



Frederiksholms Kanal 27 • 1220 København K • Telefon 33 92 33 55

Folketingets Trafikudvalg
Christiansborg
1240 København K

Dato : 9. marts 2006
J.nr. : 300-13

Trafikudvalget har i brev af 7. februar 2006 stillet mig følgende spørgsmål 11 (127), som jeg hermed skal besvare.

./ Svaret vedlægges i 5 eksemplarer.

Spørgsmål 11:

"Ministeren bedes tilsende udvalget det notat eller den henvendelse fra Professor Burcharth om et forsøg bekostet af Nordjyllands Amt og Skagen Kommune, hvor det skal fremgå, at SIC's system ikke har nogen indvirkning, som ministeren henviste til under 1. behandlingen af lovforslaget."

Svar:

Jeg fremsender hermed vedlagt "Evaluering af fem års forsøg ved Gl. Skagen med lodrette drænrør som kyststabiliseringsmetode, december 2005, Hans F. Burcharth, Prof. Dr. Tech.", som Kystdirektoratet har modtaget til orientering fra Nordjyllands Amt.

Med venlig hilsen

Flemming Hansen

Evaluering af fem års forsøg ved Gl. Skagen med lodrette drænrør som kyststabiliseringsmetode

December 2005
Hans F. Burcharth
Prof. dr. techn.

Indholdsfortegnelse:	side
1. Indledning	2
2. Forsøgsområderne	2
3. Drænrørsplacering	2
4. Faskiner	3
5. Pålandsstorme med højvande	3
6. Opmålingerne	3
7. Forsøgsresultater	3
8. Initialstyrken af forsøgets delstrækninger	12
9. Konklusioner	15
10. Referencer	16

1. Indledning

Forsøg med anvendelse af lodrette drænrør som kyststabiliseringsmetode blev igangsat ved Gl. Skagen, Klitplantagen, i januar 1999. Igennem en fem års periode er der foretaget en årlig opmåling af strandprofilerne i forsøgsområdet, sidste gang i april 2004.

Resultatet af de tre første års forsøg er tidligere rapporteret i [1], [2] og [3].

Nærværende rapport, der er udarbejdet efter anmodning fra Skagen Kommune, indeholder opmålingsdata samt databearbejdning fra opmålinger dækkende 5 år og 3 måneder. I rapporten gives endvidere en vurdering af kystsikringsmetodens effektivitet.

Angående en nøjere beskrivelse af forsøgsmetode og lokaliteter henvises til [1].

2. Forsøgsområderne

Strandprofilopmålinger er foretaget i følgende områder.

Flanke 1 med drænrør	st. 112800-113200
Forsøgsområde med drænrør	st. 113200-114250
Flanke 2	st. 114250-114650
Referenceområde 1	st. 117000-118000
Referenceområde 2	st. 120134-121134

Forsøgsområdernes placering og stationering fremgår af fig. 1.

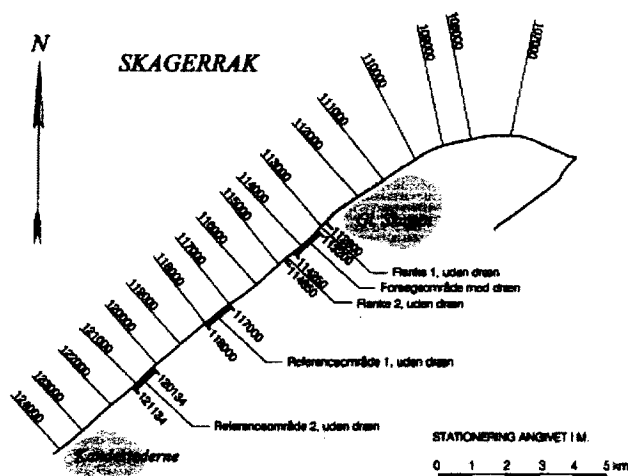


Fig. 1. Placering af forsøgsområder

3. Drænrørsplacering

I første forsøgs år var der kun placeret drænrør i Forsøgsområdet. I andet år blev også Flanke 1 forsynet med drænrør fra d. 30.07.00. Kysttilbagerykningen var her – specielt i den sydvestlige del af flanken – ganske voldsom efter en kraftig storm med højvande 29-30.01.00, dvs. kort tid efter sidste opmåling i førsteårsperioden. Drænrørsplaceringen fremgår i øvrigt af første års rapport, [1].

4. Faskiner

I Flanke 1 har der som eneste sted været opstillet faskiner foran klitfoden med det formål at akkumulere flyvesandet og derved reetablere den del af klitten, som forsvandt 29.-30.01.00. Faskinerne blev opstillet på strækningen st. 112800 – st. 113000 i oktober, 2000, samt ved st. 113.100 i januar, 2001.

Under stormene i perioden ultimo januar – primo marts, 2002, blev faskinerne eroderet bort, men blev fornyet i april, 2002. Erosion fjernede imidlertid faskinerne.

5. Pålandsstorme med højvande

I forsøgets første år indtraf fire kraftige storme med pålandsvind og højvande over + 0,80m (DNN). I andet forsøgsår har der kun været en enkelt lignende storm, d. 29.-30.01.00. Maksimal vandstand og vindhastigheder målt i Skagen havn var henholdsvis + 1,05m og 24,9 m/s (max vindhastighed) og 18,9 m/s (max middelvindhastighed over 10 min.) Stormen indeholdt to perioder med stort højvande.

Den 30.10.2000 optrådte et meget stort højvande med max. vandstand +1,13m. Vindretningen målt i Skagen havn var dog sydlig, men drejende kortvarigt til SSW. Da bølgehøjden på kysten er udpræget dybdebegrænset, kan der dog sagtens have været stærkt eroderende bølgeangreb på stranden ved denne lejlighed.

I år 2001 indtraf ingen storme med samtidig pålandsvind og højvande over +0,80m.

I perioden 29.01.02 – 09.03.02 indtraf tre situationer med højvande imellem +0,82m og 0,95m og pålandsvindhastigheder i intervallet 14 – 19 m/s. Den 26.10.02 optrådte højvande imellem +0,80m og +0,86m samtidig med vestlige vinde med hastigheder 10-13m/s. Den 16.01.03 optrådte i 3 ½ time højvande imellem +0,80m og +0,8m samtidig med vestlige vinde med hastigheder 16-19m/s.

De sidste par år af den rapporterede periode har der således ikke været særligt kraftigt eroderede storme på lokaliteten.

6. Opmålingerne

Carl Bro A/S har forestået alle opmålinger. I femårsperioden er der i alt udført ni opmålinger nemlig d. 27.01.99, 03.05.99, 06.10.99, 18.01.00, 28.09.00, 25.01.01, 26.03.02, 20.02.03 og 30.04.04.

Uden for forsøgsprogrammet blev der d. 23.09.02 udført en opmåling, desværre kun af Forsøgsområdet (med drænrør), Flanke 1 (med drænrør) samt Flanke 2 (uden drænrør), dvs. fra st. 112800 til st. 114650.

Referenceområderne blev af økonomiske grunde ikke opmålt.

Forsøgstolkningen, der alene baserer sig på sammenligning af områdernes udvikling, kan derfor ikke omfatte sidstnævnte opmåling. Analysen i nærværende rapport er alene baseret på de opmålinger, der er foretaget med ca. et års mellemrum fra forsøgets start, dvs. i alt seks opmålinger.

7. Forsøgsresultater

Strandprofilopmålingerne er bl.a. anvendt til at beregne ændringer i strandens sandvolumen.

Ved første måling i januar 1999 blev etableret en referencelinie med placering lige foran klitfoden. Sandvolumenændringerne blev beregnet ud fra den del af profilerne, der strækker sig

fra et vertikalt snit beliggende i referencelinien og ud til kystlinien, som er defineret ved kote 0,00m.

Siden etableringen af referencelinien har kysttilbagerykningen imidlertid bevirket, at væsentlig erosion finder sted landværts for referencelinien samt under kote 0,00m. Dette betyder, at en væsentlig del af erosionen ikke medregnes i de anførte ændringer. Tilsvarende medregnes tillæg landværts for referencelinien og under kote 0,00m heller ikke. De således beregnede ændringer i strandvolumen angiver således ikke længere den erosion eller det tillæg, som optræder over hele strandprofilet.

Som følge heraf er foretaget en ny analyse baseret på ændringer beregnet ud fra et vertikalt snit beliggende 10,00m landværts for referencelinien samt et horisontalt niveau i kote -0,40m. Dette er muligt fordi profilopmålingerne dækker den hermed afgrænsede del af kystprofilet, dog omfatter initialopmålingen i januar 1999 ikke profilet bag ved referencelinien, hvorfor denne del er skønnet, bl.a. ud fra den øvrige del af profilet. Dette medfører en mindre usikkerhed, som dog ikke forrykker resultaterne.

De beregnede ændringer i kystliniebeliggenhed samt klitfodsbeliggenhed er uafhængige af valg af basislinie.

Tabel 1 viser hvorledes strandbredden, målt fra referencelinien (klitfodspositionen i januar 1999) og til kystlinien i kote 0,00m, har ændret sig i løbet af de fem år. Det bemærkes, at den således definerede strandbredde ikke er den igennem perioden virkeligt forekommende, idet klitfodens beliggenhed også er ændret med tiden. Derimod er den i tabellen angivne ændring i kystliniens beliggenhed den virkeligt forekommende.

Fig. 2 viser de i tabel 1 angivne strandbredder.

Fig. 3 viser ændringen i kystliniebeliggenhed over de fem år.

Gl. Skagen forsøg	27.01.99 – 30.04.04						5 år
	Strandbredder (m)						Kystliniændring (m)
Flanke 1 (rør i de sidste 3 ½ år)	27.01.99	18.01.00	25.01.01	26.03.02 *)	20.02.03	30.04.04 **)	27.1.99-30.4.04 fremrykning + tilbagerykning -
112800	36,0	25,9	14,1	8,8	16,0	15,3	-20,7
112900	33,5	18,2	18,2	6,9	10,3	9,8	-23,7
113000	29,6	15,1	14,5	11,1	9,4	8,0	-21,6
113100	32,4	13,0	12,4	7,3	11,8	8,2	-24,2
Middel							-22,55
Forsøgsområdet							
113200	24,7	9,5	13,8	1,8	15,8	11,2	-13,5
113300	17,4	13,8	21,6	10,3	15,7	20,3	2,9
113400	22,3	24,7	21,5	20,5	24,0	24,0	1,7
113500	29,4	37,4	23,5	22,4	23,0	19,4	-10,0
113600	28,0	41,0	38,3	33,2	26,2	28,5	0,5
113700	24,0	40,2	33,4	29,3	24,0	34,8	10,8
113800	36,6	38,9	40,8	33,6	43,5	44,1	7,5
113900	37,0	35,5	31,5	36,8	44,8	43,9	6,9
114000	34,2	29,6	29,1	31,8	44,2	45,3	11,1
114100	34,4	25,2	27,3	37,9	31,0	49,9	15,5
114250	38,1	23,1	33,9	41,1	39,1	38,4	0,3
Middel							3,06
Flanke 2							
114350	32,2	26,3	27,3	31,2	29,8	34,7	2,5
114450	25,3	29,1	28,5	25,3	42,7	43,8	18,5
114550	32,2	25,6	26,3	32,2	41,9	41,9	9,7
114650	33,7	21,2	26,2	41,6	31,8	36,1	2,4
Middel							8,28
Ref. 1							
117000	32,0	21,3	22,3	14,1	24,4	14,9	-17,1
117200	22,1	15,0	20,5	0	14,9	21,6	0,5
117400	12,8	19,0	8,7	15,8	41,3	45,4	32,6
117600	25,9	12,9	40,2	32,7	36,6	30,1	4,2
117800	25,2	34,0	39,6	23,2	30,4	14,1	-10,8
118000	35,6	25,7	19,6	12,6	13,9	8,2	-27,4
Middel							-3,0
Ref. 2							
120134	17,2	17,5	15,9	1,4	13,7	1,7	-15,5
120334	17,0	9,5	17,5	3,9	12,8	5,1	-11,9
120534	12,6	9,5	25,9	8,7	18,8	9,5	-3,1
120734	26,0	24,7	22,1	8,3	26,0	29,6	3,5
120934	24,5	31,4	25,1	8,5	30,9	36,4	11,9
121134	37,3	37,5	25,1	19,7	44,9	44,9	7,6
Middel							-1,25

Tabel 1. Strandbredder målt fra referencelinie til kystlinie i kote 0,0m. *) Opmåling lige efter storm **) Opmåling i forår

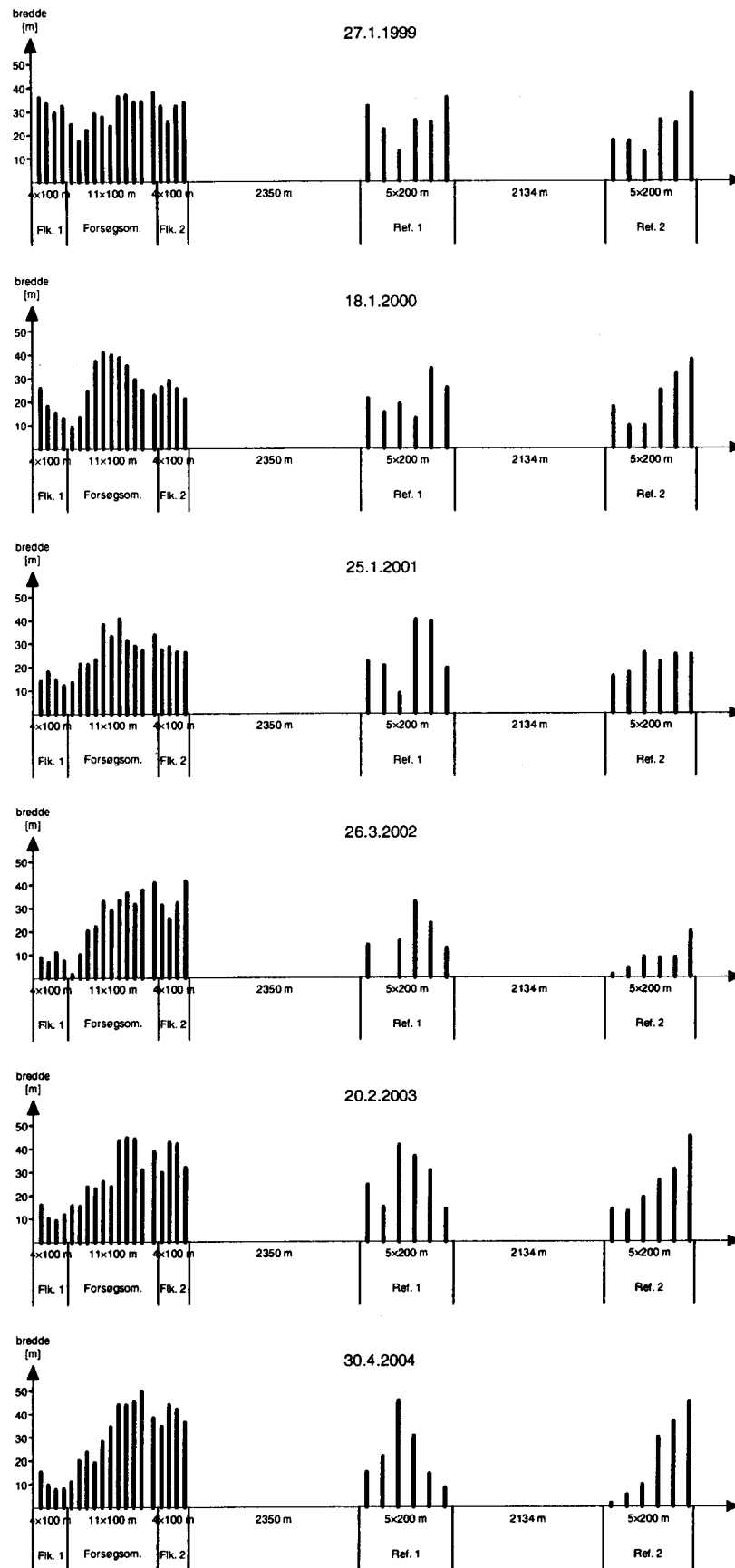


Fig. 2. Kystliniebeliøghed 1999-2004 angivet ved strandbredder målt fra referencelinie.

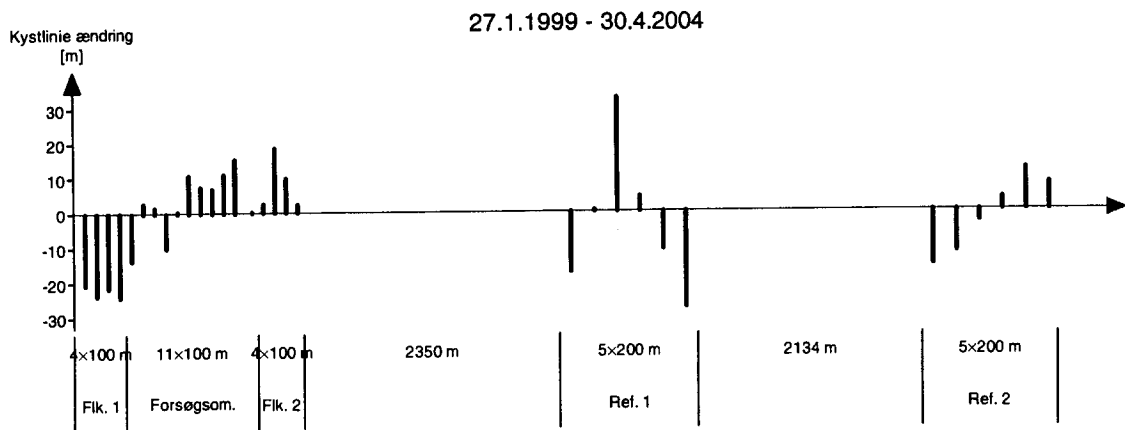


Fig. 3. Ændring i kystliniebeliggenhed i perioden 27.01.99 – 30.04.04.

I Tabel 2 er angivet strandvolumen i m^3 per m strand beregnet ud fra et vertikalt snit beliggende 10m landværts af referencelinien samt et horisontalt niveau i kote -0,40m. Endvidere er angivet volumenændringen over den femårs forsøgsperiode.

Fig. 4 viser de i Tabel 2 angivne volumener for de enkelte opmålinger.

Gl. Skagen forsøg		27.01.99-30.04.04					5 år	
	Strandvolumen (m ³ pr. m strand)						Volumenændring (m ³ pr. m strand)	
Flanke 1 (rør i de sidste 3 ½ år)	27.01.99	18.01.00	25.01.01	26.03.02 (*)	20.02.03	30.04.04 (**)	27.1.99-30.4.04	
112800	65,03	44,39	28,53	18,94	27,96	30,55	-34,48	
112900	63,15	36,23	33,99	15,42	20,03	19,91	-43,24	
113000	58,99	28,15	26,13	20,05	17,07	15,93	-43,06	
113100	62,6	23,1	21,29	16,51	20,29	19,89	-42,71	
Middel							-40,87	
Forsøgsområdet								
113200	47,13	21,42	30,97	11,18	24,37	22,02	-25,11	
113300	33,66	28,27	40,77	21,29	27,35	31,41	-2,25	
113400	40,41	46,19	46,12	40,32	43,87	40,21	-0,20	
113500	48,13	69,67	53,2	45,48	47,2	38,61	-9,52	
113600	47,98	78,67	75,51	60,37	52,59	56,35	8,37	
113700	39,51	73,57	68,91	56	55,77	60,78	21,27	
113800	53,43	75,93	75,47	50,82	56,24	70,88	17,45	
113900	55,64	68,74	62,16	49,86	60,47	64,59	8,95	
114000	53,86	58,87	54,01	45,48	55,09	65,54	11,68	
114100	56,15	51,5	49,73	50,69	51,85	81,84	25,69	
114250	64,06	47,06	58,32	58,03	48,25	63,68	-0,38	
Middel							5,09	
Flanke 2								
114350	54,75	51,68	50,5	48,02	46,77	54,47	-0,28	
114450	43,2	59,62	48,15	45,31	56,12	59,88	13,68	
114550	54,69	51,13	43,57	51,98	47,6	59,37	4,68	
114650	58,97	41,31	40,02	58,8	38,46	46,78	-12,19	
Middel							1,47	
Ref. 1								
117000	60,28	53,24	42,38	29,26	21,59	23,09	-37,19	
117200	42,82	28,01	33,76	11,54	23,49	33,44	-9,38	
117400	27,9	35,36	19,26	29,73	65,68	67,14	39,24	
117600	47,81	26,43	60,57	45,95	62,36	57,61	9,80	
117800	55,48	57,28	72,84	45,82	42,7	25,77	-29,71	
118000	81,52	44,89	39,17	26,57	20,48	13,11	-68,41	
Middel							-15,94	
Ref. 2								
120134	39,84	31,57	29,08	11,25	17,52	7,01	-32,83	
120334	32,82	21	27,13	12,48	25,5	11,18	-21,64	
120534	23,31	20,93	46,25	33,15	21,64	16,5	-6,81	
120734	43,13	39,03	35,79	28,64	27,61	43,15	0,02	
120934	42,26	49,98	41,66	37,88	38,22	51,14	8,88	
121134	68,31	52,99	50,36	49,75	61,91	64,57	3,74	
Middel							-8,11	

Tabel 2. Strandvolumen beregnet ud fra et vertikalt snit beliggende 10m bag ved referencelinie samt et horisontalt niveau i kote -0,40m. *) Opmåling lige efter storm **) Opmåling i forår

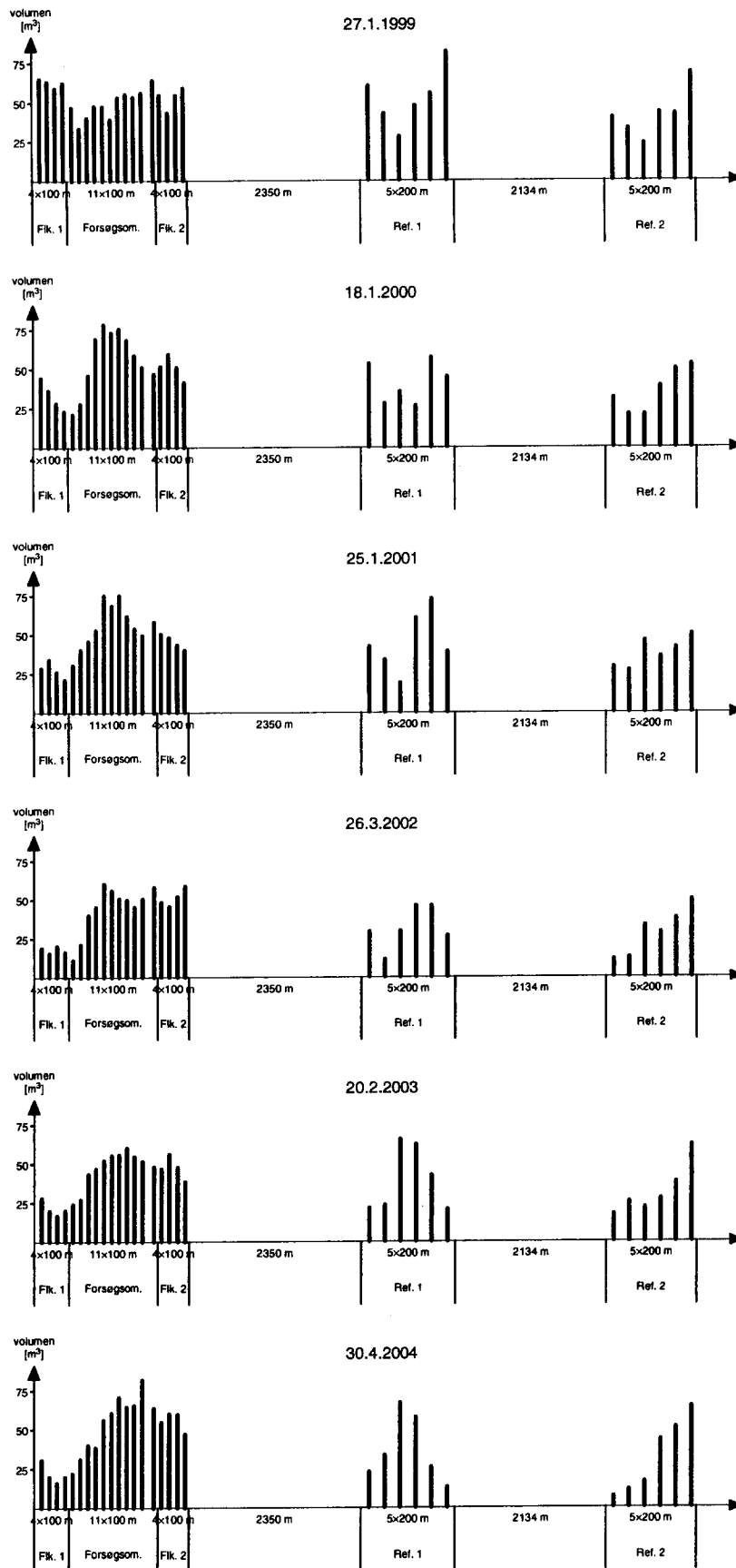


Fig. 4. Strandvolumen beregnet ud fra et vertikalt snit beliggende 10m bag ved referencelinie samt et horisontalt niveau i kote -0,40m.

Fig. 5 viser de tilsvarende resulterende volumenændringer over perioden fra 27.01.99 til 30.04.04.

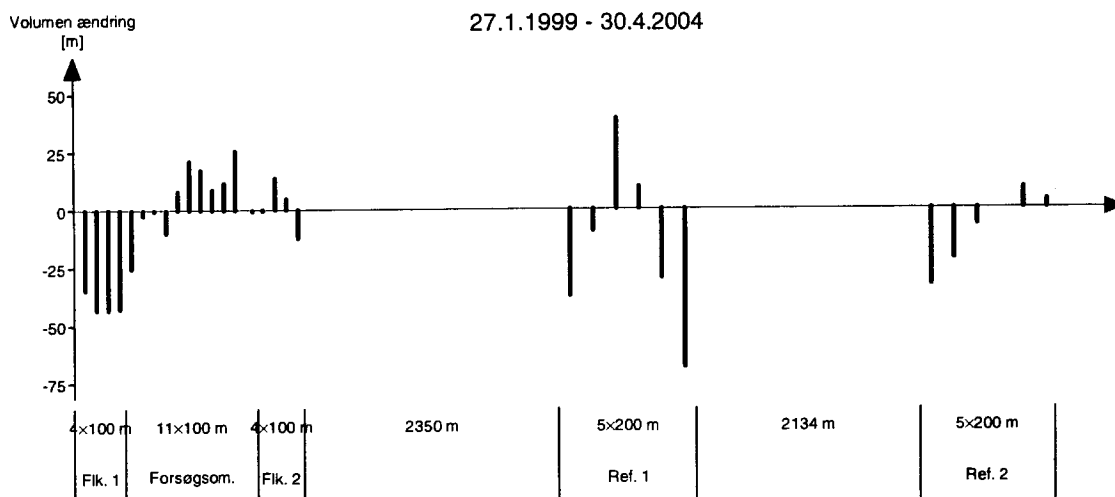


Fig. 5. Resulterende volumenændringer over perioden fra 27.01.99 til 30.04.04 beregnet ud fra et vertikalt snit beliggende 10m bag ved referencelinie samt et horisontalt niveau i kote -0,40m.

Den omtrentlige tilbagerykning af klitfoden over de fem år fremgår af Tabel 3 hvor også den omtrentlige klittopkote – opmålt 6.5.03 er anført. Sidstnævnte er opmålt for at se, om den tilførsel af sand til stranden der sker, når klitten eroderes, er forskellig fra område til område. Da klithøjden stort set er ens i områderne, er dette imidlertid ikke tilfældet.

Gl. Skagen forsøg	27.1.99-30.4.04	5 år
	Omtrentlig tilbagerykning af klitfod, m	Omtrentlig klittopkote*, m
Flanke 1 (rør i de sidste 3 ½ år)		
112800	5	10
112900	13	10
113000	17	8
113100	<u>19</u>	<u>10</u>
Middel	13,5	9,5
Forsøgsområdet		
113200	10	13
113300	12	11
113400	5	9
113500	2	6
113600	2	7
113700	3	7
113800	1	9
113900	5	4
114000	2	10
114100	0	9
114250	<u>2</u>	<u>9</u>
Middel	4,0	8,5
Flanke 2		
114350	2	10
114450	2	11
114550	4	6
114650	<u>10</u>	<u>7</u>
Middel	4,5	9,0
Ref. 1		
117000	12	5
117200	21	13
117400	4	13
117600	7	9
117800	7	6
118000	<u>15</u>	<u>10</u>
Middel	11,0	9,3
Ref. 2		
120134	18	12
120334	14	8
120534	10	14
120734	0	12
120934	1	<u>11</u>
121134	<u>2</u>	<u>12</u>
Middel	7,5	11,5

Tabel 3. Omtrentlig klittopkote og omtrentlig tilbagerykning af klitfod. * Opmålt 6.5.03.

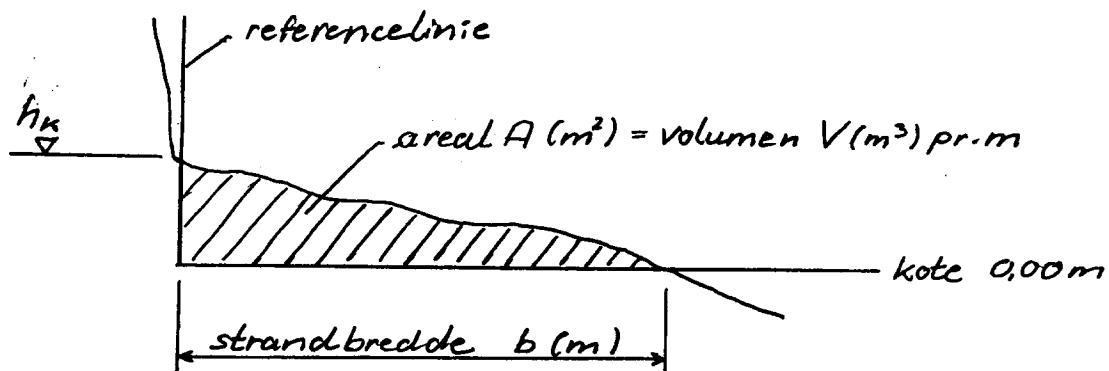
8. Initialstyrken af forsøgets delstrækninger

Da strandenes modstandsdygtighed overfor erosion ved forsøgets start kunne tænkes at påvirke strandenes videre udvikling undersøges i det følgende modstandsdygtigheden, der betegnes R.

Som mål herfor anvendes forskellen i højden (kote) imellem klitternes skræntfod, h_k , og det niveau, hvortil bølgeopskyllet under storm med højvande når op. Dette niveau er bestemt som summen af bølgeinduceret set-up, h_b , vandstandsstigning forårsaget af atmosfærisk lavtryk og vindinduceret opstuvning af vandspejlet, h_v , samt bølgeopskylshøjden, R_u (målt fra middelvandspejl). Som karakteristisk bølgeopskylshøjde (run-up) anvendes den højde, som kun overskrides af 2 % af bølgerne. Den betegnes $R_U^{2\%}$.

$$R = h_k - (h_b + h_v + R_U^{2\%}) \quad (1)$$

En positiv værdi af R betyder, at bølgerne ikke når at erodere klitten væsentligt, medens en negativ værdi betyder, at bølgerne eroderer klitten. De benyttede geometriske data for strandene er baseret på profilmålinger, hvor kun den del af profilerne, der ligger over kote 0,00m og søværts for en referencelinie placeret foran klitfoden ved forsøgets start, er analyseret.



Figur 6. Definitionsskitse

Profilets styrke afhænger af strandens højde samt hældning. I denne sammenhæng defineres middelhøjden $h = A/b$, samt hældningen $\beta = 2h/b$.

Skræntfodskoten blev ikke nøjagtigt opmålt ved forsøgets start. Tidligere samt senere profilmålinger har imidlertid vist, at denne kote ligger i intervallet + 1.5 til + 2.0m, med få undtagelser. Dette passer nogenlunde med at skræntfodskoten regningsmæssigt sættes til $h_k = 2,5 \cdot h$.

Vandstandsmålinger i Skagen havn under vestenstorm viser, at højvande over + 0,80m kun optræder få gange om året, ved hvilke lejligheder der sker væsentlig erosion på den aktuelle kyst. Ud fra dette anvendes værdien $h_b = 0,70m$ som en karakteristisk værdi for lidt mere hyppige erosionssituationer.

h_v og $R_U^{2\%}$ beregnes ud fra nedenstående formel (Stockdon et al., 2005) som med hensyn til bølgedefinition er tillempet de aktuelle forhold:

$$h_v = 0,385\beta\sqrt{H_s L_o}$$

(2)

$$R_U^{2\%} = 0,55\sqrt{H_s L_o (0,563 \beta^2 + 0,004)}$$

hvor H_s er max significant bølgehøjde der kan passere inderste revle.

L_o er dybtvandsbølgelængden svarende til spektral peak periode.

Idet Kystdirektoratets profilmålinger viser, at topkoten på inderste revle ligger i intervallet – 1,5m til – 2,0 m, og idet der regnes med et højvande på + 0,70m, bliver vanddybden, D over første revle i intervallet 2,2m til 2,7m. Idet $H_s = \text{ca. } 0,75 \cdot D$ fås $H_s = 1,6 - 2,0\text{m}$.

I Tabel 4 er vist en beregning af strandenes modstandsdygtighed R ved anvendelse af $H_s = 2,00\text{m}$ samt $L_o = 150\text{m}$, hvor sidstnævnte svarer til bølger med periode på ca. 10 s.

Beregningerne, som kun indikerer indbyrdes forhold imellem områdernes modstandsdygtighed, viser, at Referenceområde 2 er det svageste samt at Forsøgsområdet med rør er det næst svageste. Det synes dermed ikke som om, at Forsøgsområdet i udgangspositionen generelt skulle være mere robust end de andre områder – tværtimod.

Initialdata og modstandsdygtighed R beregnet ud fra referencelinie og kote 0,00m.								
Flanke 1 (rør i de sidste 3 ½ år)	Volumen V (m ³ /m)	Bredde b (m)	Middelhøjde h=V/b (m)	Hældning $\beta=2h/b$	$h_k=2,5$ h (m)	h_b (m)	$R_u^{2\%}$ (m)	R (m)
112800	28,19	36,0	0,78	0,044				
112900	26,96	33,5	0,80	0,048				
113000	23,80	29,6	0,80	0,054				
113100	24,34	32,4	0,75	0,046				
Middel			0,79	0,048	1,965	0,32	0,63	+0,32
Forsøgsområdet								
113200	15,30	24,7	0,62	0,050				
113300	7,80	17,4	0,45	0,052				
113400	11,31	22,3	0,51	0,045				
113500	15,92	29,4	0,54	0,037				
113600	15,31	28,0	0,55	0,039				
113700	10,44	24,0	0,44	0,036				
113800	20,39	36,6	0,56	0,030				
113900	20,91	37,0	0,56	0,031				
114000	19,63	34,2	0,57	0,034				
114100	19,95	34,4	0,58	0,034				
114250	28,16	38,1	0,74	0,039				
Middel			0,56	0,039	1,390	0,26	0,60	-0,17
Flanke 2								
114350	22,16	32,2	0,69	0,043				
114450	16,98	25,3	0,67	0,053				
114550	21,21	32,2	0,66	0,041				
114650	24,46	33,7	0,73	0,043				
Middel			0,69	0,045	1,715	0,30	0,62	+0,10
Ref. 1								
117000	26,62	32,0	0,83	0,052				
117200	14,62	22,1	0,66	0,060				
117400	5,65	12,8	0,44	0,069				
117600	17,45	25,9	0,67	0,052				
117800	21,34	25,2	0,85	0,067				
118000	43,44	35,6	1,22	0,069				
Middel			0,78	0,062	1,949	0,41	0,68	+0,33
Ref. 2								
120134	9,23	17,2	0,54	0,062				
120334	7,09	17,0	0,42	0,049				
120534	4,17	12,6	0,33	0,053				
120734	13,36	26,0	0,51	0,040				
120934	11,55	24,5	0,47	0,038				
121134	29,90	37,3	0,80	0,043				
Middel			0,51	0,048	1,280	0,32	0,63	-0,37

Tabel 4. Initialdata og modstandsdygtighed R beregnet ud fra referencelinie og kote 0,00m.

9. Konklusioner

Først og fremmest fremgår det af tabellerne 1 og 2 samt af figurerne 3 og 5, at der indenfor alle de undersøgte områder – på nær Flanke 1 – er endog meget store variationer i de resulterende strandbredder og strandvolumener målt over femårsperioden. Også klitfodstilbagerykningen varierer meget i de enkelte områder. Den hermed demonstrerede store variabilitet i strandens opførsel gør sporingen af en menneskeskabt effekt meget vanskelig, med mindre denne er meget stor.

Betragtes den resulterende udvikling målt som gennemsnit for de enkelte områder fremgår det af tabellerne 1 og 2, at Forsøgsområdet og Flanke 2 har klaret sig bedst med kystliniefremrykninger på henholdsvis 3,06m og 8,28m, og strandvolumentillæg på henholdsvis 5,09 og 1,47 m³/m strand, medens der er negative værdier i de andre områder. Dette gælder især Flanke 1, hvor der har været anbragt rør i de sidste 3 ½ år af femårsperioden.

Med hensyn til klitfodstilbagerykningen fremgår det af Tabel 3, at Forsøgsområdet og Flanke 2 har klaret sig bedre end de øvrige områder med gennemsnitlige tilbagerykninger på henholdsvis 4,0m og 4,5m i forhold til værdier, som er to til tre gange større i de øvrige områder.

Betragtes alene ovennævnte gennemsnitsværdier for Forsøgsområdet fremstår de som positive med resulterende kystliniefremrykning og strandvolumenforøgelse, samt en gennemsnitlig klitfodstilbagerykning på ca. 0,8m/år, hvilket er ca. halvdelen af den for perioden 1977-91 af Kystdirektoratet beregnede værdi på ca. 1,5m/år, jfr. [1].

Når det alligevel er svært at konkludere klart med hensyn til drænrørsmetodens virkning skyldes det for det første, at Flanke 1, hvor der har været rør i 3 ½ år, har klaret sig meget dårligt i forhold til tidligere udvikling (SIC anbragte efter 1 ½ års forsøg rør i Flanke 1 selv om dette ikke var planlagt i forsøget). For det andet, at Flanke 2, hvor der ikke er rør, har klaret sig lige så godt som Forsøgsområdet med rør.

En hypotetisk forklaring kunne være, at skræntfodsbeskyttelse med store sten udlagt ud for Fællen umiddelbart nordøst for station 113200 (som er grænsen for Forsøgsområdet) virker som et på kysten fremstående fast punkt, der frembringer læsideerosion i Flanke 1, tilsvarende som det opleves ved høfder. I tillæg hertil må tilføjes, at forklaringen forudsætter, at rørene ingen virkning har i læsideerosionsområder. Forklaringen er nok heller ikke korrekt, idet man så måtte forvente tillæg lige opstrøms for Fællen, dvs. i forsøgsområdets station 113200, men her er der imidlertid sket stor erosion. Den positive udvikling i Flanke 2 kan måske forklares som luvsidetillæg forårsaget af kystfremrykningen i Forsøgsområdet.

Sammenfattende må det konkluderes, at selv om kystudviklingen beregnet som gennemsnit over Forsøgsområdet med rør har været positiv i forhold til udviklingen i perioden 1977-91, giver det udførte forsøg alene ikke et klart billede af drænrørsmetodens effektivitet. Hertil hører enten en fysisk korrekt forklaring af drænrørens virkning eller/og en forklaring på den observerede kystudvikling i de to naboerområder, hvoraf det ene har været forsynet med rør i 3 ½ år.

Sluttelig skal bemærkes, at det ikke ud fra de foretagne opmålinger og den spatialt korrekte afbildning vist i Fig. 2 og Fig. 4 har været muligt at identificere vandrende udbugtninger langs forsøgsstrækningen.

10. Referencer

[1] Burcharth, H.F. Rapport om forsøg med lodrette drænrør som kyststabiliseringsmetode, dateret 5.4.2000.

[2] Burcharth, H.F. Rapport nr. 2 om forsøg ved Gl. Skagen med lodrette drænrør som kyststabiliseringsmetode, juni 2001.

[3] Burcharth, H.F. Rapport 3 om forsøg ved Gl. Skagen med lodrette drænrør som kyststabiliseringsmetode, december 2002.

[4] Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., and Sallenger Jr., A. H. (2005). Empirical parameterization of setup, swash, and runup. Submitted to Coastal Engineering.

Aalborg December 2005

Hans F. Burcharth
Prof. dr. techn.