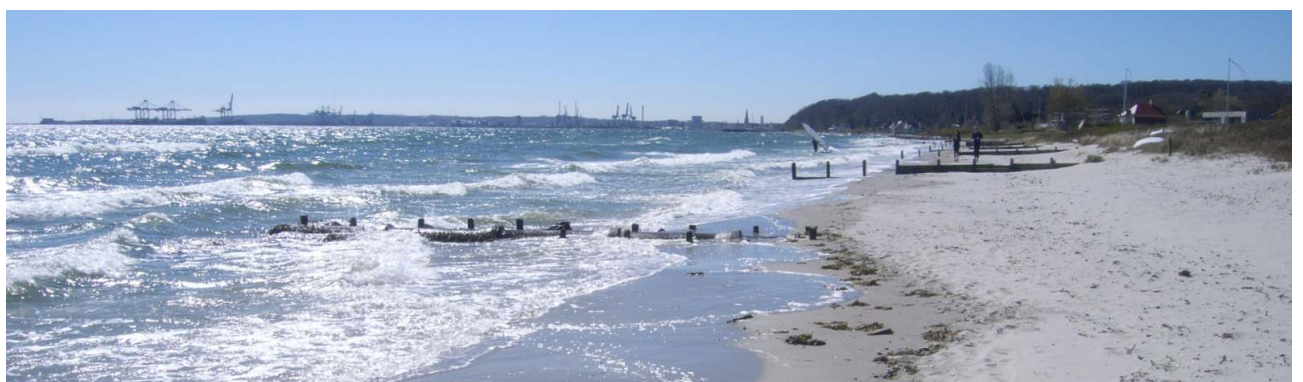


Digelaget Vejlby Fed

Vejlby Fed

Kystteknisk vurdering

Juni 2008



COWI



COWI A/S

Jens Chr. Skous Vej 9
8000 Århus C

Telefon 87 39 66 00
Telefax 87 39 66 60
www.cowi.dk

Digelaget Vejlby Fed

Vejlby Fed

Kystteknisk vurdering

Juni 2008

Dokument nr. 68885-PR-01
Version nr. 1
Udgivelsesdato 04. juni 2008

Udarbejdet CEL
Kontrolleret THGI
Godkendt THGI

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Hydrografiske forhold	4
2.1	Vind	4
2.2	Vandstand	6
2.3	Bølger	8
2.4	Sedimenttransport	11
3	Kystteknisk lokalitetsbeskrivelse	14
3.1	Kysten	14
3.2	Kystinspektion	17
3.3	Historisk kystudvikling	32
4	Kysttekniske vurderinger og skitseforslag	39
4.1	Enhedspriser	39
4.2	Platanvej til Rønnevej	40
4.3	Rønnevej til Strandborgvej	46
4.4	Udløbsledninger	50
4.5	Hospitalsgrunden til Åkrogen (generelt)	55
5	Referencer	62

1 Indledning

Nærværende rapport omhandler en kystteknisk analyse for Vejlbj Fed.

Digelaget Vejlbj Fed har kontraheret COWI til at foretage en kystteknisk analyse af kyststrækningen fra Åkrogen til Hospitalsgrunden i Risskov.

Der er blevet afholdt et opstartsmøde den 10. april 2008, hvor Digelaget har udleveret relevant baggrundsmateriale til brug for undersøgelsen.

Repræsentanter for Digelaget har desuden sammen med COWI foretaget en inspektion af ovennævnte kyststrækning den 22. april 2008.

Formålet med den kysttekniske undersøgelse er primært at klarlægge følgende forhold:

- Hydrografiske forhold: Vind, vandstand og bølger
- Kystdynamiske forhold langs kysten
- Kystteknisk lokalitetsbeskrivelse og inspektion af kysten
- Kystteknisk vurdering samt skitseforslag til forbedring af forholdene mellem Platanvej og Rønnevej
- Kystteknisk vurdering af høfdernes funktion samt skitseforslag til optimering af høfderne mellem Rønnevej og Strandborgvej
- Kystteknisk vurdering af effekten af udløbsledninger på strækningen samt skitseforslag til forbedring af den visuelle fremtoning af udløbene
- Generel vurdering af kystbeskyttelsen mellem Hospitalsgrunden og Åkrogen og skitseforslag til forbedring af uhensigtsmæssig kystbeskyttelse
- Prisoverslag for skitseforslagene.

Der er i nærværende rapport refereret til følgende to tidligere undersøgelser (/3/ og /4/):

- Kystmorfologisk undersøgelse foretaget af Dansk Hydraulisk Institut (DHI) for Århus Havn i 1997 i forbindelse med VVM undersøgelsen af havneudvidelsen

- Hydrauliske undersøgelser af DHI - Institut for vand og miljø (DHI) for Århus Kommune i 2007 vedr. kystsikring af De Bynære Havnearealer (Pier 4)

Det skal for god ordens skyld nævnes, at COWI har fået skriftlig tilladelse fra både Århus Havn og Århus Kommune til at referere til ovenstående undersøgelser.

2 Hydrografiske forhold

De hydrografiske forhold så som vind-, vandstands og bølgeforshold langs kysten i Vejlbj-Risskov beskrives i det følgende.

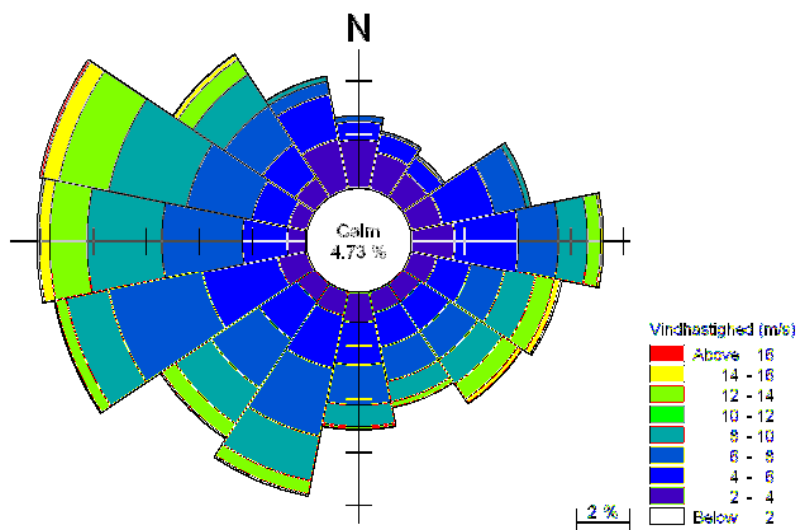
2.1 Vind

2.1.1 Normal vind

Vindstatistik for Sletterhage Fyr er blevet rekvireret hos DMI for perioden maj 2001 til maj 2008. Vindstatistikken fremgår af Tabel 2-1 og er afbilledet som vindrose i Figur 2-1.

Tabel 2-1 Vindstatistik for Sletterhage Fyr (maj 2001 til maj 2008). Observationer i %. Vindhastigheden (U) er baseret på 10 minutters middelværdier målt i 10m højde.

Retning U (m/s)	N	NNØ	NØ	ØNØ	Ø	ØSØ	SØ	SSØ	S	SSV	SV	VSV	V	VNV	NV	NNV	Total
0,2 - 1,5 m/s	0,400	0,400	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,200	0,300	0,200	0,200	0,200	0,300	0,200	0,400	0,400	4,700
1,6 - 3,3 m/s	1,800	1,400	1,100	1,200	1,600	1,000	0,800	0,800	1,100	0,900	0,800	1,100	0,700	0,700	0,900	1,900	17,800
3,4 - 5,5 m/s	0,700	0,700	0,700	2,000	2,400	1,300	1,300	1,300	1,600	2,000	1,700	2,900	1,700	1,400	1,500	1,700	24,900
5,6 - 7,9 m/s	0,200	0,100	0,100	1,200	1,500	1,300	1,300	1,300	1,500	2,600	2,200	3,600	3,000	2,500	1,700	0,500	24,600
8,0 - 10,7 m/s	0,000	0,000	0,000	0,200	1,100	1,200	1,100	0,800	0,800	1,700	1,600	1,600	2,800	3,000	1,400	0,200	17,500
10,8 - 13,8 m/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,700	0,700	0,200	0,100	0,500	0,600	0,400	1,400	1,900	0,700	0,000	7,700
13,9 - 17,1 m/s	0,000	0,000	0,000	0,002	0,084	0,225	0,172	0,000	0,017	0,074	0,064	0,046	0,401	0,601	0,172	0,003	1,862
17,2 - 20,7 m/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,053	0,018	0,000	0,002	0,005	0,008	0,008	0,088	0,124	0,040	0,000	0,354
20,7 - 24,4 m/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24,4 - 28,4 m/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002
sum	3,100	2,600	2,200	4,902	7,493	6,078	5,690	4,600	5,418	7,979	7,173	9,855	10,389	10,427	6,811	4,703	99,417



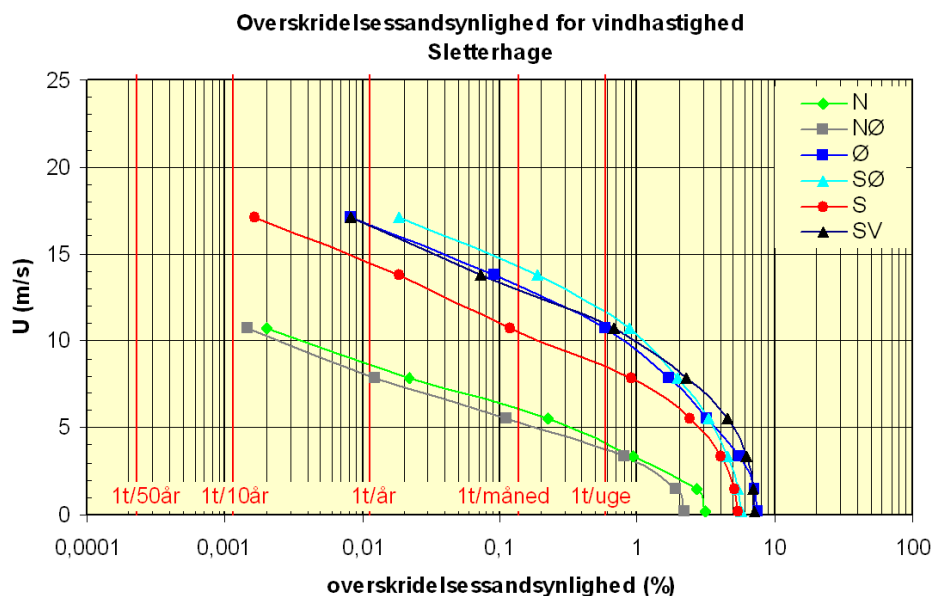
Figur 2-1 Vindrose for Sletterhage Fyr, maj 2001 til maj 2008.

Med hensyn til kystudviklingen på Vejlbj Fed er det de østlige og sydøstlige vinde, der skaber de bølger som påvirker kyststrækningen mest.

2.1.2 Ekstrem vind

På baggrund af vindstatistikken for Sletterhage Fyr, er der foretaget en analyse af overskridelsessandsynligheden for en given vindhastighed for forskellige retninger. Resultater fremgår af diagrammet i Figur 2-2, der kan anvendes til bestemmelse af ekstreme vindhastigheder fra forskellige retninger.

Ekstreme vindhastigheder fra vindretninger som har relevans for kyststrækningen på Vejlbj Fed fremgår af Tabel 2-2.



Figur 2-2 Overskridelsessandsynlighed for en given vindhastighed fordelt på retninger. Baseret på vindstatistik for Sletterhage Fyr.

Tabel 2-2 Ekstreme vindhastigheder (m/s) bestemt på baggrund af vindstatistik for Sletterhage Fyr

Vindretning	Returperiode			
	1t / måned	1t / år	1t / 10 år	1t / 50 år
N	7	9	12	14
NØ	6	8	11	13
Ø	13	17	19	21
SØ	19	18	20	22
S	11	14	18	20
SV	13	17	19	21

2.2 Vandstand

2.2.1 Normale vandstande

Der er kun meget begrænset astronomisk tidevand i Århus Bugt. Ifølge /1/ er der en forskel mellem middelhøjvande og middellavvande på 0,3 m.

I forbindelse med kraftig vind kan der forekomme mere betydelige vandstandsvariationer. Således kan vestlige vinde ifølge /1/ give 1-2 m højvande og østlige vind indtil 1,0 m lavvande.

I /4/ er der foretaget en detaljeret analyse af vandstandene i Århus Havn (i forbindelse med kystsikringen langs Pier 4). Analyserne er foretaget på baggrund af vandstandsmålinger foretaget af DMI i perioden 24. november 2003 til 29. november 2006. Herfra kan uddrages følgende:

- En vandstand på +1,0 m DVR90* vil være overskredet i gennemsnit ca. 12 timer pr. år
- En vandstand på +0,5 m DVR90 vil være overskredet i gennemsnit ca. 16 dage pr. år
- Vandstanden vil være lavere end -0,5 m DVR90 i gennemsnit i ca. 3 dage pr. år

Bemærk at der ikke er tale om én sammenhængende periode for hvilken ovennævnte vandstande vil optræde. Der er tale om flere perioder der samlet set svarer til de overskridelsessandsynligheder, der er angivet ovenfor.

F.eks. var der i 2005 384 registreringer (64 timer) med en vandstand på under -0,5m DVR90. Registreringerne fordeler sig på 26 hændelser, hvoraf den længste var på 7,3 timer og den korteste på ca. 10 minutter.

2.2.2 Ekstreme vandstande

Kystdirektoratet har i /2/ analyseret de maksimale vandstande i en række danske havne på baggrund af historiske vandstandsmålinger. I Århus Havn er de ekstreme vandstande i /2/ bestemt til følgende værdier:

Statistiske middeltidsvandstande 100 år, 50 år og 20 år

VS_{100} = 162 cm med spredning 9 cm

VS_{50} = 152 cm med spredning 7 cm

VS_{20} = 140 cm med spredning 5 cm

Tabel 2-3 viser de højest målte vandstande i Århus Havn i perioden 1888 til 2006.

De nævnte ekstremvandstande indeholder ikke bidrag for vandstandsstigninger som følge af global opvarmning (drivhuseffekten). Ifølge /2/ forventes en vandstandsstigning på 10-20cm i perioden indtil år 2050.

* I Århus gælder at 0,00 m DVR90 = +0,05 m DNN

29.4

Århus

Højeste vandstande

01.01.1888 - 04.12.2006

Dato/rev. : 01.11.2007

Højvandsstatistik 2007



DATO	DNN (cm)	DVR90 (cm)	TRENDFRI (cm)
1. november 2006	177	172	171
7. november 1985	167	162	162
22. december 1954	158	153	155
15. februar 1989	158	153	153
14. januar 1955	153	148	150
31. december 1921	148	143	146
2. oktober 1890	145	140	145
20. november 1973	140	135	136
3. februar 1898	133	128	133
18. december 1921	133	128	131
22. januar 1956	134	129	131
23. december 1894	128	123	128
27. februar 1990	133	128	128
4. december 1999	133	128	128
7. november 1973	130	125	126
29. september 1914	126	121	125
21. november 1981	130	125	125
21. februar 1993	130	125	125
30. januar 2000	130	125	124
13. november 1973	127	122	123
6. november 1911	123	118	122
10. januar 1995	126	121	121
28. januar 1901	120	115	119
1. februar 1905	120	115	119
5. oktober 1895	118	113	118
13. oktober 1926	120	115	118
9. november 1945	121	116	118
31. december 1904	118	113	117
23. oktober 1948	120	115	117
25. november 1981	122	117	117
16. januar 1896	116	111	116
25. december 1988	121	116	116
20. december 1993	121	116	116
28. september 1995	121	116	116
10. oktober 1923	117	112	115
4. april 1938	117	112	115
24. februar 1967	119	114	115
1. marts 1967	119	114	115
28. oktober 2006	121	116	115
17. februar 1962	118	113	114

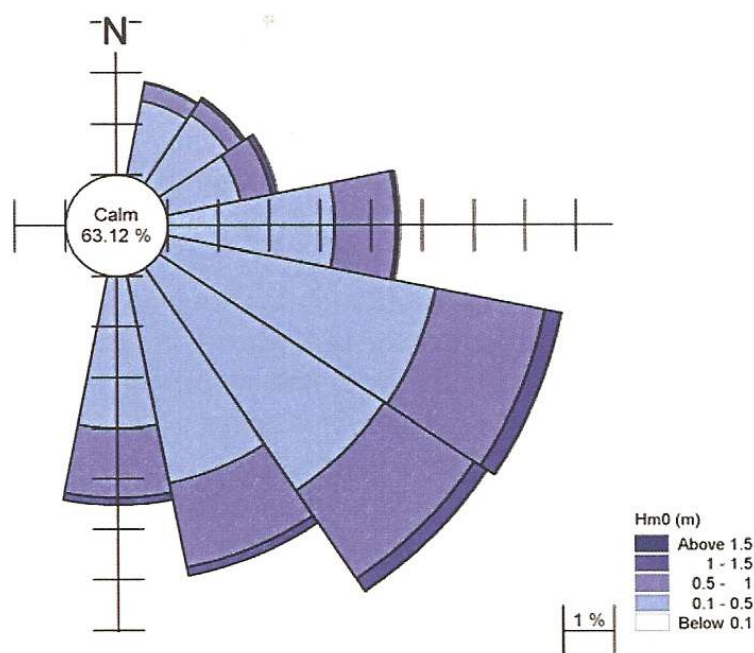
Tabel 2-3 Højeste målte vandstande i Århus Havn, fra /2/.

2.3 Bølger

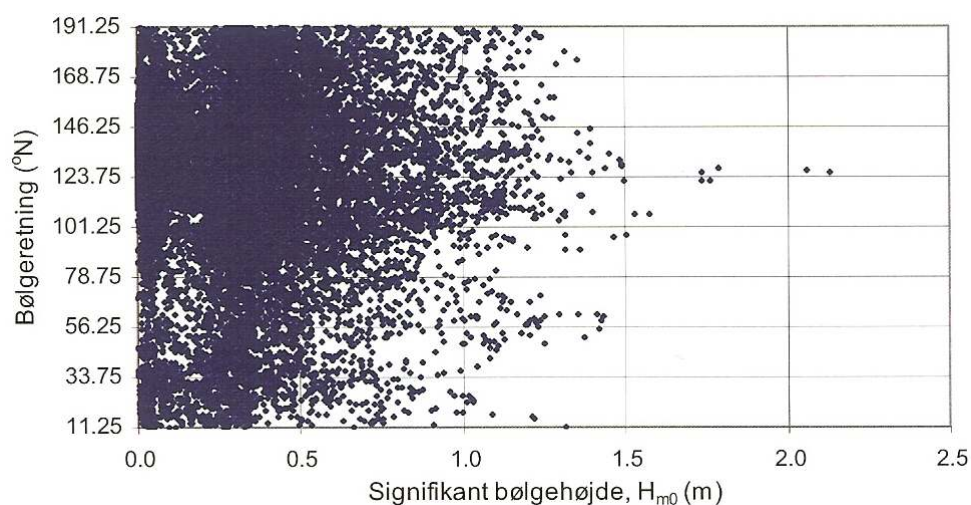
2.3.1 Normale bølger

I forbindelse med de hydrauliske undersøgelser for De Bynære Havnearealer har DHI udført numeriske bølgesimuleringer for Århus Kommune. *Figur 2-3* viser en bølgerose fra ref. /4/ udenfor Århus Havn og *Figur 2-4* viser et tilsvarende 'scatter plot' for de samme data, der dækker en periode over 4 år fra juni 2002 til juni 2006.

Figuren viser, at de største bølger udenfor Århus Havn og dermed også langs kyststrækningen ved Vejlbj Fed kommer fra sydøstlige retninger. Dette skyldes til dels at det blæser kraftigere fra denne retning (jf. Tabel 2-2) men hovedsageligt at det frie stræk er længst for denne retning, hvormed bølgerne har en større afstand at vokse op over.



Figur 2-3 Bølgerose fra udenfor Århus Havn for perioden juni 2002 til juni 2006. Hydrauliske undersøgelser af DHI (/4/).



Figur 2-4 'Scatter plot' af bølgehøjde mod bølgeretning for bølger udenfor Århus Havn fra juni 2002 til juni 2006. Hydrauliske undersøgelser af DHI (/4/).

Som det ses af *Figur 2-4* har der i løbet af den 4-årige periode undersøgt i /4/ været 2 hændelser med en signifikant bølgehøjde (H_{m0}) på over 2m og 10 hændelser med H_{m0} over 1,5m. Den signifikante bølgehøjde (H_s) er oprindeligt defineret som middelværdien af den største tredjedel af bølgerne i en bølgetilstand. H_{m0} er estimeret på den signifikante bølgehøjde beregnet ud fra energindholdet i bølgetilstanden. Den største enkeltbølge i bølgetilstanden er typisk af størrelsesordenen $2H_{m0}$.

2.3.2 Ekstreme bølger

Ekstrembølger udenfor Århus Havn er præsenteret i /4/ og gengivet i Tabel 2-4. Retningen af de angivne ekstrembølger udenfor Århus Havn er sydøstlig. Ekstrembølgerne forventes at være repræsentative for bølgeforholdene langs Vejlbby Fed.

Tabel 2-4 *Anbefalede ekstrembølger udenfor Århus Havn, fra /4/.*

Returperiode		
1t / år	1t / 10 år	1t / 50 år
$H_{m0} = 2,1\text{m}$	$H_{m0} = 2,5\text{m}$	$H_{m0} = 2,7\text{m}$

2.3.3 Hurtigfærgebølger

Der har gennem tiden været en del debat om de bølger der genereres af hurtigfærgerne på ruten Århus-Odden og tidligere Århus-Kalundborg.

Umiddelbart efter hurtigfærgernes indtog i Danmark i midten af 1990'erne afstedkom de stor offentlig debat, idet de flere steder gav anledning til voldsomme bølger inde ved kysten. Bølger der hævdedes at kunne være til fare for både badegæster og jollesejlere. Også ved kysten i Vejlbby-Risskov afstedkom de nye hurtigfærgebølger visse gener og stor debat.

Pga. af de store gener fra hurtigfærgeruter i indre danske farvande blev Dansk Hydraulisk Institut (DHI) i 1996 bedt af Søfartsstyrelsen om at udføre en detaljeret teknisk analyse af fænomenet. Dels ved en detaljeret kortlægning af hurtigfærgebølgerne egenskaber (bl.a. måling af færgebølgerne i Kalundborg Fjord) og en redegørelse for hvordan problemet med hurtigfærgebølgerne kunne afhjælpes. Et resumé af denne omfattende undersøgelse er præsenteret i /8/.

Efter DHI's undersøgelse blev der indført krav om miljøgodkendelse af hurtigfærger inden de blev indsat på ruter i Danmark. Som en del af denne miljøgodkendelse skal der nu foreligge dokumentation for at færgens hastighed, rute, navigationsforhold mm. er tilpasset de lokale forhold og optimeret med henblik på at mindske generne fra færgebølgerne inde ved kysten. Dette har i stor udstrækning elimineret 90'ernes problemer med hurtigfærgebølger langs de danske kyster.

Der er dog stadig i dag betydelige bølger fra hurtigfærgerne, som ruller ind på stranden i Vejlbj-Risskov, såvel som på andre kyststrækninger i nærheden af en hurtigfærge rute. Dette skyldes at hurtigfærgebølgerne ER principielt forskellige fra de vindgenerede bølger i indre danske farvande og fra bølger genereret af konventionelle (og langsommere sejlene) færges og skibe.

Hurtigfærgebølgerne adskiller sig primært i at være mere langperiodiske. Ifølge /8/ er bølgeperioden for hurtigfærgebølger typisk i størrelsesordenen 9-10s, hvorimod den er i størrelsesordenen 4-5s for konventionelle færges og under normale forhold 3-4s for vindgenerede bølger.

Hurtigfærgernes længere bølgeperiode (og dermed bølgelængde) betyder at bølgerne har karakterer som de dønninger der kendes fra langt mere udsatte kyststrækninger end de indre danske farvande. Bølgerne har indflydelse længe ned i vandsøjlen og de bryder mere voldsomt på kysten end de naturlige bølger i indre danske farvande. Med hensyn de kystmorfologiske forhold, har sådanne bølger ifølge /5/ en tendens til at transportere sand fra revlerne ind mod kysten. De kan med andre ord bidrage til transport af sand på tværs af kysten - fra dybere vand ind på lavere vand. Dette kan være en medvirkende årsag til at stranden langs Vejlbj Fed generelt er bred og mange steder betydelig bredere end midt i firserne, hvor der specielt midt på strækningen omkring Havgårdsvej var en meget smal strand.

I dag vurderes hurtigfærgebølgerne ikke at være farlige for badesikkerheden langs stranden i Vejlbj-Risskov på trods af at de stadig kan optræde pludseligt og have en betydelig størrelse.

2.4 Sedimenttransport

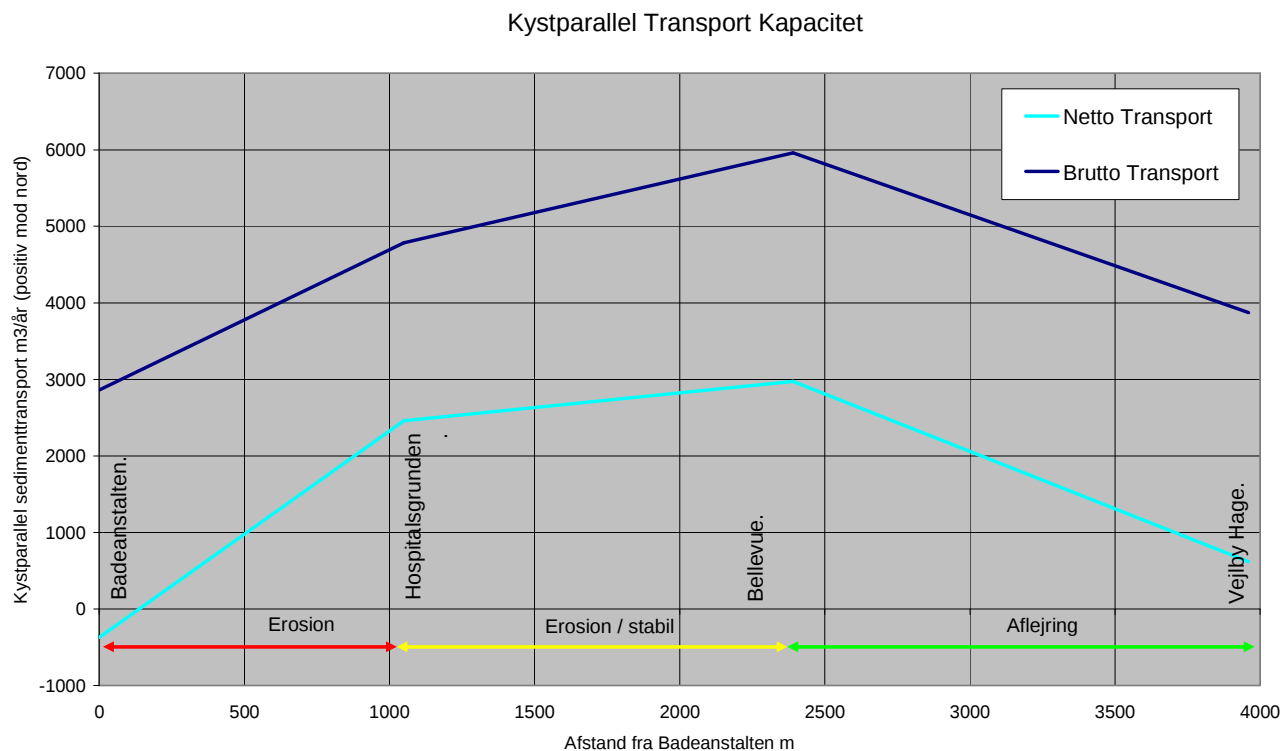
2.4.1 Sedimentbudget

DHI har i /3/ analyseret sedimenttransportforholdene langs kysten i Risskov. Analysen giver et overordnet billede af sandvandringen langs kysten og derved et billede af, hvilke strækninger der er stabile og hvilke der vil være udsat for hhv. erosion eller aflejring efter udvidelsen af Århus Havn.

Figur 2-5 viser en grafisk præsentation af netto og brutto sedimenttransportkapaciteten langs kysten mellem Badeanstalten og Vejlbj Hage efter udvidelsen af Århus Havn. Brutto transporten er summen af nord- og sydgående transport (nord- og sydgående transport lagt sammen uden fortegn), hvorimod netto transporten er den resulterede transport (nord- og sydgående transport lagt sammen med fortegn).

En positiv hældning på net transport kurven i *Figur 2-5* angiver at kysten er under erosion, hvorimod en negativ hældning angiver at kysten er under aflejring.

De estimerede transportkapaciteter indeholder ikke effekten af områder med stenet bund, høfder og stenkastninger, som vil ændre de faktiske transportrater.



Figur 2-5 Kystparallel sedimenttransport kapacitet fra /3/.

Figur 2-5 viser, at netto sedimenttransporten generelt er fra syd mod nord langs kysten fra Hospitalsgrunden til Vejlbj Hage og helt ud til Egå Marina. Dog er transporten mod syd ved Badeanstalten (negativ nettotransport).

Netto transportkapaciteten stiger fra Badeanstalten ud mod Bellevue og aftager derefter ud mod Vejlbj Hage. Dette betyder, at der er en tendens til at stranden eroderer mellem Badeanstalten og Bellevue og at der vil ske aflejring mellem Bellevue og Vejlbj Hage.

Der er en mindre stigning i netto transportraten mellem Hospitalsgrunden og Bellevue. Dette betyder, at denne strækning er mere stabil forudsat, at der er et tilstrækkeligt input af sand sydfra. Hvis dette ikke er tilfældet vil strækningen være under erosion.

DHI konkluderer i /3/, at udvidelsen af Århus Havn generelt vil mindske sediment transportraterne og at der muligvis vil kunne opleves erosion af stranden ved Bellevue (i størrelsesordenen 1m på 10 år) efter udvidelsen af Århus Havn.

Ved Vejlbj Hage er nettotransporten begrænset og stranden er derfor relativ bred og stabil.

Hovedparten af transporten foregår på mindre end 2 meters dybde. De små høfder blokerer derfor en stor del af transporten og har derved (i alt fald i slutningen af 1990'erne) ifølge /3/ en betydelig effekt på kystlinjens forløb.

3 Kystteknisk lokalitetsbeskrivelse

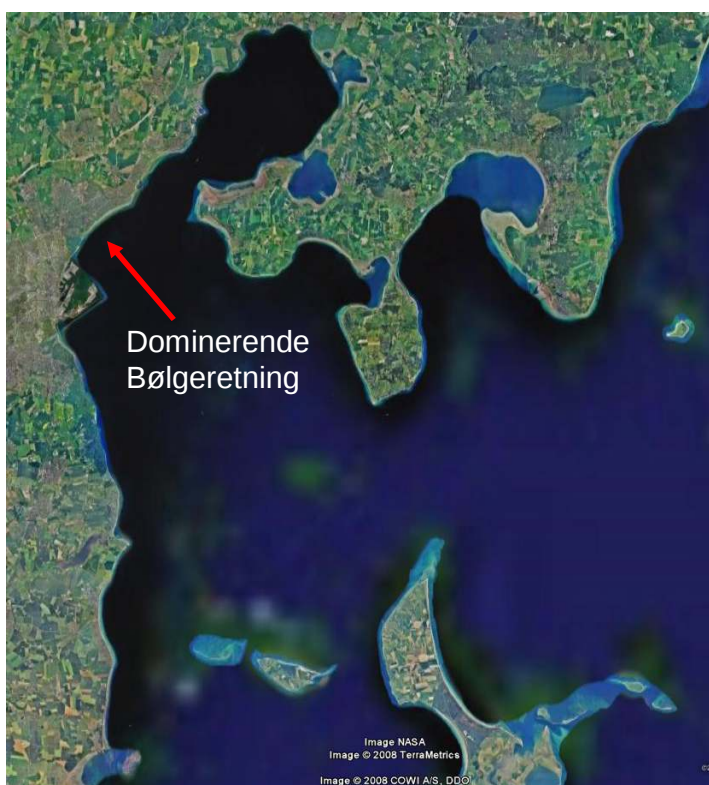
3.1 Kysten

Figur 3-1 og Figur 3-2 viser et luftfoto hhv. et søkort over Århus Bugten.

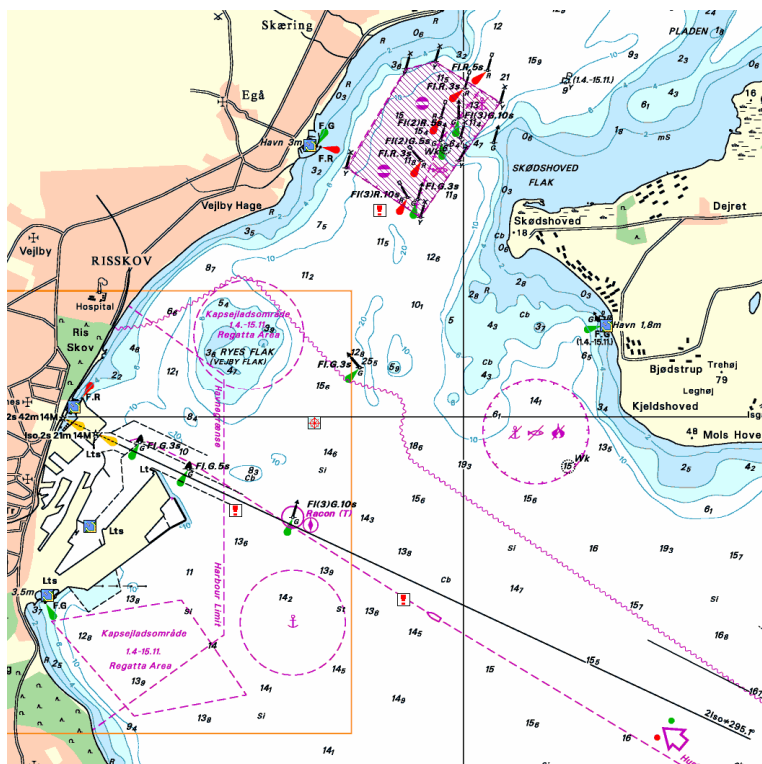
Vejlby Fed danner en et marint forland som vender mod sydøst og derved det længste frie stræk mod Samsø.

Århus Bugten har generelt en vanddybde på omkring 15 m. Der ligger et flak udfor Vejlby Fed med omkring 4 meters vanddybde.

Det marine forland ved Vejlby Fed strækker sig fra de høje morænebakker ved Risskov til Vejlby Hage, hvor der ligger et lavvandet stenflak langs kysten.



Figur 3-1 Århus Bugten og Vejlby Fed (rød pil). © Google Earth.



Figur 3-2 Søkort over Århus Bugten og Vejlbj Fed. © Kort og Matrikelstyrelsen.

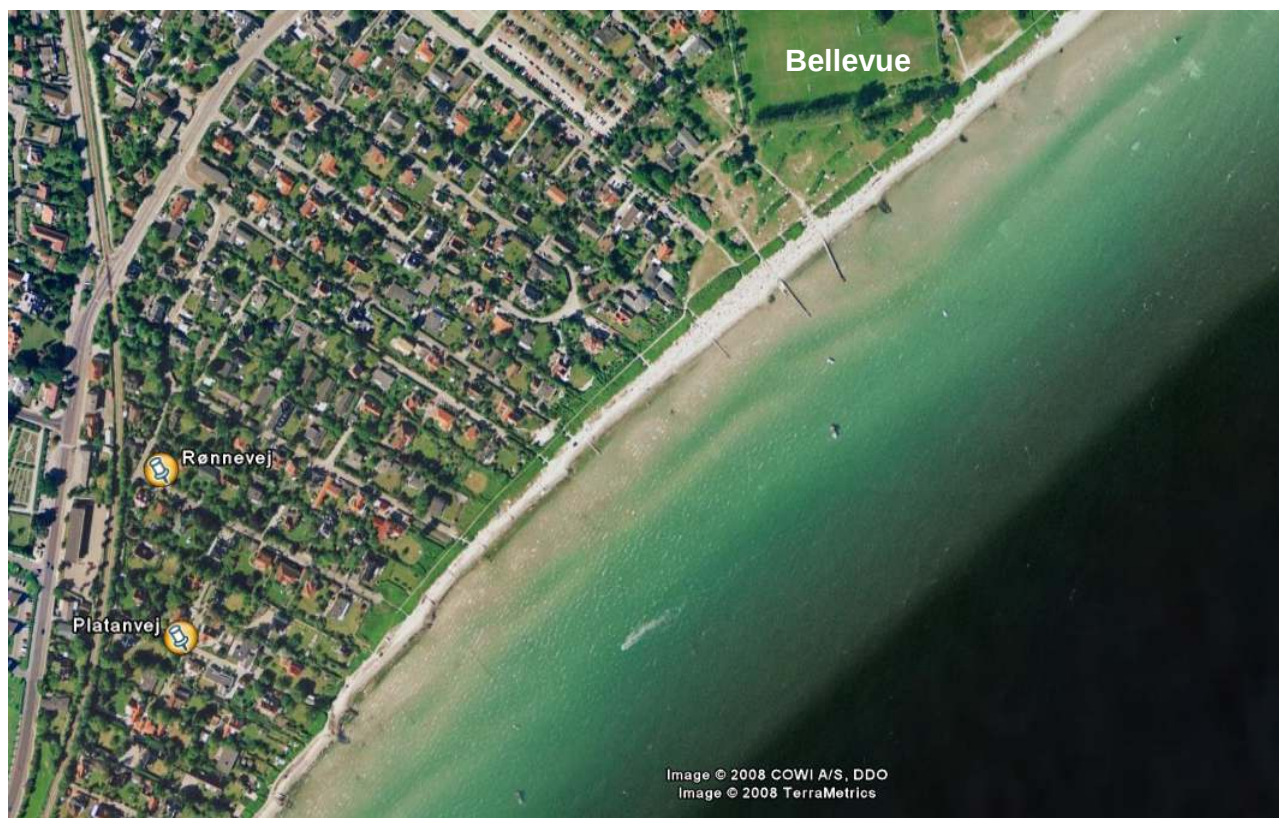
Det marine forland ved Vejlbj Fed danner en lang sandet bugt, hvor kystnormalen vender mod 127 til 164 grader (dvs. orienteringen af en linje, som vender vinkelret på kysten), se Figur 3-3. Nord for ved Åkrogen vender stranden mod 114 grader nord.



Figur 3-3 Kystlinjen ved Vejlbj Fed. © Google Earth.

Figuren viser desuden en oversigt over nogle af de vigtigste lokaliteter beskrevet i nærværende rapport.

Figur 3-4 viser fokusområdet for den kysttekniske vurdering mellem Platanvej og Bellevue.



Figur 3-4 Fokusområde for kystteknisk vurdering for Platanvej-Rønnevej.
© Google Earth.

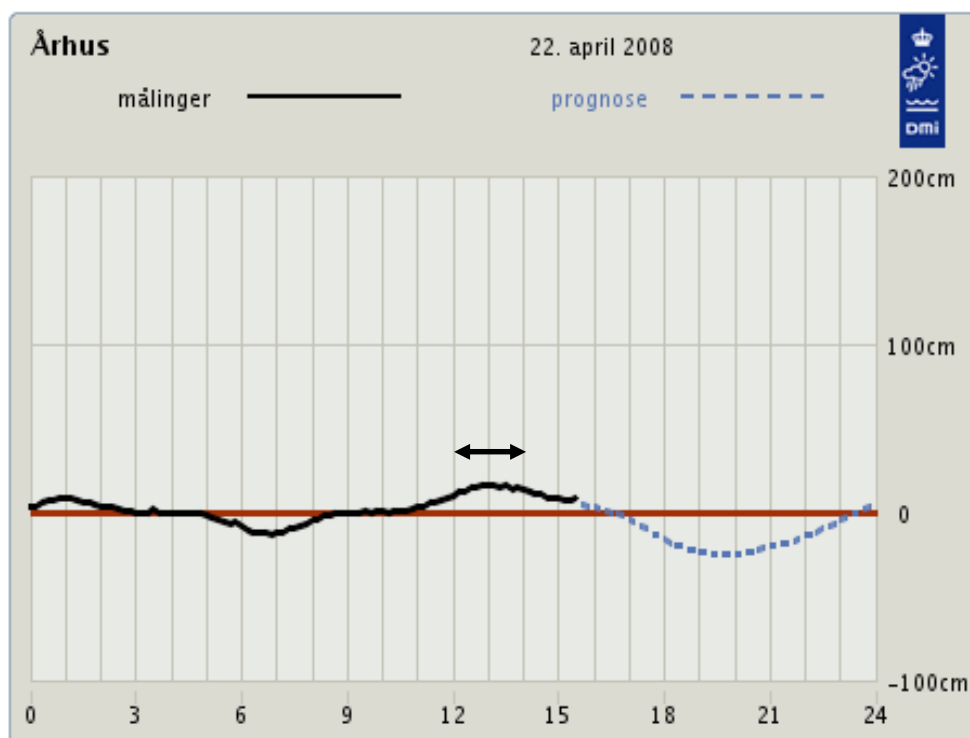
Ved Platanvej er der en beskadiget stenhøfde og diget nord for er udsat for erosion. Se detaljeret analyse i afsnit 4.2.

Generelt er der mange små lave træhøfder på strækningen med svingende kvalitet, virkning og æstetisk fremtoning.

Endelig er der en række udløbsledninger på stranden ved og syd for Bellevue, hvor der er nedgravet betonrør i stranden, som for den yderste dels vedkommende er beskyttet af sø-sten og træværk. Udløbsledningerne har en negativ æstetisk fremtoning og har til dels en negativ indvirkning på kysten, da de ikke er tænkt ind i den overordnede placering af høfderne.

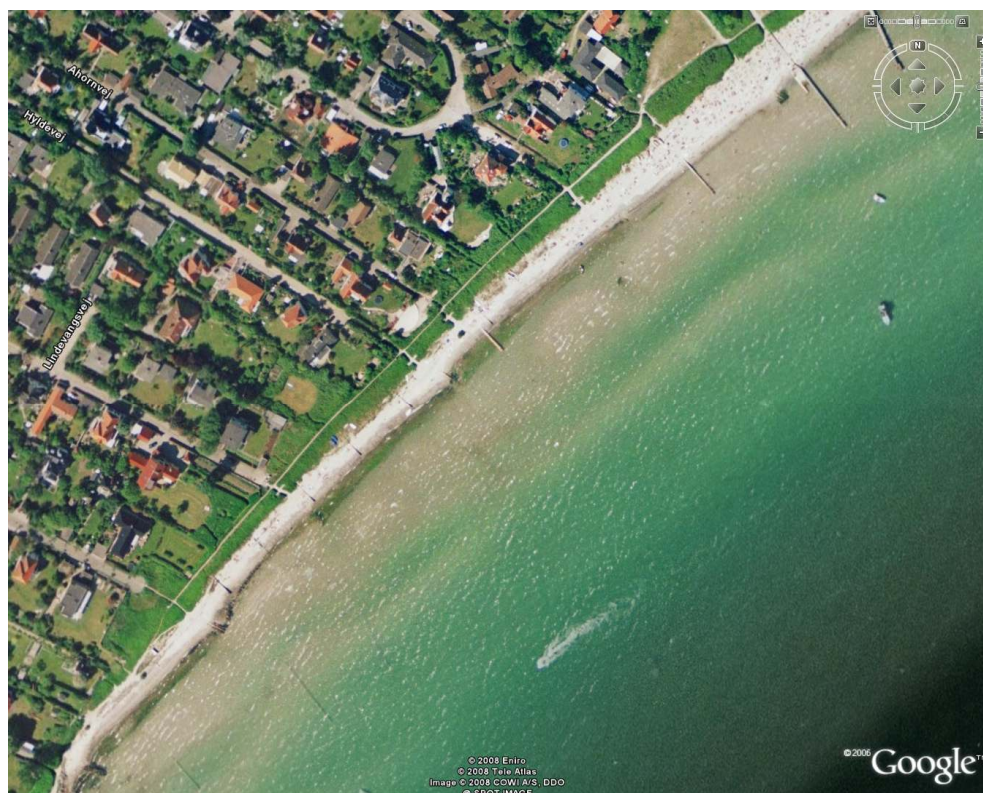
3.2 Kystinspektion

Der blev foretaget en visuel inspektion af hele strækningen fra Åkrogen til Hospitalsgrunden i Risskov den 22. april 2008 med deltagelse af COWI og repræsentanter fra Digelaget. Figur 3-5 viser, at vandstanden var omkring +10 cm i forhold til middelvandstanden.



Figur 3-5 Vandstand ved Århus i forbindelse med kystinspektionen 22 april 2008 (sort pil). Fra www.dmi.dk

I det følgende præsenteres en række fotos, som illustrerer forholdene langs stranden fra Hospitalsgrunden til Åkrogen. Den valgte rækkefølge skyldes, at den kystparallelle netto transport retning er fra syd mod nord.



Figur 3-6 Kysten fra Platanvej til Bellevue. © Google Earth.



Figur 3-7 Unødvendig og uhensigtsmæssig ny skråningsbeskyttelse ved Hospitalsgrunden



Figur 3-8 Ralstrand og hofde med udløbsrør syd for Platanvej. Fiberdugen er blotlagt langs digets fod



Figur 3-9 Beskadiget stenhøj og erosion af diget ved Platanvej



Figur 3-10 Stenhøjde og udløbsledning samt erosion af digefod ved Platanvej.



Figur 3-11 Ralstrand og små delvist nedbrudte træhøfder ved Rønnevej.



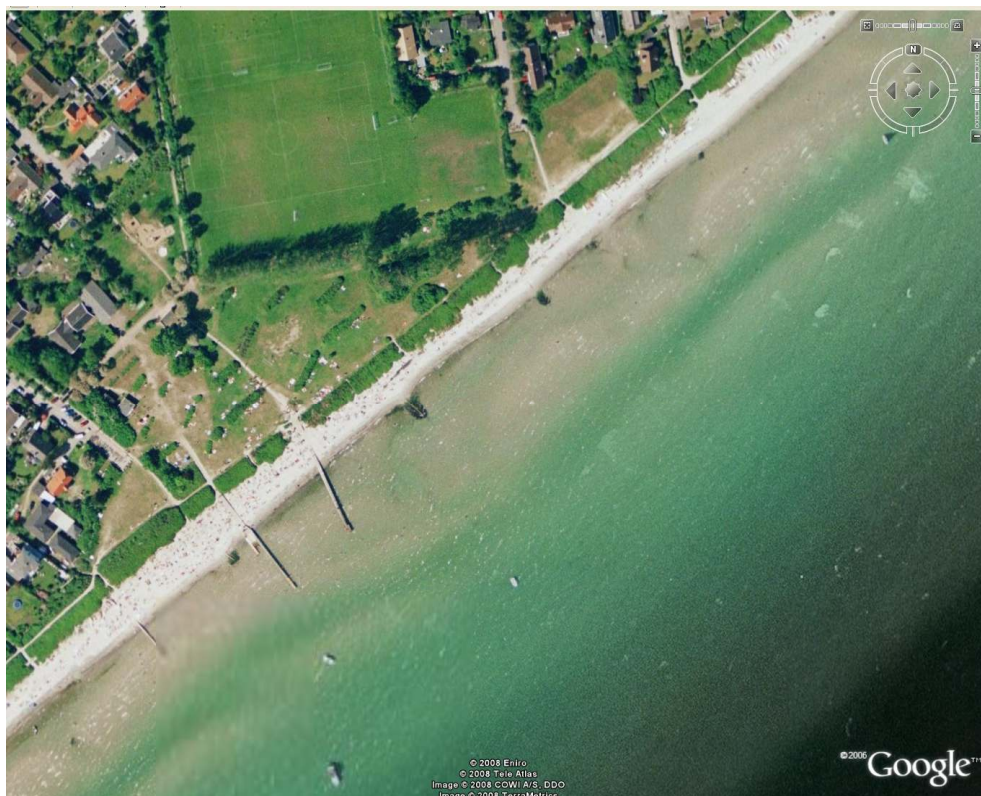
Figur 3-12 Sandstrand og små delvist nedbrudte træhøfder



Figur 3-13 Sandstrand og træhøfder ved Lindevangsvej. Øverst 21. februar 2008, nederst 28. april 2008. Bemærk at strandens højde er lavere i februar i forhold til i april, hvilket skyldes et generelt mere aggressivt bølgeklima og højere storm vandstande om vinteren



Figur 3-14 Sandstrand og lave træhøfder ved Ahornvej.



Figur 3-15 Bellevue Strand. © Google Earth.



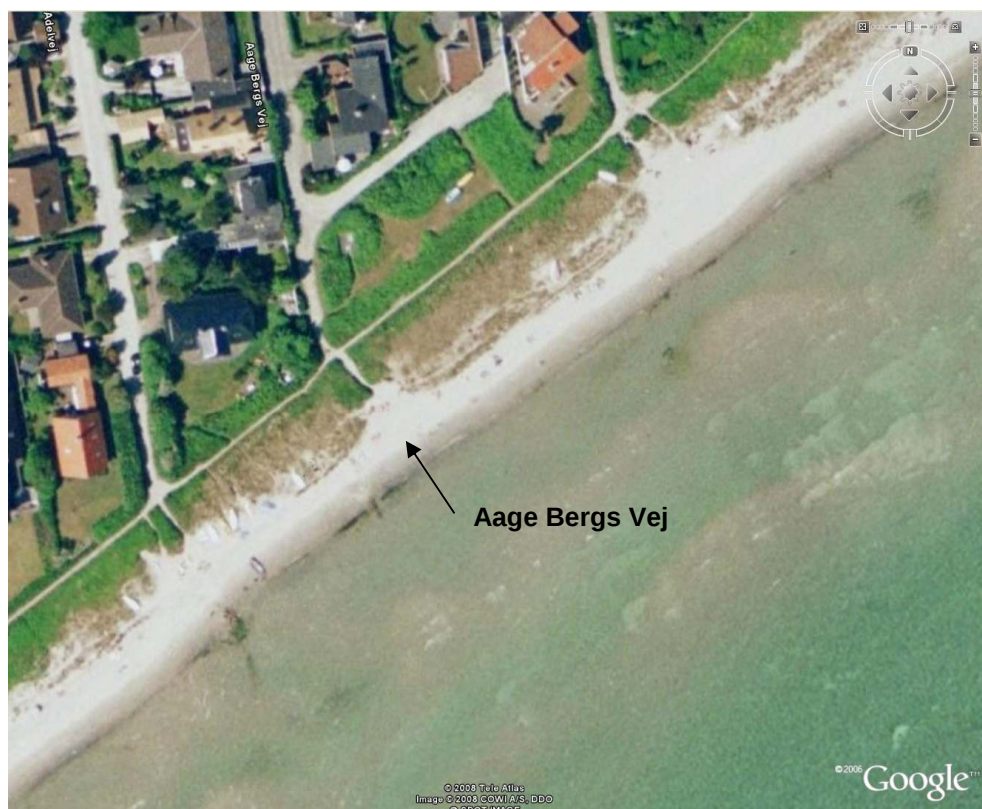
Figur 3-16 Sandstrand og udløbsrør ved Bellevue. Bemærk at der som resultat af stormerosion er en stejl skrænt ved digefoden.



Figur 3-17 Sandstrand med erosionsskrænter ved Bellevue.



Figur 3-18 Tildækket træhøfde og sandstrand ved Casper Møllers Vej.



Figur 3-19 Sandaflejring langs dige ved Aage Bergs Vej. © Google Earth.



Figur 3-20 Sandaflejring langs dige ved Aage Bergs Vej. Bemærk at bænken og båden er næsten dækket af flyvesand.



Figur 3-21 Bred sandstrand ved Strandborgvej. De gamle høfder er helt dækket af sand og har således ingen effekt på stranden udover i forbindelse med ekstreme storme, hvor de kan blive fritlagt



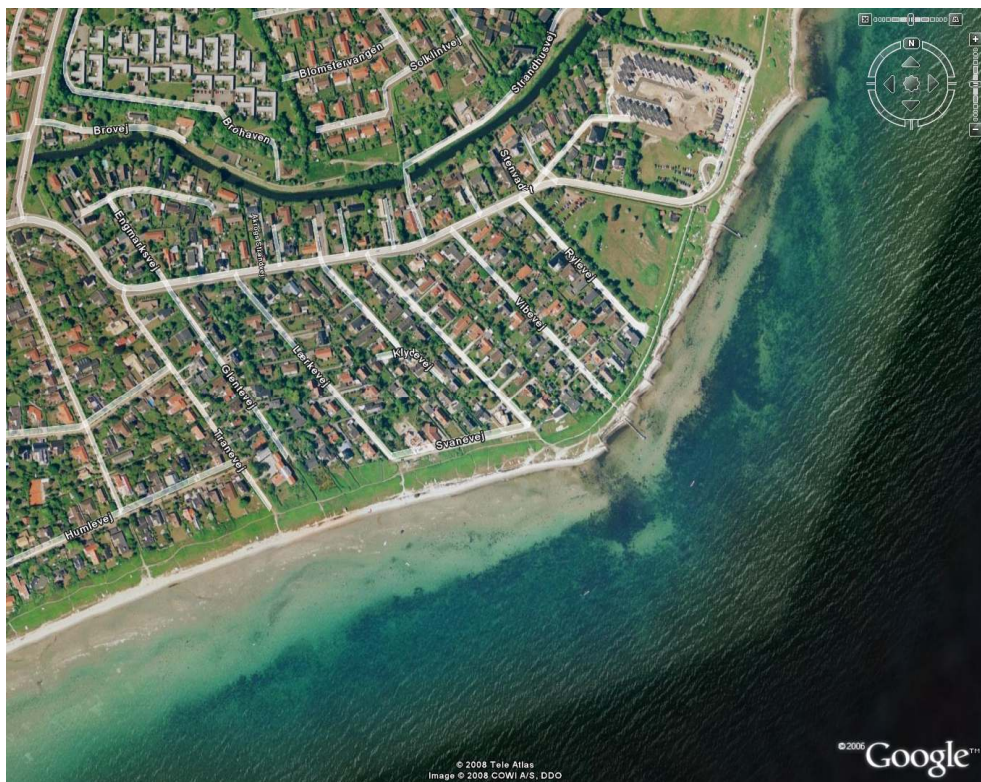
Figur 3-22 Sandstrand mellem Havgårdsvej og Flakvej. © Google Earth.



Figur 3-23 Bred sandstrand ved Havgårdsvej. Her er stranden akkumuleret op mod 25m siden midten af 80'erne.



Figur 3-24 Bred sandstrand foran kystsikring. Også her er stranden akkumuleret op mod 25m i løbet af de seneste årtier. Små klitter er nu under dannelse foran muren, hvilket viser at storm højvande sjældent når så langt op mere.



Figur 3-25 Kyst omkring Vejlbj Hage ud til Åkrogen. © Google Earth.



Figur 3-26 Bred sandstrand ved Humlevej.



Figur 3-27 Bred sandstrand Mågevej.



Figur 3-28 Bred sandstrand mellem høfder af sten og træ ved Vejlbj Hage.



Figur 3-29 Smal strand med stenhøfder nord for Vejlbj Hage. Diget er beskyttet af en usammenhængende stenkastning langs digefoden. Digefoden kan blive udsat for erosion



Figur 3-30 Strand med små uhensigtsmæssige (ud fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt) stenhøfder ved den nye surfstrand ved iskiosken

3.3 Historisk kystudvikling

De historiske aspekter vedr. diget og kystbeskyttelsen langs Vejlby Fed er beskrevet detaljeret i /10/.

I det følgende er der foretaget en simpel sammenligning af en række luftfotos af kysten i Risskov fra 1954 til 2007. Analysen er foretaget med det formål at undersøge om de små høfder har virkning på kystlinjens forløb og om der har været betydelige ændringer af kysten i de sidste 60 år.

Analysen er behæftet med stor usikkerhed, idet f.eks. vandstanden på de forskellige fotos er ukendt, hvilket øger usikkerheden på kystlinjens position. Desuden er der bygget diger langs kysten, hvilket øger usikkerheden på bestemmelsen af bagstrandens position. Analysen viser dog de mest betydelige tendenser i forhold til kystens historiske udvikling.

Figur 3-31 viser et luftfoto af kysten fra 1954. På det tidspunkt var der allerede etableret en stor del af de små træhøfder på strækningen. Kystlinjen har et bølget forløb omkring de små konstruktioner og specielt i den øverste del af stranden mod højre kan man tydelig se effekten af høfderne, gul pil.



Figur 3-31 Luftfoto 1954. © Århus Kommune, Teknik og Miljø.

Figur 3-32 viser kysten i 1973. Der er stadig betydelig effekt af konstruktionerne i den nordøstlige del. Det bemærkes, at strandens bredde aftager fra Bellevue hen mod Platanvej, gul pil. Stranden holdes af en høfdelignende konstruktion ved Bellevue, rød pil. Nord for konstruktionen er der mindre læside erosion, blå pil.

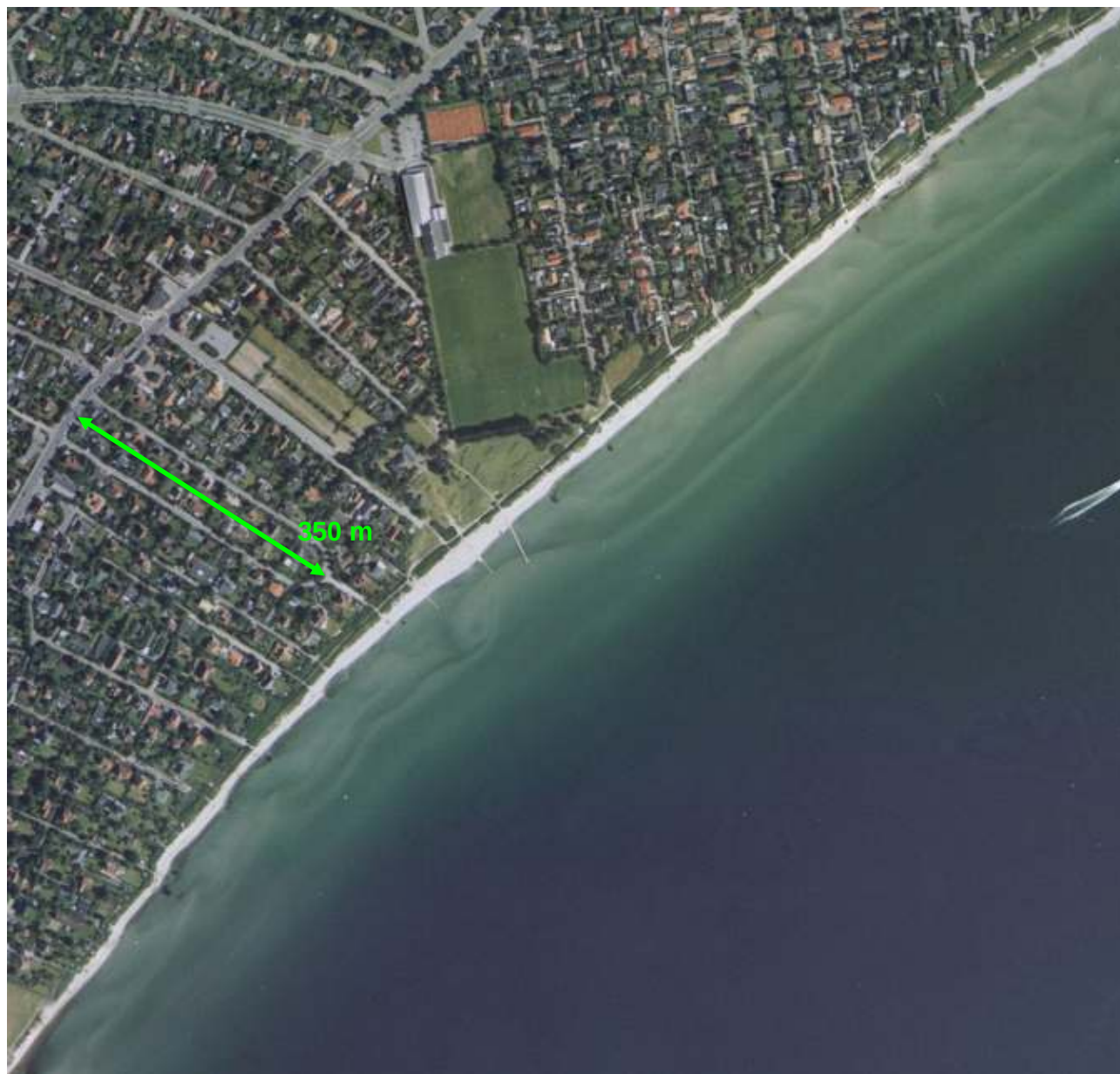


Figur 3-32 Luftfoto 1973. © Århus Kommune, Teknik og Miljø.

Figur 3-33 og Figur 3-34 viser det samme billede og høfdernes effekt på kystlinjens orientering ses tydeligt langs hele kyststrækningen i 1982 og 1995. Der er en tendens til at strandens bredde er mindre mod sydøst i retning mod Platanvej (rød pil) og forholdsvis bred ved Bellevue (grøn pil).

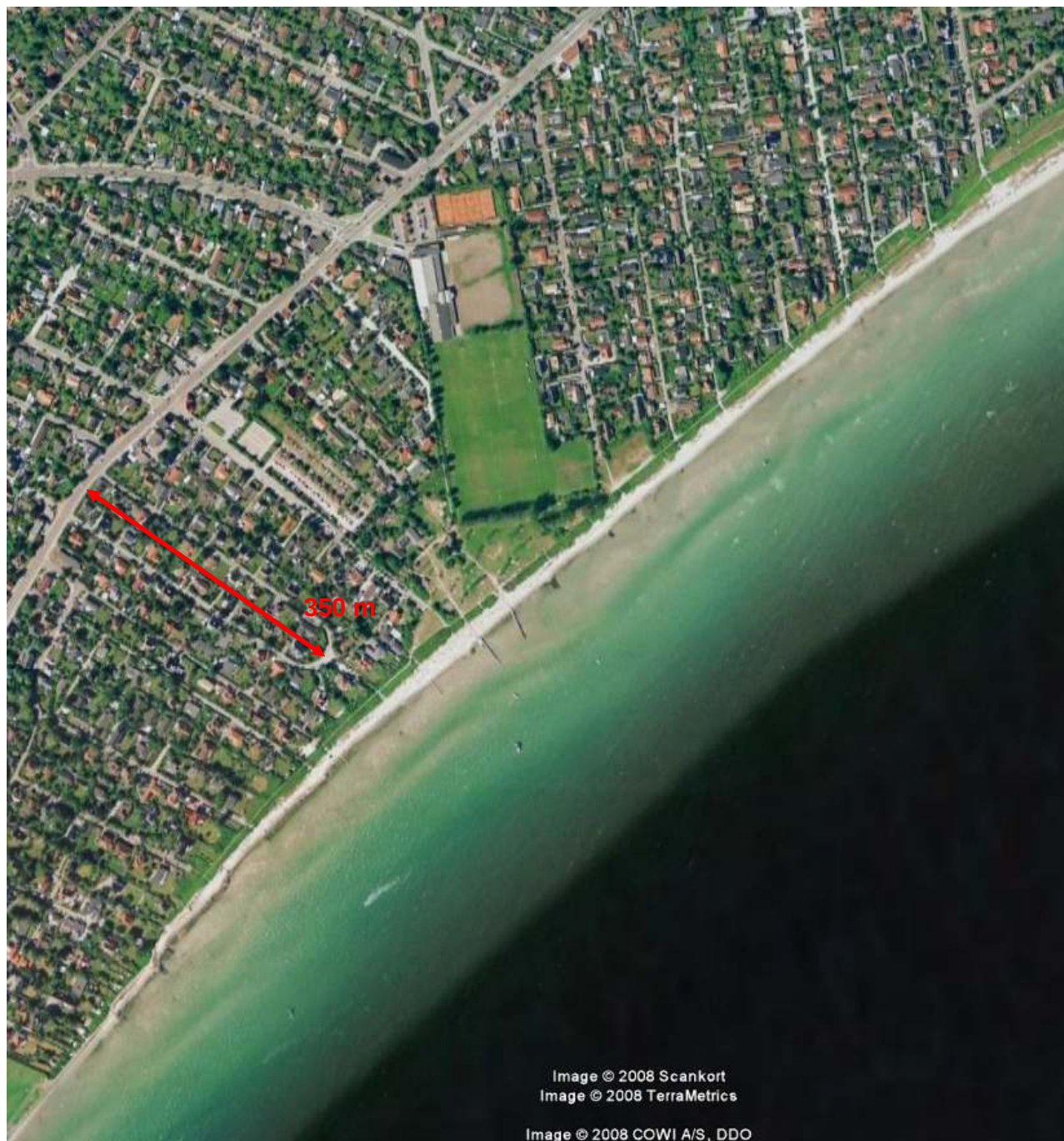


Figur 3-33 Luftfoto 1982. © Århus Kommune, Teknik og Miljø.



Figur 3-34 Luftfoto 1995. © Århus Kommune, Teknik og Miljø.

Figur 3-35 viser det seneste billede fra 2007, hvor de fleste små høfder nord for Bellevue er dækket af sand. Dette billede viser således ikke betydelig effekt af høfderne langs den nordlige del. Syd for Bellevue har de små høfder dog stadig betydning for kystlinjens forløb.

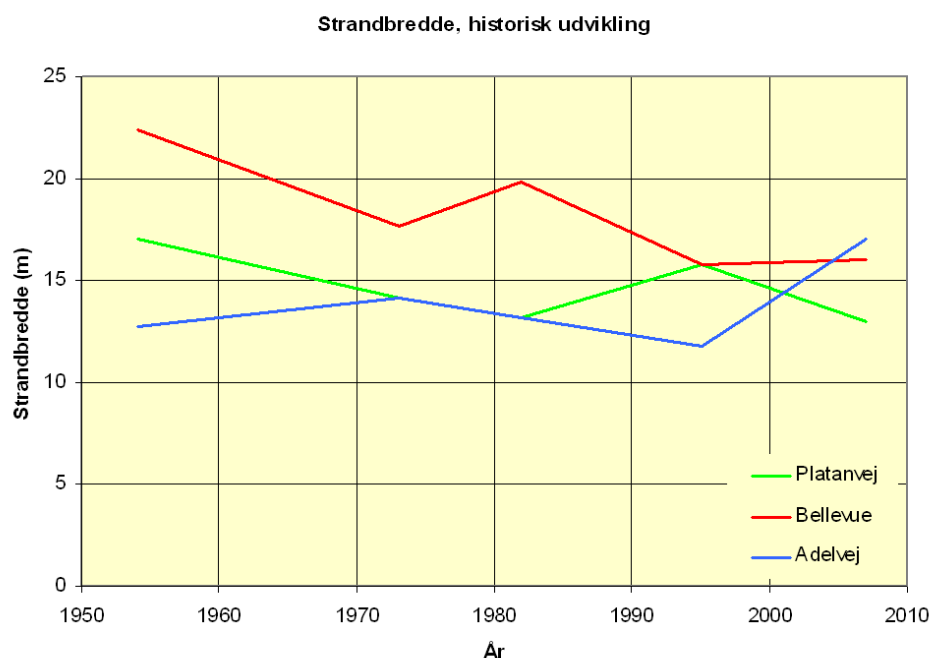


Figur 3-35 Luftfoto 2007. © Google.Earth.

Figur 3-36 viser tendenserne for udviklingen i strandens bredde langs kysten. Strandens bredde er bestemt ved Platanvej, Bellevue og Adelvej.

Undersøgelsen viser, at der har været en tendens til erosion langs den sydlige del af strækningen. Imidlertid ser det ud til at erosionen er mindre de sidste 10 år, hvilket kunne skyldes udbygningen af havnen, i og med at havnen afskærer de mest skråt indfaldende bølger fra de sydlige retninger. Desuden har der væ-

ret en tendens til at stranden udbygges langs den midterste og nordlige del (Adelvej). Det ser ud til at denne tendens fortsætter ud mod Vejlbj Hage.



Figur 3-36 Historisk kystudvikling i Risskov. Baseret på luftfotos.

Konklusionerne baseret på analysen af luftfotos passer kvalitativt med det sediment budget, som er estimeret af DHI i /3/, se Figur 2-5.

Udbygningen af Århus Havn ser alt andet lige ud til at have haft en positiv effekt på kyststrækningen, idet den pga.læeffekten for de sydlige bølgeretninger har reduceret den langsgående sedimenttransport på kysten.

Effekten af hurtigfærgebølgerne kan også have haft nogen betydning for udbygningen af stranden på strækningen nord for Bellevue. Som nævnt i afsnit 2.3.3 kan hurtigfærgebølgerne bidrage til transport af sand fra dybere vand og ind på stranden.

Hvor meget af de observerede kystændringer der skyldes havneudvidelsen, hurtigfærgebølge og naturlige variationer i bølgeklimaet kan ikke kvantificeres uden brug af numerisk modellering af bølger og sediment transport.

4 Kysttekniske vurderinger og skitseforslag

I det følgende præsenteres kysttekniske vurderinger for de forskellige fokusområder langs kysten. Der præsenteres endvidere skitseforslag til forbedring af kystbeskyttelsen samt anlægsoverslag for etablering af de skitserede løsninger.

4.1 Enhedspriser

Der er beregnet prisoverslag for de forskellige tiltag, som foreslås for at forbedre kystbeskyttelsen i Risikov. Prisoverslagene er beregnet ud fra enhedspriser angivet i Tabel 4-1. Enhedspriserne er baseret på COWI's seneste erfaringer med anlæg af kystbeskyttelseskonstruktioner i Danmark.

Tabel 4-1 Enhedspriser benyttet i forbindelse med prisoverslag på forbedring af kystbeskyttelsen i Vejlbj-Risikov.

Beskrivelse	Enhed	Pris kr. ekskl. moms
Mobilisering af sandsuger		200.000
Sand til strandfodring, $D_{50}=0,3-0,4$ mm	m ³ udlagt	65
Sand tilført fra land	m ³ udlagt	170
Fyldjord, sand / grus / muld	m ³ udlagt	160
Dæksten, 500-1500kg anskaffelse og indbygning	m ³ udlagt	500
Filtersten, 100-250mm anskaffelse og indbygning	m ³ udlagt	350
Opgravning og sortering af stenmateriale fra eksisterende konstruktioner -0,5m til +1m DNN	m ³	110
Opgravning af udløbsledning og bortskaffelse af beton og træ - 0,75 til +1,5 m udgravning	m	7500
Indbygning af sorterede dæksten	m ³	250
Indbygning af sorterede filtersten	m ³	250
Udstøbning med in situ beton ved udløbsledning med forme delvist under vand	m ³ udlagt	10.000
Pre-fabrikerede betonelementer uden armering, installeret	m ³	6.000
Geotekstil F4M	m ²	30
Bortskaffelse af betonrester	m ³	2.000
Opgravning og bortskaffelse af træhøfde	løbende m	1.500

Desuden er der en række generelle ekstraomkostninger, som skal lægges til udgifterne baseret på enhedspriserne, se Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Tillæg til standard enhedspriser.

Enhedspris kr. ekskl. moms
+ 10% til mobilisering
+ 12 % til projektering og tilsyn
+ 20 % uforudsete udgifter
= + 42 % i alt på alle priser

Tillæggene i Tabel 4-2 er lagt til direkte i prisen på de enkelte skitseforslag.

Det skal bemærkes, at tillægspriserne er baseret på et større samlet projekt for hele kyststrækningen, og at de derfor ikke vil være retvisende for mindre enkeltprojekter.

4.2 Platanvej til Rønnevej

4.2.1 Kystteknisk vurdering

Ved Platanvej ligger en gammel stenhøfde, som strækker sig ud fra stranden under vandet, se Figur 4-1 og Figur 4-2. Høfden har haft betydelig indvirkning på strandens orientering og har således opbygget en stabil ral / sand-strand syd for. Nord for høfden er der etableret et dige, som på trods af gentagen vedligeholdelse er beskadiget af bølgerne. Således er geotekstilen blevet blotlagt langs foden af diget i løbet af vinteren 2007/2008. Der ligger desuden en udløbsledning nord for høfden (blå pil).

Generelt er høfden nedslidt og skæmmer stranden. Høfden bør dog ikke fjernes, fordi stranden syd for i så fald vil erodere kraftigt som følge af bølgenes skrå indfald på dette sted.

Diget er reelt blevet etableret for tæt på vandet (og tættere på vandet end andre steder langs kysten) og vil derfor fortsat blive beskadiget af bølgerne i forbindelse med højvande.

Udløbsledningen skæmmer kysten og reducerer den rekreative værdi af stranden betydeligt.



Figur 4-1 Høfde ved Platanvej (gul pil), erosion af diget (rød pil) og udløbsledning (blå pil).



Figur 4-2 Høfde ved Platanvej og erosion af diget

Stranden har et bølget forløb mellem de små stenhøfder på denne strækning, da den kystparallelle nettosandvandring er mod nord og ligevægtskystlinje orienteringen derfor er mere sydlig end den generelle kystlinjeorientering. De små sten

konstruktioner kan derfor ikke fjernes uden at øge kysterosionen langs denne strækning.

Den æstetiske fremtoning af de eksisterende konstruktioner er uattraktiv og kan forbedres, hvilket samtidig kan forbedre beskyttelsen af det udsatte dige.

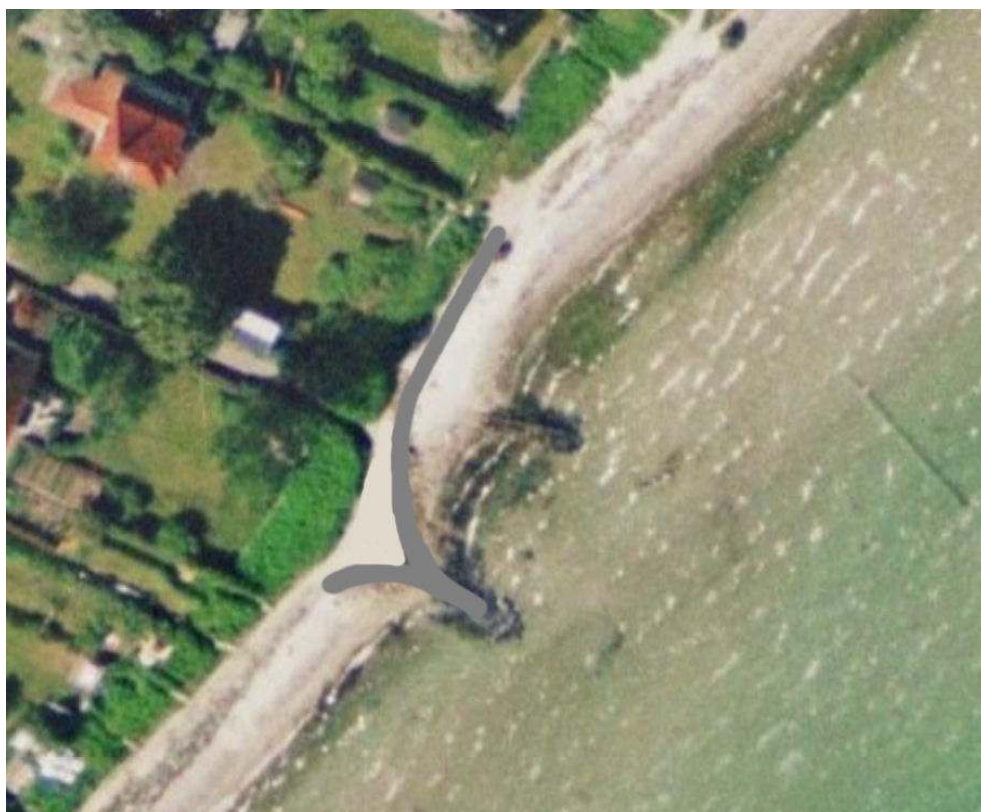
4.2.2 Skitseforslag

Det kunne overvejes derfor som anbefalet i /11/ at trække diget lidt tilbage på det udsatte sted ved Platanvej hvor diget ligger tættere på kysten end andre steder langs kysten. En tilbagetrækning af diget vil dog ikke eliminere den skæmmende høfde på stedet.

For at forbedre høfdens udseende foreslås det at genopbygge høfden i den udstrækning den har i dag (længde ca. 15m). Konstruktionens nuværende form hjælper til at sikre at sandet kan vandre forbi og bør derfor bibeholdes.

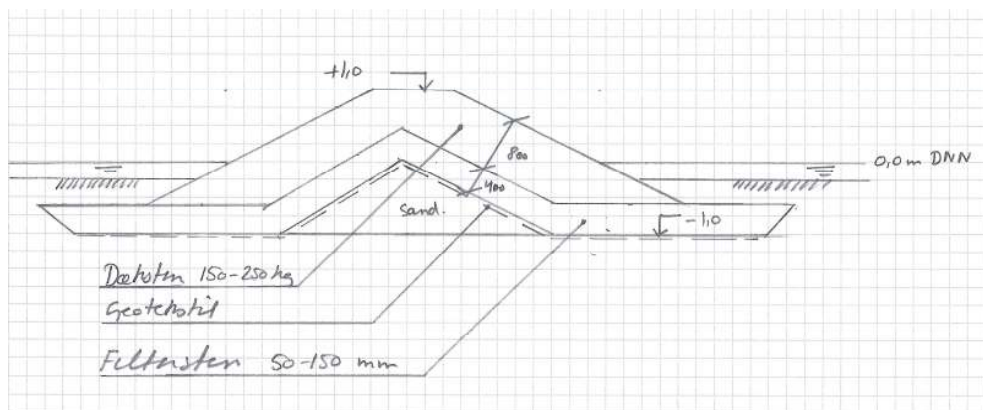
Man bør ikke øge konstruktionens længde ud i havet betydeligt, da det vil medføre læsideerosion, som vil skade diget yderligere.

Med denne løsning kan man fortsætte høfden hen langs diget i form af en lille skråningsbeskyttelse af sten (længde ca. 40m), som herved vil beskytte diget mod yderligere bølgepåvirkning (Løsning 1A), se Figur 4-3.

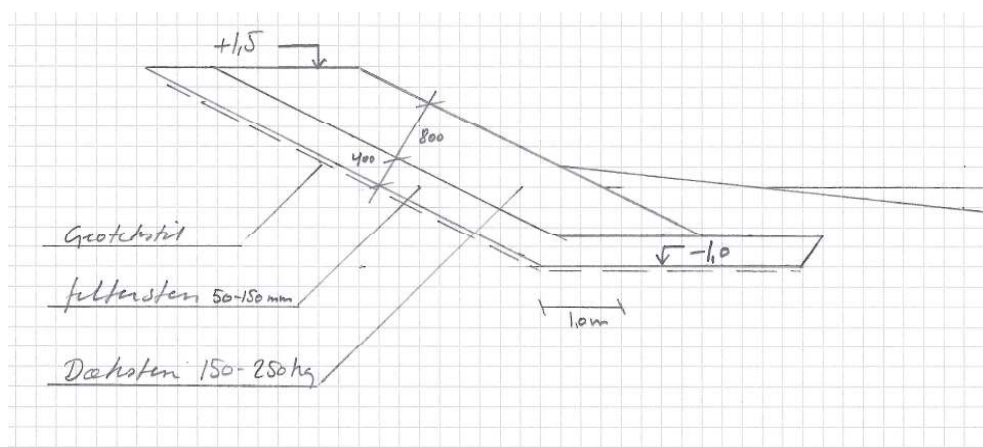


Figur 4-3 Løsning 1A, Genopbygning af høfde samt skråningsbeskyttelse langs dige.

Figur 4-4 og Figur 4-5 viser tværsnit af den foreslåede hofde hhv. skråningsbeskyttelse.



Figur 4-4 Løsning 1A. Tværsnit af stenhøfde.



Figur 4-5 Løsning 1A. Tværsnit af skråningsbeskyttelse langs dige.

Desuden kan man for at beskytte digefoden yderligere overveje at lave en lille ralfodring langs digefoden nord for.

Tabel 4-3 viser det opstillede prisoverslag for Løsning 1A.

Tabel 4-3 Overslag på anlægspris for Løsning 1A.

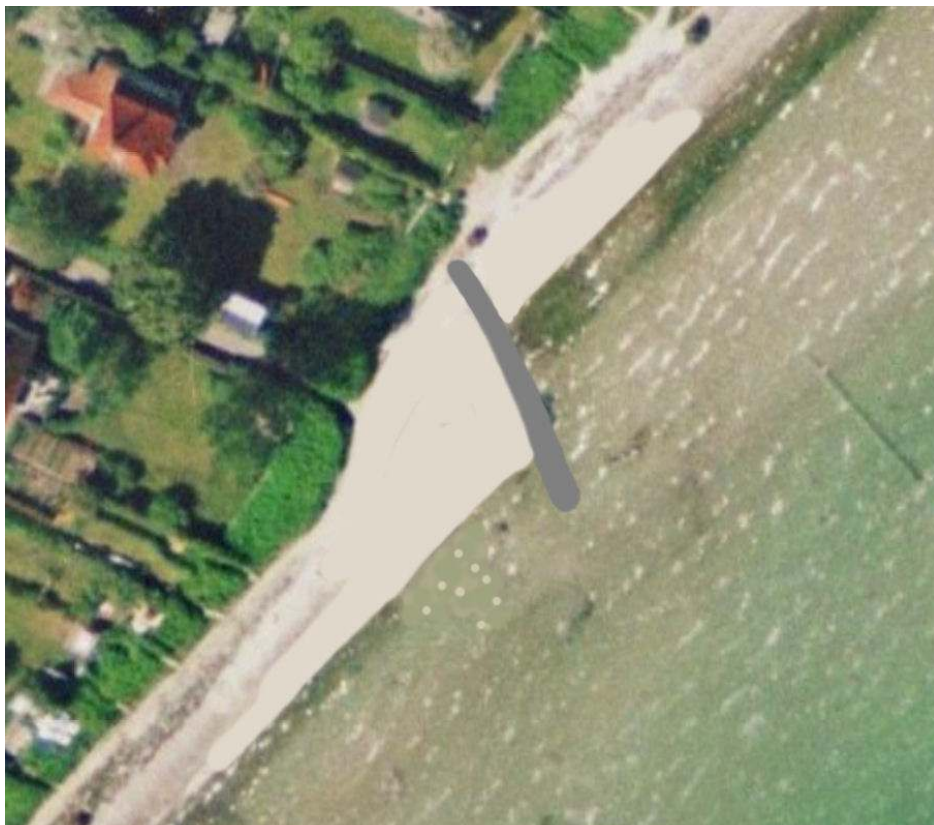
Løsning 1A	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Stenhøjde +1,0m:						
Dæksten	m ³	4,8	15	72	500	36.000
Filtersten	m ³	4,0	15	60	350	21.000
Geotekstil	m ²	10,0	15	150	30	4.500
Skråningsbeskyttelse:						
Dæksten	m ³	3,6	40	84	500	72.000
50% af eksisterende sten genanvendt som dæksten	m ³	1,5	40	60	-500	-30.000
Filtersten	m ³	3,4	40	136	350	47.600
50% af eksisterende sten genanvendt som filtersten	m ³	1,5	40	60	-350	-21.000
Geotekstil	m ²	8,5	40	340	30	10.200
Opgravning af eksisterende højde	m ³	3,0	40	120	110	13.200
Indbygning af genanvendte sten	m ³	3,0	40	120	250	30.000
Ralfodring	m ³	3,0	75	225	250	56.250
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		100.695
Total:						340.445

Alternativt kan man flytte og genopbygge højden således, at den dækker over det skæmmende udløbsrør umiddelbart nord for den eksisterende højde. For at modvirke læside erosion foreslås det at strandfodre syd for den genopførte højde foran det erosionstruede dige. Dette vil øge afstanden fra diget til vandlinjen, hvilket vil beskytte diget mod erosion (Løsning 1B), se Figur 4-6.

Der forventes ikke betydelig vedligeholdelse af fodringen med sand, da højden holder på sandet.

Desuden kan man overveje at lave en lille ralfodring langs digefoden nord for den nye højde for at beskytte digefoden yderligere.

Tabel 4-4 viser det opstille prisoverslag for Løsning 1B.



Figur 4-6 Løsning 1B, Ny hofde og strandfodring.

Tabel 4-4 Overslag på anlægspris for Løsning 1B.

Løsning 1B	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Stenhofde +1,0m:						
Dæksten	m ³	4,8	30	84	500	72.000
50% af eksisterende sten genanvendt som dæksten	m ³	1,5	40	60	-500	-30.000
Filtersten	m ³	4,0	30	120	350	42.000
50% af eksisterende sten genanvendt som filtersten	m ³	1,5	40	60	-350	-21.000
Geotekstil	m ²	10,0	30	300	30	9.000
Strandfodring	m ³	22,5	20	450	170	76.500
Ralfodring	m ³	3,0	75	225	250	56.250
Opgravning af eksisterende hofde	m ³	3,0	40	120	110	13.200
Indbygning af genanvendte sten	m ³	3,0	40	120	250	30.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		104.139
Total:						352.089

4.3 Rønnevej til Strandborgvej

4.3.1 Kystteknisk vurdering

Der er på nuværende tidspunkt meget sand på stranden omkring Bellevue specielt mod nord. Flere af træhøfderne på strækningen er derfor helt eller delvist dækket af sand.

En del af høfderne er af ældre dato og specielt den yderste del af konstruktionerne er i dårlig forfatning, hvor der i flere tilfælde kun er pælene tilbage. Høfderne har en negativ indvirkning på strandens æstetiske fremtoning og kun begrænset betydning for stranden.



Figur 4-7 Gamle træhøfder syd for Bellevue.

Inspektionen 22. april 2008 er foretaget efter en periode med østenvind og lavvande. Dette betyder at stranden generelt er bred som følge af at bølgerne under sådanne forhold transportere sandet ind mod kysten. Høfdernes virkning bliver derfor mindre tydelig.

På baggrund af den historiske udvikling af kysten vurderes det, at høfderne af og til har betydelig effekt på strandens forløb. Det kan være efter perioder med højvande og sydlig vind. Høfderne vil også hæmme vind transporten af sand langs stranden. Dette vurderes dog at være af mindre betydning, da den inderste del af høfderne i de fleste tilfælde er lav eller helt begravet i sand.

Træhøfderne hæmmer i nogle tilfælde delvis den fri passage langs stranden.

4.3.2 Skitseforslag

Der er mange skadede træhøfder. De høfder der har ubetydelig virkning på kystens forløb som følge af betydelige skader kan fjernes. De resterende høfder kan eventuelt erstattes af lave stenhøfder (Løsning 2A), se Figur 4-8 og Figur 4-9. Baseret på vedligeholdelseserfaringerne med de eksisterende træhøfder anbefales det at anlægge stenhøfder frem for træhøfder, der ikke anses for værende en anbefalelsesværdig langsigtet løsning. Eventuelt nye høfder bør koordineres med udløbsledningerne således at antallet af konstruktioner holdes på et minimum.

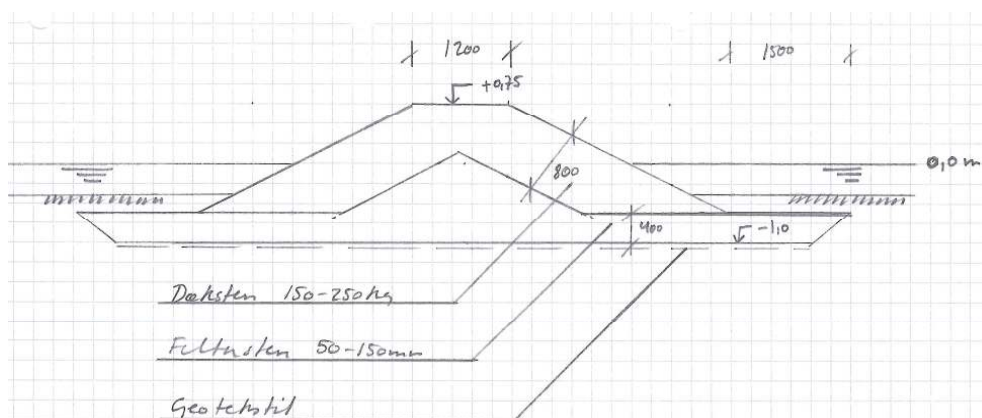


Figur 4-8 Gamle træhøfder (høfde fjernes eventuelt: rød pil, genopført høfde: sort pil)



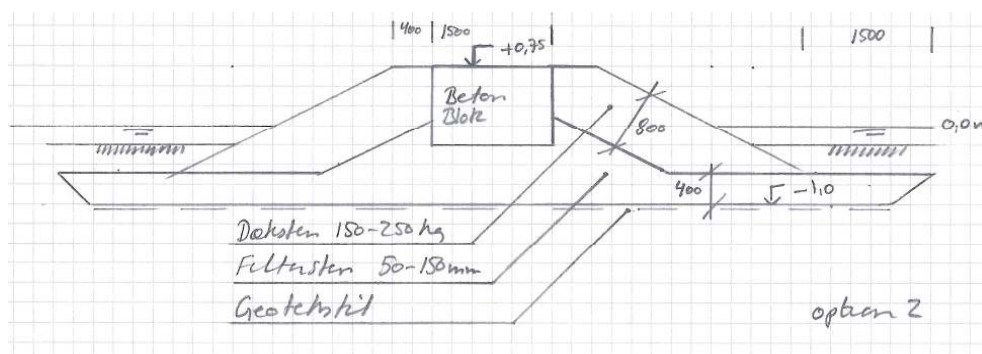
Figur 4-9 Gamle træhøfder (høfde fjernet eventuelt; rød pil, genopført høfde: sort pil)

Figur 4-10 viser et tværsnit af den foreslåede stenhøjde.



Figur 4-10 Løsning 2A. Tværsnit af stenhøjde.

Figur 4-11 viser et billede af den foreslåede stenhøjde med betondæk.



Figur 4-11 Løsning 2B. Tværsnit af stenhøjde med betondæk

Det vurderes, at ca. hver anden hofde i gennemsnit kan fjernes uden at skabe betydelig erosion af bagstranden. Det er dog vigtigt at optimere, hvilke hofder der er bedst egnet til at blive fjernet. I den forbindelse er det afgørende at fjerne de hofder der er i dårligst forfatning samt at se på hvordan strandens orientering er i forhold til bredden af stranden. Herved kan det undgås at skabe betydelig indsnævring af stranden på læsiden af de tilbageblevne hofder. Disse detailundersøgelser bør foretages i forbindelse med projekteringen af et eventuelt projekt for strækningen.

Denne løsning medfører at bagstranden nord for de tilbageblevne hofder kan blive en anelse mere sårbar over for læsideerosion.

Det er altid en balance hvor mange kystsikringskonstruktioner der er behov for. Jo flere konstruktioner, desto mindre risiko for erosion på den strækning hvor konstruktionerne er placeret. Men når antallet af konstruktioner øges, vil kysten

også fremstå mere unaturligt og uæstetisk. Generelt bør man søge at minimere antallet af kystsikringskonstruktioner men selvfølgelig samtidig sikre at der er den nødvendige sikkerhed mod erosion. Det har vi tilstræbt i de skitserede løsninger.

Tabel 4-5 og Tabel 4-6 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 2A og 2B.

Tabel 4-5 Overslag på anlægspris for Løsning 2A.

Løsning 2A	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Træhøfder fjernes	m	6,0	15	90	1.500	135.000
Stenhøfde +0,75m:						
Dæksten	m ³	4,0	20	80	500	40.000
Filtersten	m ³	4,7	20	94	350	32.900
Geotekstil	m ²	8,5	20	170	30	5.100
Omlægning af udløb til høfde:						
Dæksten	m ³	3,4	60	204	500	102.000
Filtersten	m ³	2,8	60	168	350	58.800
Geotekstil	m ²	6,0	60	360	30	10.800
In situ Beton	m ³	1,6	60	96	10.000	960.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		564.732
Total:						1.909.332

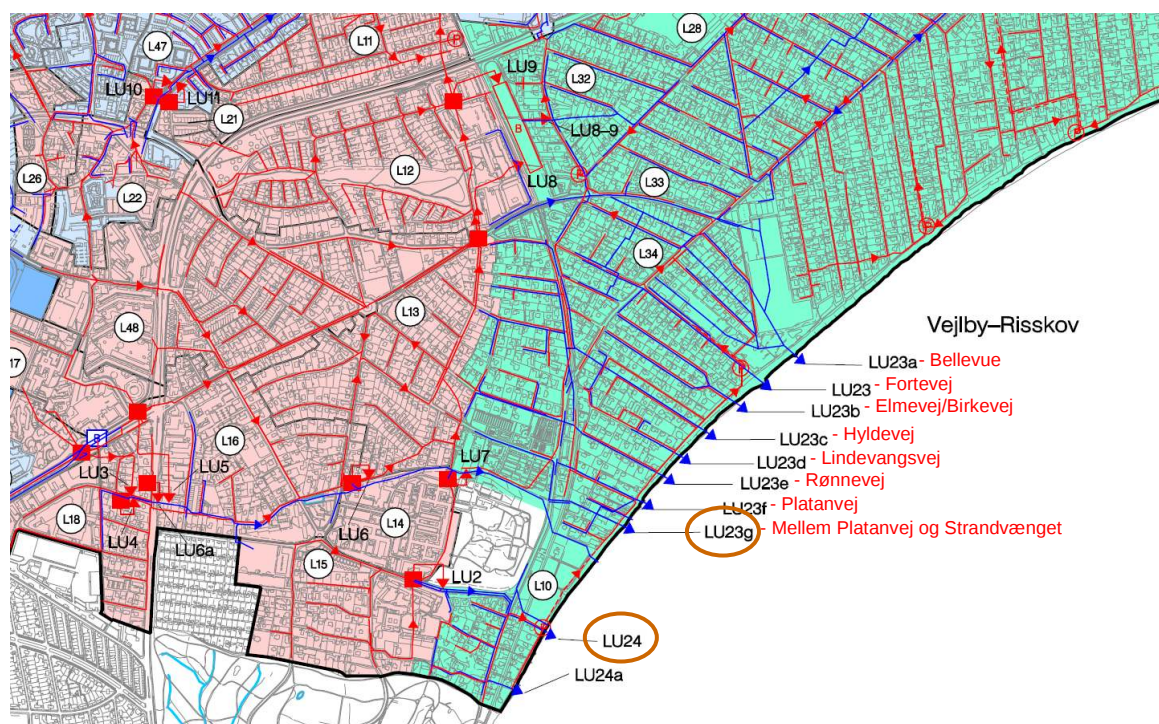
Tabel 4-6 Overslag på anlægspris for Løsning 2B

Løsning 2B	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Træhøfder fjernes	m	6,0	15	90	1.500	135.000
Stenhøfde +0,75m med beton dæk:						
Dæksten	m ³	4,0	20	80	500	40.000
Filtersten	m ³	5,6	20	112	350	39.200
Geotekstil	m ²	10,0	20	200	30	6.000
Beton Blok	m ³	1,5	20	30	6.000	180.000
Omlægning af udløb til høfde:						
Dæksten	m ³	3,4	60	204	500	102.000
Filtersten	m ³	2,8	60	168	350	58.800
Geotekstil	m ²	6,0	60	360	30	10.800
In situ Beton	m ³	1,6	60	96	10.000	960.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		643.356
Total:						2.175.156

4.4 Udløbsledninger

Figur 4-12 viser et kort over udløbsledningerne på kystlinjen ved Vejlbyskoven. Der er tale om separate regnvandsledninger, hvoraf nogle er spildevandspåvirkede under voldsomme regnskyl.

Det grønne område på Figur 4-12 separat kloakeret (regnvand og spildevand for sig), hvorimod det røde område er fælleskloakeret (regnvand og spildevand i samme system).



Figur 4-12 Udløbsledninger på kysten ved Vejlbyskoven.

Udløbsledning LU24 er tilkoblet overløbsbygværk LU2 og udleder ifølge spildevandsplanen ca. 725 m³ fortyndet spildevand pr. år fordelt på ca. 20 hændelser.

Udløbsledning LU23g er tilkoblet overløbsbygværkerne LU3, LU4, LU5, LU6 og LU7 og udleder ifølge spildevandsplanen ca. 9,500 m³ fortyndet spildevand pr. år fordelt på ca. 30 hændelser.

De øvrige udløbsledninger er ikke berørt af spildevand.

Udløbsledningerne LU24a, LU23 samt LU23b,c,d,e og f udleder kun overfladevand fra veje og vedligehold af disse hører derfor muligvis under Århus Kommunes afdeling for Trafik og Veje (eller evt. en privat vejfond) i modsæt-

ning til de øvrige udløbsledninger der hører under Århus Kommunes afdeling for Teknik og Miljø.

Det skal nævnes at Århus Kommune har planer om en sanering af det fælleskloakerede område (med rødt på ovenstående kort), hvorved udledningen af fortyndet spildevand i udløbsledning LU24 og LU23g må forventes helt at opføre eller i det mindste reduceres kraftigt.

4.4.1 Kystteknisk vurdering

Som nævnt ovenfor findes der ca. 8 udløbsledninger på strækningen fra Hospitalsgrunden til Bellevue.

Udløbsledningerne skæmmer stranden betydeligt. Betonrørene er blotlagt og der er ofte et træ-skellet ovenpå - enten for at stabilisere rørene eller som resterne af en nedlagt badebro. Rørene vurderes at have en top kote på omkring +0,25 m DVR90. Generelt er udløbsledningerne i forholdsvis god stand. Udløbsledningerne virker som neddykkede høfder og vil derfor delvist blokere den kystparallelle sediment transport i stil med de eksisterende træhøfder og derved medvirke til at stabilisere stranden.

Der er flere af udløbsledningerne, som er forholdsvis lange og derfor kunne afkortes lidt for at optimere virkningen på stranden.

Imidlertid kan det ud fra et kystteknisk synspunkt ikke anbefales at fjerne alle udløbsledningerne helt med mindre de erstattes af anden kystbeskyttelse, da dette kunne medføre betydelig erosion på nogle strækninger. Det anbefales derfor at se på det samlede behov for at stabilisere stranden herunder hvilke træ/stenhøfder og hvilke udløbsledninger der kan nedlægges og hvilke der skal renoveres.

Det skal nævnes, at der så vidt vides ikke er kontraventiler i udløbsledningerne. Hvis dette er tilfældet kan vand under højvandssituationer trænge ind bag diget via udløbsledningerne. *Af hensyn til oversvømmelsesrisikoen SKAL der monteres kontraventiler på alle udløbsledningerne.*



Figur 4-13 Eksempler på udløbsledninger langs kysten imellem Hospitalsgrunden og Bellevue.

4.4.2 Skitseforslag

Det kan overvejes at fjerne udløbsledningerne ved at samle dem i ét eller to rør der så føres ud i Århusbugten via en havledning (Løsning 3A). En nærmere vurdering af denne løsning ligger udenfor denne kysttekniske opgave.

Tabel 4-7 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 3A.

Tabel 4-7 Delvist overslag på anlægspris for Løsning 3A.

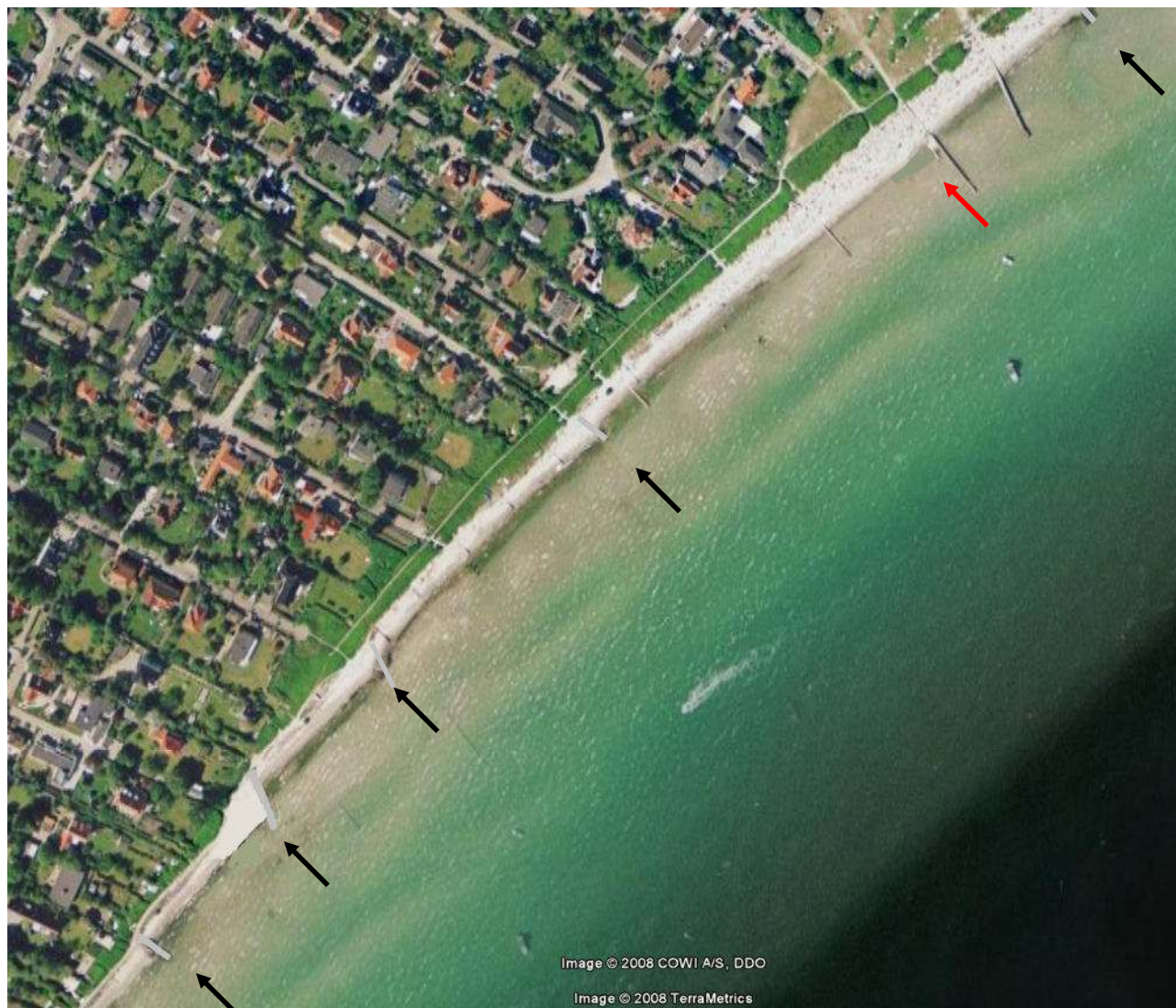
Løsning 3A	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Opgravning af rørledning og bortskaffelse af beton	m	7,0	15	105	7.500	787.500
Omlægning af afvanding					Ikke prissat	
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		330.750
Total:						1.118.250

Der vil sandsynligvis forekomme mindre erosion af stranden syd for de eksisterende udløbsledninger hvis de fjernes, da konstruktionerne virker som små høfder og derved holder på en del af sandet.

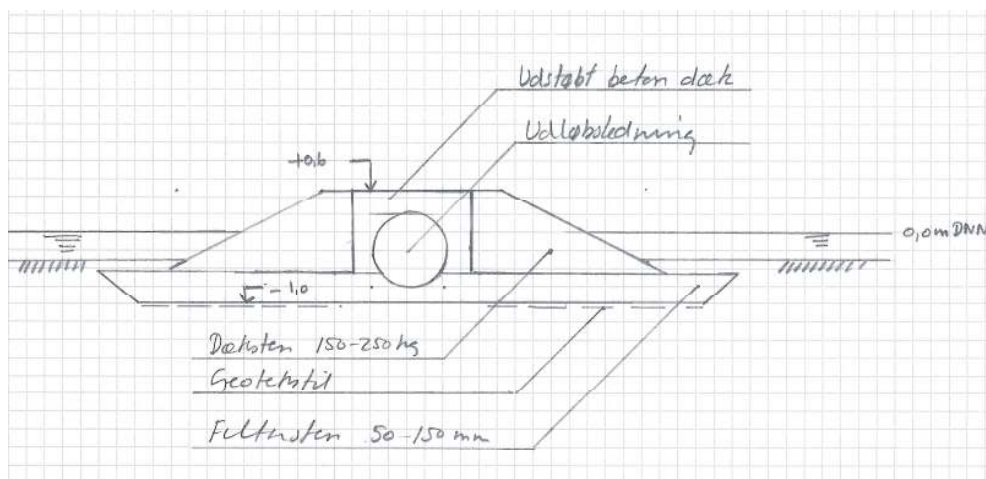
Hvis udløbene fjernes betyder det, at de eksisterende træhøfder i større omfang bør bevares / renoveres for at sikre stabiliteten af stranden og forhindre kysterosion.

Man kan også overveje at udbygge en del af de eksisterende udløbsledninger således at de i større grad virker som egentlige høfder. Herved kan man fjerne en del af de eksisterende træhøfder som ligger nærmest (Løsning 3B). Den visuelle fremtoning af udløbsledningerne foreslås forbedret ved at lave en udstøbning med beton omkring røret således, at der dannes en lav pier. Dernæst lægges dæksten langs siderne af den høfdelignende konstruktion.

For at eliminere det skæmmende udseende af kloakledningerne foreslås det at således at opgradere dem til en egentlig høfdekonstruktion. Resultatet af dette er en koordineret og sammenhængende kystsikring langs strækningen med rørledninger, med et minimum af konstruktioner men med sikkerhed mod fremtidig erosion.



Figur 4-14 Løsning 3B: Omlægning af udløbsledninger så de fungerer som hølfer: sort pil, Udløbsledning fjernes: rød pil.



Figur 4-15 Løsning 3B. Tværsnit af hølfe omkring udløbsledning.

Tabel 4-8 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 3B.

Tabel 4-8 Overslag på anlægspris for Løsning 3B.

Løsning 3B	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Opgravning af rørledning og bortskaffelse af beton	m	1,0	15	15	7.500	112.500
Omlægning af afvanding		1,0			Ikke prissat	
Omlægning af udløb til hofde:						
Dæksten	m ³	3,4	120	408	500	204.000
Filtersten	m ³	2,8	120	336	350	117.600
Geotekstil	m ²	6,0	120	720	30	21.600
In situ Beton	m ³	1,6	120	192	10.000	1.920.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		950.544
Total:						3.326.244

4.5 Hospitalsgrunden til Åkrogen (generelt)

4.5.1 Kystteknisk vurdering

Generelt er der en attraktiv strand mellem Hospitalsgrunden og Åkrogen. Der er kun få og begrænsede strækningerne med erosionsproblemer. Generelt er sandstranden bred og har således høj rekreativ værdi.

Følgende strækninger har mindre erosionsproblemer:

1. Strandvænget: Eksponering af syntetisk dug foran diget
2. Platanvej til Rønnevej: Forholdene er beskrevet i Afsnit 4.2.
3. Bellevue: Stormerosion af digefod
4. Rylevej og Vibevej: Stormerosion af digefod

Desuden er der uhensigtsmæssig kystbeskyttelse på følgende strækninger, som kunne opgraderes for at øge den æstetiske og rekreative værdi af stranden:

5. Hospitalsgrunden
6. Surfstrand ved Åkrogen
7. Strand ud mod Egåens udløb

4.5.2 Skitseforslag

Følgende tiltag foreslås for at forbedre kystbeskyttelsen mellem Hospitalsgrunden og Åkrogen:

1. Strandvænget: Her kunne man med fordel fodre med ral langs dige foden for at forhindre eksponering af den syntetiske dug, som holder sammen på diget. Tabel 4-9 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 4.

Tabel 4-9 Overslag på anlægspris for Løsning 4.

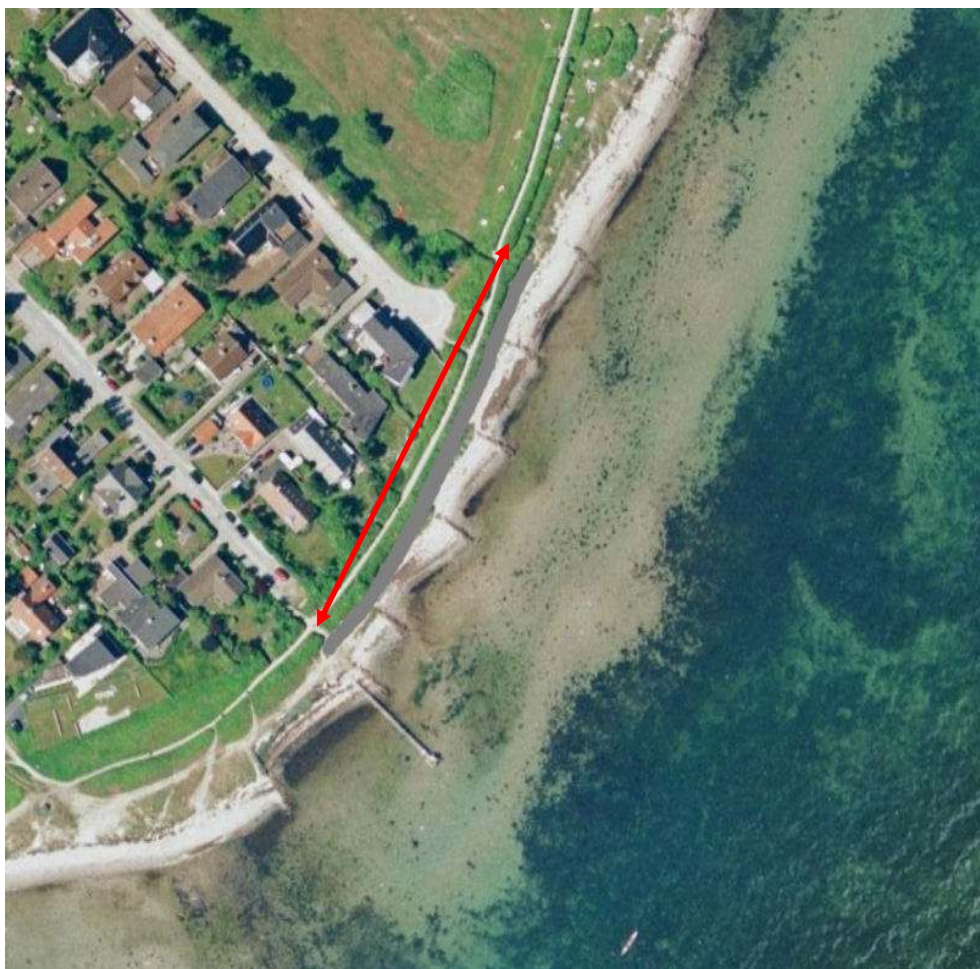
Løsning 4	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Ralfodring	m ³	6,0	30	180	350	63.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		26.460
Total:						89.460

2. Platanvej til Rønnevej. Forholdene er beskrevet i afsnit 4.2.
3. Bellevue: Der er observeret erosion i digefoden ved Bellevue. Det ser ud som om der er tale om stormerosion og ikke et problem skabt af et generelt tab af sand. Der er på nuværende tidspunkt en bred strand foran diget. Man kunne dog overveje at strandfodre fra Bellevue mod syd til Hospitalsgrunden for at øge strandens bredde og dække de gamle konstruktioner. Dette vil forebygge fremtidig erosion af diget på en naturlig og attraktiv måde. Strandfodringen skal vedligeholdes med mellemrum, da der er en nordgående nettotransport på stedet. Tabel 4-10 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 5. Denne løsning er afhængig af at udløbsledningerne fjernes (se Løsning 3A) da der ellers ved strandfodring vil være risiko for tilstopning af disse.

Tabel 4-10 Overslag på anlægspris for Løsning 5.

Løsning 5	Enhed	Antal enheder / m	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Mobilisering af sandsuger					200.000	200.000
Strandfodring	m ³	20,0	1.000	20.000	65	1.300.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		546.000
Total:						2.046.000

4. Rylevej og Vibevej: Her kunne man overveje at etablere en skråningsbeskyttelse langs diget og eventuelt opgradere de eksisterende høfder med sten. Dette vil sikre at diget ikke bliver skadet i forbindelse med almindelige storme.



Figur 4-16 Ny skråningsbeskyttelse ved Vejlbj Hage.

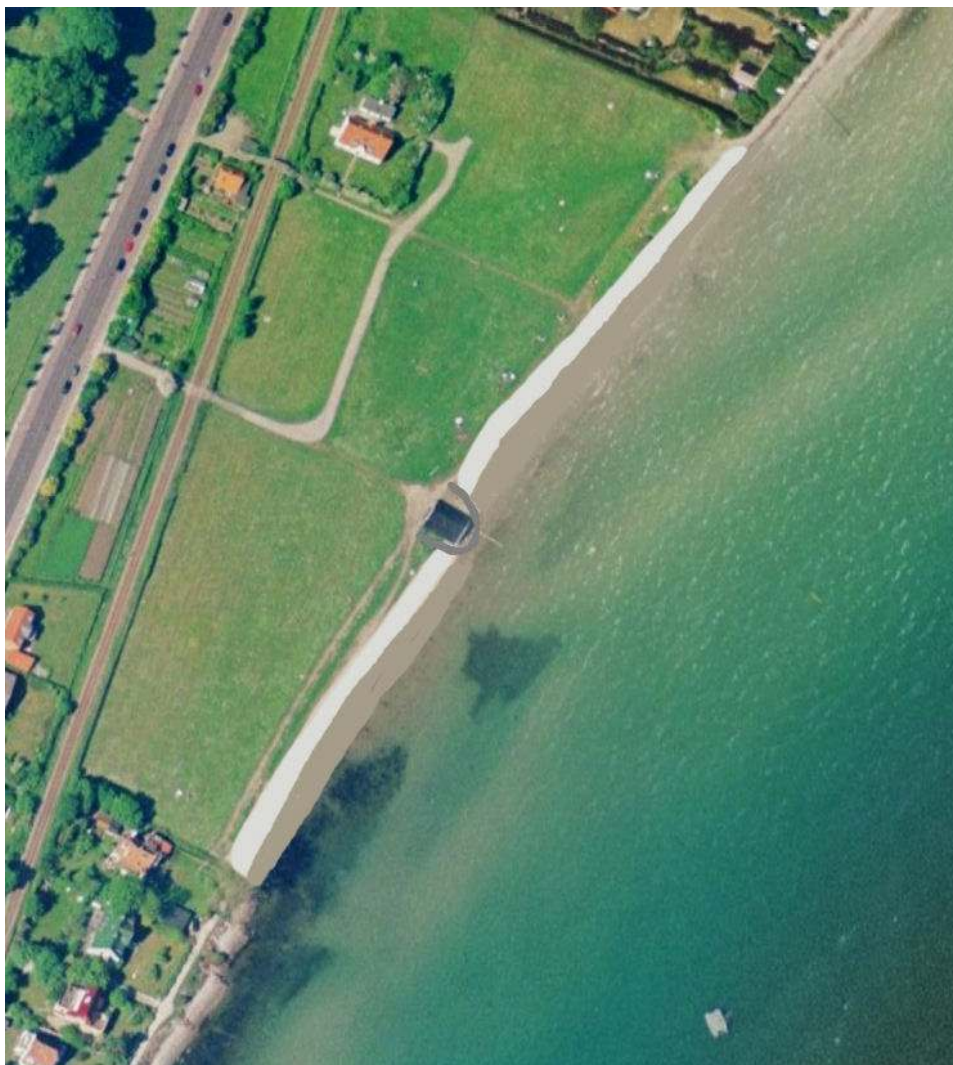
Tabel 4-11 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 6.

Tabel 4-11 Overslag på anlægspris for Løsning 6.

Løsning 6	Enhed	Antal enheder	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Skråningsbeskyttelse:						
Dæksten	m ³	3,6	150	540	500	270.000
Filtersten	m ³	3,4	150	510	350	178.500
Geotekstil	m ²	8,5	150	1.275	30	38.250
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		204.435
Total:						691.185

Langs følgende strækninger kan man med fordel sanere kystbeskyttelsen for at forbedre den visuelle fremtoning af kysten samt sikkerheden for strandgæsterne:

5. Hospitalsgrunden. Den lange nye skråningsbeskyttelse langs Hospitalsgrunden kan undværes, da den skæmmer stranden. Skråningsbeskyttelsen kan fjernes og man kan i stedet lade stranden erodere lidt ind i græsarealet. Hermed kunne man få en attraktiv bredere sandstrand uden konstruktioner. Det eroderede sand vil kunne virke som strandfodring på kysten hen mod Bellevue og forbedre strandens kvalitet her. Resultatet vil være at der ville være lidt erosion i græsarealet, men dette vurderes at være acceptabelt, da der ikke er betydelige værdier at beskytte udover grunden.



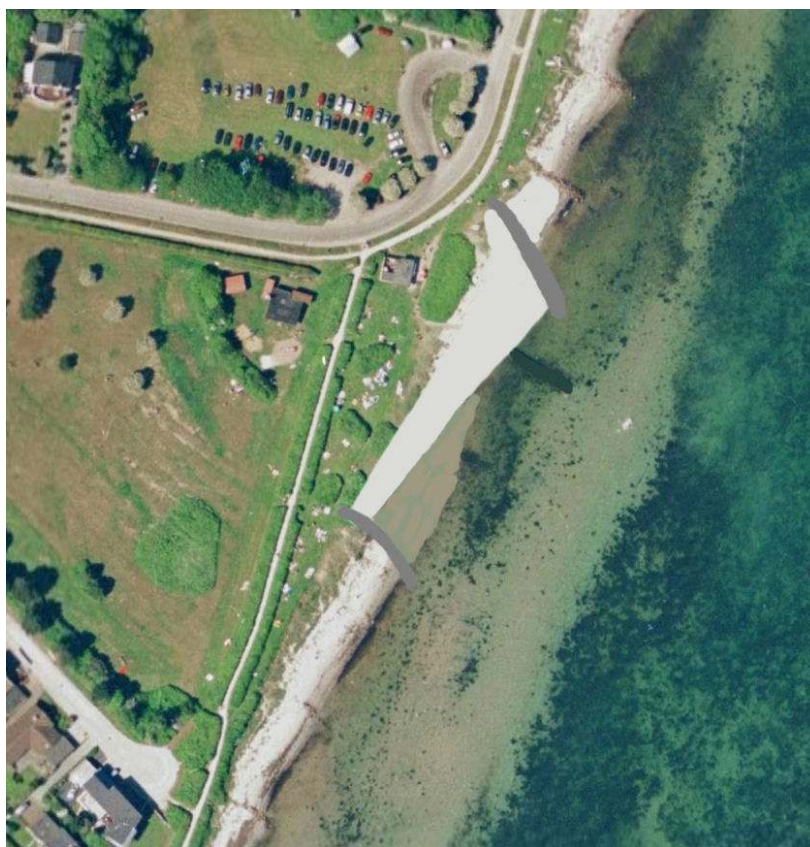
Figur 4-17 Fjernelse af ny unødvendig skråningsbeskyttelse ved Hospitalsgrunden.

Tabel 4-12 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 7.

Tabel 4-12 Overslag på anlægspris for Løsning 7.

Løsning 7	Enhed	Antal enheder	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Fjernelse af ny skråningsbeskyttelse:						
Opgravning og sortering af stenmateriale	m ³	3,0	275	825	110	90.750
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		38.115
Total:						128.865

6. Åkrogen: Man kunne overveje at fjerne de små høfder ved den nye surfstrand ved Åkrogen for at forbedre sikkerheden for surferne. I den forbindelse bør det også overvejes at flytte eller helt fjerne badebroen, da sådanne konstruktioner er meget farlige i forbindelse med specielt kitesurfing. Dette vil betyde, at der sker erosion i skrænten og stranden bliver bredere, hvilket vurderes at være acceptabelt, da diget er trukket tilbage på denne strækning. I stedet kunne man etablere en lidt længere men lav høfde for at holde på sandet foran surfstranden lidt nord for den eksisterende badebro. Tabel 4-13 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 8.

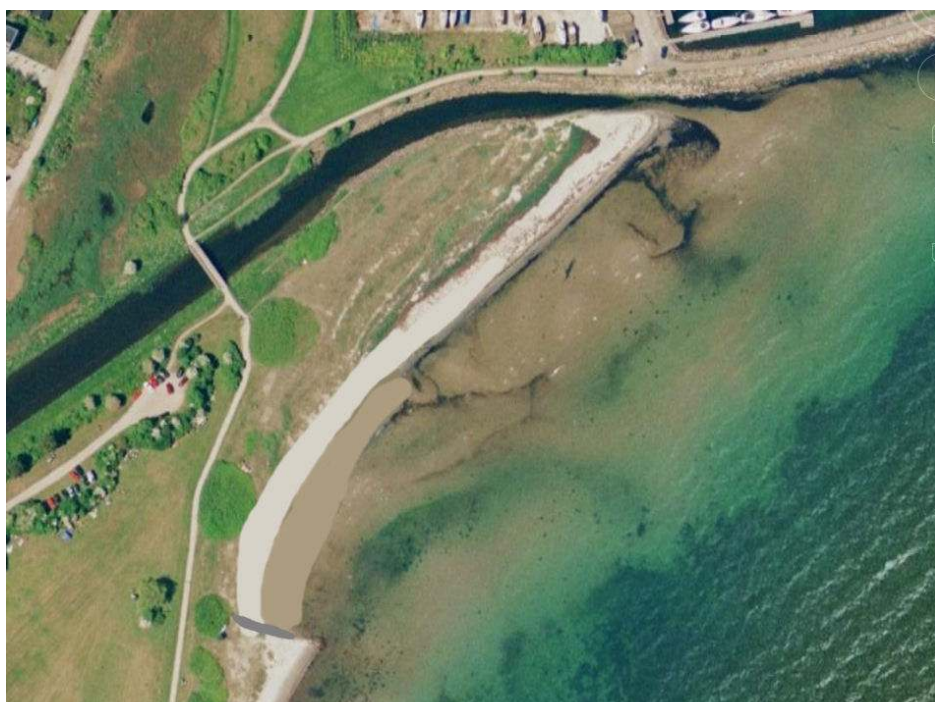


Figur 4-18 Fjernelse af høfder og omlægning af stranden ved surf klub.

Tabel 4-13 Overslag på anlægspris for Løsning 8.

Løsning 8	Enhed	Antal enheder	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Stenhøjde +1,0m:						
Dæksten	m ³	4,8	50	240	500	120.500
50% af eksisterende sten genanvendt som dæksten	m ³	1,0	91	91	-500	-45.500
Filtersten	m ³	4,0	50	200	350	70.000
50% af eksisterende sten genanvendt som filtersten	m ³	1,0	91	91	-350	-31.850
Geotekstil	m ²	10,0	50	500	30	15.000
Fjernelse af sten høfder:						
Opgravning og sortering af stenmateriale	m ³	2,0	91	182	110	20.020
Indbygning af genanvendte sten	m ³	2,0	50	100	250	25.000
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		72.521
Total:						245.191

7. Åkrogen: Man kunne overveje af fjerne de små høfder fra Åkrogs Strandvej til Egåens udløb for at skabe en attraktiv og naturlig strand her. Omkostningerne ved dette forslag er, at der er en strækning efter Åkrogs Strandvej, som vil erodere lidt i begyndelsen. Der er dog et godt stykke ind til diget og stien, så dette vurderes at være acceptabelt.



Figur 4-19 Fjernelse af høfder ved Åkrogs Strandvej syd for Egåens udløb.

Tabel 4-14 viser de opstillede prisoverslag for Løsning 9.

Løsning 9	Enhed	Antal enheder	Længde m	Mængde	Enhedspris kr.	Pris kr.
Fjernelse af stenhøfder						
Opgravning og sortering af stenmateriale	m3	2,0	40	80	110	8.800
Mobilisering, projektering, tilsyn, uforudset	%			42		3.696
Total						12.496

Tabel 4-14 Overslag på anlægspris for Løsning 9

5 Referencer

- /1/ Kort of Matrikelstyrelsen (2008). Den Danske Havnelods
- /2/ Kystdirektoratet (2007). Højvandsstatistikker2007
- /3/ Dansk Hydraulisk Institut (1997). Århus Havn, VVM. Kystmorfologisk Undersøgelse, April 1997
- /4/ DHI - Institut for vand og miljø (2007). Århus Kommune - De Bynære Havnearealer. Hydrauliske undersøgelser vedrørende kystsikringen ved Pier 4. Endelig rapport, Februar 2007
- /5/ Jens Kirkegaard, Henrik Koefod-Hansen og Berry Elfrink (1998). Wake wash of high-speed craft in coastal areas. Coastal Engineering 1998
- /6/ CIRIA/CUR (1991). Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering CIRIA Special Publication 83/CUR Report 154, 1991
- /7/ Komar P.D (1998). Beach processes and sedimentation. Prentice Hall
- /8/ Dansk Hydraulisk Institut (1996). Technical Investigation of Wake Wash from Fast Ferries. Summary and Conclusions. Report for Danish Maritime Authority, October 1996
- /9/ Hurdle, D.P. og Stive, R.J.J (1989). Revision of SPM 1984 Wave Hindcast Model to Avoid Inconsistencies in Engineering Applications. Coastal Engineering, 12 (1989) 339-351
- /10/ Digeudvalget (1984). Rapport fra digeudvalget nedsat af Grundejerforeningen Vejlbj Fed, September 1984.
- /11/ Niras (2005). Tilstandsvurdering af dige. Fra Åkrogen til Stationsgade. Rapport for Grundejerforeningen Vejlbj Fed, 8240 Risskov, December 2005