

NIRAS A/S  
Sortemosevej 2  
DK-3450 Allerød

Telefon 4810 4200  
Fax 4810 4300  
E-mail niras@niras.dk

CVR-nr. 37295728  
Tilsluttet F.R.I

## Strandparken I/S

---

## BRØNDBY STRAND

## Monitering af Erosion 2009

---

1.0	Endelig	26.08.09	JOS	CHU	CHU
0	Udkast	17.08.09	JOS		
Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt

### 1. Indledning

I 2002 indgik NIRAS aftale med Strandparken I/S om indsamling af data for overvågning af erosionen i Brøndby Strand. NIRAS har i denne forbindelse foranlediget pejling af strandprofilen i december 2002 og udarbejdelse af fotogrammetrisk GIS baseret kortlægning over Køge Bugt Strandpark på baggrund af luftfoto foretaget april 2003.

Tilsvarende pejlinger af strandprofil blev foretaget i 2005 og 2007

Den 25. maj 2009 blev der indgået en aftale om en opmåling og beskrivelse af strand mellem Brøndby- og Vallensbæk Havne. En afrapportering og sammenligning med tidligere indsamlet data.

Pejlinger blev foretaget den 12.06.09

Opmåling og GIS- database er i WGS 84. Datum er DVR90.

Der er ikke fremkommet nye fakta omkring ondulering, bølger og vind, derfor er resultater helt sammenfaldende med tidligere notater.

### 2. Sammenfatning og Konklusion

Der er en tydelig erosion på hele østlige del og den midterste del af strækningen med en tilvækst i den vestlige ende. Der er en stor tilvækst mod Vallensbæk havn hvor det aflejrede sand når helt ud til indsejlingsrenden.

I perioden 1986 til 2009 er der på de værste lokaliteter eroderet ca. 25 meter, startende ved Brøndby havn over en strækning på 1 km. I den vestlige ende ved Vallensbæk havn er der lagt op til 75 meter på. Under vandlinjen er der deponeret store mængder på hele strækningen, det er igen den vestlige ende der har modtaget mest.

Erosionen af klitterne er fortsat og er nu flere steder i en tilstand hvor der, hvis der ikke gribes ind, vil ske en gennembrydning i en stormsituation med højvande. Dette medfører en oversvømmelse af baglandet.



**Figur 1.0 Billede. Erosion af klit er tydelig, sømaterialer (Tang) ligger helt op mod klitter. Rødder for marehalm er blotlagt. Vandstand 0,0 daglig vande.**

Den del af stranden hvor der er erosion er sandet flytte ud og vest på. Dette har givet en ringe bredde af sandstrand og ringe vanddybde for badende gæster.

Det vurderes at erosionen af strand og klitter samt tilsanding vil fortsætte hvis der ikke gribes ind. Det er den samme vurdering der er beskrevet i tidligere rapporter/notater. Det er mere alvorligt nu hvor tilsanding er ved at nå indsejling til Vallensbæk havn og derved blive til gène for fritidssejlere. Erosionen af

klitter er begyndt at underminere marehalmen, der er med til at stabilisere klitten.

I den østlige ende ca. 200 meter er der tidligere lagt et beskyttende rallag ud, virkningen mod erosion har været god i den lave ende af strand. Højere oppe ved klit er der tydelig erosion, der på længere sigt vil ødelægge klit men også der beskyttende rallag.



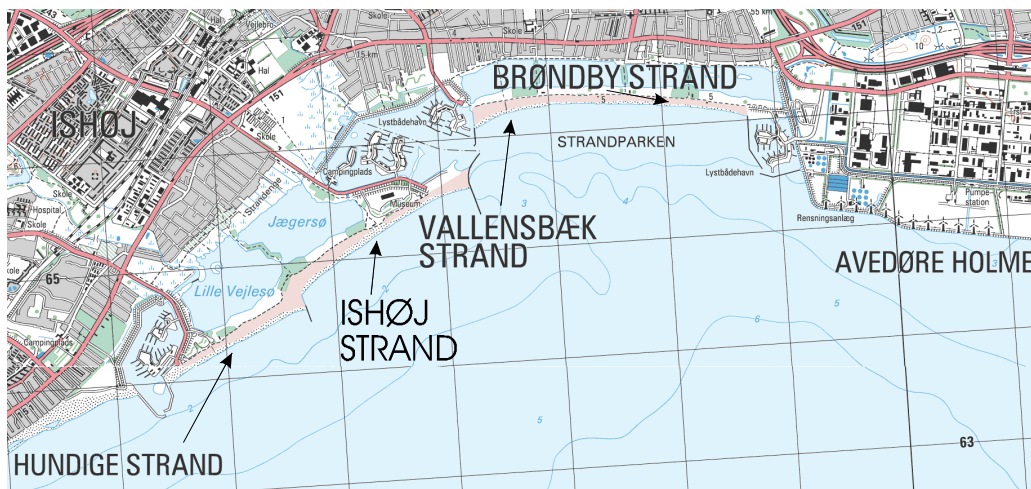
**Figur 2.0 Billede. Rallag ved østende af strand. Erosion er tydelig hvor rallag slutter.**

Stoppes erosionen ikke øges risikoen for, at klitterne i stormsituation med højvande gennembrydes med tilhørende mulighed for en oversvømmelse af baglandet.

Stranden kan reetableres ved f.eks.:

- Sideflytning af sand til de sektioner hvor der er erosion fra sektioner med tilvækst.
- Strandfodring på den eroderede strækning med sand.

Udover reetablering af strand arealer skal ødelagte klitter bygges op igen.



Figur 3.0 Køge Bugt Strandpark. Kortgrundlag: KMS 1:50.000.

### 3. Datagrundlag

#### 3.1 Ortofoto

Der er anvendt ortofoto, stillet til rådighed af ISHØJ KOMMUNE, for årene 1986, 1992 og 2006.

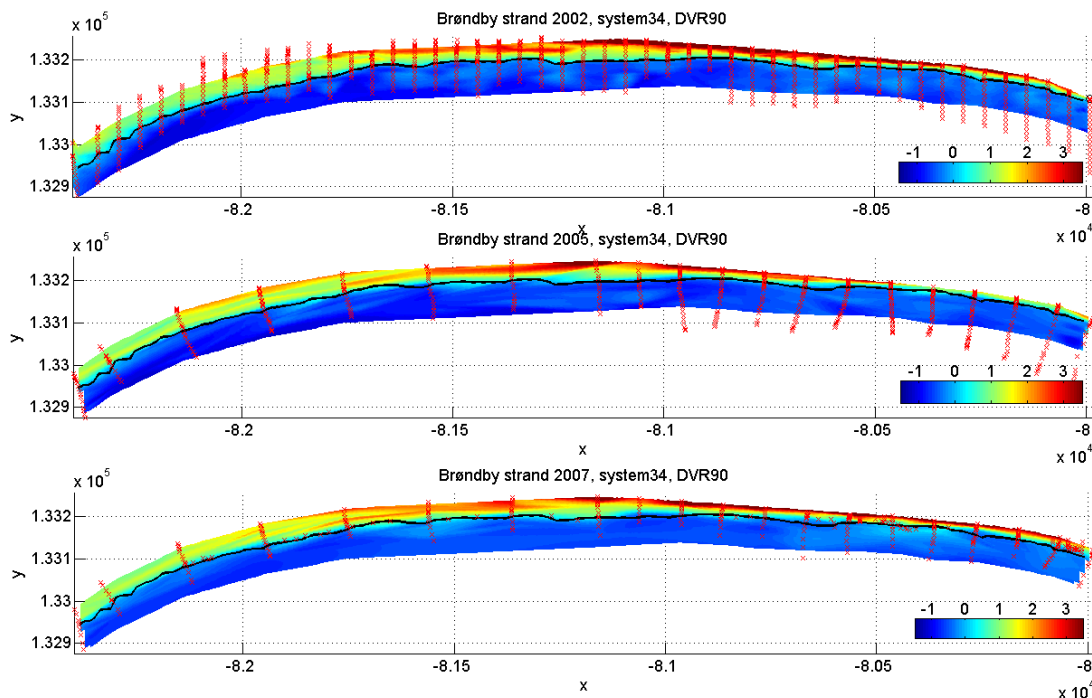
#### 3.2 Pejlinger

Nærværende notat er baseret på pejlinger foretaget i 2003, 2005, 2007 og 2009. Pejlinger er udført den 12.06.09, udført med håndholdt DGPS, i koordinat system WGS 84 Vertikal datum for pejling er DVR 90. Der blev udført pejlinger pr. 100 meter. Det er tilstræbt at pejlinger er langs de samme linjer som i 2005 og 2007.

Information om tidligere pejlinger udført af NIRAS henvises til "Monitering af Erosion 2005" og "Monitering af Erosion 2007".

**Figur 3.0 viser en oversigt over pejlinger samt den interpolerede kontur. På kortet er vandlinien i 2002 vist som reference linie, datum er DVR90 og alle enheder er i meter.**





**Figur 4.0, højdekort for opmålt område, x er pejlepunkter og den sorte linie er vandlinien i 2002**

## 4. Udvikling af strandprofil

### 4.1 Generelt

På baggrund af de interpolerede højdekort er erosion og aflejring af sediment beregnet.

Figur 9.0 og Figur 10.0 viser erosion og aflejring i perioden fra 2002 til 2007, ydermere viser Figur 10.0 aflejring i perioden fra 2002 til 2005, samt ændringer i kystlinje forløbet. Figur 7.0 viser placeringen af kystlinjen for 1986, 1992 og 2009 på luftfoto fra 2006. Placeringen af vandlinjen er baseret på luftfoto, hvilket giver en usikkerhed i størrelsesordenen 5m, på grund af ukendt vandstand.

### 4.2 Kystlinjens bevægelse

Fra 1986 til 2009 er kysten rykket ca. 25m tilbage på strækningen fra den midterste adgangsbro til Brøndby strand (ca. 1km vest for Brøndby havn). Vest for den midterste adgangsbro stiger fremrykningen gradvist til ca. 75m ved Vallensbæk havn (mest markant på den sidste kilometer op mod Vallensbæk havn). Der er meget ringe dybde 25-50 meter ud fra vandlinje de sidste 500 meter mod Vallensbæk Havn. Området omkring Livredder tårn er stabil. Dette ses af figur 7.0. samt udsnit heraf på Figur 6.0 og Figur 8.0. Den projekterede kystlinie (Figur 7.0, grøn linie) er bestemt på baggrund af luftfoto fra 1986, kystlinjen var projekteret til at ligge 35m foran klitten (Klitrækken er identificeret ud fra vegetationen grænsen i 1986).

Af udsnittene Figur 6.0 og Figur 8.0, ses det at ændringen af kystlinien er en igangværende proces, og at der ikke ses nogen tendens til at udviklingen skulle være stoppet. Der ses en stor fremrykning ved Vallensbæk havn i forhold til den projekterede kystlinie og til kystlinien i 1986 (Figur 7.0 grøn og blå kystlinie). Dette skyldes en kraftig vind drevet erosion af klitterne, før disse var tilgroede. Sedimentet blev aflejret i den vestlige ende af stranden.

På Figur 10.0 ses ligeledes en klar tendens til at der i perioden fra 2002-2009 er blevet aflejret sediment i den vestlige ende af stranden, mens der sker en erosion af kysten i den østlige ende. Af øverste panel på Figur ses denne tendens også i perioden fra 2002-2005. Naturligvis ikke så udtalt.

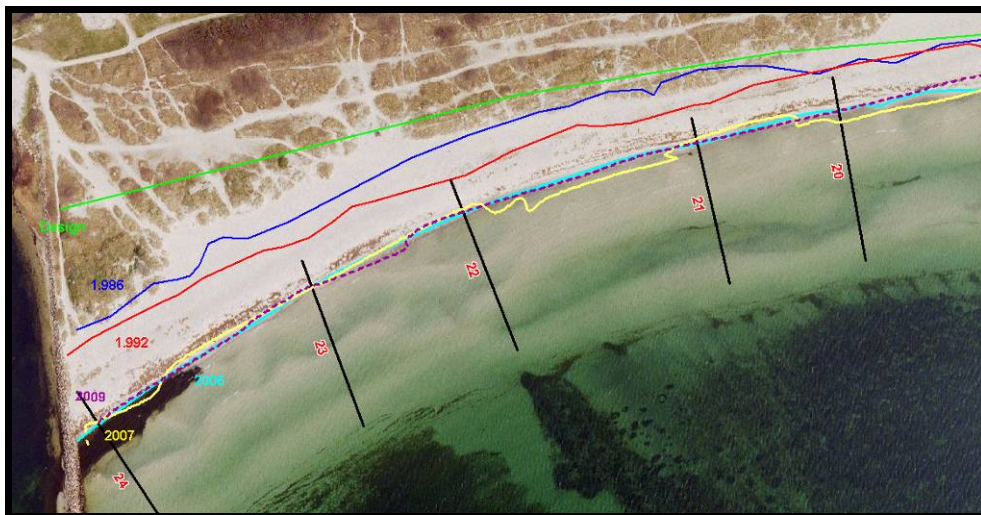
Den kraftige erosion på den østlige del af stranden har efterladt en stejl skrænt som vil være stærkt udsat for erosion. Speciel ved højvande vil der være stor erosion, idet bølgerne vil kunne løbe helt op og ramme skrænten ved klittens forside, se Figur . Dette ses som de kraftige blå områder på Figur , som indikerer erosion på over 0.5m. Af Figur , øverste og midterste panel, ses det at erosionen sker inden for kystlinien. Dette skyldes, at der sker en erosion af klitterne.



**Figur 5.0 Foto. Daglig vande 0,0. Lokaltet ca. 500 m vest fra Brøndby havn med retning mod Vallensbæk havn.**

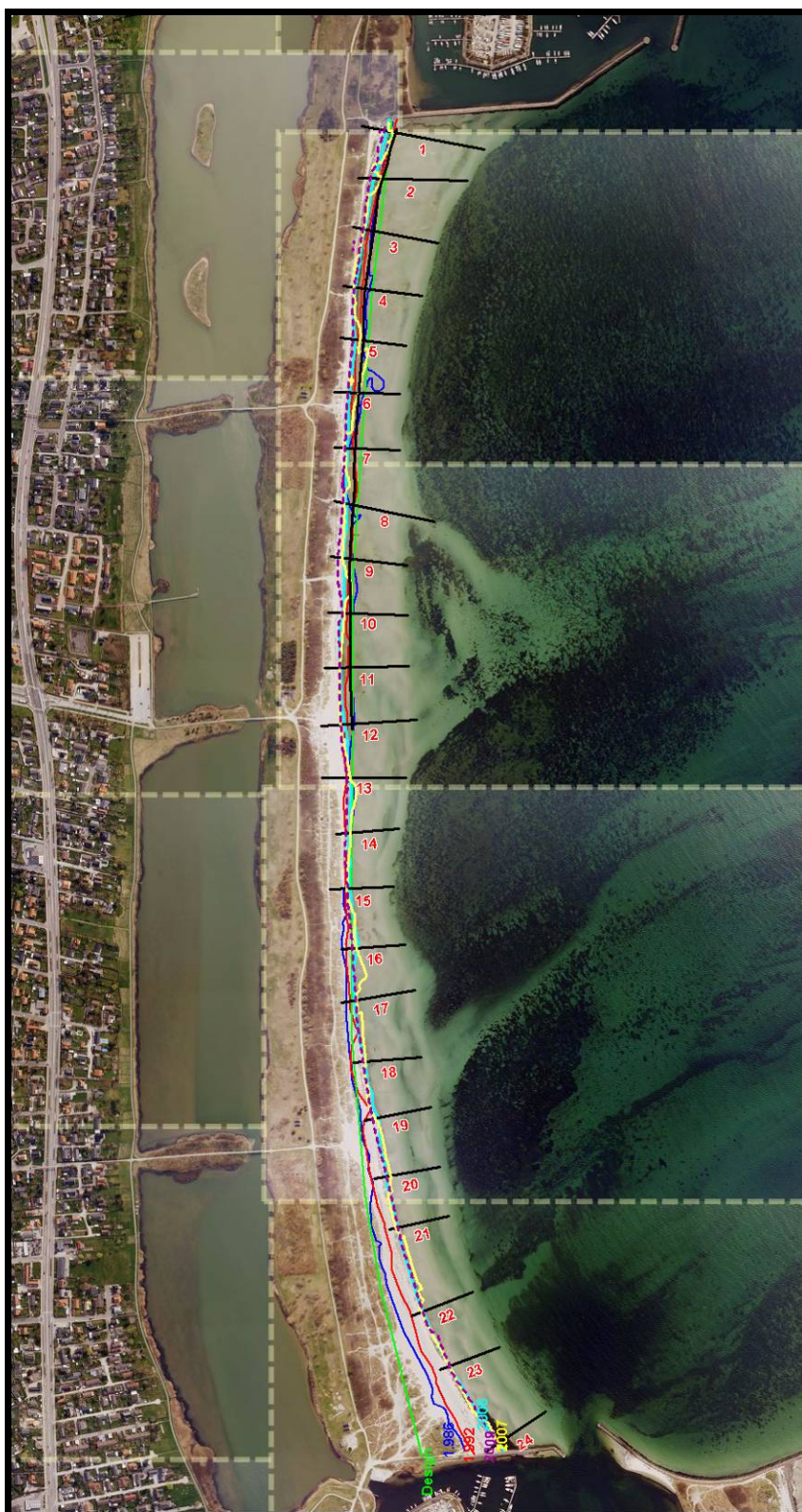
Det forventes, at det eroderede sediment aflejres ud for kysten. Dette underbygges af panel 1 og 2 på Figur , hvor der ses en kraftig erosion på indersiden

af kystlinien, og en svag aflejring på et større område ud for kysten. Dette bevirker at strandprofilen gradvist bliver mere fladt, samt at kystlinien fortsat rykker tilbage. Herefter vil der ske en langsgående sediment transport.



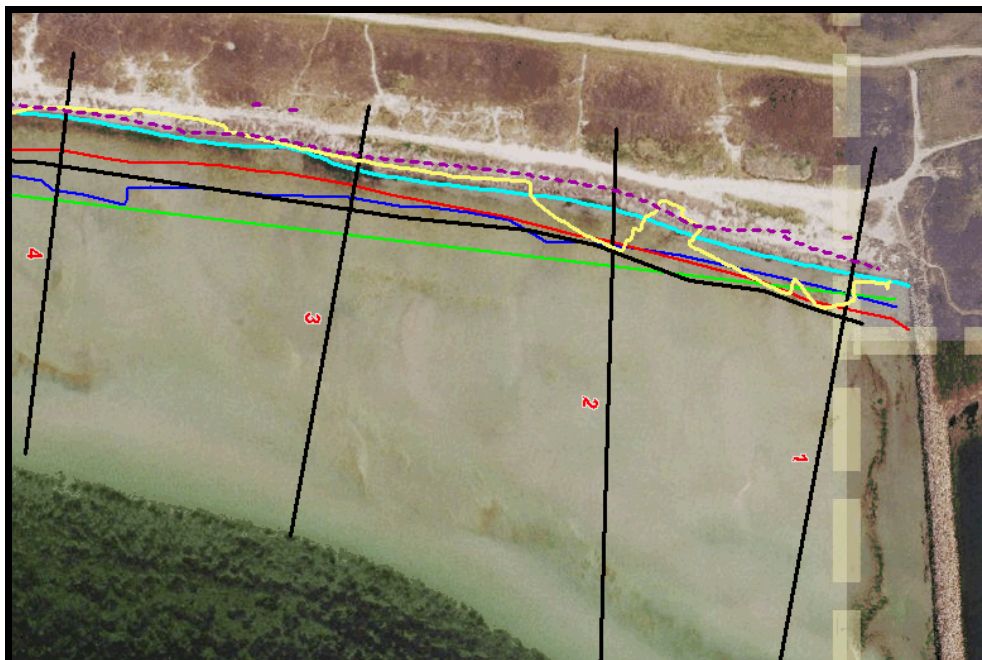
Figur 6.0, udsnit af figur 7.0 ved Vallensbæk havn. Blå linie er kystlinien i 1986. Rød linie er kystline i 1992. Grøn er den projekteret kystlinie. Den stiplede linie er kystlinien i 2009.





**Figur 7.0** Ortofoto af strandparken fra 2006. Blå linie er kystlinien i 1986. Rød linie er kystline i 1992. Grøn er den projekteret kystlinie. Den stiplede linie er kystlinien i 2009.





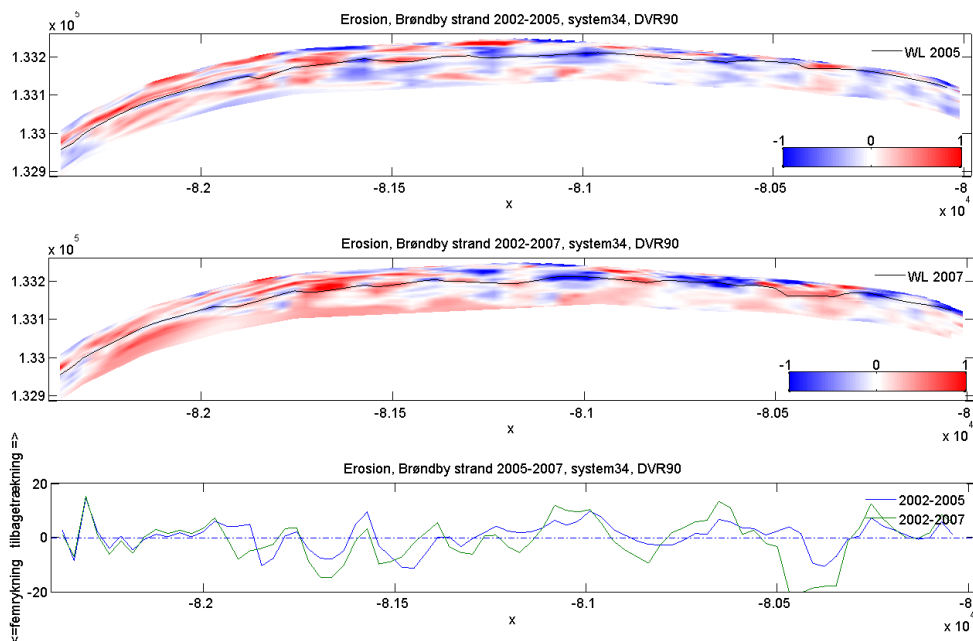
Figur 8.0, udsnit af figur 7.0 ved Brøndby havn. Blå linie er kystlinien i 1986. Rød linie er kystline i 1992. Grøn er den projekteret kystlinie. Den stiplede linie er kystlinien i 2009.



Figur 9.0 Erosion og aflejring fra 2002 til 2007



Figur 9.0 Erosion og aflejring fra 2007 til 2009. **Klitfoden fosvinder (grå farver) og sandet ender i vandet (gult) og langsomt transporteres sydpå.**



**Figur 10.0, erosion og aflejring, samt kyst liniens bevægelse for 2002-2005; 2002-2007. Alle enheder er i meter.**

#### 4.3 *Langsgående sediment transport*

Den langsgående sedimenttransport er drevet af bølgerne. Det afgørende er størrelsen af bølgerne og bølgenes retning relativt til orienteringen af kyst. Kystens orientering er vist på Figur. Idet bølgerne er genereret i et lokalt vind system, vil de have omtrent samme retning som vinden, ses vindrose Figur.



**Figur 11.0, Kyst orientering**

Der er overordnet to bølge situationer

- Bølger genereret i Køge bugt

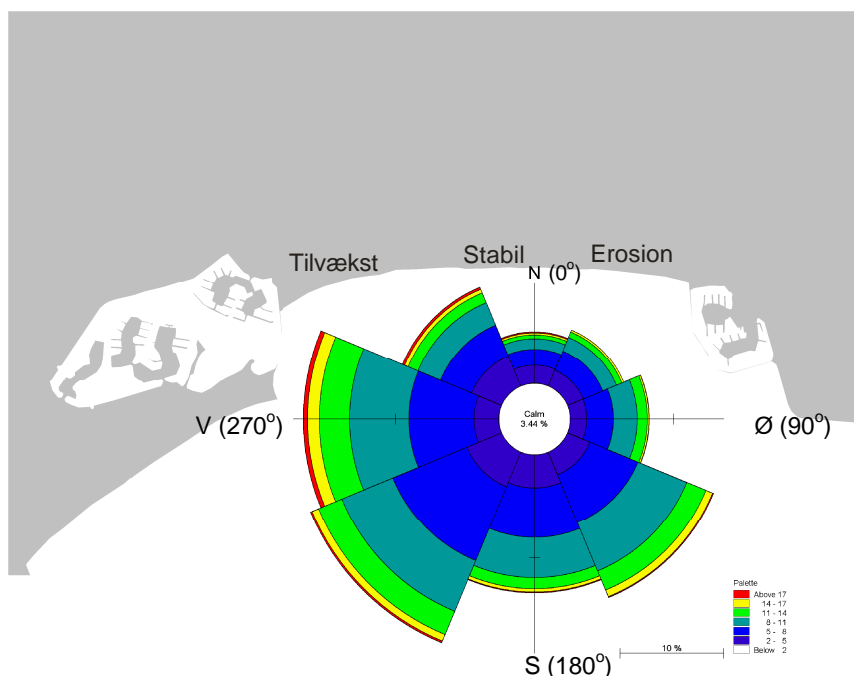


- Bølger genereret i Østersøen

Bølger genereret i Køge bugt er små, og fra et retnings interval mellem 180-220 grader, SSV. Bølgerne giver anledning til en mindre sedimenttransport i østgående retning. Den yderste mole ved Vallensbæk havn giver en god beskyttelse på de første ca. 500m fra Vallensbæk havn. Transportkapaciteten er generelt meget lille for disse bølger.

Bølger genererede i Østersøen kan blive relativt store i forhold til bølger genereret i Køge bugt. Bølgerne er fra et retnings interval mellem 140-180grader, SSØ. De første ca. 200 meter strand fra Brøndby havn er delvist beskyttet mod disse bølger af Brøndby havn. Her efter induceres en vestgående bølgegenereret strøm og dermed en tilsvarende sediment transport. Vest for den midterste adgangsbro ændrer kysten gradvis orientering til at blive vinkelret på bølger, hvorfor den bølgegenererede strøm gradvis aftager og der ses en aflejring af sediment.

Denne analyse af bølgeklimate og den resulterende sediment transport, underbygger den generelle tendens i den langsgående sediment transport. Det ses af vindrosen fra Drogden Figur 12.0, at der er lidt større sandsynlighed for vind der giver øst gående transport frem for vestgående transport, men forskellen er ikke stor nok til at opveje den markant større transport for bølgerne fra Østersøen.



**Figur 12.0, Vindrose fra Drogden 1996-2006**

#### 4.4 *Kystonduleringer*

Som Figur viser, optræder der onduleringer af kysten. Det kan ses af nederste panel på Figur at disse onduleringer bliver forstærket, og at de er migreret mod

vest i perioden fra 2005-2009. Migrationen stemmer fint overens med analysen af den langsgående sedimenttransport. Onduleringerne har tidligere givet problemer, og på Figur 13.0 ses også nogle store onduleringe af kystlinien i 1986.



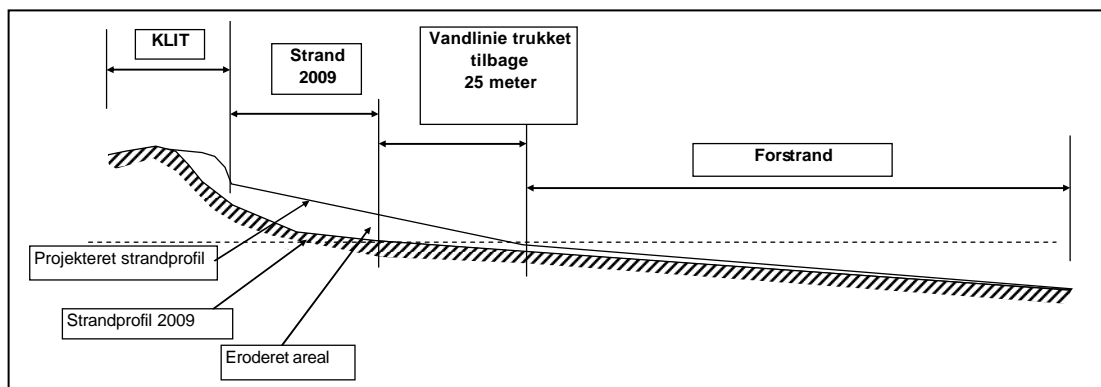
**Figur 13.0, Onduleringer af kyst ved de to østligste adgangsbroer til strandparken.**

#### 4.5 *Mængde beregning*

Der er foretaget en overslags beregning af hvor meget sand der skal tilføres, til den ca. 1 km lange kyststrækning som har været udsat for erosion, for at re-etablere stranden. Der er antaget et uniformt strandprofil og at der skal udlægges sand fra kote -1 til kote 2.25. Den på Figur 15.0 viste skitse er en skematisk optegning af de målte strandprofiler. Et udvalg af disse er vist i afsnit 6.1, bilag, strandprofiler.

Der er regnet med at hele den 1km lange kyststrækning skal rykkes gennemsnitlig 20m frem. Herved fås at der mangler  $55 \text{ m}^3$  pr løbende meter strand, i alt  $55.000 \text{ m}^3$ . Det eroderede areal på skitsen, Figur 15.0, repræsenterer den mængde sand der skal tilføres for at genskabe stranden som projekteret.

På de sidste 900 meter af strækningen mod Vallensbæk Havn er der et overskud af sand på  $65.000 \text{ m}^3$  Hvorfor der er en difference mellem de to størrelser kan ikke entydigt forklares, årsagen kan være at oprindeligt design af klitter ikke er helt korrekt.



Figur 14.0, skitse af strandprofiler, projekteret og opmålt i 2009

## 5. Anbefalinger

Det vurderes at erosionen og tilsanding af stranden vil fortsætte, hvis der ikke gribes ind. Tilsanding ved mole op mod Vallensbæk havn vil på sigt gå ud over indsejlings rende. Klitter vil på sigt miste deres virkning som sikring mod højvande.

Det anbefales yderligere at der foretages en reovering af klitter, ved indbygning af materialer/sand og sikring ved beplantning.

Oprindeligt blev klitterne designet til at kunne modstå en 200 års hændelse dvs. en vandstand på 2.25m overlejret af bølger til en top kote på ca. 3.0 m DNN. Tilsvarende blev de interne diger designet til kote 2.25m DNN.

### 5.1 Løsnings modeller

Det vurderes ikke at sediment transport problemet kan elimineres, således at fremtidige indgreb kan udgå, idet dette vil kræve en ændring af kystens orientering. Det må således forventes at den valgte løsning skal gentages om antageligt ca. 25 år.

Ved vurdering og opstilling af løsningsmodeller er der 4 overordnede forhold der skal tages hensyn til:

1. Bredden af stranden ønskes reetableret på den østlige del af stranden for at sikre mod yderligere erosion
2. Mængden af akkumuleret tang ønskes minimeret
3. Minimering af omkostninger ved indgreb
4. Vedligeholdelse af højvandssikring

To løsningsmodeller for reetablering af stranden kunne være:



1. Sideflytning af sand fra den vestlige (Vallensbæk havn) til den østlige del af stranden (vest for Brøndby havn).
2. Tilfører sand udefra.

Det vurderes at størstedelen af flytningen af sand fra vest mod øst kan udføres fra land.

Ved at tilføre mere sand til stranden, risikerer man på sigt at forøge problemer med tilsanding af indsejlingen til Vallensbæk havn.

For at reducere mængden af tang på stranden ville det være en fordel at reducere de dødvands områder, der opstår i læ af molerne i begge ender af stranden. Det kan gøres ved at etablere et mere afrundet kystforløb i overgangen fra strand til stenmole og/eller et stejlere strandprofil. Ved at fremrykke kystlinjen ved molerne reduceres dødvands zonerne men samtidig øges tilsanding af sejlrenderne. Alternativt kunne der suppleres med sand af en grovere fraktion, der kan stå med et stejlere profil og dermed give lidt større vanddybde.

Begge løsningsmodeller sikrer klitten mod yderligere erosion samt deres funktion som højvandssikring.

Klitter skal tilplantes med marehalm el. lign. For at holde på sand både ved vindpåvirkning og bølgepåvirkning.

## 5.2 *Udgiftsoverslag:*

Hvis sandet skal hentes udefra og pumpes ind, anslås udgifterne for de ca. 55.000 m<sup>3</sup> sand, til ca. 5,5 mio. DKK inklusive afretning.

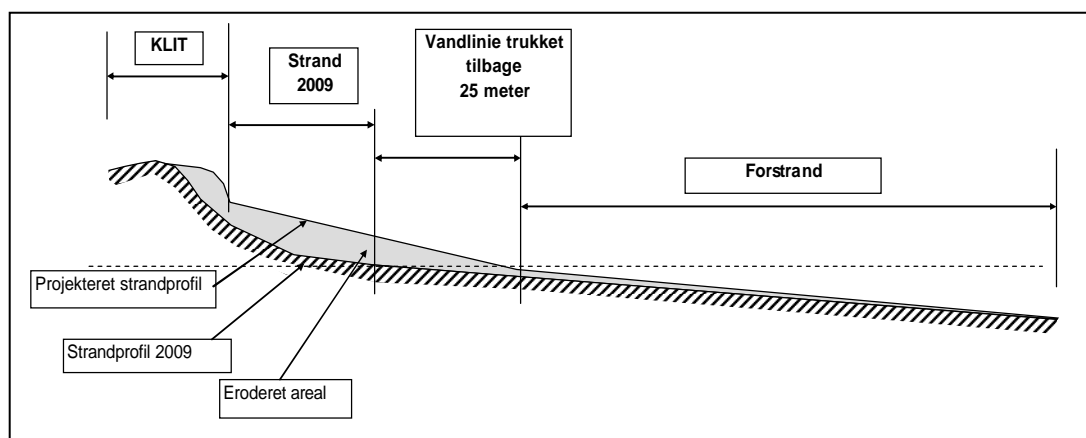
Flyttes sandet fra Vallensbæk havn vha. gravemaskine og dumper anslås udgifterne til at være ca. 2,75 mio. DKK.

## 5.3 *Indbygning af sand*

Det anbefales at der opfyldes sand fra foden af klitten, kote 2.25 mDNN, med et anlæg på  $a = 20$ , til eksisterende bund. Anlægget svarer til det projekterede anlæg for stranden.

Accepteres en overkote på 20cm kan restvolumenet placeres på selve stranden og efterfølgende blive bragt på "plads" af bølgerne. Rest volumen er det volumen der er defineret mellem det projekteret profil og det eksisterende profil fra vand linjen og udefter, se Figur 15.

Det anbefales at der over en strækning på ca. 1 km sker en renovering af klitter. I forbindelse med renovering af klitter skal der tilføres sand, der skal udføres sikring mod sandflugt (Tilplantning af ny marehalm.).



**Figur 15.0, skitse af opfyldning**

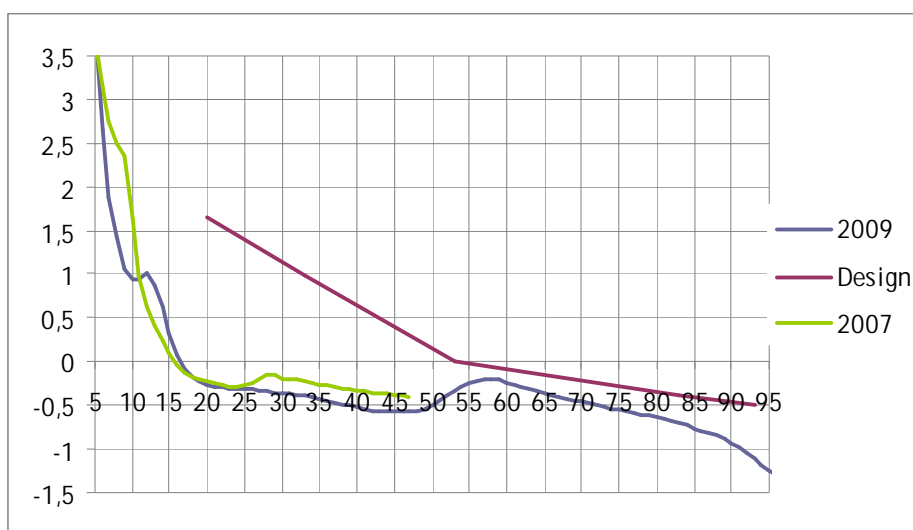
## 6. Bilag

### 6.1 *Strandprofiler*

På Figur er placeringen af de opmålte strandprofiler fra 2005 og 2009 vist og i de efterfølgende figurer sammenholdt med de tilsvarende projekterede profiler. Det vertikale nulpunkt er sat efter DVR90, og distance offshore er sat med et nulpunkt i vandlinjen for det projekterede profil.

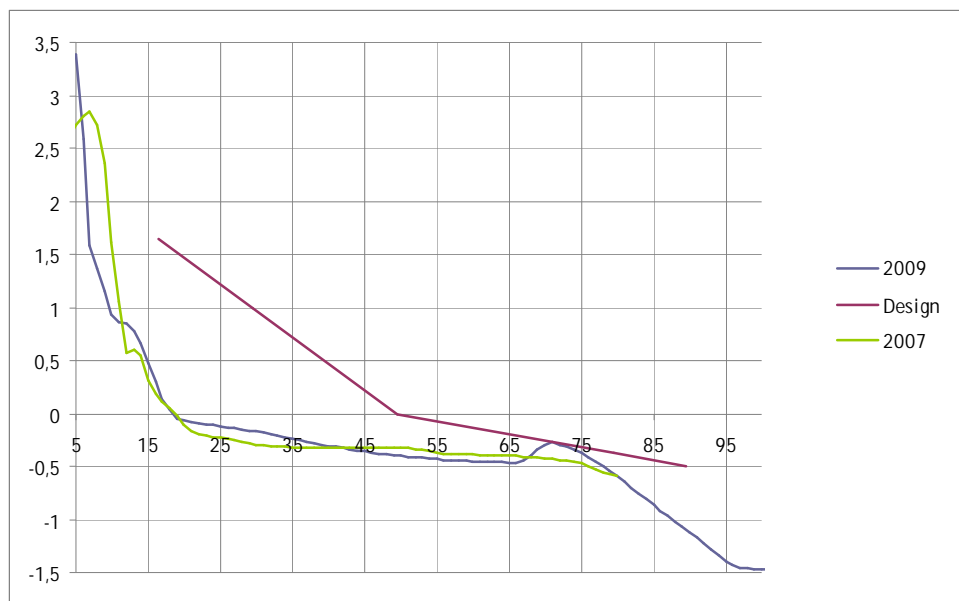


**Figur 16.0, oversigt og kyst ortogonale linier hvor strandprofiler er vist.**

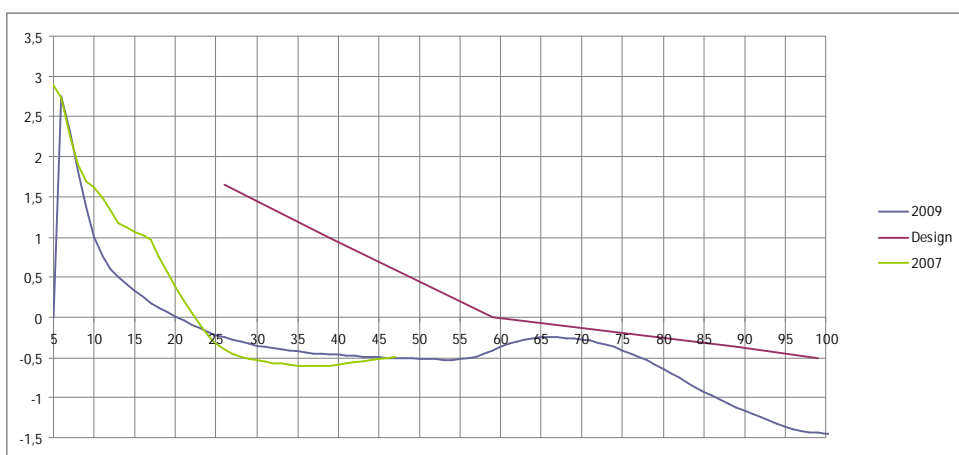


Profil ved linje 4.

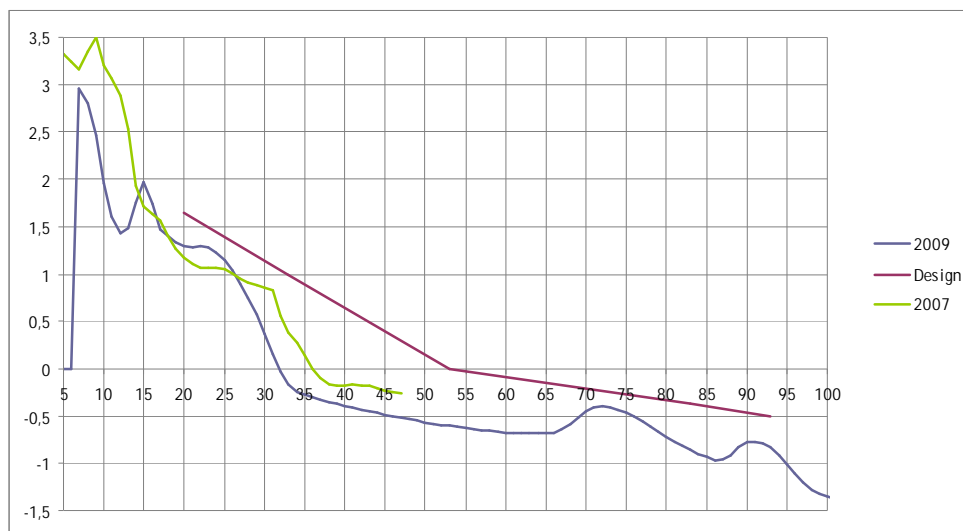




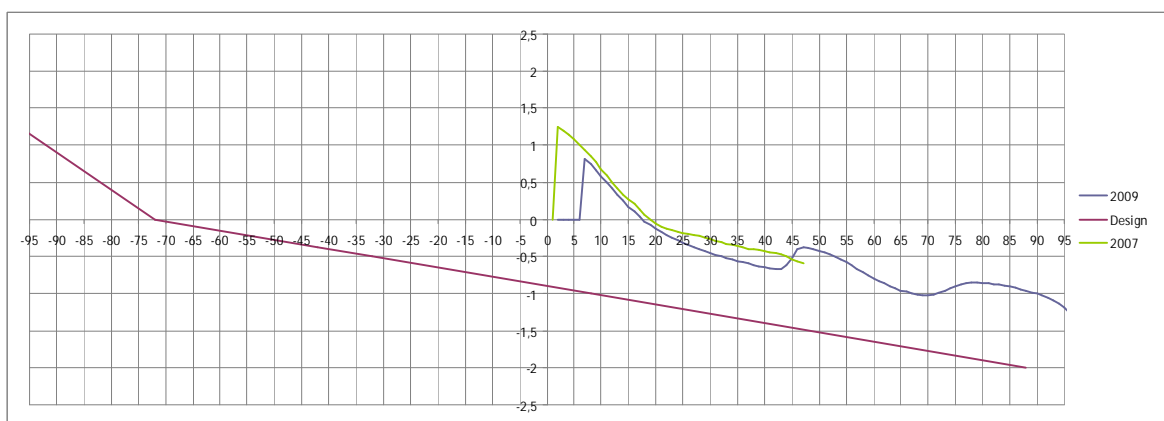
Profil nr. 7



Profil nr. 10



Profil nr 13.



Profil nr. 23