

Til  
**Slagelse Kommune**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**November 2015**

# HØJVANDSSIKRING I NÆSBY STRAND SKITSEPROJEKT



# HØJVANDSSIKRING I NÆSBY STRAND SKITSEPROJEKT

Doc. No: **1100011580-04-001**  
Revision **5**  
Dato **2015-11-12**  
Udarbejdet af **JAN, NQP**  
Kontrolleret af **RBJ**  
Godkendt af **RBJ**  
Beskrivelse **Skitseprojekt**

Document ID Dige \_Næsby\_1100011580-04-001-5.docx  
Version

## INDHOLD

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Eksisterende forhold</b>	<b>2</b>
2.1	Kyst- og terrænforhold	2
2.2	Afvanding	7
<b>3.</b>	<b>Projekteringsbasis</b>	<b>9</b>
3.1	Vanddybder	9
3.2	Vindforhold	9
4.1	Højvande og stormflod	11
4.1.1	Klimabetinget vandstandsstigning og landhævning	11
4.2	Bølgeforhold	12
4.3	Geotekniske forhold	13
<b>5.</b>	<b>Skitseforslag til højvandssikring</b>	<b>15</b>
5.1	Beskyttelseslinje	15
5.2	Digekoter	16
5.2.1	Vandstand	16
5.2.2	Bølgeopløb	17
5.2.3	Sammenfatning – nødvendige digekoter	18
5.2.4	Fremtidig sikring i 2050	18
5.3	Digeopbygning - Jorddige	18
5.3.1	Sætninger	19
5.4	Spunsvæg	19
5.5	Overkørsler	20
5.6	Afvanding	21
5.6.1	Anlæggelse af indvendig drænledning	21
5.6.2	Anlæggelse af en pumpebrønd	21
5.6.3	Ny afvandingsgrøft på ydersiden af sydlige dige/spunsvæg	22
5.7	Ledningsforhold	23
5.8	Særlige udførelseskrav for sydlig spunsvæg	23
5.9	Arealer	24
<b>6.</b>	<b>Anlægsoverslag</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>Partsfordeling</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>Referencer</b>	<b>28</b>
<b>9.</b>	<b>Tegningsliste</b>	<b>29</b>

## 1. INDLEDNING

På baggrund af de senere års store stormflodsskader i sommerhusområdet ved Næsby Strand, har Slagelse Kommune støttet beboernes initiativ til at igangsætte et digeprojekt til sikring af området, der ses på Figur 1.1, mod højvande og stormflod. Dette har ført til nedsættelsen af en digegruppe, der har til formål at etablere højvandssikringen. Rambøll har på vegne af digegruppen og Slagelse Kommune udarbejdet nærværende skitseprojekt for højvandssikring af Næsby Strand.



**Figur 1.1: Afgrænsning af sommerhusområdet i Næsby Strand**

Alle koteangivelser i det nedenstående er i forhold til DVR90.



## 2. EKSISTERENDE FORHOLD

### 2.1 Kyst- og terrænforhold

Kysten ud for sommerhusområdet i Næsby strand er en tilvækstkyst, med en bred strandeng mellem sommerhusbebyggelsen og selve stranden. Sommerhusområdet ligger lavere end strandengen og klitterne vest for området. Syd for sommerhusområdet ligger en lavtliggende eng og et vandområde, Skudeløbet, med forbindelse til Tude Å, der gør området særligt udsat i forbindelse med stormflodshændelser, idet det lavtliggende område syd for sommerhusområdet bliver en korridor for udbredelse af højvande fra havet ind i land.

Terrænkoter i området fremgår af Figur 2.8. Store dele af sommerhusområdet ligger mellem kote +1,0 og +1,5 med terrænkoter helt ned til +0,5 i det sydvestlige hjørne. Oversvømmelser breder sig først sydfra gennem de lavtliggende områder og vil i større stormflodssituationer også brede sig via lavninger gennem strandengen fra vest.

Sommerhusområdet er præget af hyppige oversvømmelser pga. de lave terrænkoter, senest i forbindelse med Bodil stormen i december 2013. De værste oversvømmelser blev oplevet i forbindelse november-stormen i 2006, hvor vandstanden nåede op i kote +1,8.

Bildsøvej har en topkote over +2,0 og udgør den østlige grænse af det lavtliggende område, der har stor risiko for oversvømmelser.

Nedenfor er vist billeder af de eksisterende forhold.



Figur 2.1: Parkeringsplads mod nord



**Figur 2.2: Strandeng mod vest**



**Figur 2.3: Sydvestligt hjørne med vandhul**





**Figur 2.4: Engareal syd for sommerhusområdet taget fra vest mod Bildsøvej**



**Figur 2.5: Område ved Bæltevej med mulighed for etablering af ny pumpebrønd**





**Figur 2.6: Pumpestation og regnvandsbassin ved Bildsøvej**



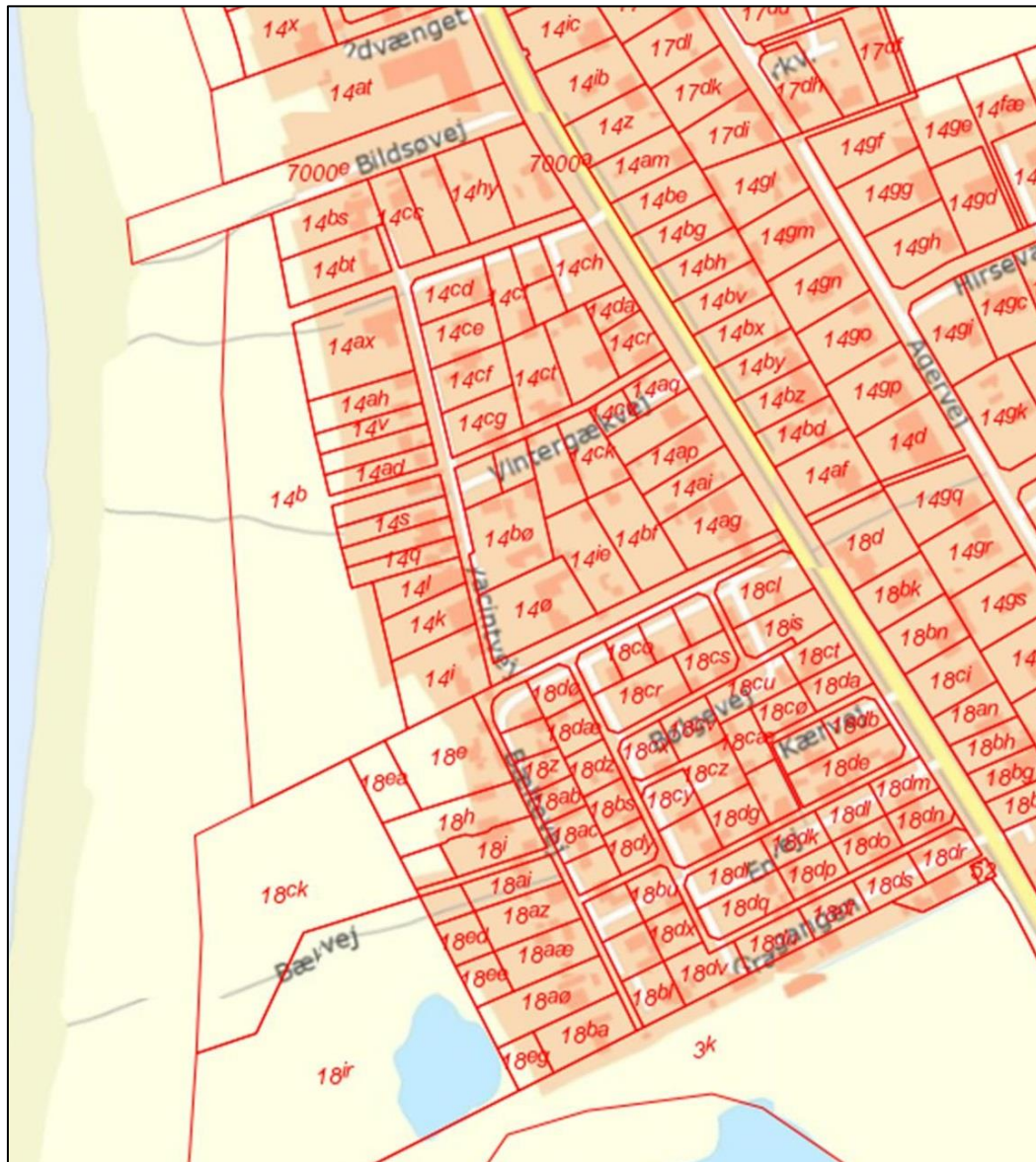
**Figur 2.7: Eksisterende grøft langs sydskel**





Figur 2.8: Højdekurver fra Danmarks Højdemodel, ref. /9/





Figur 2.9: Matrikelkort, Miljøportalen

## 2.2 Afvanding

Nedbør i området vurderes primært at blive afvandet naturligt via nedsivning og overfladisk afstrømning til dybdepunkterne i den sydlige del af området samt umiddelbart sydvest for sommerhusområdet, hvor der ligger et mindre vandhul. Vandhullet har forbindelse til Skudeløbet og derfra videre til Tude Å.

I den sydlige lavtliggende del af området findes et drænsystem, der opsamles i en pumpebrønd, hvorfra drænvandet pumpes til Skudeløbet via et delvist nedgravet rør gennem engen mod syd, se Figur 2.10.

Langs det sydlige skel af sommerhusområdet løber en grøft, der på den vestligste del er rørlagt. Grøften starter ved Bildsøvej, hvor der kan observeres et rørindløb til grøften. Røret vurderes at lede vand fra dræn fra højere beliggende områder på den østlige side af Bildsøvej til grøften. Desuden modtager grøften vand fra regnvandsbassinet i det sydøstlige hjørne. Regnvandsbassinet har olieudskiller og det vurderes at vejafvandingen fra Bildsøvej ledes til bassinet.



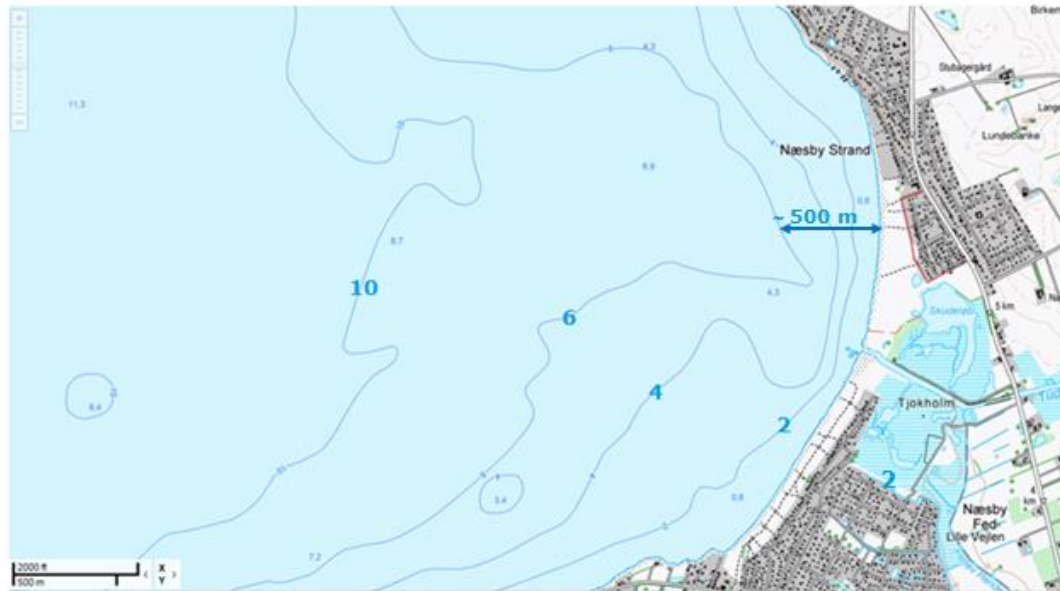


Figur 2.10: Eksisterende dræn

### 3. PROJEKTERINGSBASIS

#### 3.1 Vanddybder

Vanddybderne ud for kysten ved Næsby Strand er illustreret på nedenstående kort i Figur 3.1. Vanddybderne ud for stranden er forholdsvis lave med omkring 200m ud til 2 m dybe, vurderet ud fra det viste søkort.

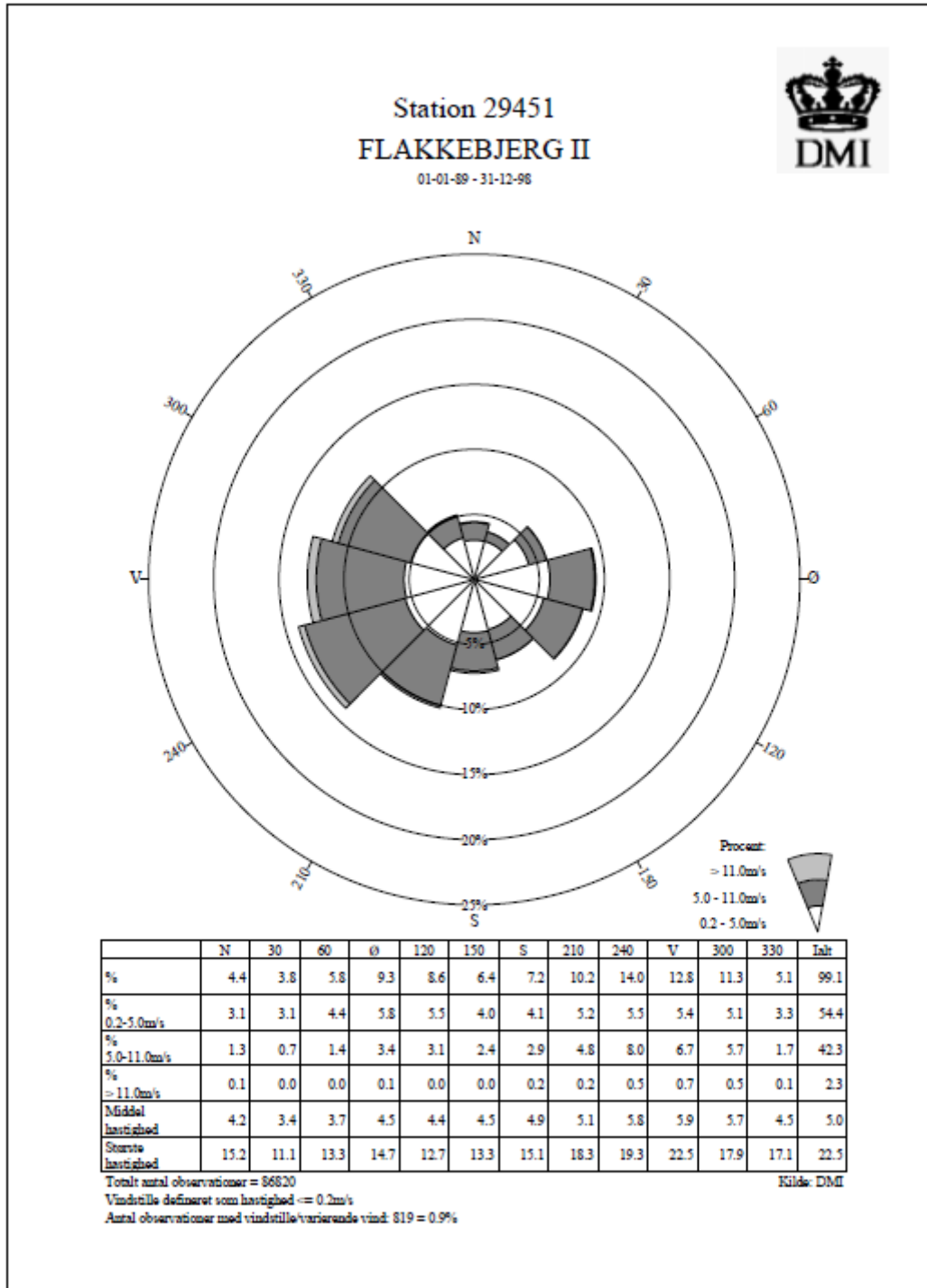


Figur 3.1: Bathymetrisk kort med vanddybder ud for stranden /4/

#### 3.2 Vindforhold

Vinddata fra Flakkebjerg vejrstation som er tæt på Næsby Strand fastslår at den dominerende vindretning er fra vestlige og nordvestlige retninger. Endvidere ses at vestlige retninger dominerer de kraftige vindhændelser ( $> 11$  m/s) (Fig. 5).





Figur 3.2: Vindrose fra Flakkebjerg, ref. /3/

#### 4.1 Højvande og stormflod

Højvande i og omkring Storebælt kan forekomme som følge af forskellige typer af stormsituationer idet både nordlige og østlige vindretninger kan give højvande i området. Den værste stormflod, der er registreret i nyere tid, er stormfloden i november 2006, som gav udslag i ekstreme vandstande i Storebælt. Stormfloden var forårsaget af nordenvind over en bred flanke, der presede vand fra både Kattegat og Østersøen mod Bælthavet og dermed skabte en ekstrem vandstandsstigning. Da vinden i Storebæltsområdet under stormfloden lå i nord til nordvest, lå Næsby Strand delvist med pålandsvind og dermed bølgepåvirkning. Dog var vindhastighederne under det maksimale højvande ikke i fuld stormstyrke i området, idet vindhastigheden ved maksimalt højvande lå på 17,4 m/s, ref. /2/.

Vandstanden i de danske farvande måles ved en række målestationer. På baggrund af vandstands målingerne udgiver Kystdirektoratet højvandsstatistikker, der bl.a. kan anvendes til bestemmelse af dimensionerende vandstand ved kystsikringsprojekter. Den seneste udgave af højvandsstatistikker blev udgivet i 2012, ref. /1/. Den nærmeste målestation, der er medtaget i højvandsstatistikkerne, er beliggende i Korsør Havn. De tre største højvandssituationer registreret i Korsør Havn er vist i Tabel 4.1.

**Tabel 4.1: Højeste registrerede højvande i Korsør Havn, ref. /1/**

Dato	Vandstand (m DVR90)	Vandstand (i forhold til det pågældende års middelvandstand)
1. november 2006	1,62	1,61
31. december 1904	1,48	1,55
21. februar 1993	1,53	1,53

I forbindelse med stormen 1. november 2006, blev der andre steder nær Næsby Strand målt højere vandstande end den ovenfor vist vandstand fra Korsør Havn. Der blev registreret vandstande omkring 1,8 meter over DVR90 i Slipshavn, Agersø og Knivkær, ref. /2/. Det vurderes derfor, at vandstanden i Korsør Havn har stået lidt lavere end vandstanden generelt i området og at en repræsentativ vandstand for Næsby Strand i forbindelse med 2006-stormen er 1,8 m DVR90.

På baggrund af de registrerede højvandshændelser, er der i Kystdirektoratets højvandsstatistik bestemt forskellige middeltidsvandstande, som er vandstande der i gennemsnit optræder hvert 100 år, 50 år, 20 år, mv. Af kystdirektoratets højvandstatistik for Korsør Havn, fås de statistiske middeltidsvandstande som er gengivet i Tabel 4.2.

**Tabel 4.2: Statistiske middeltidsvandstande fra Højvandsstatistik 2012, ref. /1/.**

Gentagelsesperiode	Vandstand (m DVR90)
100 år	1,53 ± 0,13
50 år	1,41 ± 0,09
20 år	1,26 ± 0,06

Det ses af ovenstående, at vandstanden i forbindelse med stormen i 2006 har væsentlig længere gentagelsesperiode end 100 år.

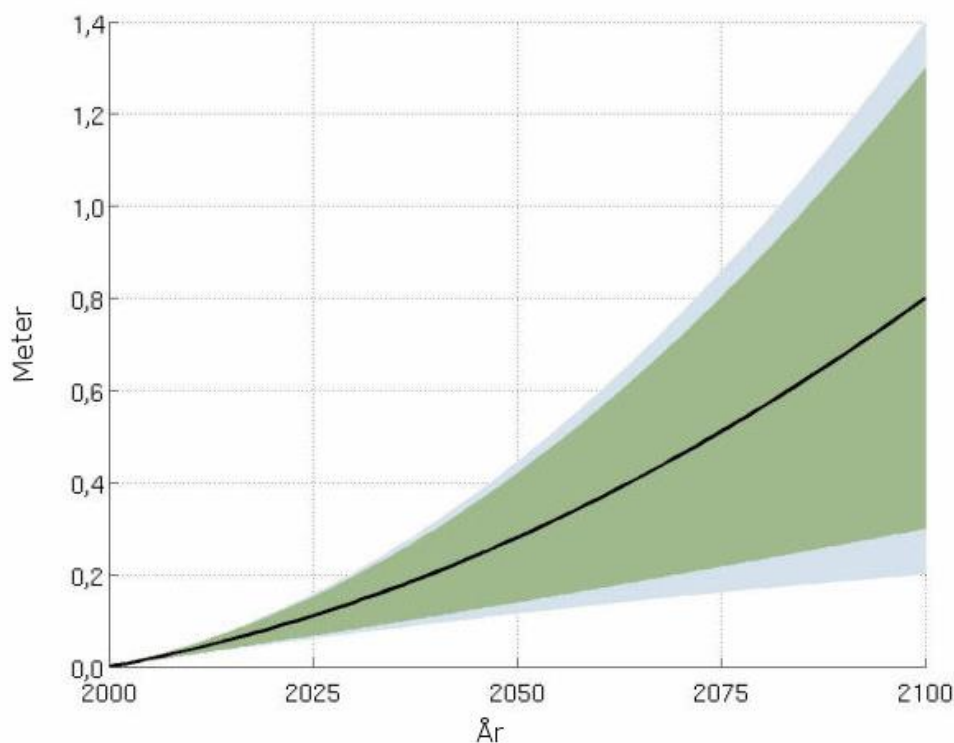
##### 4.1.1 Klimabetinget vandstandsstigning og landhævning

Da middelhavvandspejlet de kommende år forventes at stige, vil højvandshændelserne også øges. Der er udført flere fremskrivninger af de forventede fremtidige havniveauer. I Figur 4.1 er DMI's bedste bud på fremtidige havstigninger for danske forhold gengivet, ref. /7/, som dog er udarbejdet før den seneste ICCP rapport om klimaforandringer. Denne forventes dog ikke at give anledning til væsentlig ændring af den viste fremskrivning.



Det forventes på denne baggrund at havvandstanden vil stige med i størrelsesordenen 30 cm indtil 2050 og 80 cm indtil år 2100.

Stigningen i havvandsspejlet skal korrigeres for den lokale landhævning, som forventes i samme periode, ref. /7/. Landhævningen vil reducere havvandsstigningen, men er generelt væsentlig mindre end den forventede stigning i det globale havvandspejl. Landhævningen ved Næsby Strand vurderes at være i størrelsesordenen 1 mm/år eller ca. 4 cm frem til 2050 og 10 cm frem til 2100.



Figur 4.1 Vandstandsstigning som skyldes klimaforandringer ref. /7/. Grønne og blå bånd er usikkerhed.

#### 4.2 Bølgeforhold

Bølgepåvirkning kan forekomme ved vindretninger fra sydvest til nordvest. Vind fra vest og sydvest giver typisk ikke højvande i Storebælt, så i forhold til vurdering af bølgepåvirkning ved stormflod er nordvest vurderet at være den mest repræsentative, særligt ved vurdering af bølgeforholdene i forbindelse med stormen i november 2006.

Bølgehøjder og bølgeperioder for kysten ud for Næsbystrand er beregnet med Rambølls bølgemodel for de danske farvande for vindhastigheder fra hhv. vest og nordvest. Bølgehøjderne ved forskellige vindhastigheder er vist i Tabel 4.3 mens perioderne er vist i Tabel 4.4. Begge dele er for et punkt med ca. 15 m vanddybde. Når bølgerne nærmer sig kysten vil de bryde på lavere vanddybde og bølgehøjden vil derfor være reduceret væsentlig ved kysten. Yderligere vil bølgehøjden i forbindelse med ekstremt højvande, hvor vandstanden er højere end strandengen foran Næsby Strand, reduceres yderligere pga. brydning hen over strandengen til vandet når diget.

Tabel 4.3: Signifikante bølgehøjder ud for kysten ved Næsby Strand (på vanddybder ca. 15 m)

Signifikant bølgehøjde, Hs (m)		
Vindhastighed (m/s)	Vindretning vest	Vindretning nordvest
5	0,47	0,46
10	1,30	1,28

15	2,40	2,40
20	3,68	3,68
25	4,24	4,15
30	4,30	4,25

**Tabel 4.4: Bølgeperioder,  $T_p$ , for bølger ud for kysten ved Næsby Strand (på vanddybder ca. 15 m)**

Bølgeperiode, $T_p$ (s)		
Vindhastighed (m/s)	Vindretning vest	Vindretning nordvest
5	0.96	0.93
10	2.58	2.54
15	4.68	4.68
20	7.07	7.04
25	8.06	7.84
30	8.17	8.03

I forbindelse med stormfloden i november 2006, hvor vindhastigheden i forbindelse med det maksimale højvande var 17,4 m og en vindretning fra nordvest, vurderes bølgehøjden på dybt vand på baggrund af det ovenstående at være ca. 3 m mens bølgeperioden vurderes at være ca. 6 s.

#### 4.3 Geotekniske forhold

I forbindelse med digeprojektet er der udført en geoteknisk undersøgelse, ref. /5/, til kortlægning af de geotekniske forhold i området.

Det aktuelle område er beliggende i et typisk marint forland, hvor de øverste aflejringer består af postglaciale sand- og grus med mulighed for indlejrede tørve- og gytjelag. I den geotekniske undersøgelse er der kun fundet begrænsede tørvelag, men det må forventes, at der stedvist er indlejret blødbundslag. Et generelt jordprofil er fundet som følger:

- Fra terrænniveau til 3,5 m under terræn: Postglaciale sand
- Fra 3,5 m under terræn: Moræneler

Vurderede styrkeparametre for de geologiske lag er vist herunder:

Fra terrænniveau til 3,5 m under terræn:

Postglaciale sand:

- Plan, karakteristisk friktionsvinkel:  $\varphi_{pl,k} = 35^\circ$
- Rumvægt:  $\gamma/\gamma' = 19/10 \text{ kN/m}^3$

Fra 3,5 m under terræn:

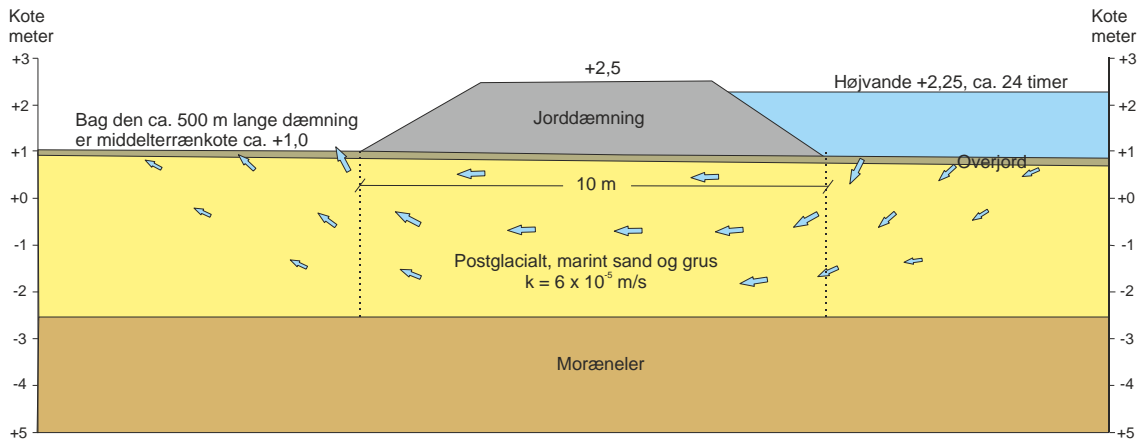
Moræneler (drænet tilstand):

- Effektiv friktionsvinkel:  $\varphi' = 32^\circ$
- Effektiv kohæsion:  $c' = 7 \text{ kPa}$
- Rumvægt:  $\gamma/\gamma' = 21/11 \text{ kN/m}^3$

Det postglaciale sand er vandførende og vurderes at have en permeabilitet på  $6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ . Moræneleren er en tæt aflejring med lav permeabilitet.

Ved ekstremt højvande vil der kunne ske indsivning under jorddiget til de bagvedliggende arealer. Problemstillingen er illustreret på Figur 4.2. Det antages, at en højvandshændelse med et vandspejl i kote +2,25 vil kunne have en varighed på ca. 24 timer. Gennemsvivningen er vurderet

for dette tilfælde for en permeabilitet i sandet på  $k = 6,0 \cdot 10^{-5}$  m/s. Imidlertid må det påregnes, at permeabiliteten i de optrædende postglaciale sandlag stedvis vil være større, idet sandaflejringerne jævnfør den geotekniske undersøgelse, ref. /5/, stedvis kan være grovkornede eventuelt med indslag af grus.



Figur 4.2 Vertikalt principsnit gennem jorddæmning

Det antages, at gennemsivning gennem jorddiget er negligeabel, samt at hele tryktabet fra kote +2,25 i det oversvømmede område foran dæmningen til vandspejl i terræn i kote +1 bag diget sker under diget, dvs. over en strækning på 10 m.

Kaldes sandlagets tykkelse for  $d$  og gradienten for  $i$  kan gennemstrømningen  $q$  pr meter beregnes som:

$$q = k \times d \times i =$$

$$6 \times 10^{-5} \text{ m/s} \times 3,5 \text{ m} \times (2,25 \text{ m} - 1 \text{ m}) / 10 \text{ m} =$$

$$2,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s pr. m} =$$

$$\underline{0,095 \text{ m}^3/\text{time pr. m}}$$

Gennemstrømningen  $Q$  gennem hele digets strækning på ca. 500 m bliver på 24 timer:

$$Q = 0,095 \text{ m}^3/\text{time pr. m} \times 500 \text{ m} \times 24 \text{ timer} = \underline{1134 \text{ m}^3}$$

Det svarer til, at der skal bortpumpes omkring  $50 \text{ m}^3/\text{t}$  bag diget i en ekstrem højvandssituation.

Det skal understreges, at ovenstående er en meget grov overslagsberegning.

For at reducere vandgennemstrømningen under diget anbefales derfor, at der etableres en lerfod under diget. En lerfod med 1 m dybde vil reducere vandmængderne med ca. 1/3.



## 5. SKITSEFORSLAG TIL HØJVANDSSIKRING

### 5.1 Beskyttelseslinje

Højvandssikringen foreslås udført som et dige på tre sider rundt om sommerhusområdet grænsende op til Bildsøvej. Bildsøvej vurderes at ligge tilstrækkeligt højt til ikke at blive oversvømmet.

Diget udføres som et traditionelt jorddige mod vest, mens der etableres spunsvægge mod nord og syd af pladshensyn. Mod nord kan der ikke etableres et jorddige uden at der samtidig bliver sløjftet et betydeligt antal parkeringspladser, mens der mod syd ligger et naturbeskyttet område, som diget kun i begrænset omfang bør berøre.

Jorddiget mod vest placeres generelt på ydersiden af skel mod sommerhusbebyggelsen. Digefoden lægges 1 – 1,5 m fra skel, således, at der kan etableres et drænsystem umiddelbart udenfor skel.

I den nordlige ende af jorddiget, trækkes diget udenom parkeringspladsen, der ligger nord for sommerhusområdet, således at parkeringspladsen kommer til at ligge indenfor diget. Dette gøres, da der langs den sydlige langside af parkeringspladsen ligger el- og afløbsledninger, der besværliggør etableringen af en spunsvæg. Diget lægges sådan, at der ikke sløjfes parkeringspladser, og diget trækkes derfor udad og går over i en spunsvæg i den vestlige ende af parkeringspladsen.

I jorddigets sydlige ende er det nødvendigt at trække diget indenfor skel i sommerhusområdet på de 5 grunde der ligger yderst i det sydvestlige hjørne, for at sikre en tilstrækkelig afstand til vandhullet umiddelbart vest for området. Det vurderes, at undergrunden kan være blød i umiddelbar nærhed af vandhullet, hvorfor der bør sikres en vis afstand til vandhullet. Der vil således være ca. 6 m fra den ydre digefod til kanten af vandhullet. Diget ender ved den sydlige afgrænsning af sommerhusområdet, hvorefter jorddiget overgår til en spunsvæg, som forløber 1,5 m fra ydersiden af skel op til Bildsøvej langs den sydlige afgrænsning.

Regnvandsbassinet og afløbspumpestationen ved Bildsøvej holdes udenfor diget. Den eksisterende grøft der løber langs sydsiden af sommerhusområdet, omlægges og placeres udenfor diget, for at holde afstrømning fra højere liggende områder væk fra det beskyttede område indenfor diget. Rørindløbet til grøften føres gennem spunsvæggen og ud til en ny grøft på ydersiden af spunsvæggen. Den omlagte grøft får udløb til vandhullet ud for Bæltevej 18, som den eksisterende grøft. Ved etablering af diget skal det sikres, at den eksisterende rørlagte grøft afskæres i digelinjen.

Plantegninger med det foreslåede dige, er vist på tegning NSTR-D-TK-1001 til NSTR-D-TK-1004 og på nedenstående Figur 5.1.

Ved den foreslåede beskyttelseslinje, vil 7 grundejere have en del af diget på deres grund. Dette er matr. nr. 18eg, 18aø, 18ee, 18ed, 18ek, 18ir og 18ec. Matr. nr. 18ec vil dog kun være berørt af rampen til overkørsel af diget syd for matriklen. Matrikler fremgår af Figur 2.9.



Figur 5.1: Oversigtskort med dige

## 5.2 Digekeer

Højden af diget bestemmes på baggrund af følgende faktorer:

- Valgt statistisk eller historisk højvande
- Korrektion for vandspejlsstigning på grund af klimaforandringer
- Korrektion for landhævning
- Bølge set-up og bølgeopløb på diget
- Evt. tillæg af statistisk usikkerhed

### 5.2.1 Vandstand

Det er valgt at basere den dimensionsgivende vandstand på den historiske højvandshændelse i november 2006. Dette vurderes jf. afsnit 4.1, at være en vandstandskote på 1,8 m. For sikring for denne hændelse frem til 2050 skal der tillægges 30 cm havvandspejlsstigning korrigeret for



landhævning. Det er dog valgt at etablere diget for en kortere tidshorizont, med mulighed for at hæve digekoten senere. Der tillægges derfor kun et sikkerhedstillæg på 15 cm svarende til halvdelen af den forventede vandspejlsstigning. Da det er en historisk hændelse der dimensioneres for, tillægges ingen statistisk usikkerhed.

Dette giver en dimensionerende vandstand i kote +1,95 m.

### 5.2.2 Bølgeopløb

Den vestlige del af området mod strandengen, vil med en dimensionerende vandstand i kote 1,95 m være eksponeret for bølgepåvirkning ved nordvestlig vindretning. Bølgehøjden på dybt vand er vurderet til ca. 3 m i designsituationen. Denne vil være reduceret væsentligt ved digefoden som følge af bølgebrydning på forstranden.

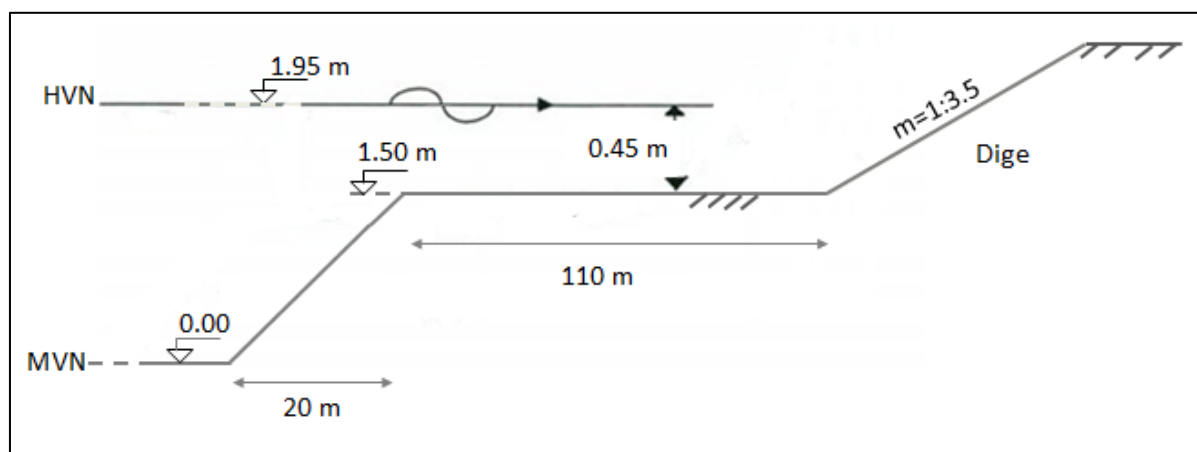
Den sydlige del strandengen foran diget har en gennemsnitlig terrænkote på 1,5 m. Dette varierer dog en del på tværs af kysten med områder helt op til 1,75. Generelt kan det antages at bølgerne bryder ved en bølgehøjde på 78% af vanddybden. I dette tilfælde, hvor der er en bred forstrand med varierende vanddybde, vurderes det, at bølgehøjden højst kan være 60% af den gennemsnitlige vanddybde når bølgerne når digefoden.

Ved en vandstandskote i 1,95 fås en vanddybde på 45 cm og en bølgehøjde foran diget på 25 - 30 cm.

Bølgerne vil give anledning til setup og opløb på diget, som er bestemt i henhold til ref./8/. Ved forudsætningerne som er skitseret i Figur 5.2, fås et samlet bølgeopløb på ca. 40 cm, som skal lægges til det dimensionerende vandspejlsniveau, for at forhindre at diget bliver overskyllet i designsituationen.

Områderne mod nord og syd, er mindre eksponeret for bølger end den vestlige del. Mod nord ligger terrænet på strandengen over kote 2,0, som herved beskytter den nordlige del af diget. Diget/spunsvæggen mod syd ligger beskyttet ved bølger fra nordvest.

I disse områder vurderes det, at være tilstrækkeligt, at tillægge 10 cm til mindre svulp.



Figur 5.2: Definitionsskitse

## 5.2.3 Sammenfatning – nødvendige digekoter

Digets topkote er dermed bestemt som vist i Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Digekoter

	Inderste del af nordligt og sydligt dige/spunsvæg	Vestligt dige
Højvandskote bestemt på baggrund af 2006 hændelse	+1,8 m DVR90	+1,8 m DVR90
Tillæg for sikkerhed/havvandsstigninger på kortere sigt	0,15	0,15
Tillæg for bølgepåvirkning	0,10	0,40
<b>Digekote</b>	<b>+2,05 m DVR90</b>	<b>+2,35 m DVR90</b>

## 5.2.4 Fremtidig sikring i 2050

Indtræder den fremtidige vandsstandsstigning frem mod 2050, skal der tillægges et klimatillæg på 30 cm og korrigeres for landhævning. Den højere vandstand i 2050 vil tillige medføre større bølgehøjder ved digefoden på havsiden og dermed et større bølgetillæg. I nedenstående Tabel 5.2 er de vurderede nødvendige digekoter i 2050 sammenfattet.

Tabel 5.2: Vurderede fremtidige nødvendige digekoter i 2050

	Inderste del af nordligt og sydligt dige/spunsvæg	Vestligt dige
Højvandskote bestemt på baggrund af 2006 hændelse	+1,8 m DVR90	+1,8 m DVR90
Tillæg for havvandsstigninger frem til 2050	0,30	0,30
Korrektion for landhævning	-0,04	-0,04
Tillæg for bølgepåvirkning	0,20	0,60
<b>Digekote</b>	<b>+2,26 m DVR90</b>	<b>+2,66 m DVR90</b>

Nødvendig fremtidig digekote bør i sagens natur revurderes, når udviklingen er bedre kendt.

## 5.3 Digeopbygning - Jorddige

Jorddiget etableres med skråningshældninger på 1:3,5 på begge sider af diget og en kronebredde på 2 meter. Tværsnittegninger af det foreslåede dige er vist i tegning NRST-D-TG-2301.

Ved hældning på 1:3,5 er det muligt ved senere forhøjelser, at forhøje med 30 cm og bevare digets fodaftryk i det sydvestlige hjørne, hvor pladsforholdene besværliggør en udvidelse, hvis man laver digehældningen 1:3. En hældning på 1:3 er at anse som en absolut maksimum af et dige af denne type, og det skal i givet fald undersøges nærmere om bølgepåvirkningen af diget vil kræve fladere hældning på havsiden.

Forud for etablering af jorddiget skal der foretages afrømning af vækstlaget under digets fodaftryk, således at diget etableres direkte på de trufne aflejringer af postglacialt sand.

Diget udføres med en lerkerne, der forhindrer vandgennemstrømning i selve diget og som skal kunne modstå erosion fra bølgepåvirkning på diget i en højvandssituation. For at afskære eventuelle gruslag med høj vandføringsevne direkte under vækstlaget og for generelt at begrænse vandgennemstrømningen i sandlaget under diget, etableres en lerfod under diget i mindst én meters dybde. Lerfoden bør som minimum etableres til en dybde, der svarer til undersiden af eventuelle gruslag.

Ved det sydlige område skal opmærksomheden henledes på, at der vil være mulighed for fund af arkæologiske fortidsminder fra Vikingetiden, og enhver udgravning (for f.eks. etablering af lerfod) skal udføres forsigtigt og følges nøje af arkæologer fra Nationalmuseet.

Over lerkernen etableres et græslag. Dette består af 10 cm muldjord, der tilsås med en græsblanding, hvis sammensætning er vist i Tabel 4.2. Sammensætningen svarer til hvad der typisk anvendes på den danske Vestkyst.

Græsart		Sort	Procentdel
Latin	Dansk		
Festuca arundinacea	Strandsvingel	Fine Lawn	20%
Festuca rubra	Rødsvingel	Suzette S	20%
Festuca rubra	Rødsvingel	Echo	40%
Lolium hybridum	Rajgræs, hybrid	Avance	15%
Agrostis stolonifera	Krybende hvene	Kromi S	2,5%
Agristil capillaris	Hvene, alm.	Highland bent.	2,5%

Figur 5.3: Græssammensætning, fra ref. /6/

#### 5.3.1 Sætninger

Konsolideringssætninger fra eventuelle tørvelag forventes at ville optræde i forbindelse med udførelsen af jorddiget. Efter opfyldning og komprimering af diget må det derfor påregnes, at der skal foretages efterfyldning af diget, som kompensation for opståede sætninger under udførelsen.

Efterfyldningen af diget skal påbegyndes i den ende af diget, der blev først etableret, således at sætningerne i den sidst etablerede del af diget får mulighed for at forløbe til ende inden efterfyldningen påbegyndes her. Konsolideringssætningerne må forventes at andrage mellem 0 og 20 cm. På grund af de varierende geologiske forhold, kan det ikke på forhånd forudses, hvor i digets tracé sætningerne vil blive størst.

Efterfølgende krybninger i jordbunden under diget må forventes at ville andrage mellem 0 og 5 cm pr. tidsdekade, dvs. pr. 1, 10 og 100 år efter etableringen af diget. De forventede krybninger kan imødegås ved i forbindelse med efterfyldningen af diget at etablere en overhøjde på eksempelvis 15 cm over den dimensionsgivende digehøjde. Alternativt må der påregnes senere efterfyldninger.

#### 5.4 Spunsvæg

Der etableres spunsvæg langs matrikel grænserne hhv. mod Nord og Syd. Begge spunsvægge vil jf. Tabel 5.1 have topkote i 2,35 m DVR90 ved overgangen til jorddiget, mens de på delen længst mod Bildsøvej har topkote i 2,05 m DVR90. Tværnitstegninger af de foreslåede spunsløsninger er vist i tegning NRST-D-TG-2301.

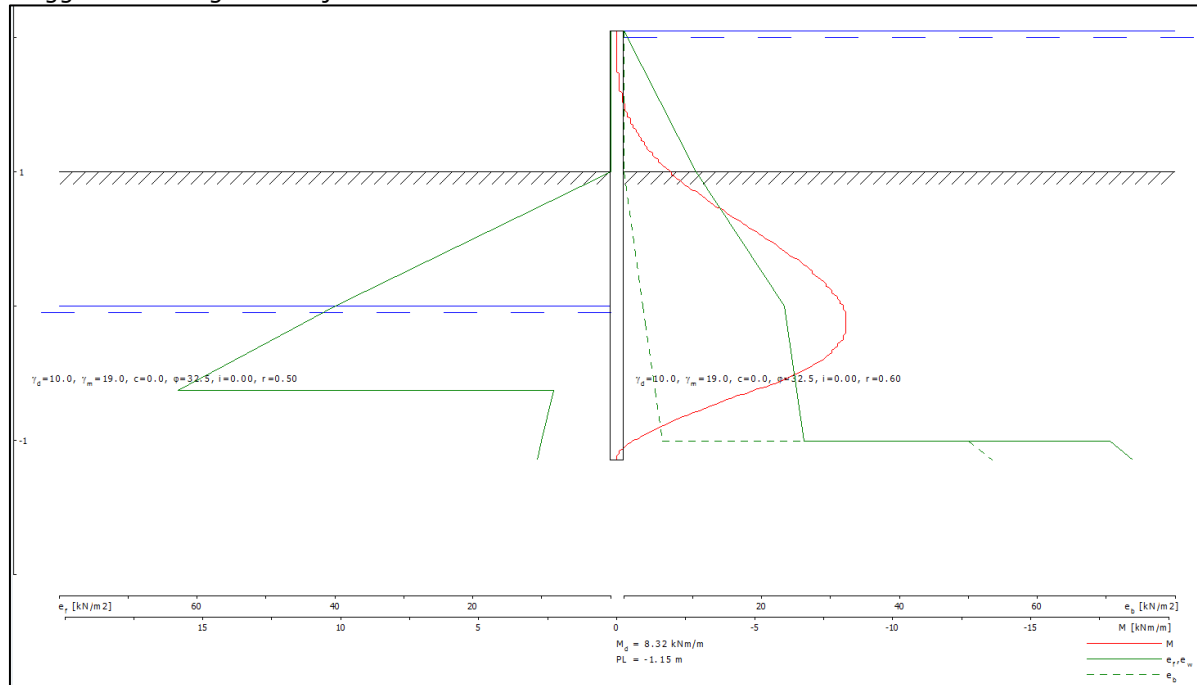
Til dimensionering af spunsvæggene er der udført en simpel stabilitetsberegning.

Jordparametrene for dimensionering af spunsvæggen fremgår af afsnit 4.3. I beregningerne er vandspejlet på bagsiden af spunsvæggen sat i den maksimale højde i kote 2,05 m, mens der på forsiden af spunsvæggen konservativt antages et vandspejl i kote 0. Dette er vist med blå linjer i Figur 5.4. Under de givne forudsætninger vil det være nødvendigt at ramme spunsen ca. 2,15 m ned (spids i kote -1,15 m DVR90, jf. Figur 5.4).



For at forhindre indstrømning i sandlaget under spunsvæggen i en højvandsituation, foreslås det at spunsen rammes hele vejen gennem sandlaget til moræneler for at lukke af for vandstrømning, hvilket fra den geotekniske undersøgelse vurderes at være 3,5 m.

Ved en dybde af spunsen på 3,5 m under terræn, vil det samtidigt være muligt at forhøje spunsvæggen til sikring mod højvandsniveauer i 2050.



Figur 5.4: Jordparametre for spuns-beregningerne.

Det påregnes, at der etableres en jordskråning med hældning 1:2 op ad den sydlige spunsvæg på søsiden, i halv højde af spunsvæggen, så skråningen dækker den nederste halvdel af spunsvæggen. Skråningen beplantes efterfølgende. Dette gøres for at skjule spunsvæggen bedst muligt synsmæssigt i forhold til det fredede naturområde syd for sommerhusbebyggelsen.

## 5.5 Overkørsler

Der etableres to overkørsler af diget som skal kunne benyttes af motorkøretøjer. Den ene overkørsel er placeret ud for parkeringspladsen i digets nordlige ende. Denne er hovedadgangen til stranden, og skal give adgang til redningskøretøjer og sikre handicapadgang til stranden. Da der skal være handicapadgang udføres overkørslen med en rampe med hældning 1:20, som er maksimumhældningen ved udførelse af adgangsveje for handicappede. Overkørslen udføres med 3,5 m bredde, svarende til den nødvendige bredde for lastbiler (>3,2 m). Kravet til den relative lille hældning, indebærer at jorddiget må slå et slag ud mod stranden inden det drejer ind for at møde spunsvæggen langs med det nordlige skel af parkeringspladsen.

Den anden overkørsel placeres mellem Bæltevej 8 og 10, hvor der er en eksisterende adgang til stranden. Overkørslen etableres for at sikre vejadgang til matrikel nr. 18ir. Overkørslen etableres i 2,5 m bredde (svarende til bredden af den eksisterende sti til stranden) med en hældning på 1:20, så der også her er handicapadgang til stranden. For enden af overkørslen etableres en vendeplads på 5 x 10 meter.

Begge overkørsler etableres ved udlægning af 20 cm bundsikringsgrus og 30 cm stabilgrus, der efterfølgende komprimeres.

Derudover etableres to yderligere overgange for gående. Disse udføres ved de to sidste eksisterende adgangsveje til stranden. Overgangene etableres uden rampe, ved udlægning af bundsikringsgrus i en tykkelse på 30 cm på diget.

## 5.6 Afvanding

Ved anlæggelse af det fremtidige dige afskæres afstrømningsmulighederne fra terrænet. For at sikre afvandingen af området etableres derfor et drænsystem på indersiden af diget.

Funktionen af drænsystemet er defineret ved, at være et regnvandssystem som skal opsamle og bortlede afstrømmet regnvand fra terræn. Det er ikke muligt at anlægge et gravitationsystem, og der skal derfor i forlængelse af drænsystemet anlægges en pumpebrønd som løfter og afleder vandet til recipienten.

I nærværende forslag er det ikke fastlagt, hvilken regnhændelse drænsystemet skal dimensioneres efter og forslaget er at betragte som et groft skitseforslag. Den endelige størrelse af drænsystemet inklusiv pumpebrønd kan således først fastlægges efter en hydraulisk beregning.

### 5.6.1 Anlæggelse af indvendig drænledning

Afvandingen forslås anlagt med en drænledning langs indvendige digefod, hvori  $\varnothing 200$ - $250$ PE/PP topslidsede drænrør anlægges med  $\varnothing 425$ PE/PP rense/sandfangsbrønde for hver 50 lbm. Rense-/sandfangsbrøndene anlægges med 35 l sandfang. Rense-/sandfangsbrøndene kan afsluttes til terræn med enten et tæt dæksel i beton eller en kuppelrist i støbejern. Både drænledning og rensebrønde skal opdrift sikres.

Center af drænledningen anlægges 1,0m fra skråningsfoden i en grøft som tilfyldes med et grus/sten materiale med høj permeabilitet. Over drænet etableres en mindre lavning i terrænet for at samle den overfladiske afstrømning i dræntracéet.

Drænvandet graviterer via drænledningen mod terrænets dybdepunkt i det sydvestlige hjørne af projektområdet. Fra dette punkt anlægges en tæt  $\varnothing 200$ PE/PP ledning mod den planlagte pumpebrønd.

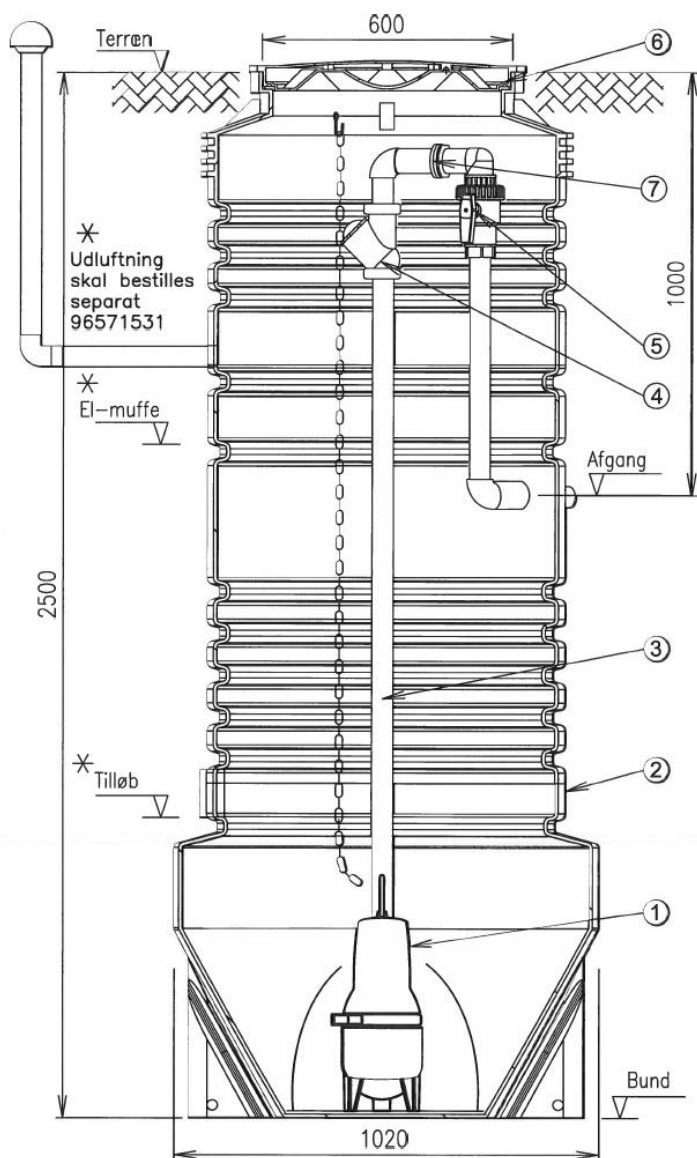
Langs indersiden af den sydlige spunsvæg lægges en drænledning (tilsvarende ledningen langs jorddiget) i det eksisterende grøfte tracé, som fyldes op. Alternativt kan den eksisterende grøft eventuelt bibeholdes som åben grøft, til at lede overfladevand til drænsystemet.

Langs den nordlige spunsvæg etableres en lavning (mindre grøft) langs indersiden af spunsvæggen, for at lede overfladevand ned til drænsystemet.

Begge spunsvægge afskærer i et vist omfang grundvandsindstrømningen til sommerhusområdet.

### 5.6.2 Anlæggelse af en pumpebrønd

Pumpebrønden anbefales anlagt som en præfabrikeret PE/PP pumpebrønd for enden af Bæltevej. Pumpebrønden er indledningsvist vurderet til en kapacitet på 10 l/s. Et eksempel på pumpebrønd er vist i Figur 5.5. I forbindelse med brønden etableres en underjordisk pumpeump.



**Figur 5.5: Eksempel på pumpebrønd, Grundfoss nr. 97796828**

Der skal samtidigt med anlæggelse af pumpebrønden, føres strøm frem til det planlagte el-skab.

Pumpebrøndens funktion er at løfte og aflede drænvandet, via en trykledning til den fælles anlagte oppumpningsbrønd umiddelbart syd for græsvangen 9.

Der skal derfor fra pumpebrønden anlægges en trykledning mod nord langs den fremtidige spunsvæg. Trykledningen tilsluttes fremtidig fælles oppumpningsbrønd, hvorfra en ny udløbsledning anlægges som erstatning for den eksisterende.

Det anbefales at anlægge en ny trykledning fra den eksisterende pumpebrønd installeret på Græsgangen 9 og frem til den nye fælles oppumpningsbrønd, således at de to pumpebrønde kan deles om udløbsledningen samt udløbspunktet.

#### 5.6.3 Ny afvandingsgrøft på ydersiden af sydlige dige/spunsvæg

På ydersiden af det sydlige dige/spunsvæg, etableres en ny grønft til erstatning af grønften i sydskellet, som i fremtiden kommer til at ligge inden for diget. Grønften etableres syd for pumpestation og regnvandsbassin ved Bildsøvej, og føres vest for regnvandsbassinet ind mod spunsvæggen diget. Afløbet fra regnvandsbassinet føres til den nye grønft. Grønften føres derfra langs hele



spunsvæggens og digets længde, til udløbet af den eksisterende grøft i vandhullet vest for det sydvestlige hjørne af sommerhusområdet.

Idet der etableres en skråning fra eksisterende terræn ind mod spunsvæggen i halv højde af spunsvæggen, etableres grøften i direkte fortsættelse af skråningen, så kant af grøft ligger ca. 1-1,25 m fra spunsvæggen. Grøften etableres med en bredde fra brink til brink på 2 meter og med 0,5 m dybde. Hældningen af siderne udføres som 1:2 og har dermed samme hældning som skråningen ind mod spunsvæggen. Grøften etableres med et V-profil uden en egentlig bundbredde

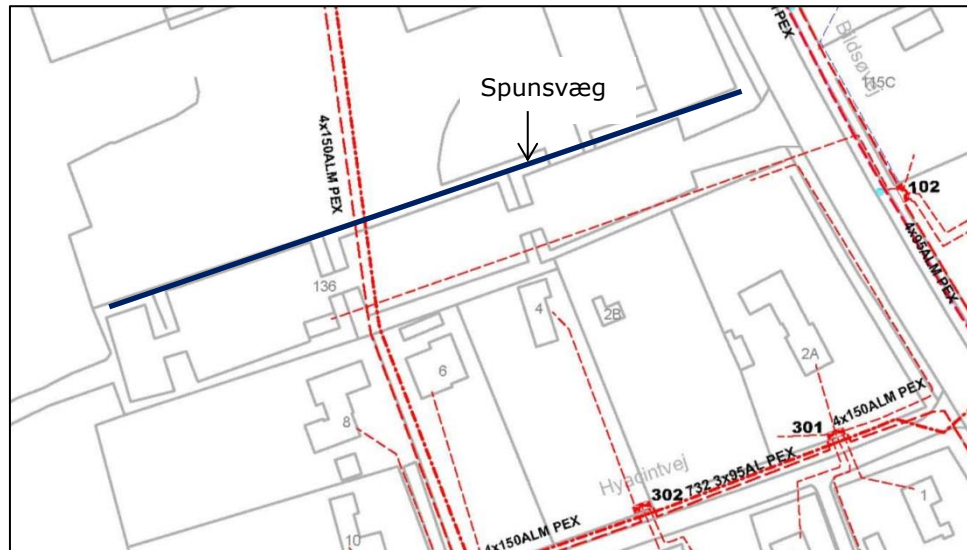
## 5.7 Ledningsforhold

Beliggenheden af eksisterende ledninger i området er blevet undersøgt (vand, afløb, varme, el, telefon), og diget/spunsvæggene er placeret så det generelt ikke krydses eksisterende ledninger. Der ligger dog eksisterende el-ledninger gennem parkeringspladsen mod nord, som det ikke kan undgås bliver krydset.

Der etableres tre ledningsgennemføringer af spunsvæggene hhv. mod nord og syd.

- Gennemføring af to el-ledninger i den nordlige spunsvæg
- Gennemføring af afvandsledning i den sydlige spunsvæg
- Gennemføring af ledning fra udløb i eksisterende grøft til ny grøft på ydersiden af den sydlige spunsvæg ved Bildsøvej

I den nordlige spunsvæg ved parkeringspladsen skal en eksisterende el-ledning føres gennem spunsen. Ledningen er vist på nedenstående ledningsplan over el-ledninger.



Figur 5.6: El-ledninger omkring parkeringspladsen i den nordlige del af området (vist med rødt), SEAS-NVE

De to øvrige ledninger etableres som led i projektet.

## 5.8 Særlige udførelseskrav for sydlig spunsvæg

Den sydligste spunsvæg angivet på Figur 5.1 etableres i skel mellem sommerhusmatriklerne og strandengen, der grænser op til Bildsøvej syd for sommerhusområdet.

Idet strandengen er et beskyttet område, bør der gøres foranstaltninger for at belaste området mindst muligt.

For at minimere beskadigelse af engen bør der anlægges en anlægsvej af køreplader i ca. 5 m bredde og i hele den fremtidige spunsvægs længde, hvorpå al anlægstrafik og materielhåndtering skal foregå.

Det vurderes at færdsel på køreplader, vil være det mest skånsomme for området, og at regenereringen efter de, forventeligt, små skader på vegetationen vil være hurtig.

Ydermere foreslås det, at der placeres en bunke oliesugende grus ved anlægsvejens begyndelse ved Bidsøvej, således at der ved eventuelt oliespild kan handles hurtigt. Desuden anbefales det, at der etableres en midlertidig oliesugende barriere (oliesugende poser) langs sydsiden af den øst-/vestgående grøft.

I tilfælde af oliespild skal der således udlægges oliesugende grus, og det påvirkede jord skal bortgraves og bortskaffes.

## 5.9 Arealer

Følgende arealer som er angivet i Tabel 5.3 er berørt af digeprojektet.

**Tabel 5.3: Arealer**

Strækning	Længde	Arealudlæg
Vestligt dige inkl. drænsystem	480 m	5846 m <sup>2</sup>
Sydlig spunsvæg inkl. drænsystem til kant af ny grøft	235 m	693 m <sup>2</sup>
Overkørsler	-	670 m <sup>2</sup>
Ny grøft	275 m	550 m <sup>2</sup>
Nordlig spunsvæg inkl. drænsystem	116 m	197 m <sup>2</sup>
I alt		7956 m <sup>2</sup>

## 6. ANLÆGSOVERSLAG

På baggrund af det ovenfor beskrevne skitseprojekt, er der opstillet et anlægsoverslag indeholdende alle estimerede udgifter på alle væsentlige poster. Samlede anlægsomkostninger inkl. moms er estimeret til 8.495.000 kr.

Årlige driftsomkostninger er estimeret på baggrund af anlægsomkostningerne til 175.000 kr. inkl. moms.

I nedenstående tabel, er anlægsoverslaget nærmere specificeret.

**Tabel 6.1: anlægsoverslag**

		<b>Delpris (1000 kr.)</b>	<b>Total pris (1000 kr.)</b>
<b>Sum</b>			<b>8.495</b>
<b>Anlægsudgifter</b>			<b>8.365</b>
	Jorddige	1.600	
	Spunsvæg mod nord	800	
	Spunsvæg mod syd	1.290	
	Gennemføring af ledninger	150	
	Beplantning	20	
	Adgansveje	220	
	Drænsystem og om-lægning af grøft	700	
	<i>Delsum</i>	<i>4.780</i>	
	Mobilisering (10%)	478	
	Projektering og tilsyn (10%)	478	
	Uforudsete udgifter (20%)	956	
	<i>Delsum</i>	<i>6.692</i>	
	<i>Moms (25%)</i>	<i>1.673</i>	
<b>Jordopkøb</b>			<b>130</b>
	Køb af landbrugsjord mod syd	24	
	Køb af forstrandsareal	6	
	Landinspektør og tinglysning	100	



## 7. PARTSFORDELING

Bidragsfordelingen tager udgangspunkt i Lov om kystbeskyttelse § 3 stk. 5, hvorefter "Bidrag kan pålægges grundejere, der opnår beskyttelse ved foranstaltningen, eller opnår fordel derved. Det enkelte bidrags størrelse fastsættes af kommunalbestyrelsen".

Bestemmelsen begrænser ikke kredsen af grundejere, der kan pålægges bidragspligt, til ejerne af de direkte beskyttede ejendomme, og fordelingen af udgifterne mellem de beskyttede grundejere sker ud fra en individuel vurdering af risikoen for skader på den enkelte ejendom.

Da kystbeskyttelsesforanstaltningen her vurderes at beskytte samtlige grundejere i sommerhusområdet, Næsby Strand grænsende op til Bildsøvej som illustreret i figur 1.1. afsnit 1, indstilles der til, at der sker en lighedeling af omkostningerne til anlæg og vedligeholdelse af diget mellem samtlige 104 grundejere.

Dog har Digegruppen indstillet til, at de 7 grundejere, der som nævnt i punkt 5.1. må tåle at en del af diget placeres inden for skel, kompenseres herfor med et nedslag i deres andel af anlægsudgiften på kr. 15.000. Disse 7 grundejeres kompensation på i alt kr. 105.000 fordeles således ligeligt mellem de øvrige bidragsydere, ud over deres andel af anlægsudgiften beregnet efter lighedelingen af de samlede udgifter.

Dertil kommer, at det vurderes, at også tekniske installationer, der ejes af det lokale forsynings-selskab SK Forsyning, opnår en beskyttelse i området, som følge af det foreslåede digeprojekt. Da digeprojektet forhindrer oversvømmelse af området som følge af stormflodsvandstande, forhindrer det også oversvømmelse og vandindtrængning i områdets afløbsinstallationer, som ellers skal håndteres af forsynings-selskabet. Projektet giver derfor værdi for SK-forsyning på lige fod med grundejerne i området. Da alle der opnår beskyttelse eller fordel fra et kystsikringsprojekt kan pålægges bidrag til projektet, vurderes det derfor rimeligt, at SK-forsyning pålægges et bidrag. Ud fra en generel vurdering og på baggrund af det bidrag, der er pålagt forsynings-selskabet i en lignende sag på Sjællands Odde i Odsherred Kommune, vurderes et bidrag på 5% at være rimeligt fra SK-Forsyning.

Forsynings-selskabets eventuelle bidrag til anlægsudgiften og den årlige vedligeholdelsesudgift skal således fragå inden lighedelingen af de samlede anlægsudgifter mellem grundejerne i det beskyttede område.

**Tabel 7.1: Omkostninger. <sup>1</sup>18ir og 18cl har samme ejer, hvor 18ir giver kompensation men kun 18cl er bidragspligtig**

	Samlet pris (1000 kr)	Andel til SK forsyning	Andel til matr. nr. 18eg, 18aø, 18ee, 18ed, 18ek, 18cl(18ir) <sup>1</sup> og 18ec (1000 kr)	Andel øvrige (1000 kr)
Anlægsomkostninger	8495	425	543	7527
Kompensation	105	5	-105	100
I alt	8535	430	438	7627

**Tabel 7.2: Bidragsfordeling. <sup>1</sup>18ir og 18cl har samme ejer, hvor 18ir giver kompensation men kun 18cl er bidragspligtig**

	SK-forsyning	Matr. nr. 18eg, 18aø, 18ee, 18ed, 18ek, 18cl <sup>1</sup> og 18ec	Øvrige
Antal matrikler	-	7	97
Bidrag	430.000 kr	62.500 kr	78.700 kr

Det endelige bidrags størrelse fastsættes af kommunalbestyrelsen.

## 8. REFERENCER

- /1/ Højvandsstatistikker 2012, Kystdirektoratet.
- /2/ Kystplan 2009, Slagelse Kommune
- /3/ Technical Report 99-13, Observeret vindhastighed og -retning i Danmark-med klimanormaler 1961-90, 1999, DMI.
- /4/ Danmarks Miljøportal, [www.miljoeportal.dk](http://www.miljoeportal.dk)
- /5/ Næsby Strand – Højvandssikring, Vurdering af geotekniske forhold, notat nr. 1100011580-3-001. Rambøll, 2014-07-30.
- /6/ Thorsten Piontkowitz, Oplæg om diger. Randers Kommune, 20. maj 2014, Kystdirektoratet
- /7/ Klimatilpasning i kystområder. Kystdirektoratet 2012.
- /8/ EuroTOP manual
- /9/ Frie Geodata fra Geodatastyrelsen, <http://download.kortforsyningen.dk/>



## 9. TEGNINGSLISTE

<b>Tegning nr.</b>	<b>Version</b>	<b>Titel</b>	<b>Skala</b>
NSTR-D-TK-1001	2	Oversigtstegning	1:1000
NSTR-D-TK-1002	2	Plantegning og detalje	1:250
NSTR-D-TK-1003	1	Plantegning og detalje	1:250
NSTR-D-TK-1004	0	Plantegning og detalje	1:250
NRST-D-TG-2301	1	Udvalgte tværsnit	1:50