerne, Dråby. Hvis ejerlav ikke angives herunder, menes derfor Barakkerne, Dråby.

På Figur 2-2 og Figur 2-3 samt i Bilaget er det ønskede diges placering vist i forhold til matrikelgrænser, grundejerforeninger og i forhold til horisontal udbredelse over eksisterende terræn.

Hvis terrænet lokalt er fx 1,4 m DVR90, vil højden fra digets topkote (2,20 m DVR90) til terrænet kunne måles til $(2,20 - 1,4 =) 80$ cm højt. Med hældning 1:3 på for- og bagskråning, er bredden af diget her derved summen af forskråning, kronekotebredde og bagskråning, her omkring 5,8 m.

Længst mod vest placeres diget ind mod land på matr. 1o med digefoden i skellet mod matr. 1be. Langs med kysten indtil matr. 13ck placeres diget hvor det eksisterende dige findes i dag. Diget på denne strækning udføres i kote +2,44 m DVR90.

Herfra drejer diget ind mod land indtil cirka 150 meter fra kysten hvor det igen drejer i placeres kystværts bebyggelsen på adresserne Skovengen og Goldbjergvej i kote +2,20 m DVR90. Diget forhøjes igen til kote 2,44 m DVR90 og placeres umiddelbart i skel mellem matr. 6c og matriklerne 6bh, 6bi, 6bk og 7x. Langs matr. 7a placeres diget landværts det eksisterende dige på de tilstødende matrikler. På matr. 22d placeres diget umiddelbart landværst eller på det eksisterende dige hvorefter der drejer og lægges havværts det eksisterende dige på matr. 23ae.

Diget drejer og placeres med digekronen i skellet mellem matr. 23p og 23e indtil cirka 50 meter landværts eksisterende dige med løbende fald i digekronekoten til +2,20 m DVR90, hvorefter diget drejer og løber tværs over matr. 23e. Herefter placeres diget på matr. 6db med digefoden umiddelbart i skel til tilstødende matrikler. Langs den østlige ende af interesseområdet placeres diget på matr. 3a Jægerspris Hgd., Dråby udenfor det beskyttede naturområde. Diget forlænges mod vest langs den sydlige grænse af matr. 6bm og 6cx for at undgå indtrængende vand bag om diger.

4.3 Funktion af kystbeskyttelse

Diget skal fungere som højvandsbeskyttelse samtidig med at den ikke let må kunne blive svækket ved bølgepåvirkning. Selvom den fylder i landskabet i forhold til nu, er den designet til optimalt at give så få gener i hverdagen som muligt! Hvis muligt, har den endda mulighed for at kunne tilføre området afledede gevinster i form af bedre naturoplevelser etc.

4.3.1 Sikringsniveau, landskabsforhold og funktion

Det definerede sikringsniveau for diget er højere end Bodil-stormen, der indtil videre er den højeste havoversvømmelse, der er blevet registreret i løbet af de sidste 100 år. Derfor vurderes det definerede sikringsniveau også at kunne modstå klimarelateret havvandspejlsstigninger i nær fremtid. Derefter kan man med fordel benytte diget som grundlag for udbygning af kronehøjde og forskråning.

Som landskabselement vil diget slange sig gennem strandengslandskabet og hurtigt vil vegetation rundt om diget i sommerhalvåret bevirke, at diget ikke bliver væsentligt dominerende.

Hvor erstatningsnatur udpeges havværts for eksisterende kystlinje, vil den nye kystlinje blive flyttet havværts og det vurderes, at der relativt hurtigt vil være vegetationsindvandring af salttålede plantesamfund og dyrearter. Hurtigt vil man ikke kunne erkende fodringssandet fra det nuværende sediment og vegetationsgrænsen vil rykke havværts. Der kan forekomme zoner af plante- og dyreliv, defineret af vandstandsvariationer. Ved fremtidig havstigning kan fodringssandet blive remobiliseret i storme, helt som naturligt sand og danne strandvolde etc. i nye dynamiske ligevægtstilstande med det fremtidige klima.

Den overordnede funktion er havdige mod havoversvømmelser i stormfloder, men med den intensiverede styring af afstrømningsforhold landværts for diget, vil særligt lavt beliggende boliger nyde godt af håndteringen af vand fra nedbør, skybrud, bagvand, bølgeoverskyl og stigende grundvand.

4.3.2 Afstrømningsforhold efter etablering

Afledning af spildevand vurderes at være upåvirket efter etableringen af et dige.

Afledning af overfladevand, både grundvand og nedbør, påvirkes markant ved et dige langs projektområdet. Nedenstående Figur 4-6 er fremkommet ved at indsætte det nye dige i den samme nedbørshændelse som beskrevet i afsnit 2.6, og hvor overfladevand ikke har mulighed for at strømme gennem diget.

Ved mindre regnhændelser vil vanddybder mindskes, men problemområderne være de samme. Vandlidende områder vil endvidere forværres og potentielt udvides i areal som følge af den hindrede afledning, hvis der ikke etableres afhjælpeforanstaltninger. Figuren viser således behovet for afhjælpning ved sluser, og muligvis pumper.



Figur 4-6 Overfladevand fanget på indersiden af diget uden afledning via sluser og/eller pumper.

Afhjælpninger

For at undgå vandlidende områder og oversvømmelser bag diget anbefales det at udføre tiltag følgende til afhjælpning:

For at sikre fortsat afløb i eksisterende grøfter/dræn og vandløb skal der etableres rørunderføringer med kontrasklapper (højvandslukke) gennem diget. Kontrasklapperne sikrer, at havvand i en højtvandsituation ikke kan stuve tilbage i grøfter/dræn og vandløb. Rørunderføringer bør dimensioneres således, at kraftigt regn kan afledes til Roskilde Fjord. Af Figur 4-7 fremgår de eksisterende grøfter/dræn (grønne) og vandløb (blå) som oplyst af grundejerforeningerne i projektområdet.



Figur 4-7 Det nye dige med eksisterende grøfter/dræn (gulgrønne) og grøfter/vandløb (blå).

For at nedsætte antallet af underføringer og kontrasklapper anbefales det, at der etableres en grøft på bagsiden af diget. Grøften kan overskære de eksisterende grøfter/dræn og lede vandet til strategisk udvalgte udløbspunkter. Grøften skal langs med bunden og på havsiden fores med ler for at begrænse mængden af indtrængende havvand både i hverdagsituationer, og i særdeleshed under

stormflod. Forslag til placering af de fremtidige udløb/rørunderføringer fremgår af det følgende, og kan ses på Figur 4-8.

Såfremt kraftig regn sker samtidig/i umiddelbar forlængelse af en stormflod (kombineret hændelse) vil kontraktlapperne være lukket som følge af høj vandstand i Roskilde Fjord, og afledning af regnvand og grundvand bag diget være hindret. For at sikre afvanding af projektområdet under en kombineret hændelse skal der installeres permanente pumper på bagsiden af diget i en række punkter. Disse pumper kan desuden være med til at holde grundvandsspejlet nede, så vandlidende områder begrænses. Kombinationen af pumper og de lerforede grøfter kan desuden være medvirkende til at forlænge levetiden af området i takt med at havvandstanden stiger, og det således må forventes, at grundvandsstanden ligeledes stiger.

I den vestlige del af projektområdet bør installeres en pumpe bag diget for enden af Betulavej/Strandkanten. Pumpen skal betjene området mellem Mathiesens Enghave og Nordskovvej. Det anbefales, at der graves en grøft på bagsiden af diget, hvor vand fra baglandet kan ledes ud og forsinkes inden pumpen hæver vandet over diget. Af Figur 4-8 fremgår terrænkoter i den vestlige del af projektområdet. Røde farver er højere terræn, blå lavere. Af figuren fremgår foreslået placering af pumpe (P) og afvandingskanaler.

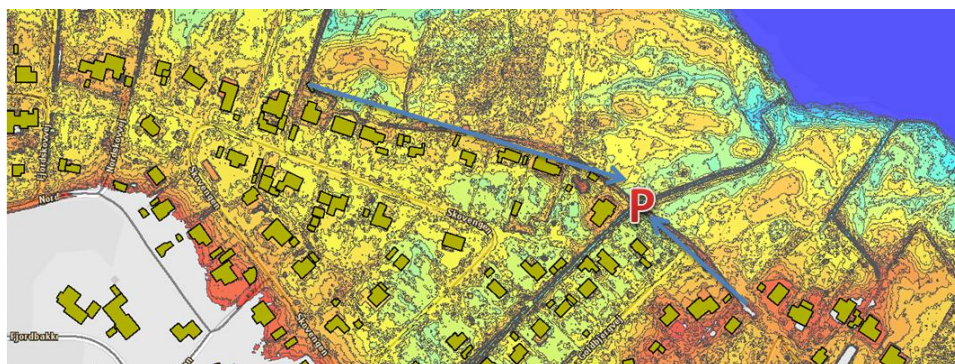


Figur 4-8 Koter og foreslået placering af pumpe og grøfter i den vestlige del af projektområdet.

Koterne i området tillader, at der etableres grøft/areal med fald mod pumpestationen. Den laveste kote i området er omkring +0,7 m, og skal der etableres grøfter/forsinkelsesarealer i denne kote skal der afgraves mellem ca. 0,5 og 1 m i den resterende del af området. En pumpe vurderes at skulle have en kapacitet på omkring 35 – 40 l/s for at kunne fjerne nedbør fra området. Dette er vurderet med baggrund i det topografiske opland til pumpens placering samt en karakteristisk afstrømning på 100 l/s/km². Det antages, at regnvand afledes enten til faskiner eller direkte på terrænet, og derfra via jordmatrixen og dræn transporteres til grøfter ud mod Roskilde Fjord. Afstrømningen forventes derfor at opføre sig som ved et vandløb, men da den præcise afstrømning ikke er kendt, er der regnet med en usikkerhedsfaktor på 2.

I tillæg til vand bag diget skal lægges bølgeoverskyl under stormflod. For nærværende delstrækning er det samlede bølgeoverskyl beregnet til 310-315 l/s, hvilket giver en samlet nødvendig pumpekapacitet på omkring 350-355 l/s.

Af Figur 4-9 fremgår terrænkoter i den centralt/vestlige del af projektområdet omkring vandløbet, der kommer fra baglandet. Det foreslås, at pumpen (P) i dette område placeres ved vandløbet. Det anbefales ligeledes her at placere en grøft på bagsiden af diget, der kan transportere vand fra Nordskovvej i vest og Goldbjergvej i øst til pumpen. Pumpen vil i dette tilfælde skulle afvande et større areal bagved, der normalt afvandes via vandløbet. Der regnes i dette tilfælde også med en karakteristisk afstrømning på 100 l/s/km² og en usikkerhedsfaktor på 2. Dette giver en anslået pumpekapacitet på ca. 190 - 200 l/s for nedbør. Hertil kommer bølgeoverskyl, der i dette delområde udgør ca. 10-15 l/s. Den nødvendige samlede pumpekapacitet er således omkring 210-215 l/s.



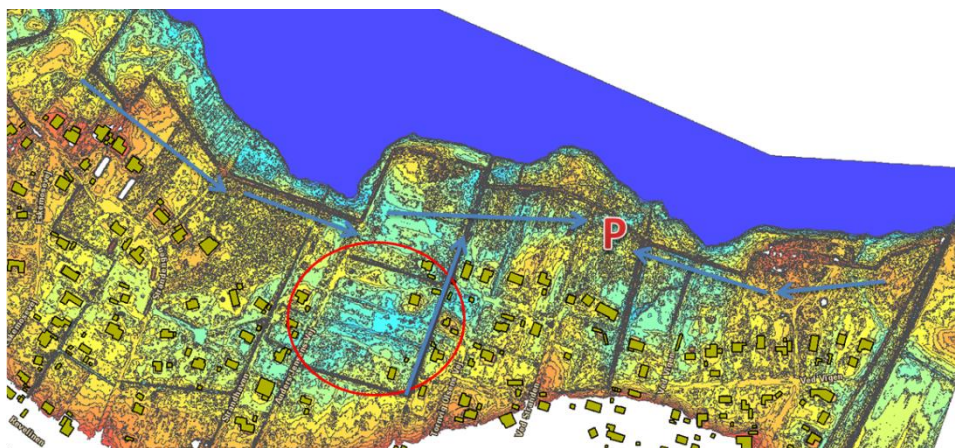
Figur 4-9 Den centrale/vestlige del af projektområdet med koter og foreslået placering af pumpestation og drænende grøfter.

Af Figur 4-10 fremgår terrænkoter i den centrale/østlige del af projektområdet. Ved Anders Jensens Vej, er et lavt liggende område med grøfter i mellem (rød cirkel på figuren). I dette område anbefales det, at grave grøfterne ud hele vejen ned til det nye dige for at sikre og optimere afstrømningen fra dette område.

På bagsiden af diget fra Goldbjergvej i vest og Ved Vigen i øst anbefales det, at etablere en grøft, der kan afvande mod en pumpestation placeret ved Tornvig Olsens Vej. Ved Vigen er der en lokal højderyg, der kan gøre det nødvendigt at rørlægge en delstrækning under denne højderyg, men ellers vurderes det muligt at afvande via en grøft til en pumpestation placeret som vist på Figur 4-10. Hvis de detaljerede beregninger i detailprojekteringsfasen viser, at der behøves en vestvendt grøft bag diget langs åudløbet fra Ved Vigen 43 til Ved Vigen 33, så skal den etableres.

Der regnes i dette tilfælde også med en karakteristisk afstrømning på 100 l/s/km² og en usikkerhedsfaktor på 2. Dette giver en anslået pumpekapacitet på ca. 80 - 85 l/s for nedbør. Hertil kommer bølgeoverskyl der i dette delområde udgør ca.

60-70 l/s. Den nødvendige samlede pumpekapacitet er således omkring 140-155 l/s.



Figur 4-10 Den centralt/østlige del af projektområdet med koter, foreslået placering af pumpestation, grøft og område hvor der skal udgraves grøfter

Betragtningerne i dette afsnit bygger på bedste viden på nuværende tidspunkt, og skal betragtes som overslag. Det anbefales at der udfærdiges en model, der kan tage højde for afstrømningsforholdene på området under design af grøfter og bestemmelse af pumpemængder.

Yderligere afhjælpninger

I skybrudssituationer vil eksisterende grøfter og vandløb med underføringer fortsat (som i dag) ikke kunne aflede vand fra området hurtigt nok til at undgå stående vand på terræn, og potentiel oversvømmelse af området. Den primære udfordring under skybrud opstår pga. den tilstrømmende vandmængde fra oplandet samt afstrømning fra grønne områder indenfor projektområdet. Derfor anbefales det, at grøfter/dræn internt i projektområdet, der skal lede til grøften langs med diget, udbygges, så de kan håndtere denne situation. Rørunderføringerne ved udløbspunkterne bør derfor også dimensioneres til at kunne håndtere disse vandmængder, som i visse situationer kan komme op på 1-2 m³/s. I denne forbindelse anbefales det dog ligeledes, at der foretages modelberegninger for at bestemme dette mere præcist.

Mulige løsninger på skybrud kunne være at tilbageholde vand fra skovområdet syd for projektområdet. Det kan også undersøges, om det er muligt at føre vandløbet øst om projektområdet i stedet for igennem. Dette vil dog kræve etablering af et åbent vandløb langs med dele af Revelinen. Ved Tornvig Olsens Vej vil det desuden være nødvendigt at rørlægge en del af strækningen, da der her er en lokal højderyg. Tilbageholdelse af skybrudsvand i skoven samt/eller en omlægning af vandløbet vil forventeligt medføre et betydeligt mindre vandpres i projektområdet under skybrud.

4.4 Anlægsoverslag

Etableringen af stormflodsbeskyttelsen kan inddeles i tre overordnede arbejder: (1) Etablering af dige, (2) afstrømning af overfladevand og gennemføring af dige samt (3) etablering af erstatningsnatur.

Afstrømning af overfladevand og gennemføring af dige indeholder på bagsiden af diget en grøft, der leder vandet til 3 gennemføringer med en højvandslukke og en pumpestation. Til denne grøft tilsluttes eksisterende dræn og åbne vandløb.

Etablering af dige indeholder genanvendelse/indbygning af sandjord fra udgravning af grøft i digets kerne, hvorfor udgravning for grøft er indeholdt i denne post. Derudover skal der tilføres yderligere kernemateriale samt ler til overfladebeklædning. Over diget haves et muldlag hvori der plantes græs.

Etableringen af erstatningsnatur foretages idet diget placeres i et beskyttet naturområde, som det beskrives i afsnit 5.2.

Af Tabel 4-1 ses et totalt anlægsbudget på 23.000.000,- hvilket indeholder usikkerheder med hensyn til ukendte faktorer og mængdeberegninger, anstilling af byggeplads samt projektering af projektet. Som de ses af anlægsbudgettet er reetablering af den inddragede strandeng en væsentlig post på cirka 6.000.000,-, hvilket er estimeret ved antagelse af afgravning af eksisterende næringsrige muldlag. Idet jordbundforhold ikke er endeligt kendte, er det muligt at eksisterende områder kan udvikles til strandeng blot ved at undgå regelmæssig græsslåning, hvorpå omkostningerne til etablering af erstatningsnatur bliver væsentligt reduceret eller helt forsvinder. Et mindste bud på et anlægsbudget vil derfor være 17.000.000,-.

I anlægsbudgettet er der derudover indeholdt en post for etablering af overgange i 1. række. I posten er indeholdt en overgang i cirka hver anden matrikelskel mod havet, hvorved alle grundejere i 1. række får direkte adgang til stranden. Denne post er lavet separat, idet det derved er givet mulighed for eksklusion fra det samlede budget, hvis det vedtages at de enkelte grundejere selv skal finansiere disse overgange.

I posten overkørsler er grundejernes ønske om private overkørsler indeholdt sammen med overkørsler, hvor der i dag allerede er adgang til stranden med bil.

Tabel 4-1 Anlægsoverslag for Kulhuse stormflodsbeskyttelse.

Kulhuse anlægsoverslag			
	enhedspris	mængde enhed	Pris
<i>Afstrømning og gennemføring af dige</i>			
Højvandssluse og gennemføring	50.000	3 stk	150.000
Pumpestation	700.000	3 stk	2.100.000
Eksisterende vandløb tilsluttes grøft	1.000	8 stk	8.000
Eksisterende dræn tilsluttes grøft	10.000	9 stk	90.000
<i>Dige</i>			
Ler (30 cm)	600	6610 m ³	3.966.000
Afgravning for grøft, fyld og genindbygning	50	5000 m ³	250.000
Tilført fyld og indbygning	500	2000 m ³	1.000.000
Muld og græs	60	22030 m ²	1.321.800
Overkørsel	20.000	11 stk	220.000
Offentlig overgang	7.000	5 stk	35.000
Overgang 1. række	7.000	21 stk	147.000
<i>Beskyttet naturområder</i>			
Retablering/erstatning af Natura 2000	500	0 m ²	0
Retablering/erstatning af strandeng	500	11970 m ²	5.985.000
Retablering/erstatning af beskyttet dige	500	1655 m	827.500
Subtotal			kr. 16.100.300,00
Usikkerhed	25,0%		4.025.075
Anstilling	10,0%		1.610.030
Rådgiver	10,0%		1.610.030
Total eks. moms			kr. 23.000.000,00
Total inkl. moms			kr. 28.750.000,00
Længde af dige 2.662 m			
Total eks. moms pr. lbm			kr. 10.000,00
Total inkl. moms pr. lbm			kr. 12.500,00

Efter anlæg vil der være en løbende drifts- og vedligeholdelsesudgift. Vedligeholdelsen indebærer græsslåning af dige mindst 3-4 gange årligt, beskæring af vandløb og grøfter for at sikre tilstrækkelig afstrømning, samt vedligeholdelse og drift af højvandsslukker og pumpestationer.

5 KONSEKVENSER

I dette afsnit beskrives konsekvenserne forbundet med etablering af nyt dige samt de tilhørende foranstaltninger. De primære konsekvenser er inddragelse af det beskyttede naturområde og beskyttede dige, som skal retableres andet steds.

5.1 Anlæg

Diget bliver udført op til kote +2,44 m DVR90 (havgige) eller +2,20 m DVR90 (landdige). Dette vil nogle steder bevirke en reduceres udsigt over Roskilde Fjord fra ejendomme i første række. Ved alle offentlige stier til stranden vil der over diget blive etableret overgange til fodgængere, hvorpå de nuværende adgangsforhold opretholdes.

Anlæg af diget forventes foretaget fra eksisterende adgangsveje. Det må derfor forventes at der lokalt i arbejdsområdet vil være begrænset adgang til stranden, og at eksisterende adgangsveje vil blive spærret i perioder under anlægsarbejdet. Under anlægsarbejdet vil der lokalt være en begrænset støjmængde fra anlægsmaskiner, hvilket kan medføre lokale gener.

I anlægsfasen af diget, kan det blive nødvendigt at fælde enkelte træer. Det kan dog vedtages, at der plantes nye træer som kompensation. Dele af det planlagte dige løber gennem private matrikler hvorved adgangen til dele af disse grunden mindskes.

5.2 Naturbeskyttelse

Digets placering er vist på

Figur 3-1 og er placeret for at sikre minimum konflikt med naturbeskyttelsen i området. Arealinddragelse til diget forekommer generelt langs grænsen af § 3 strandengene ind mod sommerhus/boligområdet (*Figur 5-1*). Nogle få steder gennemskæres § 3 områder. Øst for byen planlægges diget lagt på bysiden af grøften, der også udgør grænsen for Natura 2000-område N136. Diget lægges derved uden for Natura 2000-området. Mod syd skal der etableres ca. 100 m dige langs Revelinen i kanten af Natura 2000-området.



Figur 5-1. Beskyttet strandeng (§3) (lyseblå) og dige-forslaget (grøn).

5.2.1 § 3 strandeng

Placering af diget havværts for eksisterende dige vil medføre inddragelse af ca. 8 % (6.000 m²) af det nuværende §3 strandengsareal (ca. 73.300 m²), hvilket vurderes som en negativ påvirkning af naturtypen. Arealinddragelsen minimeres ved, at arbejdsvej og arbejdsområder placeres landværts for diget.

Anlæg af dige som afskærer dele af § 3 strandengsarealet fra kysten vil forhindre temporære oversvømmelser og saltvandspåvirkning, som på sigt vil ændre strandengen til fersk eng eller overdrev afhængigt af hvor meget vand, der strømmer til området fra landsiden. Hvor det planlagte dige lægges foran et eksisterende dige, kan denne effekt allerede være under udvikling som følge af det eksisterende dige, der hindrer oversvømmelse af strandengen med saltvand. I disse områder vil det foreslåede dige ikke væsentligt ændre den eksisterende udvikling af strandengen.

Da diget hæver sig over terrænet vil vegetationen på diget formentligt ændre sig til strandoverdrev på grund af de mere tørre forhold på diget.

Anlæg af diget vil således medføre inddragelse af § 3 strandeng og formodentligt medføre ændringer i naturtypen på diget og landværts for diget til henholdsvis strandoverdrev og eng. Dette vil reducere arealet af strandeng, men vil introducere nye naturtyper og mulighed for en større biodiversitet i området.

Inddragelse af arealer i beskyttede naturtyper kræver en dispensation fra Naturbeskyttelseslovens § 3. Dispensationspraksis for nødvendige indgreb i naturbeskyttede arealer er etablering af erstatningsnatur af ca. 2 gange så stort et areal som det inddragede og i samme eller bedre kvalitet. Det er Frederikssund Kommune, der er myndighed for de aktuelle § 3 områder, og således også kommunen, der vil skulle give en dispensation i forhold til § 3 ved anlæg af diget i området.

Projektets udformning kan tilpasses, så det sikres, at diget bidrager med en positiv virkning på beskyttet strandeng og den generelle naturværdi af området. I de følgende to afsnit er beskrevet tiltag som vurderes at kunne ændre digets påvirkning fra negativ til positiv for de samlede naturarealer i området.

5.2.1.1 *Erstatningsnatur*

Ikke beskyttede potentielle strandengsområder langs kysten reetableres og plejes som strandeng, det vil sige med 1-2 årlige høslet eller græsning. Arealerne må ikke slås som græsplæner. Erstatningsnatur kan eksempelvis etableres ved pleje af arealer langs kysten vest for og et lille stykke øst for strandengsområdet, så det udvikler sig til strandeng (*Figur 5-2, røde kasser*). Dette skal konkretiseres ved hovedprojektering af diget og efter opnået § 3 dispensation fra Frederikssund Kommune. På denne måde kan der etableres et større sammenhængende strandengsområde langs kystsiden af Kulhuse.



Figur 5-2. § 3 strandeng (lyseblå skravering), Natura 2000-område N136 (grøn skravering) og mulige erstatnings strandengsområder (rød indramning).

5.2.1.2 Naturforbedring

Diget udformes så naturindholdet i området forsøges forøges. Dette gøres i praksis ved at anlægge diget, så det kan udvikle sig til naturtypen strandoverdrev. Herefter kan diget indgå som et levested for en række af de dyre- og plantearter, som findes på strandoverdrev i tilknytning til strandenge.

1. Strandenge rummer en speciel og karakteristisk natur som er præget af et relativt stort indhold af plantenæringsstoffer og salt. Hvor terrænet hæver sig, er der ofte en overgang til strandoverdrev, som også er saltpræget, men ofte med betydeligt mere næringsfattige plantesamfund. Hvis diget biologisk set bliver til et strandoverdrev, øges mangfoldigheden (biodiversiteten) af dyr og planter i området herunder firben og en række insekter. Dette anses for en forbedring af naturværdien i området som opvejer forringelsen.
2. Digets udvikling til strandoverdrev skal sikres ved at anvende topjord med så stort et sandindhold som muligt. Sandindholdet i topjorden på diget skal være så højt som muligt i forhold til at kunne forenes med de tekniske krav til digets funktion og holdbarhed. Yderligere naturforbedring i forhold til naturtypen strandoverdrev, og for at sikre en så varieret plantevækst som muligt, omfatter: ingen gødskning og så lavt næringsindhold som muligt i topjorden, og det anbefales at tilså diget med f.eks. rød svingel. Rød svingel er naturlig for naturtypen strandoverdrev og vokser bedre end de fleste græsarter i næringsfattig jord.
3. Områdets udvikling til strandoverdrev og strandeng skal desuden sikres ved fast afgræsning og/eller årligt høslæt og opsamling af afslået materiale, samt effektiv bekæmpelse af invasive arter som f.eks. rynket rose (se også afsnit om etablering af egnede levesteder for markfirben, afsnit 5.2.4).

Under forudsætning af at ovenstående tiltag implementeres i området vurderes det, at arealtab af strandeng kan opvejes af erstatningsnatur i minimum forholdet

1:2. Herudover vil digets udformning til naturtypen strandoverdrev og udvikling af forsk eng på indersiden af diget medføre en øgning af biodiversiteten og naturværdien i området. Den definerede erstatningsnatur vil have mulighed for at udvikle sig naturligt over tid og forblive et dynamisk kystmiljø, som vil indgå aktivt i den fremtidige naturlige udvikling af området.

5.2.2 *Fredskov*

Diget er placeret indenfor vejen der afgrænser Jægerspris Nordskov mod nord for at minimere påvirkning og fældning af fredskoven. Projektet kan medføre fældning af enkelte, større træer i kanten af fredskoven (< 10 træer). Se nærmere vurdering under afsnit om Bilag IV-arter.

Rydning af skov beskyttet som fredskov kræver dispensation fra Naturstyrelsen og medfører oftest krav om etablering af erstatningsskov, sædvanligvis i et arealmæssigt forhold på 1:2.

5.2.3 *Sten- og jorddiger*

Diget placeres så vidt muligt ved siden af de eksisterende, beskyttede sten- og jorddiger i området. Projektet vil således kun sporadisk påvirke disse.

5.2.4 *Bilag IV-arter*

Området kan være yngle- og rasteområde for markfirben og flagermus opført på habitatdirektivets bilag IV.

De eksisterende stendiger kan være levested for markfirben i området. Det foreslåede dige i dette projekt er derfor placeret ved siden af de eksisterende sten- og jorddiger for at undgå påvirkning af yngle og rastepladser for markfirben i området. Diget vil derfor ikke påvirke de nuværende levesteder for markfirben direkte.

Det nye dige kan etableres så det bliver egnet for markfirben:

1. Etablering af beplantning ved dige: Dette forudsætter etablering af lav overdrevsvegetation. Det kan tage flere år at opnå den rette vegetation. Skråningen på diget etableres med en hældning der er så lav, at det ikke er nødvendigt at bekæmpe erosion. Ved udsåning af overdrevsvegetation må der ikke anvendes gødning. Der må ikke anvendes rullegræs, geotekstil, flis eller lignende. Det kræver en særlig plan at etablere en egnet overdrevsvegetation på de nye skrænter. Den endelige udformning plan detaljeres og fastlægges yderligere frem til projektet sendes i udbud.
2. Etablering af kunstige ynglesteder: Når vegetationen er etableret kan der placeres sandbunker på den diget, ca. 1 m³ sand/grus for hver 100 m. Sandbunkerne kan fungere som æglægningssteder for markfirben, "0-4 bakkegrus" er velegnet. Sandbunker er ikke nødvendige, hvis dæmningen opbygges af sandet jord.

3. Pleje: Når overdrevsvegetation er etableret planlægges et årligt høslet og fjernelse af afhøstet materiale. Plejefrekvensen kan løbende reduceres afhængigt af vegetationsudviklingen, med henblik på at opnå en lav og ikke fladedækkende overdrevsvegetation.

Dige-projektet kan på denne måde være med til at fremme bestanden generelt og forbedre ynglemulighederne for arten i området.

Etablering af den sydlige del af diget ved Nordskoven kan medføre behov for fældning af træer. Da diget ikke skal være så højt på denne strækning, er det endnu ikke afklaret om der er behov for at fælde træer. Vurderet ud fra luftfoto er der tale om store løvtræer. Fældning af flagermusegnede (med stammediameter > 50 cm) store træer kan potentielt påvirke raste og ynglesteder for flagermus i området. Fældning af gamle træer med hulheder skal gennemføres udenfor yngle- og overvintringsperioderne jf. bestemmelserne i artsfredningsbekendtgørelsen, hvor der fremgår et generelt forbud mod fældning af hule træer og træer med flagermus, undtaget perioden 1. september til 31. oktober. Kan denne periode ikke overholdes, bør forekomst af flagermus i gamle træer med hulheder altid undersøges så det inden fældning kan afvises, at flagermus raster i træet.

I forbindelse med projekteringen skal der derfor foretages nærmere vurderinger og konkretiseringer af tiltag i henhold til Habitatdirektivet for at sikre at projektet ikke påvirker områdets økologiske funktionalitet for bilag IV-arterne markfirben og flagermus.

5.2.5 Natura 2000-områder

Projektområdet ligger umiddelbart øst for Natura 2000-område nr. 136 (Roskildefjord og Jægerspris Nordskov) og medfører ikke arealinddragelse i området og direkte påvirkning af området (se Figur 3-5).

Det skal derfor vurderes i forbindelse med den endelige projektering om digeprojektet kan have påvirkning på Natura 2000-område N136, de tilknyttede Habitatområde H120 og H199 og Fuglebeskyttelsesområderne F105 og F107, og om der skal laves supplerende vurderinger for bilag IV-arterne markfirben og flagermus.

En indledende Natura 2000-konsekvensvurdering af mulige påvirkninger af Natura 2000-området (væsentlighedsvurdering) skal foretages i henhold til Bekendtgørelse (BEK nr. 874 af 02/09/2008) om administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter for så vidt angår anlæg og udvidelse af havne og kystbeskyttelsesforanstaltninger samt etablering og udvidelse af visse anlæg på søterritoriet § 3 stk.1.

Kystdirektoratet er myndighed i forbindelse med havdigeprojekter og kan beslutte, at der skal foretages en egentlig konsekvensvurdering (skade/ikke skade) af projektet i henhold til BEK nr. 874 af 02/09/2008 § 4 stk.1, efter høring hos andre myndigheder, bl.a. Naturstyrelsen og Frederikssund Kommune.

5.3 Planforhold

Det vurderes at der ikke er forhold i kommuneplanen, der hindrer etablering af et dige på det givne sted.

Skemaet nedenfor referer planforholdene.

Planforhold	Overensstemmelse	Uoverensstemmelse	Aktion
Kommuneplan	Overensstemmelse		Ingen
Kommuneplan Ramme S 6.1.	Overensstemmelse.		Ingen
Zone	Sommerhusområde		Ingen

5.4 Landskab og visuelle forhold

Området er karakteriseret ved det flade strandengsarealer og det landskabelige samspil med udsigterne over vandet.

Etablering af et dige i op til +2,44 meters højde vil ændre oplevelsen af strandengsareal med udsigt over vandet.

Anbefaling

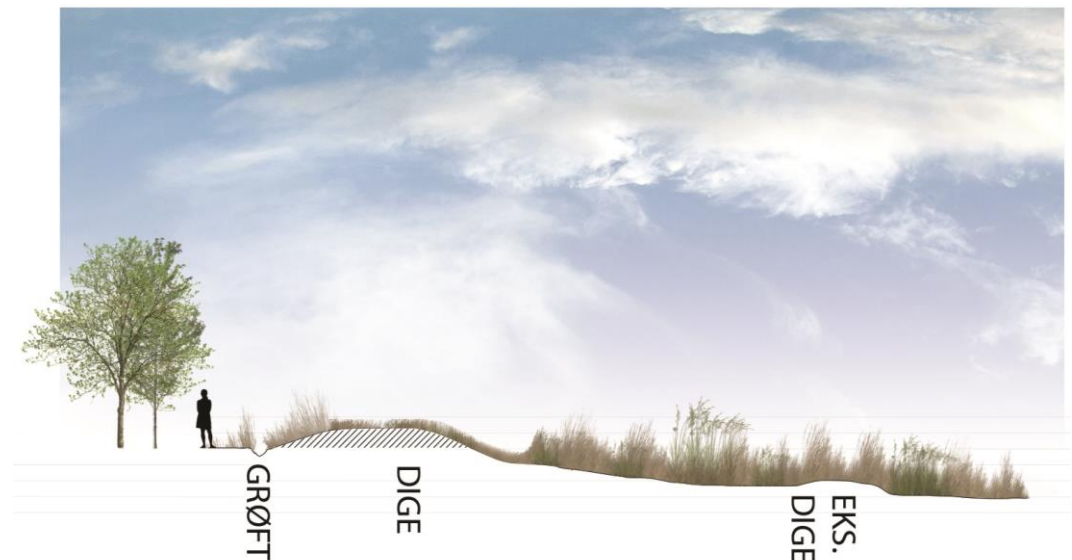
Det anbefales at den landskabelige bearbejdning af højvandsbeskyttelsen udføres så den understøtter det ønskede naturpræg langs kysten. Det anbefales at der foretages en landskabelig viderebearbejdning af den eksisterende sti foran det eksisterende dige, da stien nuværende fremkommelighed er meget varieret.



Foto af eksisterende kyststrækning med det flade strandengsareal. Til venstre i billedet ses eksisterende dige.



Foto der viser den dårlige tilgængelighed for gående langs vandet.



Illustrationen viser snit af foreslåede dige bag det eksisterende dige.

5.5 Økonomiske konsekvenser

I anlægsfasen vil husejerne vil opleve støj og vibrationer samt inddragelse af arealet til selve anlægskonstruktion og de dermed forbundne aktiviteter og begrænsninger, herunder arbejde med grøftegravning og afspærring af den rekreative værdi, som er forbundet med strandområdet. Hvis anlægsperioden vælges at foregå over højsæsonen, vil husejerne miste udlejningsindtægter fra sommerhus-udlejning.

Den afledte samfundsøkonomiske effekt af digeanlægget vil efter projektets afslutning, omfatte de direkte økonomiske fordele for boligejerne samt de afledte rekreative værdier for borgere og besøgende. Derudover vil naturen og værdien af kystnær natur indgå som deleffekt.

De tilskrevne værdiforringelser, som blandt andet er fulgt med stormen Bodils oversvømmelse af boligområdet og de forværrede konsekvensscenarier af klimændringerne, vil formentligt blive ophævet umiddelbart efter færdiggørelsen. Dette vil gælde for både for sommerhus- og helårsbeboelserne.

Den største effekt ved husejernes værdistigning vil blive realiseret i form af bankernes dæmpelse af den eksisterende risikovurdering, med en udvidelse af husejernes fri-værdi som følge heraf. Det vil give husejerne større indtægter ved salg, samt mulighed for optag af større lån, til mindre rente. Endelig vil fjernelsen af risici for klimaskader positivt påvirke husejernes forsikringsudgifter.

Frederikssund Kommune vil opleve et ændret indtægtsgrundlag afledt af indtægtsstigninger fra ejendomsskatter og afgifter ved et afledt mer-salg. Derudover vil kommunen formentlig spare på driftsudgifter til det rekreative område, som følge af færre oversvømmelser og eventuelle sagsbehandling og varslings-

system i området. Frederikssund Forsyning vil endvidere spare på vedligeholdelse af kloakering.

5.6 Kysttekniske konsekvenser

Den overordnede kysttekniske konsekvens af diget vil være, at området ophæves fra at være defineret som oversvømmelsestruet i oversvømmelsesteknisk forstand. Oversvømmelsesdirektivet vil fx derfor ikke kunne udpege området som værende et højt risiko-område alene ud fra farekort-analysen.

Kystmorfologisk vil strandområdet næsten ikke ændres, da strandengsområdet ikke er dynamisk over tid. Diget vil derfor fremstå så den vil være sammenlignelig med naturlige strandvolde forårsaget af sandomlejring under kraftige storme. Hvis erstatningsnatur defineres ved at flytte kystlinjen havværts, vil den lokale kystfodring bevirke dannelsen af små intertidale vadeflader til glæde for vadefugle og badegæster.

5.7 Afstrømningsmæssige konsekvenser

Såfremt de i afsnit 0 beskrevne afhjælpninger med underføringer og kontraklapper samt pumper udføres, vurderes der ikke at være nogle negative konsekvenser ved projektet i forhold til nuværende forhold.

Tværtimod vil den øgede styring af vand landværts for diget bevirke en større sikkerhed mod episoder med uønsket vand i boliger og på terræn i det ellers vandlidende projektområde.

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

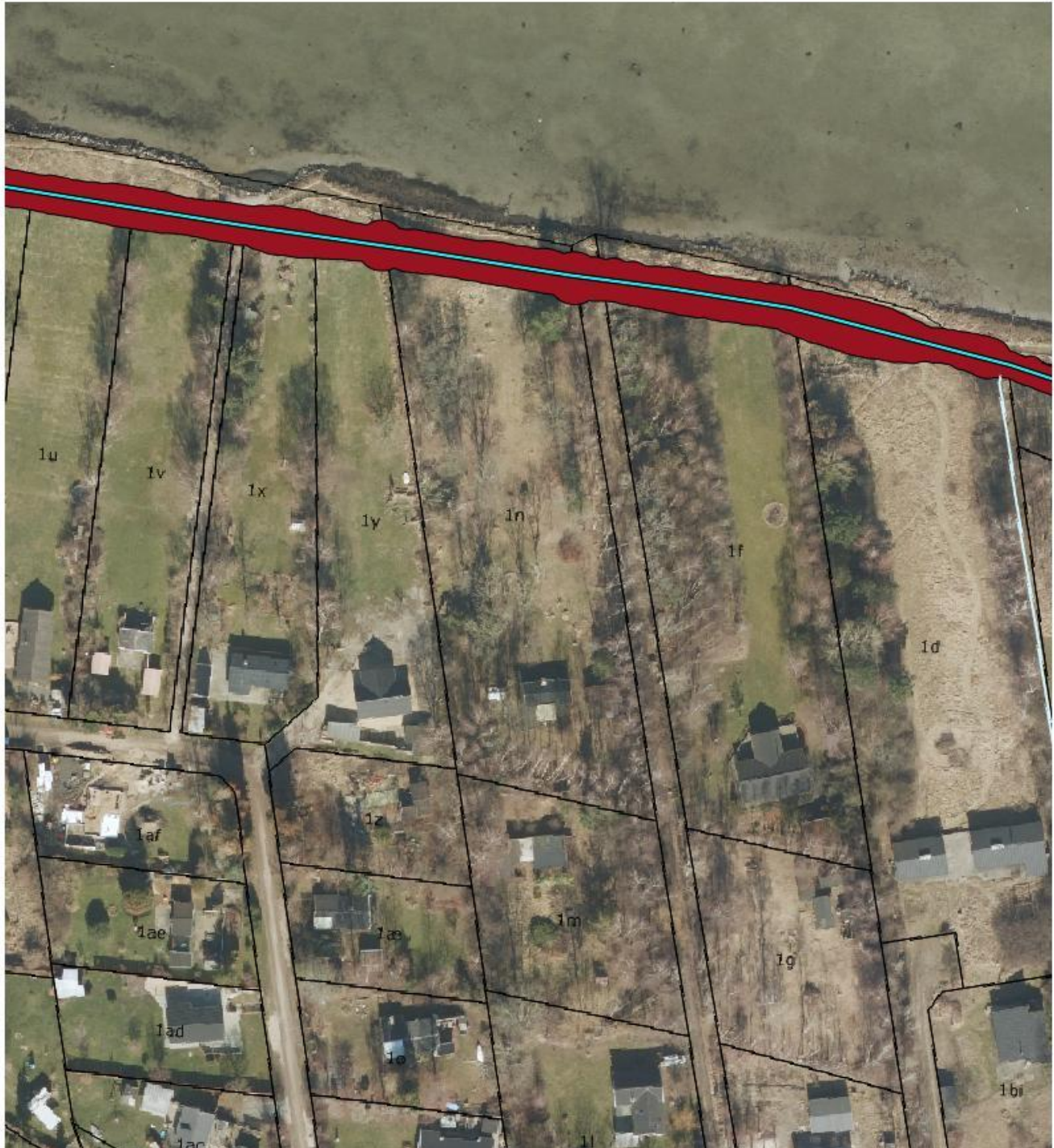
Digekrone Digeskråning Vandløb

0 50 100 150 m



Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

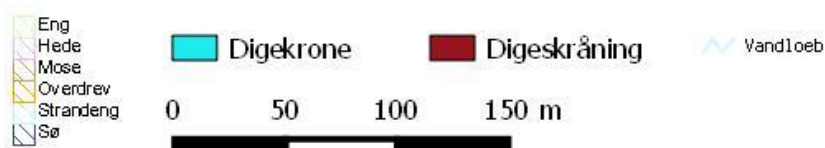
0 50 100 150 m



NIRAS

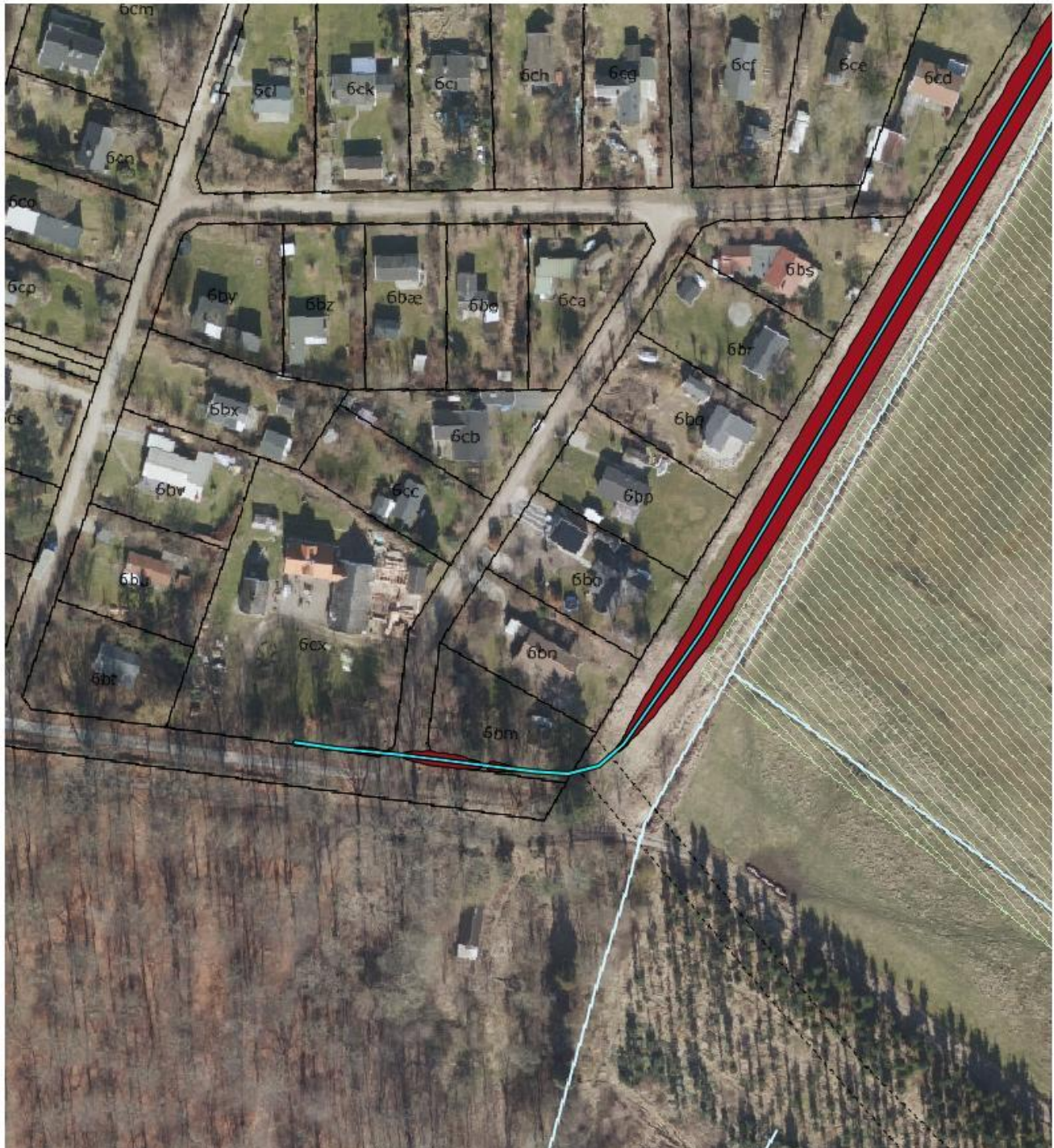
Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



Kulhuse - Højvandsbeskyttelse

Forslag til digeplacering



- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Strandeng
- Sø

Digekrone

Digeskråning

Vandløb

0 50 100 150 m



NIRAS

7 REFERENCER

- /1/ Kystdirektoratets Kystatlas (WebGIS) 2016 ()
- /2/ Kabuth, A.K., Kroon, A., Pedersen, J.T., (2014)
Multidecadal shoreline changes in Denmark; Journal of Coastal Research
- /3/ Dansk Meteorologisk Institut (DMI) Aktuelle vandstande
(<http://www.dmi.dk/hav/maalinger/vandstand/>)
- /4/ GEUS, 2015. *Danmarks digitale jordartskort, 1:25.000. Version 4.*
- /5/ Frederikssund Kommune og Frederikssund Forsyning, 2016. *Opdatering af grundvandsmodel for Frederikssund Kommune.* Notat udarbejdet af NIRAS
- /6/ Frederikssund Kommune, 2014. *Frederikssund Kommune Spildevandsplan 2013-2021.* Vedtaget 27. maj 2014.
- /7/ Naturstyrelsen, 2013. *Natura 2000-basisanalyse 2015-2021 for Roskilde Fjord og Jægerspris Nordskov, Natura 2000-område nr. 136, Habitatområde H120 og H199, Fuglebeskyttelsesområde F105 og F107.* s.l.:s.n.
- /8/ Naturstyrelsen, 2015. *Forvaltningsplan for markfirben, Beskyttelse og forvaltning af markfirben *Lacerta agilis* og dets levesteder i Danmark,* s.l.: Miljø- og Fødevareministeriet.
- /9/ NIRAS, 2016. *Kulhuse – højvandsstatistik for Isefjord og Roskilde Fjord.* NIRAS for Frederikssund Kommune.
- /10/ *Landhævning i Danmark i mm/år. Kilde: GST/Klimatilpasning.dk*