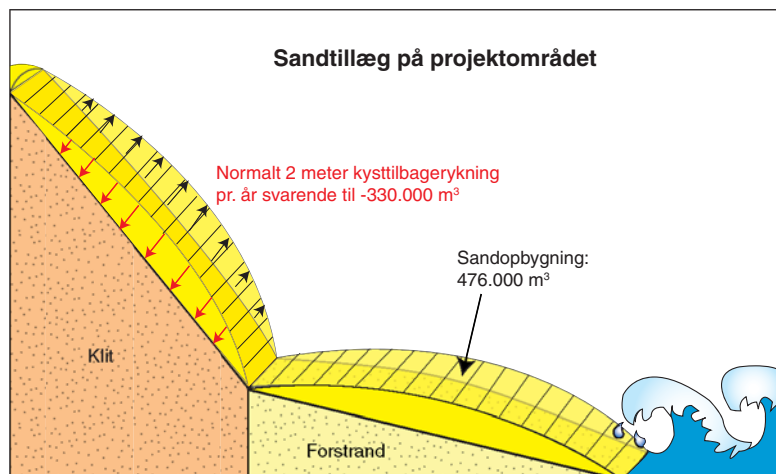


# Vertikale dræn på Vestkysten - stor sandopbygning i stedet for sandtab

Af ingeniørerne Poul Jakobsen og Claus Brøgger, SIC

Denne artikel er en opfølgning af indlæggene bragt i GeologiskNyt 1/07. Opmålingerne efter 2 år viser, at anvendelse af de vertikale drænrør som kystbeskyttelse har stoppet erosionen syd for Hvide Sande havn. Middelstrandhøjden er hævet signifikant i forhold til Ref-område 1 og Ref-område 2 uden vertikale dræn. Opmålingerne viser endvidere, at der er læsideakkumulation i Ref-område 3 i modsætning til høfder og bølgebrydere, som skaber stor læsideerosion. Samtidig er der sket en betydelig sandopbygning i forkanten af klitten og forstranden i de drænede områder. Dette har medført forøget sandfygning til baglandet i modsætning til Ref-område 1 og 2, hvor der er stor bølgeerosion. Det er derfor nødvendigt at plante fx hjælme fra klitfoden og 10 - 15 meter ud på stranden, så sandet fastholdes på forstranden.



Figuren viser den normale årlige kysttilbagerykning på 2,0 meter i alt 330.000 m<sup>3</sup> samt kystopbygningen i forstranden og forkanten af klitten 476.000 m<sup>3</sup> i 2005. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne; anvendt i 1/07)

Efter to år og en hård vinter på Vestkysten med ikke mindre end fem storme fra oktober 2006 til 20. januar 2007 har sandtabet på stranden i Rørområde 1 og 2 samt Ref-område 3 kun været 69.000 m<sup>3</sup>.

## Sandopbygning

Systemet med vertikale dræn giver som tidligere beskrevet læsideditillæg af vasket sand i modsætning til hårde konstruktioner, som

giver læsideerosion.

Stormen i marts 2007 ligger efter opmålingen for de første to år og er derfor ikke med i beregningerne.

Strandfodringen på 960.000 m<sup>3</sup> ved Søndervig er skyllet i havet, og det vurderes, at havet har taget yderligere ca. 400.000 m<sup>3</sup> af klitterne i strandfodringsområdet nord og syd for Søndervig, hvor der er store klitskader.

## Søndervig uden drænrør 2005 og 2007



Sandfodring ved Søndervig d. 5. juli 2005 efter strandfodring med 960.000 m<sup>3</sup> sand på stranden. Vandstand: +45 cm. (Foto: P. Jakobsen d. 05-07-2005)



Søndervig d. 16 januar 2007 efter en investering på 42,0 mio. kr. i strand- og revlefodring. Strandfodringen er skyllet i havet, og havet har taget ca. 400.000 m<sup>3</sup> af klitterne. Vandstand: +50 cm. (Foto: P. Jakobsen)

## Krylen nord for Søndervig



Bunkerne vælter ud af klitterne efter vinterens storme i 2006/07, som vi så ved Søndervig i 2005. Strandfodringen på 960.000 m<sup>3</sup> er skyllet i havet. (Foto: P. Jakobsen)

Strand- og revlefodringen ved Søndervig har kostet ca. 42 mio. kr. incl. skråningsbeskyttelsen, som kostede ca. 8,0 mio. kr.

Som beskrevet i GeologiskNyt 1/07 har systemet med de vertikale drænrør stoppet erosionen i læside-erosionsområdet syd for Hvide Sande havn.

Samtidig er der sket en sandopbygning fra klittoppen og ud til kystlinen på 476.000 m<sup>3</sup>, så den samlede effekt er 806.000 m<sup>3</sup> i det første år.

Hvis sandmængden i forstranden beregnes med baggrund i den nye beregningsmetode baseret på fastlåste referencelinier, er sandtillægget 411.000 m<sup>3</sup> og en samlet effekt på 741.000 m<sup>3</sup> i det første år.

### Vinddata

Som vi ser i figuren nedenfor til venstre, er vindhastigheden på Hvide Sande væsentligt

lavere end vindhastigheden på Torsminde og Blåvandshug. Dette skyldes vindmålerens placering på rensningsanlægget inde bag klitterne i Hvide Sande. Vindmåleren viser således 7 - 10 m/sek for lidt ved vestlige vindretninger.

Det er derfor nødvendigt at interpolere vinddata for Torsminde og Blåvandshug.

Data for middelvind i Torsminde ses på figuren nederst til højre – målingerne stammer fra d. 13.-14. januar.

Efterfølgende har vi kvalitetsvurderet KDI's (Kystdirektoratets) vinddata fra Slusen i Hvide Sande, men disse vinddata var også signifikant afvigende fra Torsminde og Blåvandshug, idet vindmåleren var nedslidt og til slut blæst ned i stormen d. 19.-20. januar 2007.

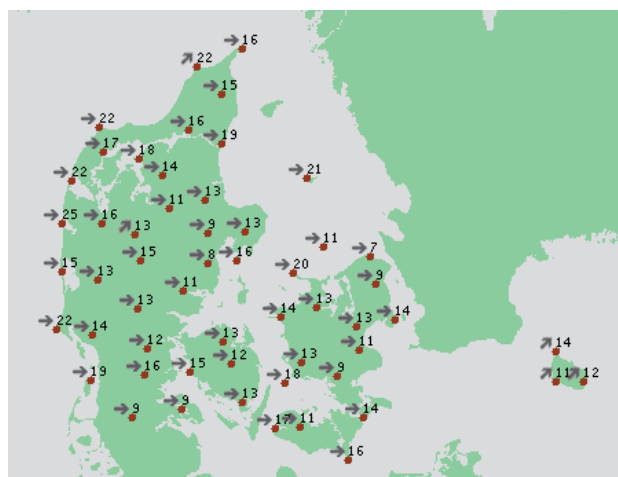
Med baggrund i vinddata fra Blåvandshug og Hvide Sande er der registreret

følgende storme på Vestkysten i vinteren 2006/07:

Det er en fejl at der ikke blev opsat en vindmåler i projektområdet i forbindelse med projektstart i januar 2005.

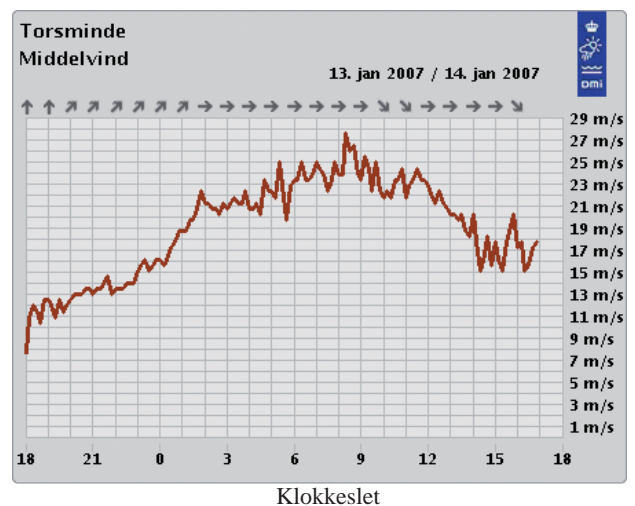
Dato for storme	Maksimal vandstand
27. oktober, 2006	1,54 m
1. januar, 2007	1,75 m
11.-12. januar 2007	2,14 m
14. januar, 2007	1,78 m
19.-20. januar, 2007	1,78 m

Opmåling på stranden blev påbegyndt d. 22. januar og afsluttet d. 25. januar 2007. Alle-opmålinger er udført af Carl Bro A/S



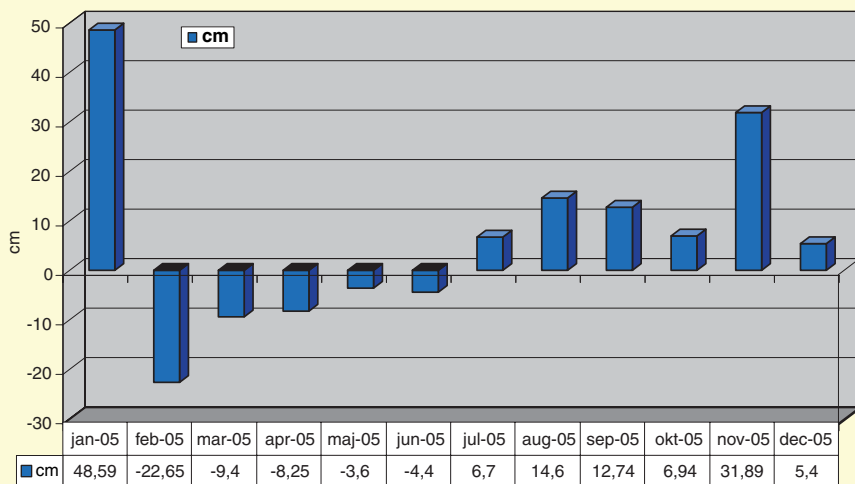
Middelvind (m/s) 14. jan 2007 05:40

Vindhastighedsdata fra d. 14. januar, 2007. (Grafik: gengivet med tilladelse fra DMI)

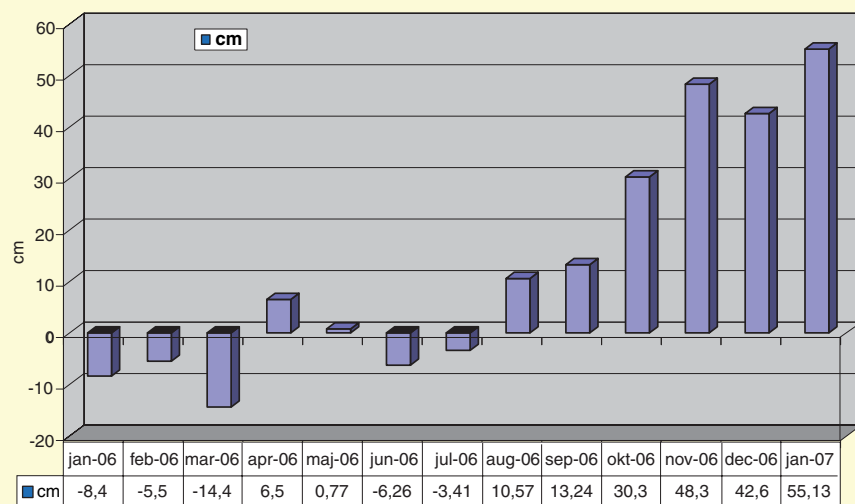


Middelvind – data fra Torsminde fra d. 13.-14. januar, 2007. (Grafik: gengivet med tilladelse fra DMI)

Middelvandstand 2005



Middelvandstand 2006 samt januar 07



Figurerne viser middelvandstanden månedsvi i henholdsvis 2005 og i 2006 samt januar 2007. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

## Geologisk tidsskala

Eon	Æra	Sub-æra	System/periode	mi. år	Serie
Fanaerozoikum	Kænozoikum	Kvar-tær	Neogen	0,01	Holocæn
				1,8	Pleistocæn
				5,3	Pliocæn
					Miocæn
				23,0	Oligocæn
				33,9	Eocæn
		Tertiær	Palæoogen	55,8	Palæocæn
				65,5	Øvre
				99,6	Nedre
				145,5	Øvre
			Jura	161,2	Mellem
				175,6	Nedre
				199,6	Øvre
				228,0	Mellem
	Mesozoikum	Trias	245,0	Nedre	
			251,0	Lopingien	
			260,4	Guadalupien	
		Perm	270,6	Cisuralien	
			299,0	Øvre	
			306,5	Mellem	
	Palæozoikum	Karbon	311,7	Nedre	
			318,1	Øvre	
			326,4	Mellem	
			345,3	Nedre	
			359,2	Missis-sippien	
		Devon	359,2	Øvre	
			385,3	Mellem	
			397,5	Nedre	
416,0			Pridoli		
418,7			Ludlow		
Silur	422,9	Wenlock			
	428,2	Llandoverly			
	443,7	Øvre			
	460,9	Mellem			
Kambrium	Ordovicium	471,8	Nedre		
		488,3	Furongien		
		501,0	Mellem		
	Kambrium	513,0	Nedre		
		542,0			
Protero-zoikum	Neoprotero-zoikum	1.000	Systembeteg-nelserne for Proterozoi-kum er ikke medtaget.		
		1.600	For Arkæikum forligger der ingen system-navne.		
		2.500			
		2.800			
Arkæ-ikum	Mesoarkæikum	3.200			
		3.600			

## MILJØRÅDGIVNING JORD & GRUNDVAND

### Forureningsundersøgelser

Jordforureniger  
Grundvandsforureniger  
Indeklima

### Anlægsarbejde

Klassificering af jord  
Ændret arealanvendelse  
Myndighedsbehandling

### Geofysik

Lokalisering af ledninger og tanke  
Lokalisering af vandskader i bygninger  
Kortlægning af jordlagene

### POUL FALKENBERG ApS

MILJØRÅDGIVNING - JORD & GRUNDVAND

Nordre Strandvej 119A, DK-3150 Hellebæk

Tlf: +45 48 18 75 66

www.poulfalkenberg.dk

### Vandstand.

Middelvandstanden på Vestkysten lå i 2005 +6,55 cm over DVR 90, som det ses på figuren øverst på denne side. (DVR = Dansk Vertikal Reference er et nyindført højdesystem, der er baseret på det seneste præcisionsniveaulement – det betegnes "Højdesystem DVR 90").

Middelvandstanden på Vestkysten lå i 2006 +9,53 cm over DVR 90.

Middelvandstanden var i stormperioden fra d. 20. oktober 2006 til d. 20. januar 2007 +54,5 cm over DVR 90.

SIC-systemet blev således testet under forhold, som svarer til den globale vandstandsstigning over 100 år.

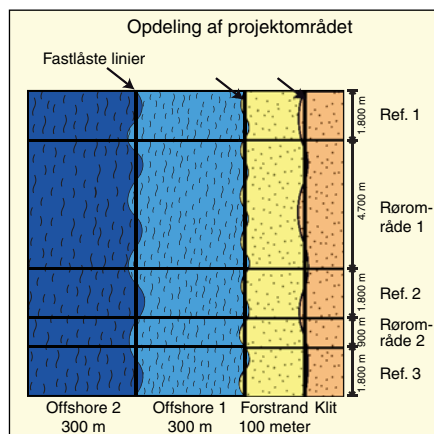
Man ser tydeligt den forhøjede middelvandstand i månederne oktober, november, december i 2006 samt januar i 2007 på ovenstående figur. Tilsvarende ser man lavere værdier i 2005.

## Bølger

Som det ses på nederste illustration på figuren til højre på denne side, viser bølgeomåleren nogle voldsomme bølgehøjder i januar 2007, hvilket indikerer, at vejret har været ekstremt hårdt på Vestkysten i vinteren 2007.

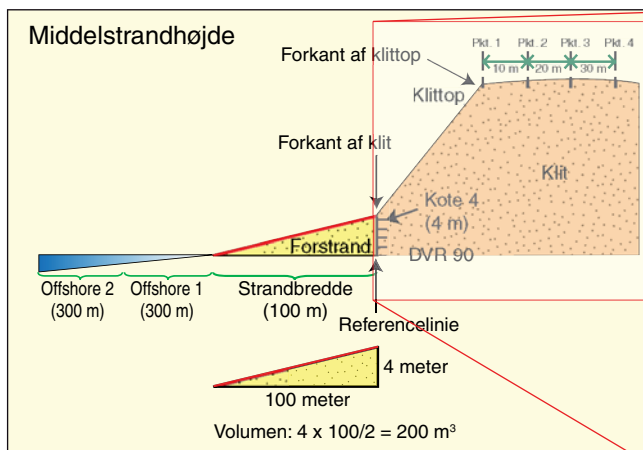
Bølgedata er registreret over perioder af 20 minutter på x-aksen. Data er levet af KDI

De højeste målinger på over 16 meter (markeret med en stjerne på figuren) forekommer dog ikke realistiske og anses derfor for at være fejlagtige.

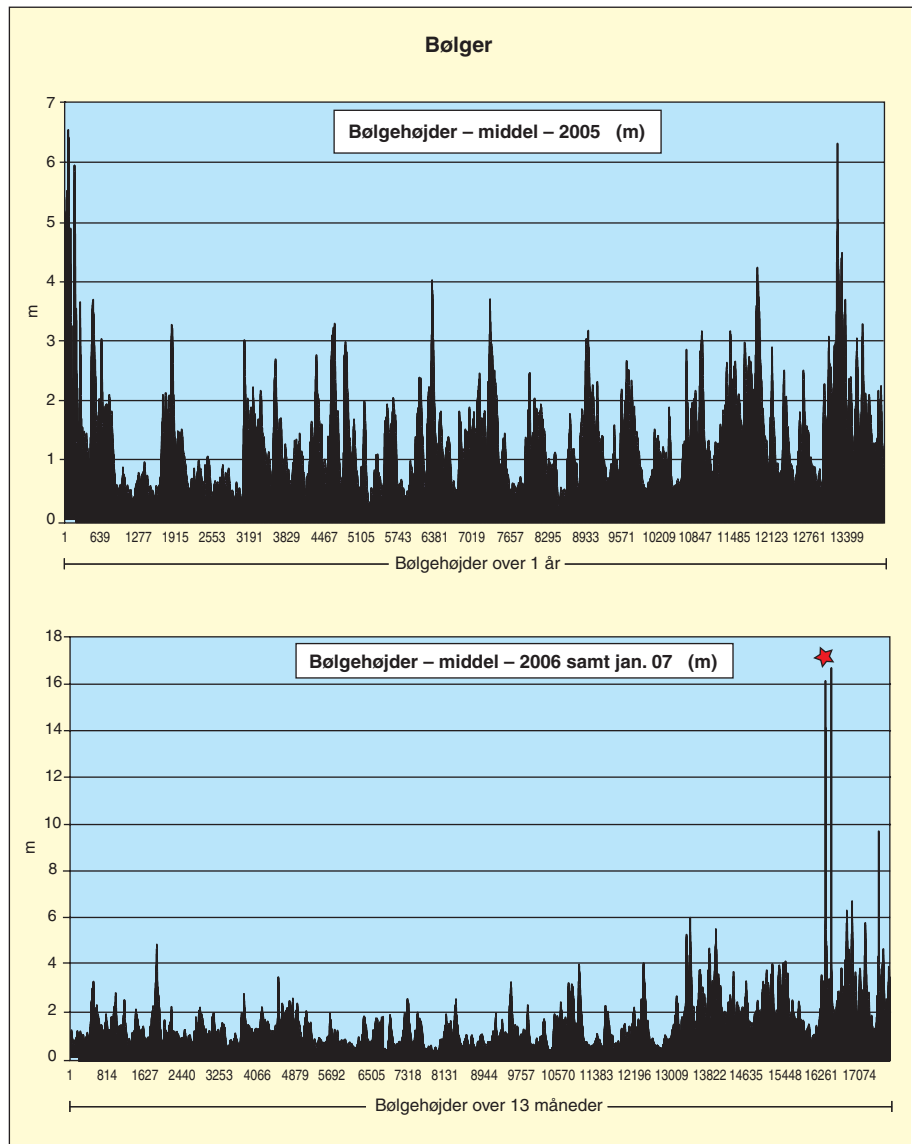


Klitten er defineret fra kote +4 i DVR 90 til klittop. Forstranden er fra kote +4 i klitfod og 100 m ud mod havet. Kote +4 i klitfoden er fastlåst til opmålingen i januar 2005, hvor anlægget er etableret. Offshore 1 er 300 meter bred og fastlåst til referencelinien i kote +4 januar 2005. Offshore 2 er 300 meter bred og fastlåst til Offshore 1. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne; anvendt i 1/07)

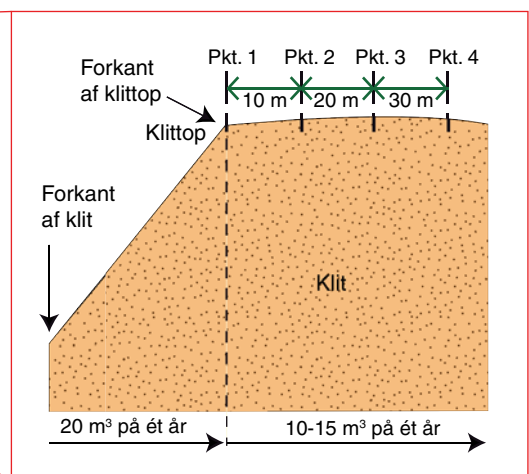
Figuren til højre viser tværsnittet af strandprofil og grundlaget for beregningen af middelstrandhøjden i 100 meters bredde. Det viste eksempel angiver en middelstrandhøjde på 2,0 m og dermed  $200 \text{ m}^3$  pr. meter. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)



Figuren til højre viser forkanten af klitten samt målepunkterne på klittoppen, så udviklingen i klitten kan beregnes. I det første år var der en akkumulering i forkanten af klitten i de drænedes områder på  $20 \text{ m}^3$  pr. meter (ses på figuren nederst s. 13). I de drænedes områder er der en opbygning på toppen med 10 - 15  $\text{m}^3$  pr. år (se teksten side 15), og den samlede opbygning i klitten er således 30 - 35  $\text{m}^3$  pr. år. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)



Bølgehøjder målt i henholdsvis 2005 og 2006 samt januar 2007. Bemærk målingerne markeret med en stjerne – disse forekommer urealistiske og kasseres derfor. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)



### Beregningseksempel

Opbygning i forkanten af klitten (i de drænedes områder):	20 $\text{m}^3$ pr. år
Opbygning på toppen af klitten:	10 - 15 $\text{m}^3$ pr. år
Samlet opbygning i klitten pr. år:	30 - 35 $\text{m}^3$ pr. år

## Design

Målet med projektet er at bygge en 70-100 m bred sandstrand foran klitterne i et balanceprofil (teoretisk: Et profil der ikke eroderes). Der sættes max. 11 moduler i de enkelte rækker. Modulerne er neddykkede 25 cm i stranden.

Middelstrandhøjden skal være større end 1,3 m. Når middelstrandhøjden er større end 1,3 m, ser man nemlig ikke haverosion i klitterne i stormssituationer. Når middelstrandhøjden er 1,3 m, har man en buffer på 130 m<sup>3</sup> pr. meter langs stranden (jævnfør figuren på foregående side). Kystlinien skal være så lige som muligt for at opnå de bedste resultater.

## Resultat efter 2 år

Opmålingerne viser, at middelstrandhøjden. Som beskrevet nederst på side 12 er middelstrandhøjden den vigtigste faktor, når man skal evaluere styrken på en strand (modstandsdygtigheden).

Middelstrandhøjden (figuren øverst på siden), viser med et enkelt tal den gennemsnitlige strandhøjde i 100 meters bredde fra klitfoden og ud mod havet i de enkelte områder.

Det samme tal angiver samtidig antallet af m<sup>3</sup> i forstranden, når man ganger tallet med 100.

Opmålingerne viser, at middelstrandhøjden er større end 1,3 m i begge rør områder samt Ref-område 3, hvor der er læsidedillæg med vasket sand.

I modsætning hertil er middelstrandhøjden faldet i Ref-område 1 fra 1,06 meter til 73 cm., og i Ref-område 2 fra 1,35 m til 29 cm.

Den oprindelige strand er således bortroderet i Ref-område 2, som var det stærkeste område i januar 2005.

Samtidig ser vi en forøgelse af middelstrandhøjden i Ref-område 3. Dette skyldes aflejringen af vasket sand fra Rørområde 2, og vi kan hermed se, at strande med vertikale dræn giver læsidedillæg i modsætning til høfder og bølgebrydere, som giver stor læsidederosion.

Denne proces foregår også inde i Rørområde 1, men vil først give udslag i Ref-område 2 i løbet af nogle år.

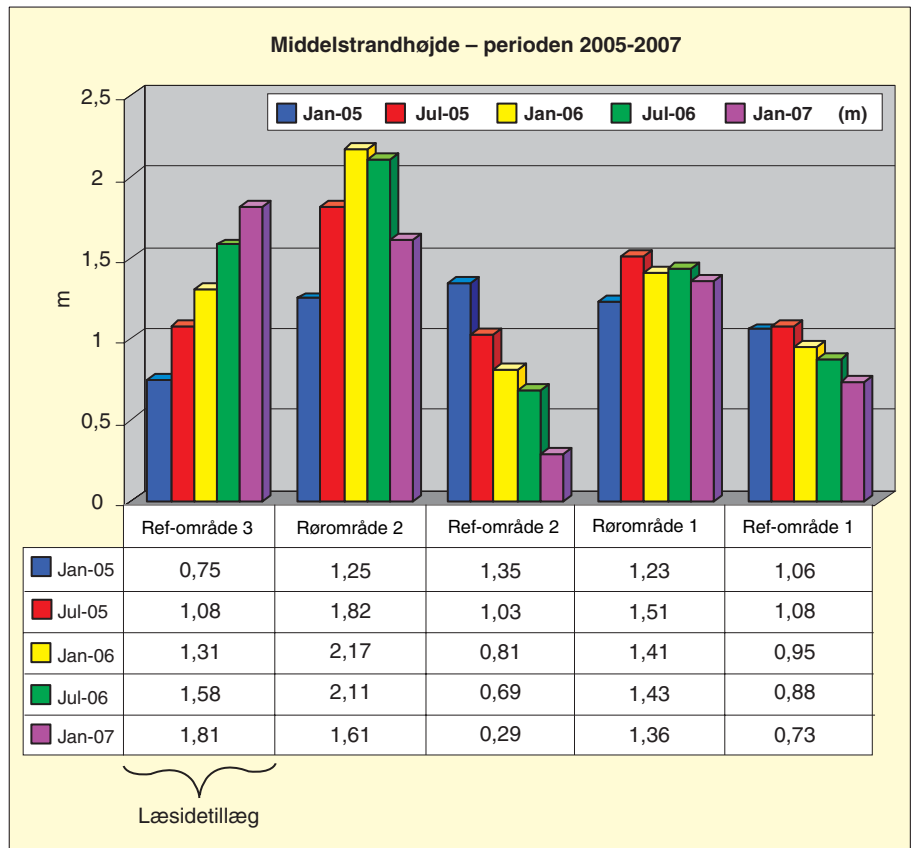
## Klitudvikling

Når middelstrandhøjden bliver signifikant højere i de drænede områder, fyger sandet fra forstranden meget lettere ind i baglandet og medfører en forstærkning af klitterne, som vi uddyber nærmere på de efterfølgende sider.

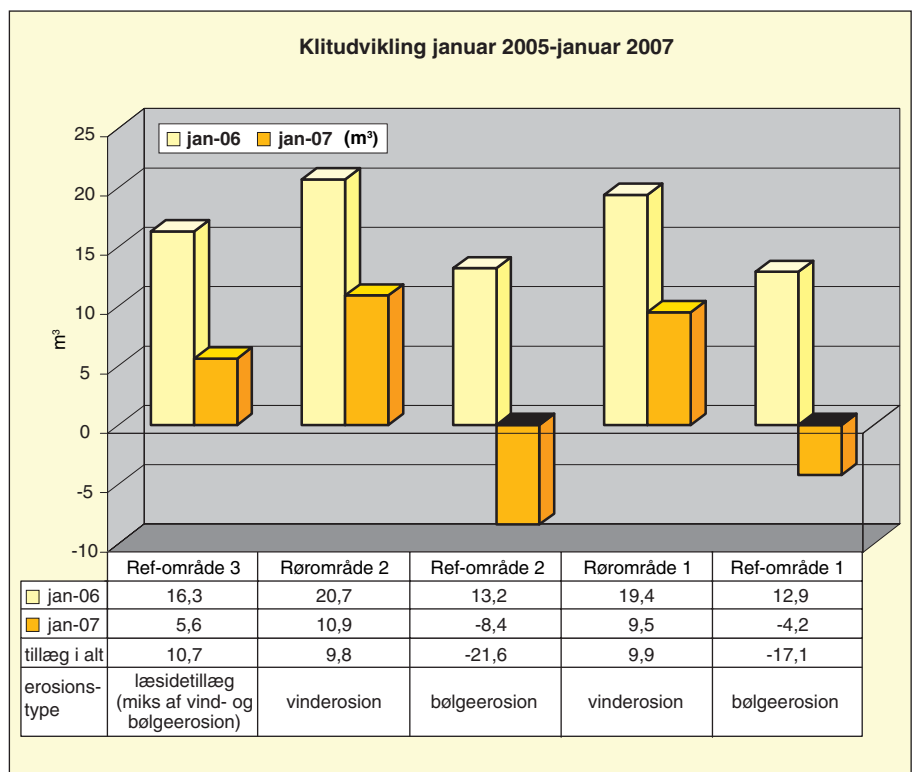
I Ref-område 1 er erosionen fra januar 2006 til januar 2007 17,1 m<sup>3</sup>. I Ref-område 2 er erosionen 21,6 m<sup>3</sup> pr. meter, som det ses på figuren nederst på siden.

Modsætningsvis er erosionen i Rørområde 1 og Rørområde 2 henholdsvis 9,9 m<sup>3</sup> og 9,8 m<sup>3</sup>.

Det vil sige, at kliterosionen i forkanten



Middelstrandhøjden er beregnet fra klitfoden i kote 4,0 og 100 meter ud mod havet, som vist på foregående side. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

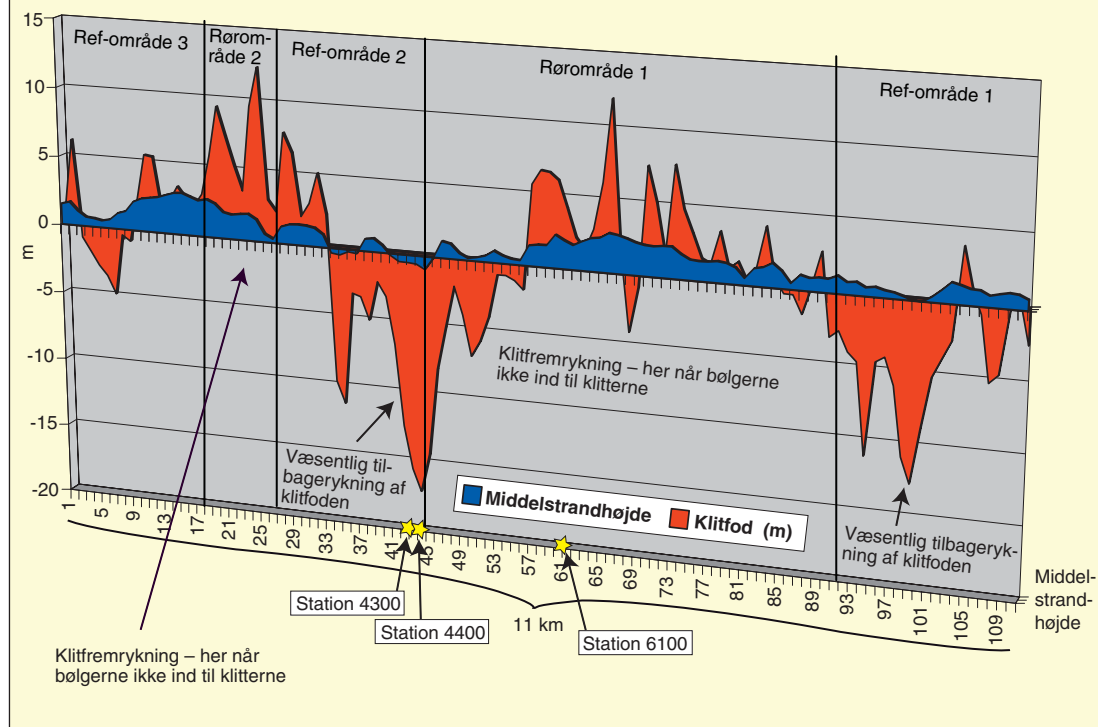


Figuren viser klit udviklingen i henholdsvis januar 2006 og januar 2007. I rørområderne er det primært vinderosionen, der dominerer, mens det er bølgeerosionen, der dominerer i referenceområderne. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

af klitterne er dobbelt så stor i Ref-område 1 og Ref-område 2 i forhold til de drænede rørområder.

I rørområderne er det primært vinderosion, der dominerer, mens der i referenceområderne primært er dominans af

### Klitfodsbevægelse i relation til middelstrandhøjde



Figuren viser klitfodsbevægelsen sammenstillet med middelstrandhøjden. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

bølgeerosion, som vi ser det på figurene på denne side.

Klitfoden er rykket op til 12,5 meter tilbage i Referenceområde 1 og op til 17 meter tilbage i Referenceområde 2, hvor havet har været dybt inde i klitterne.

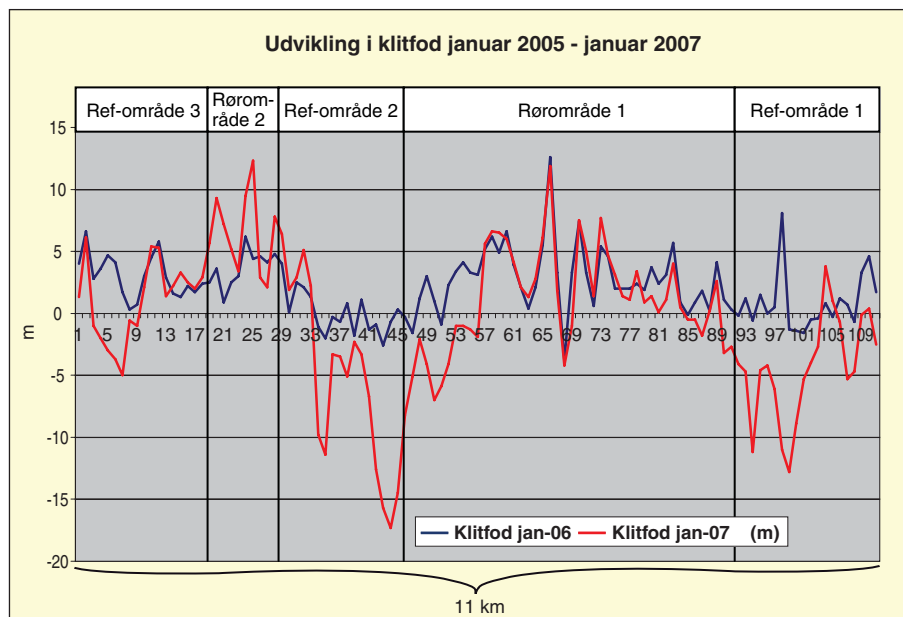
#### Klitfodsbevægelse

Figuren øverst på denne side viser ændringerne i klitfoden sammenholdt med middelstrandhøjden. Man ser tydeligt, at klitfoden

rykker frem i de drænedede områder (for eksempel i Rørområde 1 og Rørområde 2), mens der er bølgeerosion i områderne med lav middelstrandhøjde (for eksempel i Ref-område 1 og 2).

Bølgeerosionen fører materialerne tilbage til havet, mens sandet går tabt inde i baglandet ved vinderosion.

Der er således en væsentlig forskel på erosionen i forkanten af klitterne i henholdsvis rørområderne og i referenceområderne.



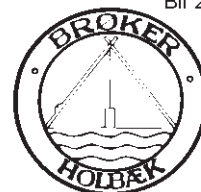
Vind- og bølgeerosionens indflydelse på reference- og rørområderne. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

### BRONDBORINGSFIRMAET BRØKER I.S.

Kontor og værksted: Telefon 59 44 04 06  
Spånnebæk 7, 4300 Holbæk.  
Fax 59 44 69 00

Thomas Brøker, privat 59 44 08 71  
Bil 21 42 38 71

Henrik Brøker, privat 59 43 09 94  
Bil 23 34 77 01



VORT SPECIALE ER:

BRONDBORING, rotations- og tørboring.

MILJØBORING, hulsneglsboring med kærneprøveudtagning.

REGENERERING af borerer.

PRØVEPUMPNING af borerer og kildepladsundersøgelser med avanceret elektronisk udstyr og EDB-behandling.

Vi forhandler GRUNDFOS pumper og vort veludstyrede værksted renoverer Grundfos' vandværkspumper.

Vi leverer og monterer underjordiske GLASFIBERPUMPEBRØNDE af eget fabrikat med udstyr i rustfrit stål tilpasset de aktuelle dimensioner.

## Vinderosion

I forbindelse med drænede strande er det nødvendigt at fokusere på vinderosionen i forstranden.

I det første år registrerede vi en opbygning af sand på forkanten af klitten på ca. 20 m<sup>3</sup> i de drænede områder.

Disse 20 m<sup>3</sup> er borteroderet af vinden i forstranden og blæst op i forkanten af klitten. Efterfølgende har vi målt, at klitterne i de drænede områder hæver sig på toppen med 90 – 120 cm på 2,5 år i et 30 meter bredt bælte.

Dette svarer til 27 - 36 m<sup>3</sup> over 2,5 år eller 10 - 15 m<sup>3</sup> pr. meter om året.

Vi kan således se, at vinderosionen i forstranden er mindst 30 - 35 m<sup>3</sup> pr. meter pr. år eller ca. 100 m<sup>3</sup> over 3 år.

Vi skal således se nærmere på to forhold. For det første sænkes forstranden i de drænede områder ca. 100 cm i løbet af 3 år, hvis stranden er 100 meter bred.

Erosion i forstranden er således ikke bare erosion, men der skal skelnes mellem vinderosion i de drænede områder og bølgeerosion i Ref-område 1 og Ref-område 2, hvor forstranden reelt er borteroderet af bølgerne.

For det andet er det imidlertid kun de finkornede materialer, som fyger op i klitterne, mens ral og sten forbliver i forstranden.

Vinderosionen er således en væsentlig faktor, når vi taler om, at materialerne bliver grovere i forstranden, når strandene drænes.

Det er et faktum at vinden blæser ca. 100 m<sup>3</sup> sand pr. meter over 3 år op i klitterne.

## Sigteprøver fra forstrand og klit

Materialeprøverne i stranden og klitterne, der er illustreret i tabellen nederst på denne side, viser følgende:

- 33 % af materialerne i forstranden er grovere end 4,0 mm i korndiameter
- 39 % af materialerne i forstranden er grovere end 2,0 mm i korndiameter.
- 45 % af materialerne i forstranden er grovere end 1,0 mm i korndiameter.

Samtidig viser prøverne i klitterne, at:

- 98 % af sandet i klitterne har en korndiameter som er mindre en 1,0 mm
- 84 % har en korndiameter som er mindre end 0,5 mm

Sigteanalyser af sandet i klitterne viser, at det sand, som fyger op i klitterne, er meget finkornet og har en korndiameter, som fortrinsvis er mindre en 0,5 mm.

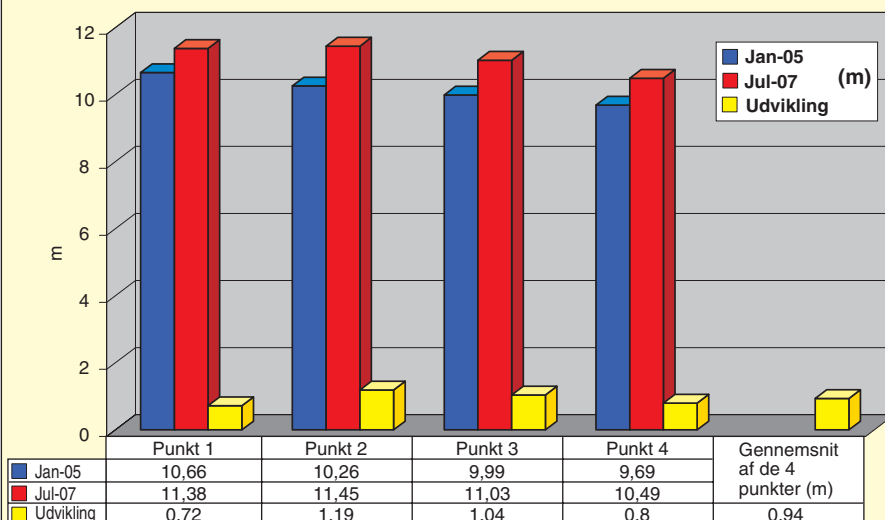
Vi kan således se, at den samlede mængde sand, som er sorteret af vinden i forstranden, er den dobbelte mængde i forhold til de sandmængder, vi finder i klitterne.

Den vindsorterede sandmængde pr. meter i forstranden er således ca. 200 m<sup>3</sup> pr. meter over 3 år.

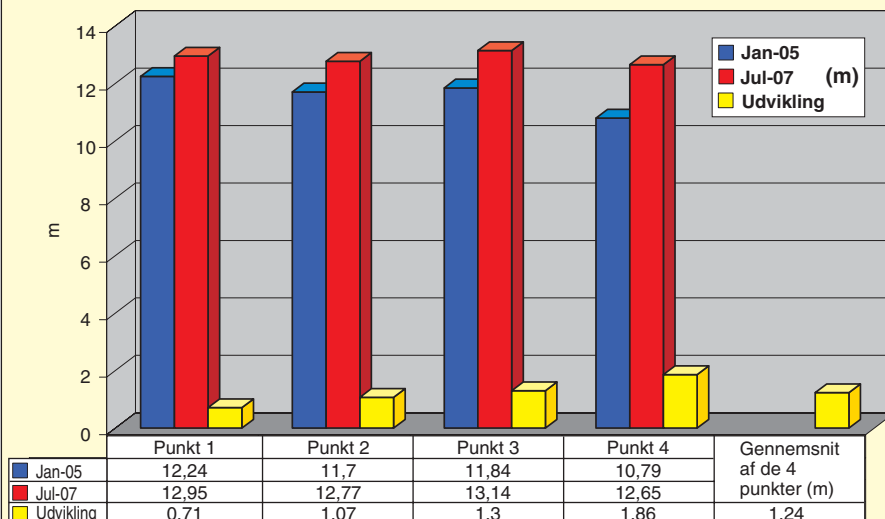
Vi kan derfor konstatere, at materialerne i forstranden bliver grovere og grovere over

## Rørområde 1

### Station 6100



### Station 6200



De to figurer viser data for sandopbygning i klitten i Rørområde 1 fra Station 6100 og Station 6200 (lokaliteterne for disse ses på figuren side 14, og placering af de 4 punkter på side 12). (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

## Sigteprøver fra forstrand og klit

Kornstørrelse mm	< 0,063	0,13	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
2500 Rør 8 (%)	0	0,1	12,7	43	54,3	58,5	62,8	84,5	84,5	100
2500 Rør 7 (%)	0	0	8,5	35,9	51,7	59	64,7	84,2	84,2	100
2600 Rør 7 (%)	0	0,1	10,8	40,9	57,6	66,7	74,5	94,1	94,1	100
2600 Rør 6 (%)	0	0,1	13,2	59	72,9	76,6	79,4	91,6	91,6	100
2700 Rør 7 (%)	0	0,1	8,5	40	54,5	61,8	67,8	95,1	95,1	100
2700 Rør 6 (%)	0	0	4,1	25,8	37,9	44,7	50,9	89	89	100
2650 Klitfod (%)	0	0,2	16	65,4	82,7	88,1	91	100		
2700 Klitfod (%)	0	0	4,1	27,1	43,3	59,9	76,1	100		
2700 Forkant klit (%)	0	0	20,7	88,9	99,7	100				
2700 Bagkant klit (%)	0	0,1	14	78,2	96,6	100				
2700 Bagkant klit (%)	0,1	0,3	18,6	83,7	99,1	100				

Tabellen viser data for sigteprøver fra forstranden og klitten. Tallene er vist i procent.



I Ref-område 2 er klitfoden rykket 17 meter tilbage – herved er klitten helt forsvundet. (Foto: Poul Jakobsen – anvendt i GNI/07)

tid, og stranden får således en væsentligt bedre dræningsevne generelt, idet K-værdien (den hydrauliske ledningsevne) forøges signifikant i de drænedede områder på grund af vindsortering i forstranden.

Sandet fra Nordsøen, som bruges til sandfodring på Vestkysten, har ifølge KDI typisk en korndiameter mellem 0,25 mm og 0,5 mm, men sandet er reelt ubrugeligt til strand- og revlefodring ifølge amerikanske eksperter (NBPC, 2000 Hawaii), og man bør derfor nøje overveje, om det i fremtiden er denne metode, man bør anvende.

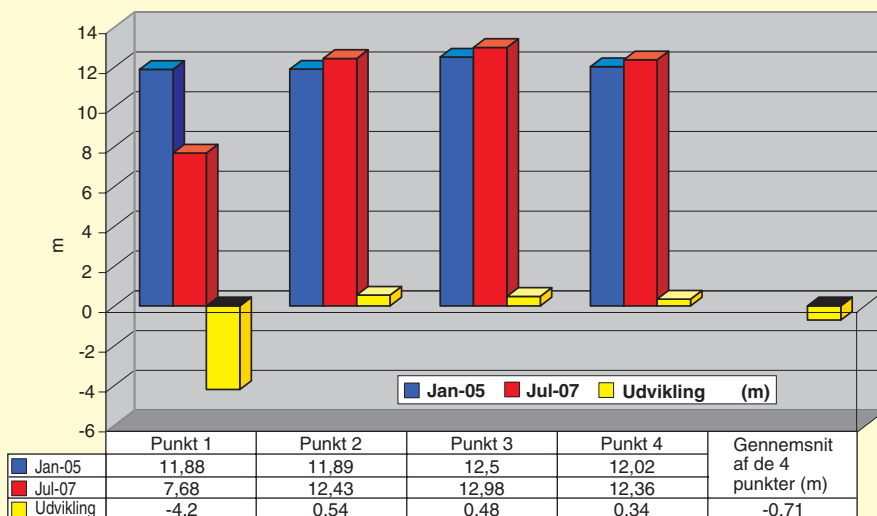
Der er imidlertid meget stor forskel på vindsorteringen i Rørområderne 1 og 2 og Ref-område 1 og 2, hvor middelstrandhøjden er meget lav.

Det ser man tydeligt i de to følgende illustrationer. For eksempel ser man i figuren til højre fra Ref-område 2, at højden af klittoppen falder i begge stationer.

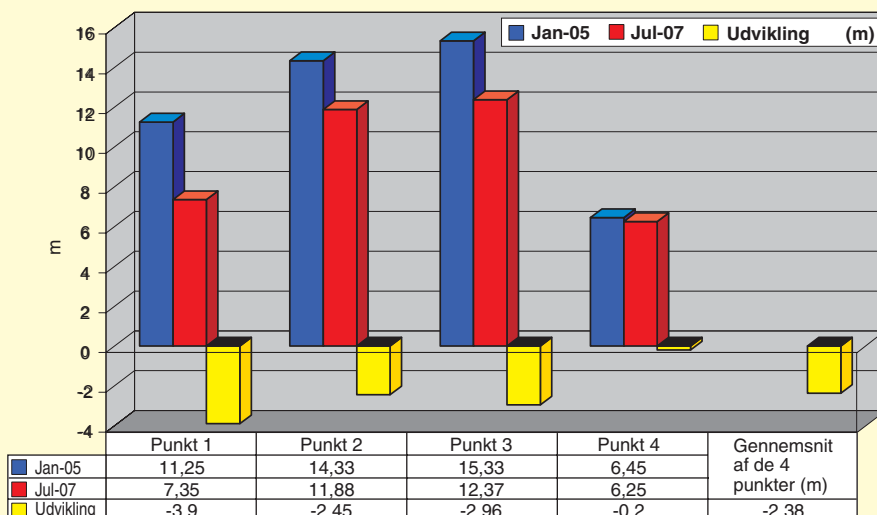
Til gengæld bliver klittoppen højere i Station 6100 og 6200 i Rørområde 1 (figuren øverst på foregående side).

## Ref-område 2

### Station 4300



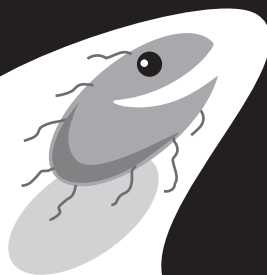
### Station 4400



De to figurer viser data for udviklingen på toppen af klitten i Ref-område 2 fra Station 4300 og Station 4400 (lokaliteterne for disse ses på figuren øverst på side 14, og placering af de 4 punkter på side 12). (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

# VI HAR JORD I HOVEDET..!

- og plads til mere



Bioteknisk Jordrens SOILREM er Danmarks landsdækkende jordrensere, når det gælder olie- og kemikaliefurening – med anlæg i Kalundborg, Esbjerg, Aalborg og på Ærø, Samsø og Bornholm.

Kontakt os på tlf. 59 50 46 68.

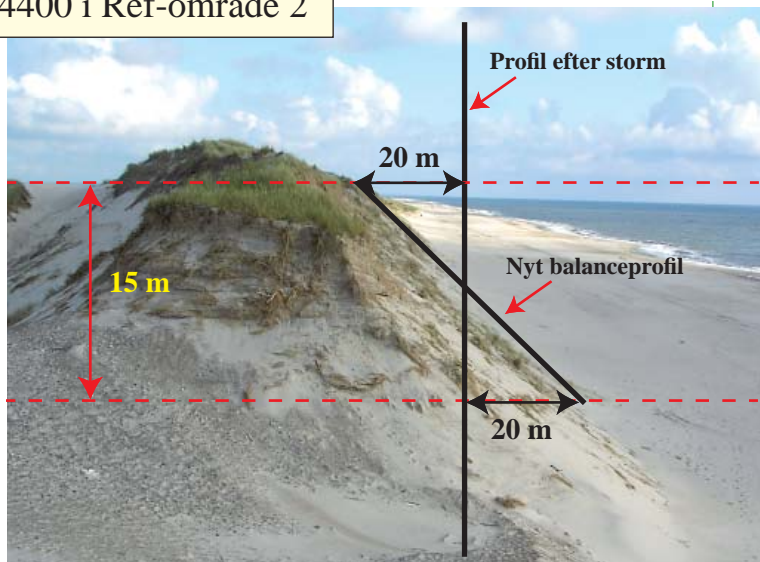


Bioteknisk Jordrens  
**SOILREM**  
- jordens bedste valg

### Haverosion: Station 4400 i Ref-område 2



Haverosion. Allan Christensen fra Carl Bro A/S står her i forkanten af klitten, som tidligere var toppunktet på klitten. (Foto: P. Jakobsen)



Haverosion. Stregerne markerer hhv. profilet efter stormen og det nye balanceprofil. Toppen af klitten er faldet ned på stranden. (Foto: P. Jakobsen)

### Vinderosion: Station 6100 i Rørområde 1



Vinderosion. Der finder klitopbygning sted i de drænede områder. Klitterne er hævet i de drænede områder mellem 90 cm og 120 cm over 2,5 år i de 4 målepunkter på toppen af klitterne, idet en del af sandet fra forkanten af klitten er føjet længere ind i klitsystemet (ca 10 m<sup>3</sup> pr. meter). (Foto: P. Jakobsen)



### Bjerregårdsvej i hhv.05 og 07



Bjerregårdsvej før etablering af rørområderne i 2005 til venstre og til højre i marts 2007 efter kraftig sanddrift til baglandet. (Foto tv.: Copyright: Google Earth™ mapping service; foto th.: Foto: P. Jakobsen)



Flere ejendomme er begravede i sand på grund af sanddriften til baglandet – her er det to huse på Bjerregårdsvej. (Foto: P. Jakobsen)

Principskitsen viser et løsningsforslag på vinderosionsproblemet, så man undgår til-sanding af husene bagved klitten. Der skal plantes hjælme eller marehalm eller lignende i klitfoden. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

**Løsning**

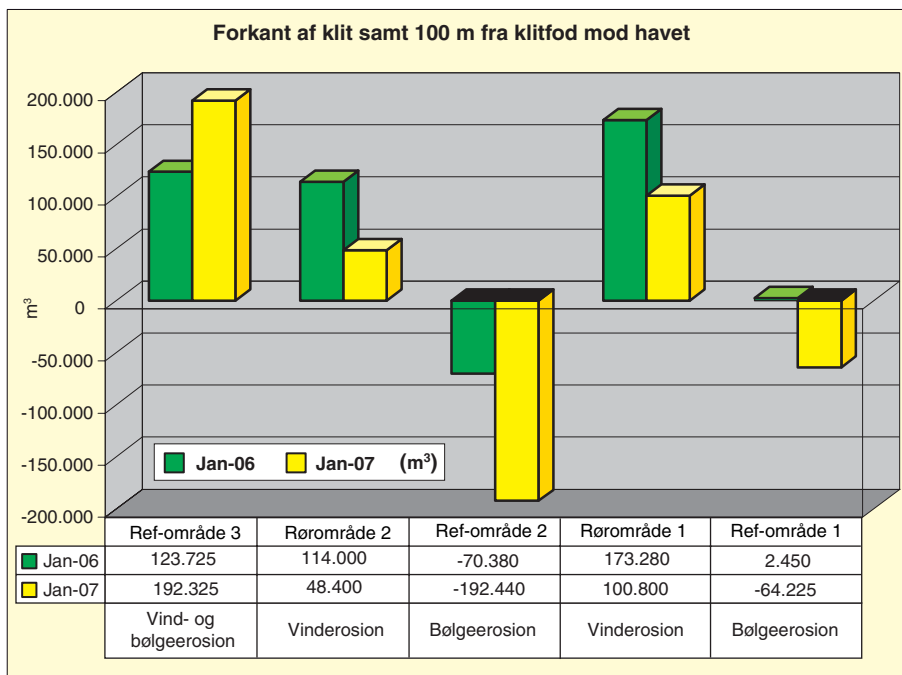
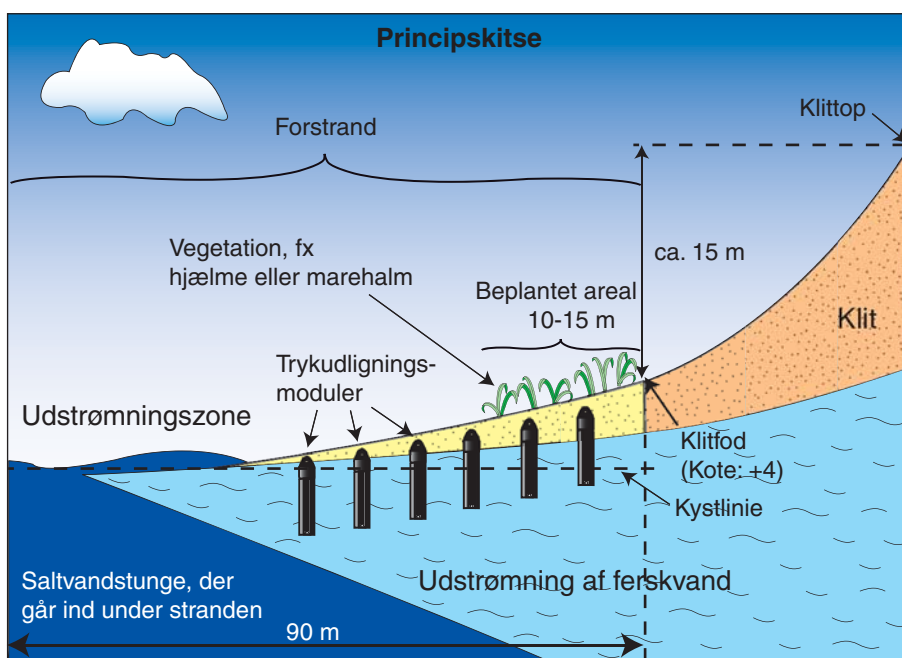
Løsningen på vinderosionsproblemet er at plante hjælme eller lignende fra klitfoden og 10-15 meter ud i forstranden, så sandet fastholdes i forstranden og specielt i klitfoden, så kysten er bedre sikret specielt i højvands-situationer med storm eller orkan.

**Forstranden**

Erosionen har i vinteren 2006/2007 kun været ca. 69.000 m<sup>3</sup> Rørområde 1 og Rørområde 2 samt Ref-område 3, hvor der er læsidedillæg med vasket sand.

Analyserne viser, at erosionen i Rørområde 1 og Rørområde 2 primært er vinderosion, så sandet er føjet ind i baglandet og er ikke gået tabt til havet i modsætning til materialerne, som er taget af havet i Ref-område 1 og Ref-område 2.

Figuren og tabellen på side 19 viser, at kystprofilen ikke er forstejlet i projektperioden. Samtidig ser man, at de store erosionsmængder fra Ref-område 1 og Ref-område 2 ikke genfindes ude i Offshore 1 efter vinterens voldsomme storme. Storme skaber således ikke et reservoir af sand ude i havet. Det borteroderede sand forsvinder således ud af projektområdet ved kraftige storme.



Figuren viser tillæg/erosion i ref- og rørområderne i januar 2006 og 2007. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

Beskaffenheden af havbunden skal ses i et meget større perspektiv, og vi har vist gennemsnitsværdierne for hele strækningen på 11,0 km i tabellen på denne side.

Analyserne i tabellen viser, at profilet i Offshore 1 har en stigende tendens og er blevet hævet i løbet af 2 år med ca. 9 cm – dette er ikke er relateret til de voldsomme storme i vinteren 2006/07.

### Konklusion

Anvendeligheden af de vertikale drænrør er nu testet i et scenario svarende til den globale vandstandsstigning om 100 år, idet middelvandstanden var over 50 cm i perioden fra d. 20. oktober 2006 til d. 20. januar 2007.

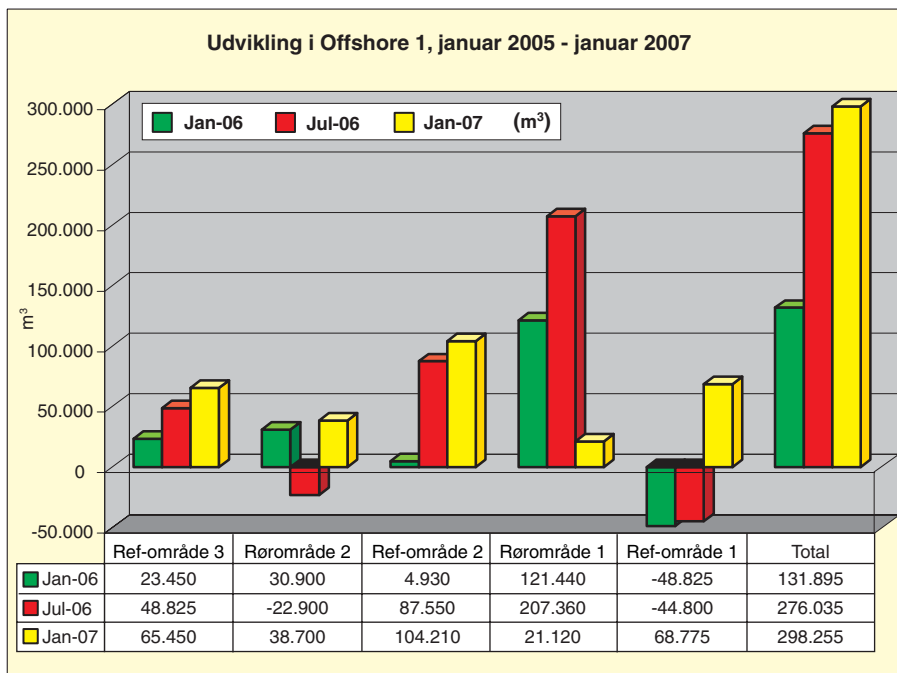
I samme periode blev Vestkysten ramt af 5 voldsomme storme med middelvindhastigheder på op til 27 m/sek. Fire af disse storme ramte den jyske vestkyst mellem d. 1. og 20. januar 2007.

Analyserne viser, at haverosionen i klitterne er stoppet i Rørområderne 1 og 2 samt i den nordlige del af Ref-område 3, hvor der er læsidedillæg med vasket sand.

Dette skyldes, at middelstrandhøjden i de drænedede områder er blevet forøget signifikant, efter at rørområderne er blevet drænet.

Bufferen foran klitterne i 100 meters brede på 411.000 m<sup>3</sup> har været stor nok til at modstå 5 hårde storme fra ultimo oktober 2006 til d. 20. januar 2007, hvor storm nr. 4 i januar måned 2007 ramte den jyske vestkyst.

Den samlede erosion i Rørområde 1 og Rørområde 2 samt Ref-område 3 har kun været 69.000 m<sup>3</sup> i vinteren 2006/07. Der er primært tale om vinderosion i rørområderne, så sandet er føjet ind i baglandet. I modsætning hertil har der været stor bølgeerosion i Ref-område 1 og Ref-område 2, hvor havet



Udvikling i offshore 1 (se figuren øverst til venstre side 12). Hele strækningen er ca. 11 km lang og 300 m bred. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

**Udviklingen i havbunden Offshore 1 og 2 i m<sup>3</sup> pr. meter**

	apr-05	juli-05	okt-05	jan-06	juli-06	jan-07
Offshore 1	1,44	9,57	24,84	11,80	24,91	27,21
Offshore 2	3,54	5,01	8,23	-4,59	-5,84	1,47

**Udviklingen i havbunden Offshore 1 og 2 i cm**

	apr-05	juli-05	okt-05	jan-06	juli-06	jan-07
Offshore 1	0,48	3,19	8,28	3,93	8,30	9,07
Offshore 2	1,18	1,67	2,74	-1,53	-1,95	0,49

Tabellen viser erosion/tillæg i Offshore 1 og 2 for den fulde strækning på 11,0 km i en bredde af 2 x 300 meter ude i havet. Øverst ses udviklingen i m<sup>3</sup> pr. meter og nederst den gennemsnitlige hævnning eller sænkning af havbunden i cm.

**Også vandværkerne har brug for at lade idéerne gro**

Gode idéer der udspringer af erfaring og ekspertise fører frem til frugtbare løsninger. Vand-Schmidt har specialiseret viden inden for:

- Vandforsyningsanlæg
- Brøndboring
- Ledningsanlæg
- Projektering/rådgivning
- Service

- ring og få gode råd og uforbindende tilbud

**Vand-Schmidt a/s**  
 Jernbanegade 5 • 6070 Christiansfeld  
 Tlf. 74 56 11 11 • Fax. 74 56 32 69

har taget mere end 250.000 m<sup>3</sup> på en 3,5 km lang strækning, som svarer til 70 m<sup>3</sup> pr. meter, selvom der er strandfodret med ca. 2,0 mio. m<sup>3</sup> sand over 10 år umiddelbart nord for Ref-område 1. og revlefodret 700 meter ned i Ref-område 1 i projektperioden.

Der er ikke konstateret sandbølger i projektområdet, og målinger offshore viser, at kystprofilen ikke er forstejlet, men hæver sig med stigende tendens.

Billedmonitorering ved Søndervig viser, at sandfodring nr. 2 i 2005 på 960.000 m<sup>3</sup> skyllede i havet i samme tidsrum, og det vurderes, at kliterosionen nord og syd for Søndervig har været ca. 400.000 m<sup>3</sup> samme periode.

Den samlede erosion i Søndervig-projektet har således været ca. 1.360.000 m<sup>3</sup> i projektperioden. Sandtabet i de drænedede områder og Ref-område 3 med vasket sand var kun 69.000 m<sup>3</sup>, som ligger i baglandet.

Et lignende forsøg med en sandfodring på 100.000 m<sup>3</sup> ved Søndervig i 2004 fejlede også, da sandet var skyllet i havet efter en måned; desuden tog havet yderligere 400.000 m<sup>3</sup> af klitterne i januarstormen 2005.

### Forslag

Det anbefales, at der plantes hjælme/marehalm fra klitfoden og 10 meter ud mod havet i de drænedede områder, så man undgår sandtab til baglandet med ødelæggelser til følge.

Desuden foreslås det, at der etableres 20 km ved Søndervig, så SIC-systemet kan sammenlignes direkte med sand- og revlefodring i stor målestok. Opmåling i klitarealet ved Søndervig er baseret på flyopmåling, så man får en bedre monitorering og et bedre værktøj til at undgå sanddriftsskaderne i baglandet.