

# SIC Skagen Innovation Center

Dr. Alexandrinesvej 75 - DK- 9990 Skagen - Ph 45 98445713- Mobil ph 45 40 40 14 25.  
Mail: [sic@shore.dk](mailto:sic@shore.dk) Web [www.shore.dk](http://www.shore.dk)

Kystdirektoratet  
Højbovej 1  
7620 Lemvig.

Our ref. Pj/cp

Your ref. Jesper Holt Jensen

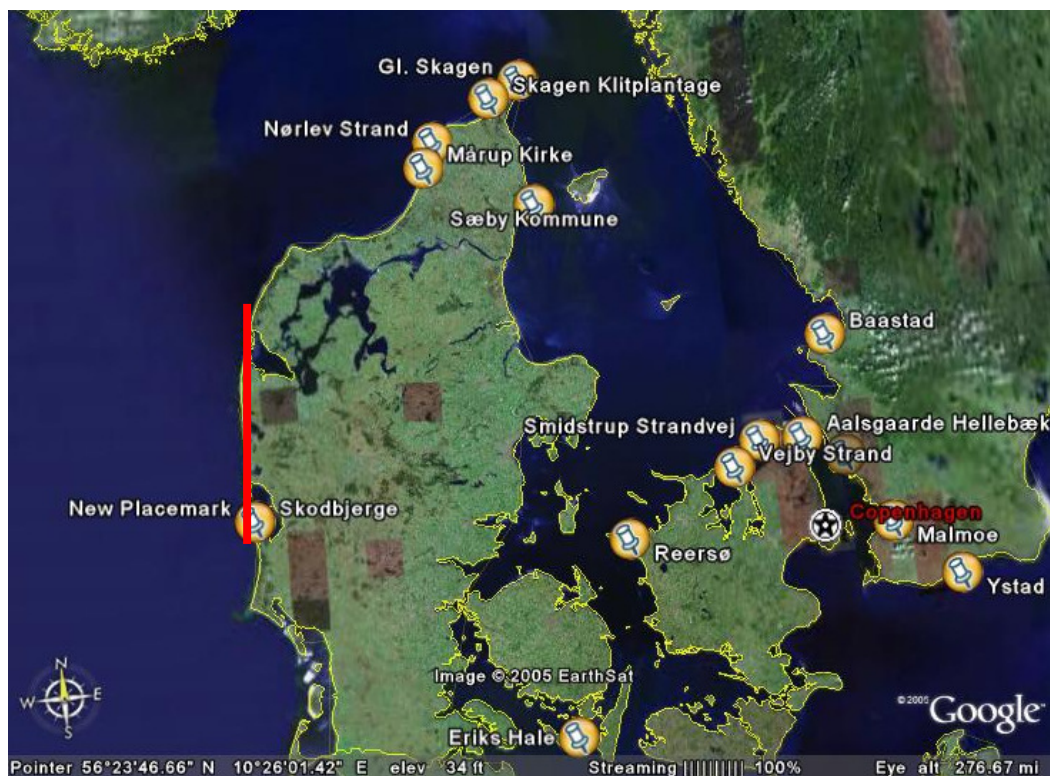
## Tilbud på miljøvenlig kystbeskyttelse af 100 km på den jyske vestkyst fra Hvide Sande til Agger med opstart af 20 km ved Søndervig i 2007.

Under henvisning til at sandfodringen ved Søndervig igen er mislykket i lighed med 2004 og havet igen i denne vinter er gået ind i klitterne nord og syd for Søndervig tilbyder vi hermed at bygge et kystbeskyttelses anlæg på 100 km i egen regning i samarbejde med udenlandske partnere og leje anlægget ud i relation til Fællesaftalen.

Prisen er

4,5 mio. € svarende til 33.525.000 mio. kr.

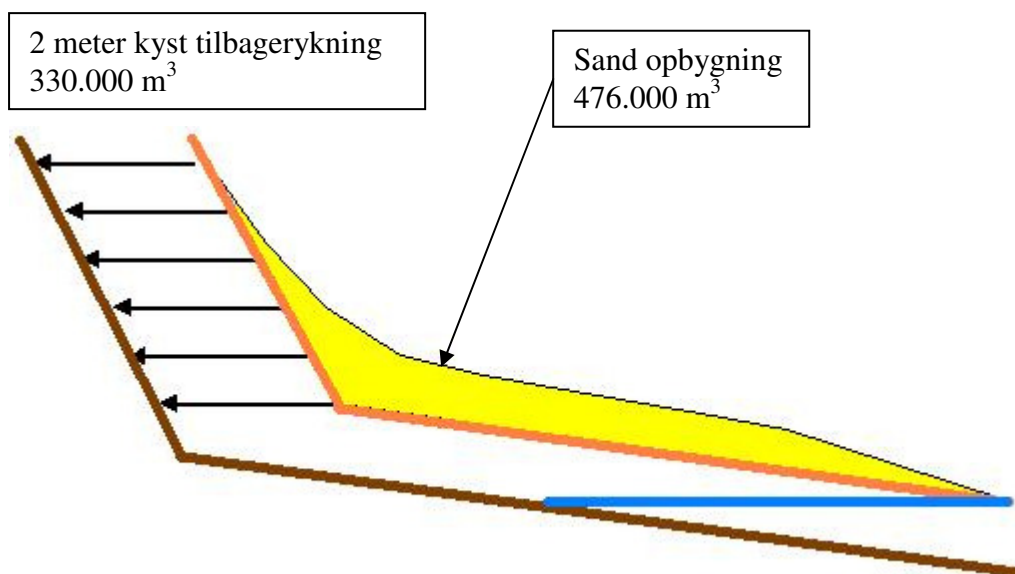
pr. år incl. drift og vedligeholdelse samt kvalitetssikring af strækningen baseret på laserscanning og GPS opmåling for hver 100 meter langs stranden



Strækningen er markeret på ovenstående kort og er 100 km i alt.

Projekter fra hele verden viser at SIC systemet er langt mere effektivt og miljøvenligt end traditionelt kystbeskyttelse baseret på hølfer, bølgebrydere samt sandfodring.

Prøveanlægget på 11 km mellem Hvide Sande og Nymindegab viste allerede efter det første år at det var muligt at stoppe kysterrosionen på den jyske vestkyst med SIC systemet.



SIC systemet har haft en effekt i projektområdet på 11,0 km på i alt 806.000 kubikmeter, idet SIC systemet for det første har stoppet den årlige erosion i området på i alt 330.000 kubikmeter.

Samtidig er der opbygget en buffer på 476.000 kubikmeter sand foran klitten, som beskytter baglandet i højvandsituationer med storm.

Ifølge FN vil vandstanden i verdenshavene stige mellem 28 og 59 cm i løbet af de næste 100 år.

Sandopbygningen i forstranden hæver strandprofilet i forstranden med 72 – 147 cm i forhold til referenceområde 2, således at SIC systemet samtidig løser problemet med den globale vandstandsstigning.

Der er registreret læsidedillæg nedstrøms for projektet, modsætningsvis hårde konstruktioner, som giver læside erosion.

Der er ikke registreret vandrende sandbølger i projektområdet, men kun normal fluktuation på kystlinien.

Kysten har været ramt af 5 storme i denne vinter, hvor de 4 storme har ligget mellem d. 1. januar og 20. januar 2007.

Der er generelt ikke registreret kliterosion i rør områderne.

### **Store klitskader nord og syd for Søndervig**

Modsætningsvis er der konstateret store klit skader nord og syd for Søndervig, hvor der er investeret ca. 42,0 mio. kr. i skråningsbeskyttelse strandfodring og revlefodring i perioden fra 2004 – 2006.

I henhold til kontrakten med Trafikministeriet skal SIC systemet sammenlignes med hølfer, bølgebrydere samt strand og revlefodring.

## Søndervig.



Sandfodring ved Søndervig d.5. juli 2005 efter sandfodring med 960.000 kubikmeter sand.



Søndervig d. 16 januar 2007 efter en investering på 42,0 mio. kr. i strand og revlefodring  
Sandfodringen er skyllet i havet og havet har taget ca. 400.000 kubikmeter af klitterne.

**5 km. Syd for Søndervig**



Der er stor kliterosion over en 1 km lang strækning med store flager af tørv i forstranden  
Erosionen i denne vinter med baggrund i strandens middelhøjde anslås til 100 – 150.000  
kubikmeter.



**8,5 km syd for Søndervig.**

Der er stor kliterosion over en 1 km lang strækning med store flager af tørv i forstranden  
Erosionen i denne vinter med baggrund i strandens middelhøjde anslås til 100 – 150.000  
kubikmeter.

## Krogen Søndervig



Bunkersanlægget ligger ca. 4 km nord for Søndervig



Stranden ligger i den nordlige del af sandfodringsområdet i 2005

## Krogen Søndervig.



Man har forsøgt at beskytte bunkers anlægget med en skråningsbeskyttelse samt træhøfder uden for muren



Forsøg med træhøfder ved Krogen nord for Søndervig.

## Krogen Søndervig



Sammenstyrtet skåningsbeskyttelse ved Krogen



Sammenstyrtet revetment ved Krogen.  
*Det har ikke været muligt at stoppe erosionen med strandfodring*

## Krogen Søndervig



Bunkerne vælter ud af klitterne ved Krogen efter strandfodring for 42,0 mio. kr.



Middelstrandhøjden er meget lav og havet æder direkte af klitterne i alle højvandssituationer med kuling og storm.



## **Status.**

Det har ikke været muligt at stoppe erosionen på vestkysten med strand og revlefodring, som der laves forsøg med syd for Hvide Sande havn og i 2007 ud for Husby klit.

Ved Husby klit laves der forsøg med opdelingen af revlefodringen i 3 x 1200 meter modsætningsvis revlefodringen syd for Hvide Sande havn og ved Søndervig hvor revlerne var 3700 meter lange.

Opmålingerne viser at lange revler forøger stranderosionen mellem stranden og revlen. I Italien forsøger man at løse tilbagestrømningsproblemet med store vandretliggende betonrør vinkelret på kysten.

Der er nu bred enighed om at SIC systemet har haft en effekt på ca. 800.000 kubikmeter syd for Hvide sande havn i det første år.

Der er ligeledes enighed om at erosionen på fællesstrækningen er 4,17 mio. kubikmeter årligt, som det fremgår af fig. 1 side 10, som er udarbejdet af KDI.

Det årlige resultatet på fællesstrækningen bliver derfor negativt med 1,7 mio. kubikmeter, når man strand og revlefodrer med 2,4 mio. kubikmeter årligt efter en investering på ca. 80,0 mio. kr.

*Vi taler således om en negativ virkning på 85,0 mio. kubikmeter efter en investering på 4,0 milliarder over de næste 50 år.*

*Hertil kommer den negative indflydelse fra den globale vandstandsstigning, så vestkysten vil reelt kollapse totalt efter en investering på 4,0 milliarder.*

Der er således et meget stort behov for nytænkning på området med hensyn til kvalitetssikring baseret på nye metoder.



Fig. 1

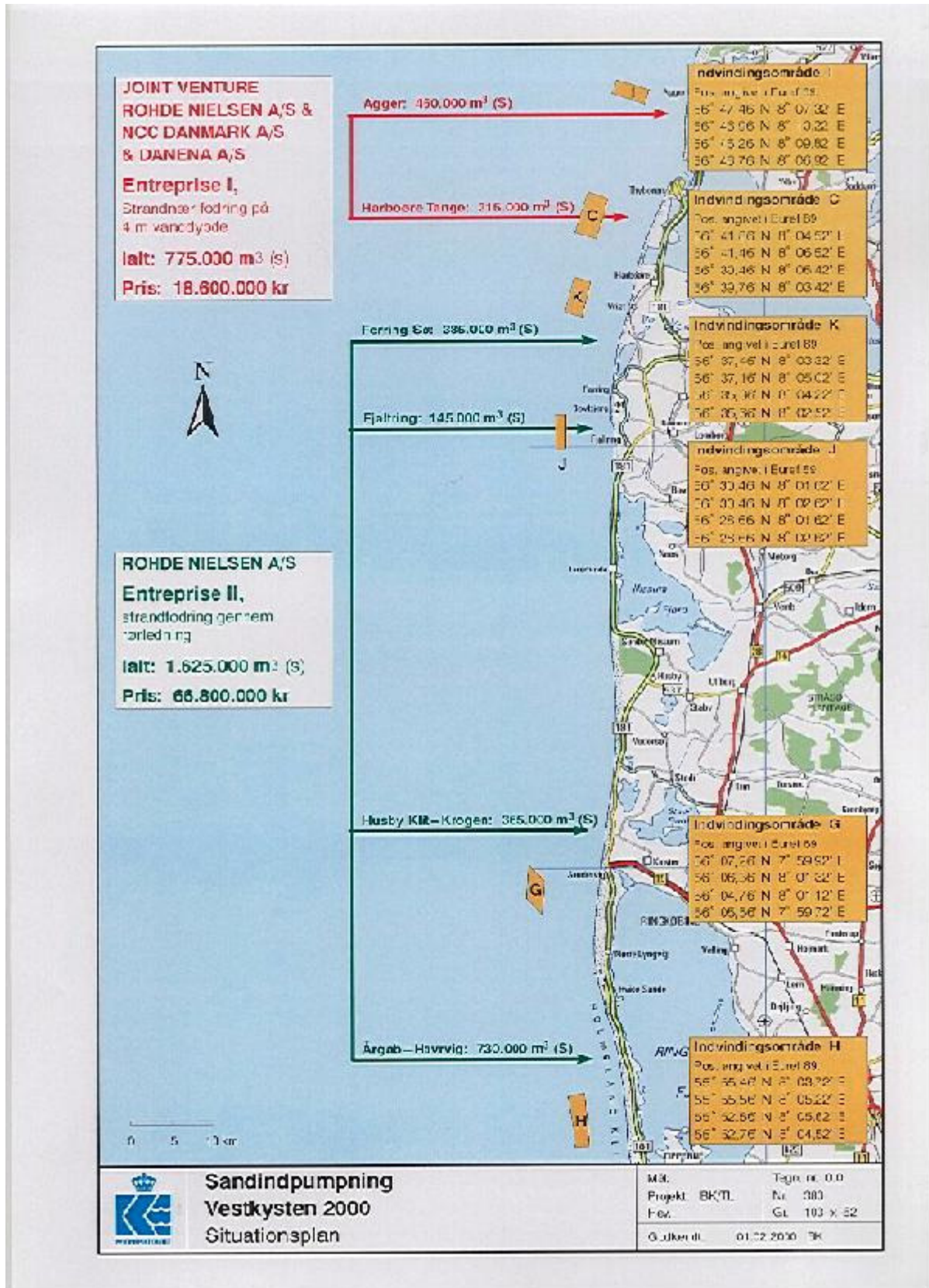


Fig. 2

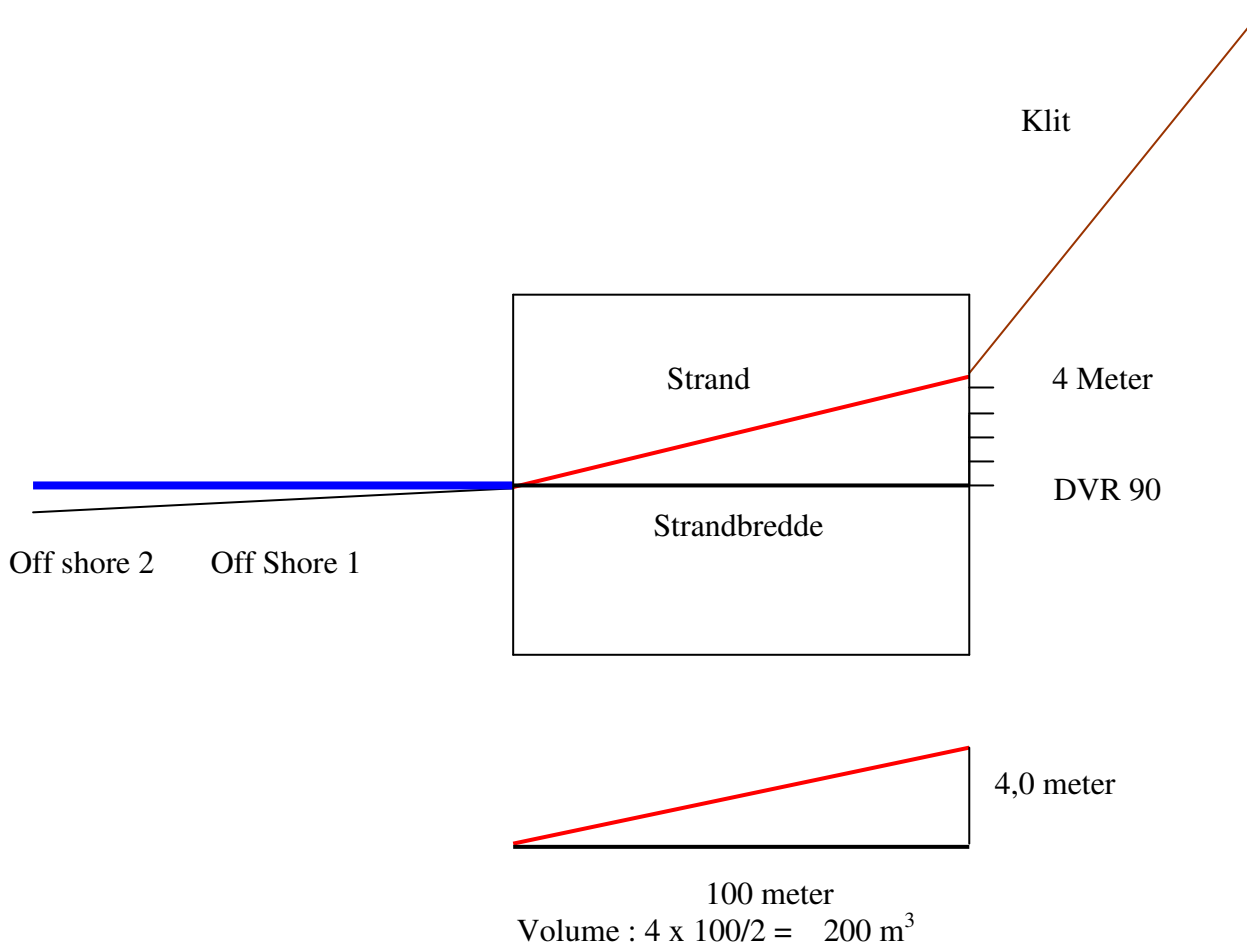
## Middelstrandhøjde.

SIC har udviklet en ny evalueringsmetode, som er baseret på middelstrandhøjden i en given bredde i relation til tidevandsforskellen i området.

Ved Hvide Sande er tidevandsforskellen ca. 1,0 meter, og der kan opstå højvandssituationer med vandstande helt op til 3,0 meter.

Målingerne over det første år viser, at SIC systemet genererer ca. 100 meter brede forstrande mellem Hvide Sande og Nymindegab i et balanceprofil, når stranden er drænet med SIC systemet.

## Middelstrandhøjde.



Videnskabsfolk på området anerkender generelt, at det er forstranden, som beskytter klitterne og baglandet mod kysterrosion.

SIC har derfor fastlåst referencelinien til kote 4,0 meter januar 2005 og beregner middelstrandhøjden fra referencelinien og 100 meter ud mod havet.

Succes kriteriet er en middelstrandhøjde på 1,3 meter svarende til 130 kubikmeter pr. meter langs stranden. I tyskland regner myndighederne også med 130 kubikmeter pr meter på stranden på Sild uanset strandbredden.

Sandfodringen på den jyske vestkyst er designet til 3,5 x 70 meter, som svarer til 122,5 kubikmeter pr. meter. (Badevej Søndervig)

### **Kvalitetssikring.**

SIC's interne kvalitetssikring af vestkysten er derfor baseret på middelstrandhøjden med en måleafstand på kun 100 meter mellem målelinierne fra kote 4 i klit foden og 100 meter ud mod havet.

Samtidig foretages der en volumenberegning/differensberegning af klitterne, så vi samtidig får et reelt billede af vinderosionen i stranden samt klitopbygningen.

SIC har derfor forespurgt COWI A/S om de i en underrådgivningsaftale kan forestå specielt opmålings- og monitoringsarbejdet forbundet hermed. En beskrivelse af dette arbejde kan findes i Bilag 3. Aftalen omfatter kun denne ydelse.

### **Handlingsplan.**

Kystprofilet skal måles op hurtigst muligt og kvalitetsberegnes i relation til middelstrandhøjden, så man får et overblik over den aktuelle situation.

Opmåling og beregninger vil tage 3 måned fra projektstart.

### **Etablering.**

SIC systemet kan etableres på 100 km i løbet af 90 dage. Anlægget ved Søndervig kan etableres på 1 måned fra aftalens indgåelse.

Kystprofilet opmåles årligt, som grundlag for evalueringen af effekten af SIC systemet på fællesstrækningen.

### **Hårde konstruktioner.**

De hårde konstruktioner i form af hofder og bølgebrydere skal reduceres, idet hårde konstruktioner generelt forøger kysterosionen, som vi har set ved Harerenden og Skallerup Klit ved Lønstrup, hvor den nordlige hofde nu ligger 37 meter ude i havet.

### **Risiko/Succes.**

SIC etablerer anlægget i egen regning og tager således selv risikoen. Resultatet er en succes, hvis der generelt sker en opbygning i forstranden i lighed med projektet syd for Hvide Sande havn og bedre end det nuværende resultat baseret på sandfodring alene.

Stat og kommune kan spare ca. 50,0 mio. kr. årligt ved implementering af SIC systemet og samtidig opnå en mere effektiv og miljøvenlig kystbeskyttelse på vestkysten.

KDI har ikke planlagt aktiviteter på strækningen ved Søndervig i 2007.

Prisen skal sammenlignes med den nuværende indsats baseret på kystfodring til en pris af ca. 80,0 mio.kr. fig. 2.

### **Anbefaling.**

SIC med partnere anbefaler at der etableres 20 km ved Søndervig allerede i 2007 til en pris af 0,9 mio. € svarende til 6.705.000 kr., så evalueringen kan sammenlignes med KDI's investering på 42 mio. kr. i 2004/05.

SIC har dokumenteret, at der ikke er behov for revlefodring syd for Hvide Sande havn i 2007 og midlerne er således allerede til rådighed i indeværende års budget. (Bilag 1)

### **Betalingsbetingelser.**

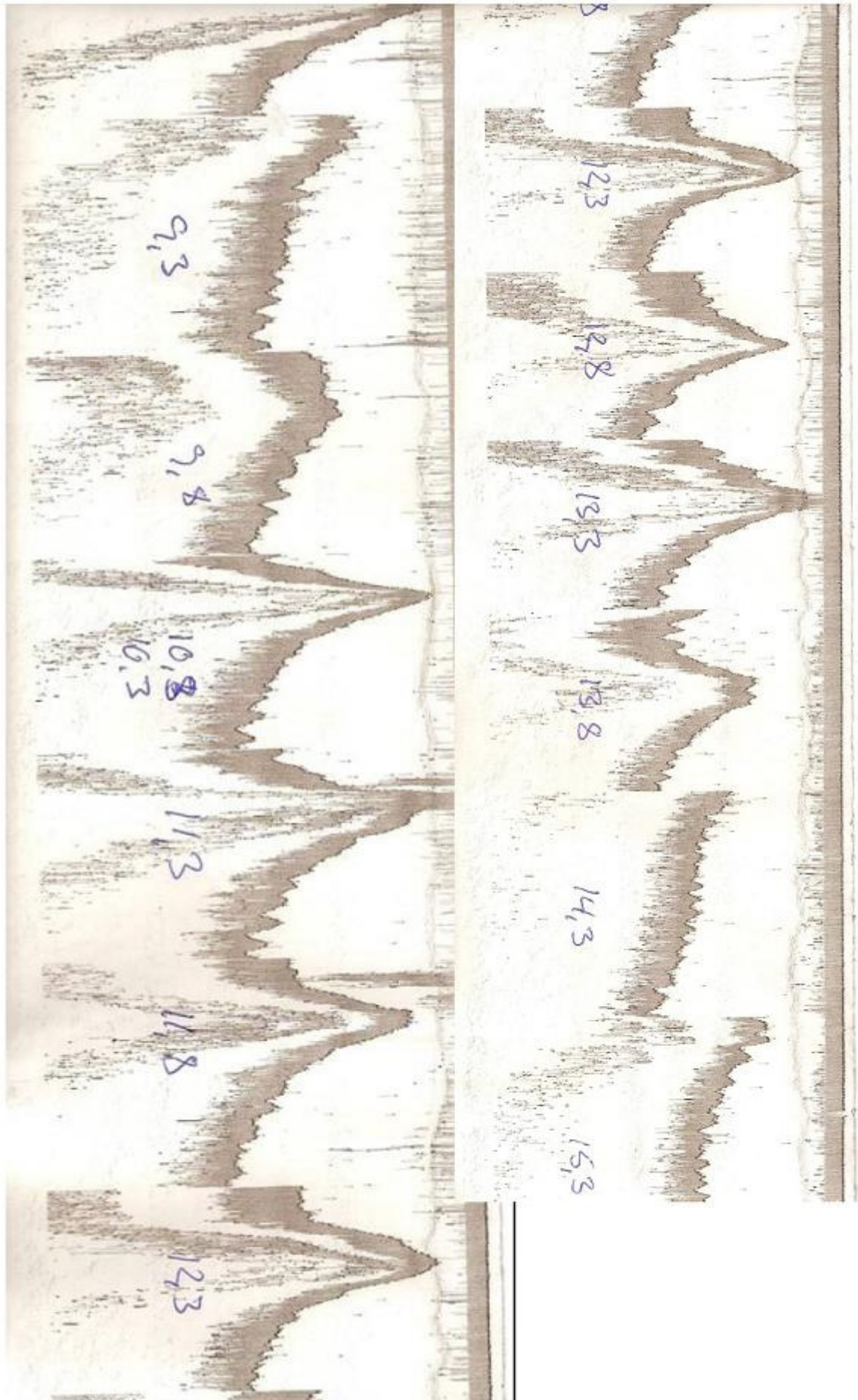
30 % ved projektstart.

50 % efter etableringen

20 % 1. oktober 2007 ved aflevering af evalueringsrapport.

Skagen d. 28. februar 2007.

Poul Jakobsen



### **Revlefodring. 2007.**

Kystdirektoratet forsøger nu at gennemføre en ny revlefodring i 2007 syd for Hvide Sande og ned i ref. 1, selvom der ikke er behov for sandfodring i det planlagte område 2,0 - 5,7 km syd for Hvide Sande havn.

SIC har d. 23. januar 2007 foretaget en kystteknisk undersøgelse, dels på stranden og ude i havet, hvor revlen er registreret helt intakt efter de 5 storme.

Vi grundstøtte på revlen med et fartøj, som kun havde en dybgang på 1,3 meter.

På stranden var det muligt at gå tørskoet op til 50 meter uden for bølgebryderne ved 50 cm lavvande.

Der er således slet ikke noget behov for sandfodring i området i 2007, og på ingen måde med baggrund i SIC's resultater med stoppe erosionen, og samtidig opbygger en buffer på ikke mindre en 476.000 kubikmeter sand i forstranden foran klitterne.

SIC vil nu orientere kommunerne om de faktiske forhold.

### **Ingen behov for sandfodring**



Bølgebryderne ligger passive inde på stranden ved normal vandstand  
Sandet kommer fra bypassingen ved Hvide Sande.



Man kan køre i bil 25 – 50 meter uden for bølgebryderne ved 0,5 meter lavvande.  
Sandet kommer fra bypassingen ved Hvide Sande.



Bilag 2

Handlingsplan 2004-2008												
Mængder i perioden (m <sup>3</sup> )		2004	2005	2006	2007	2008	Gnsnit fodr	Artl. behov	Overfødringsprocent			
							2004-2008	2004-2008	Efter 06	Efter 07	Efter 08	
									45	40	40	
Hovedstrækning	Strandfodr	200.000	200.000	290.000	290.000	330.000	325.600	232.000	45	40	40	Kommentarer
Agger Tange	Strandnær	168.000	250.000	380.000								Det årlige behov er opgjort i VK02
	Revslefodr.											
Harbøre Tange	Strandfodr	409.000	300.000	300.000	250.000	280.000	307.800	222.000	52	42	39	
	Strandnær											
	Revslefodr.											
Vrist-Ferring	Strandfodr	633.000	470.000	590.000	490.000	650.000	566.600	409.000	38	33	39	
	Strandnær											
	Revslefodr.											
Bovbjerg Klint	Strandfodr											
	Strandnær		490.000			720.000	602.400	433.000	30	32	39	
	Revslefodr.	622.000		580.000	600.000							
Trans-Thorsminde	Strandfodr											
	Strandnær	180.000	320.000	35.000	35.000	525.000	304.600	219.000	47	14	39	
	Revslefodr.	8.000	420.000									
Thorsminde-Husby Klip.	Strandfodr											
	Strandnær		600.000				282.000	203.000	-1	74	39	
	Revslefodr.				810.000							
Husby Kl.-Sønder	Strandfodr											
	Strandnær		200.000				40.000	27.000	147	85	48	Overfødringen er kun 10.000 m <sup>3</sup> i 2005.
	Revslefodr.											
Ndr. Holmsland	Strandfodr											
	Strandnær	180.000	180.000	930.000	180.000	180.000	648.000	464.000	50	48	40	
	Revslefodr.	600.000	200.000	470.000		320.000						
Sdr. Holmsland	Hauvig	200.000					40.000					
Strandfodring	Strandfodr	360.000	2.460.000	965.000	995.000	1.425.000	1.241.000					
Strandnær fodring	Strandnær	1.218.000	550.000	1.700.000	250.000	1.260.000	995.600					
Revslefodring	Revslefodr.	1.422.000	200.000	580.000	1.880.000	320.000	880.400					
Samlet fodring	Samlet fodring	3.000.000	3.210.000	3.245.000	3.125.000	3.005.000	3.117.000	2.209.000				
Andel uden for kystlinjen		0,88	0,23	0,70	0,68	0,53						Målsætningen er 60%
Akk. andel uden for kystlinjen		0,88	0,55	0,60	0,62	0,60						

Kystdirektoratets plan for sandfodring på Fællesstrækningen, som ikke er begrundet i konkrete opmålinger



Skagen Innovations Center

## Monitering af del af den jyske vestkyst

Projektbeskrivelse

# COWI

COWI A/S

Cimbrergaarden  
Thulebakken 34  
9000 Aalborg

Telefon 99 36 77 00  
Telefax 99 36 77 01  
www.cowi.dk

## Indholdsfortegnelse

<b>Baggrund</b>	<b>19</b>
<b>Områdebeskrivelse</b>	<b>19</b>
<b>Metodevalg</b>	<b>21</b>
Luftbåren laserscanning	21
GPS-målinger til fods	22
Databehandling/rapportering	22
<b>Tidsplan</b>	<b>23</b>
<b>Brug af data</b>	<b>23</b>

## Bilagsfortegnelse

Bilag 1: Luftbåren laser scanning

### Baggrund

Der er i Folketinget fremsat lovforslag om ændring af Lov om Kystbeskyttelse således at der tages videst mulig hensyn til anvendelse af miljøvenlige kystbeskyttelsesmidler. Forslagsstilleren forventer, at det vil fremme de metoder, der anvendes af Skagen Innovations Center (SIC). SIC har bedt COWI om en projektbeskrivelse for de opmålingsarbejder, der er nødvendige for at monitere en strækning regnet fra Hvide Sande i syd og ca. 100 km nordpå. Strækningen skal monitoreres 1 gang årligt og er planlagt til at foregå i foråret, fortrinsvist ved fralandsvind, såfremt vejret tillader det.

### Områdebeskrivelse

Som nævnt er monitoringsområdet defineret som strækningen fra Hvide Sande og ca. 100 km nordpå. Dvs. til et sted ca. 20 km nord for Thyborøn. Af oplægget til opgaven fremgår det, at der skal måles tværprofiler pr. 100m med en referencelinie, der svarer til 4m højdekurven overalt på strækningen.

Området er karakteriseret ved udpræget kystklima med primært pålandsvind af varierende styrke. Forstranden består primært af finkornet sand og mindre sten af varierende størrelse. Forstrandens bredde varierer fra ca. 50m op til 200m.

Oftest er forstranden ca. 100m bred. Mange steder har der været tale om relativ kraftig erosion, hvorfor klitskrænten ofte er relativ kraftig markeret. Opmålingsområdet er vist med signatur på nedenstående kortudsnit:

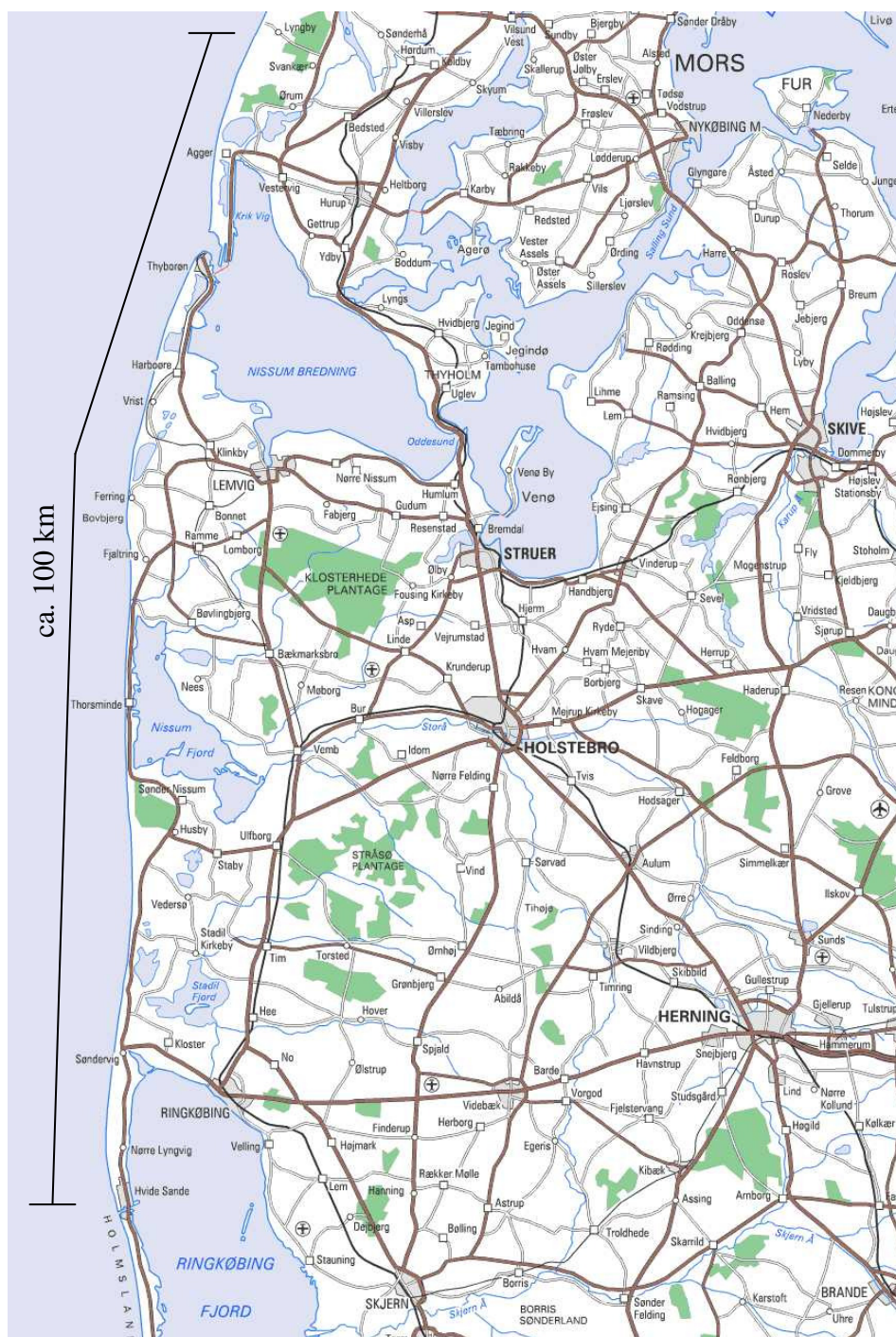


Fig. 1. Opmålingsområde angivet med signatur.

© Kort- og Matrikelstyrelsen

Der findes en del tilkørselsmuligheder til stranden fra baglandet. Antallet af gennemskærende vandløb fra baglandet til havet er begrænset. Der findes dog to store passager. Dels ved Thorsminde, hvor der er adgang til Nissum Fjord og ved Agger, hvor Limfjorden har sit gennemløb. Lokaltiteterne passeres hhv. ad landevejen over slusen og via færgen Thyborøn-Agger.

## Metodevalg

Vi foreslår, at der arbejdes med en kombination af luftbåren laserscanning og GPS-målinger udført til fods i de vanddækkede arealer, der ligger indenfor en afstand af 100m fra 4m-kurven. Opmålingerne udføres i september efter nærmere aftale.

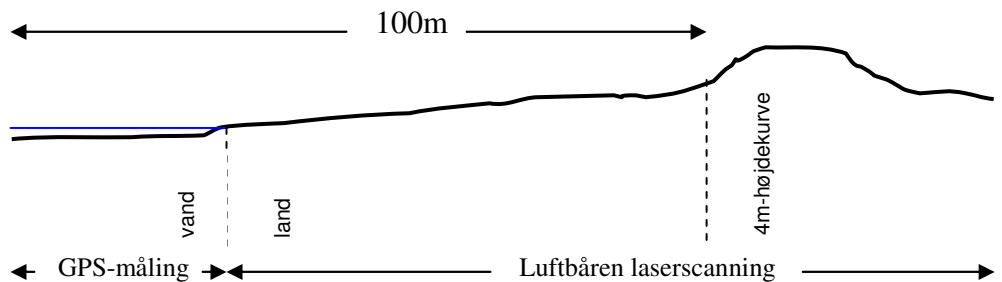


Fig. 2. Principtegning for metodevalg

Nøjagtighedsmæssigt vil der være en lille forskel mellem de to målemetoder, idet kotenøjagtigheden på den traditionelle GPS-måling vil ligge på 2-5 cm, hvor den luftbårne laserscanning ligger på 6-8 cm på veldefinerede punkter. I en drøftelse mellem SIC og COWI er vi blevet enige om denne model, idet den langt større punktmængde ved brug af luftbåren laserscanning (ca. 3 punkter/m<sup>2</sup>) vil muliggøre en fulddækkende analyse af fladerne fra måling til måling.

## Luftbåren laserscanning

Princippet i luftbåren laserscanning er, at en laser monteres i et fly eller helikopter. Under flyvningen udsendes der laserstråler, der reflekteres af det underliggende terræn og returneres til laserscanneren. Ved at måle tidsrummet fra udsendelse til modtagelse kan afstanden til terrænet bestemmes med stor nøjagtighed. Når denne afstand sammenholdes med laserscannerens position og orientering opnås en bestemmelse af terrænoverfladen.

Metoden har sin force ved opmålinger af større landområder. I denne sammenhæng regner vi med at lave to langsgående parallelle flyvelinier, hvorved der etableres en digital terrænmodel dækkende en korridorbredde på ca. 800m. Herved vil en stor del af arealet bag skrænter og klitter også være omfattet, hvilket vil kunne give værdifuld information om hvad der terrænmæssigt sker i baglandet.

Korridorbredden indeholdende landarealet vil være varierende afhængig af kystliniens forløb ift. flyvelinierne. Der skal dog korrigeres for den reelle korridorbredde, da en del af det vanddækkede areal vil være omfattet af denne opmåling. Data fra dette areal vil blive fjernet, da teknologien ikke tillader scanning af vanddækkede arealer i den opsætning vi råder over. Vi foreslår, at den endelige flyveplanlægning foretages ifm. opstart af projektet i en tæt dialog mellem SIC/, Kystdirektoratet og COWI.

COWI har anvendt denne metode i mange sammenhænge og har dermed stor erfaring i behandling af de store data mængder, der er resultatet af denne type opmålinger.

I Bilag 1 kan der hentes yderligere information om denne opmålingsmetode.

### **GPS-målinger til fods**

Målingerne af de arealer/tværsnit der ligger mellem havstokken og 100m fra 4m-kurven gennemføres med GPS i en VRS konfiguration. Denne metode er en videreudvikling af den traditionelle RTK-metode og er udviklet for at sikre en ensartet nøjagtighed af alle målte punkter i et givet område, uanset afstanden til den anvendte referencestation. Metoden udbydes som facilitet ved anvendelse af GPSNet og er yderligere forklaret på deres hjemmeside på dette link:

<http://www.gpsnet.dk/showpage.php?nID=195>

COWI har gennem mange år anvendt denne leverandør af korrektionssignaler og har gode erfaringer med brugen af disse data. Vi har i vort overslag anvendt denne model til levering af korrektionssignaler.

Ved opmålingen foreslås der til transport langs stranden anvendt et af vore 4-hjulstrukne køretøjer med en efterspændt gummibåd på trailer til opmåling af de områder hvor stranden er særlig smal. På udvalgte strækninger mellem disse områder foreslår vi, at der foretages kontrolopmålinger af de områder, der opmåles med luftbåren laserscanning.

I enkelte områder kan vandybden være så stor, at GPS udstyret ikke kan anvendes. I disse områder vil vi foretage opmålingerne med totalstation.

100m stationeringerne for de arealer der forventes vandækkede, er på forhånd indlæst i data controlleren til hurtig lokalisering. Imellem udvalgte stationeringer registreres punkter til kontrol af den luftbårne laserscanning, således der kan laves en uafhængig kontrol af data.

### **Databehandling/rapportering**

Data lagres som X,Y og Z-koordinater i et ASCII-format. De plane koordinater angives i UTM(EUREF89). Koterne angives i DVR90.

Man kan herefter frit vælge om man vil lave en databearbejdning hvor en plan linie anvendes som referencelinie eller man vil anvende en vertikal niveaukurve som referencelinie.

Vi tolker henvendelsen fra SIC således, at COWI står for databearbejdningen, således, at der udarbejdes følgende:

- En samlet digital terrænmodel (DTM) omfattende data fra både traditionelle GPS-målinger og luftbåren laserscanning. Herfra kan der laves udtræk af delområder, hvis det skønnes nødvendigt.
- Afrapportering med tværprofiler pr. 100m af hele strækningen på ca. 100 km. Tværprofilerne klargøres til en geometrisk styrkeberegning, når principperne herfor er fastlagt.
- Fastlæggelse af "nul-måling" som reference for alle efterfølgende målinger.

- Sammenfattende opmålingsrapport med en geometrisk vurdering af de årlige ændringer. Der tages heri ikke stilling til årsagerne til disse ændringer.
- Alt materiale afleveres på digital form.

Vi forventer at kunne aflevere en sammenfattende rapportering max. 6 uger efter afslutning af opmålingerne i marken.

### **Tidsplan**

Det vil være af afgørende betydning at alle involverede parter trækker på samme hammel. Det foreslås derfor, at der i god tid inden igangsætning af opgaven, afholdes et opstartsmøde mellem SIC, BAM, Kystdirektoratet og COWI, således at metoder, bindinger, adgangsforhold, kritiske terminer, dataformater mm fastlægges. Det bør også ved den lejlighed diskuteres, hvilke principper, der skal anlægges f.s.v.a. forhold, der kan få indflydelse på hvorledes opgaven løses i marken.

Vi forventer, at vi under gunstige vejrforhold kan gennemføre hver målesession i løbet af 4 arbejdsuger i marken. Hertil kommer almindelig kvalitetssikring af data, databehandling mm. således, at der ca. 6 uger efter afslutning af målingerne i marken kan afleveres en datafil med kvalitetssikrede X, Y, Z-koordinater af de opmålte tværsnit, tværprofiler samt en opmålingsrapport.

Vi formoder at målesessionerne skal gennemføres 1 gang årligt i min. 5 år, for at få et retvisende billede af effekten af de etablerede foranstaltninger.

Vi forventer, at opgaven vil blive løst med både landinspektører og landmålingsteknikere, primært fra vort kontor i Aalborg. Herudover vil vi trække på vore egne piloter og flyteknikere. Vi har endvidere mulighed for at trække på kontorfaciliteter på COWI's kontor i Holstebro, hvis det viser sig formålstjenligt.

### **Brug af data**

Data er i dette tilfælde indsamlet til denne opgave og tilhører derfor SIC/BAM.

Det er dog en forudsætning for COWI's deltagelse i dette projekt, at:

- Hvis SIC/BAM udsender pressemeddelelser hvor COWI nævnes skal det godkendes af COWI.
- Hvis SIC/BAM tolker data på en måde som er i direkte modstrid med den information vi har tilvejebragt / de konklusioner vi drager på baggrund af data vi har skabt forbeholder vi os ret til at kommunikere dette.

## Bilag 1: Luftbåren laser scanning

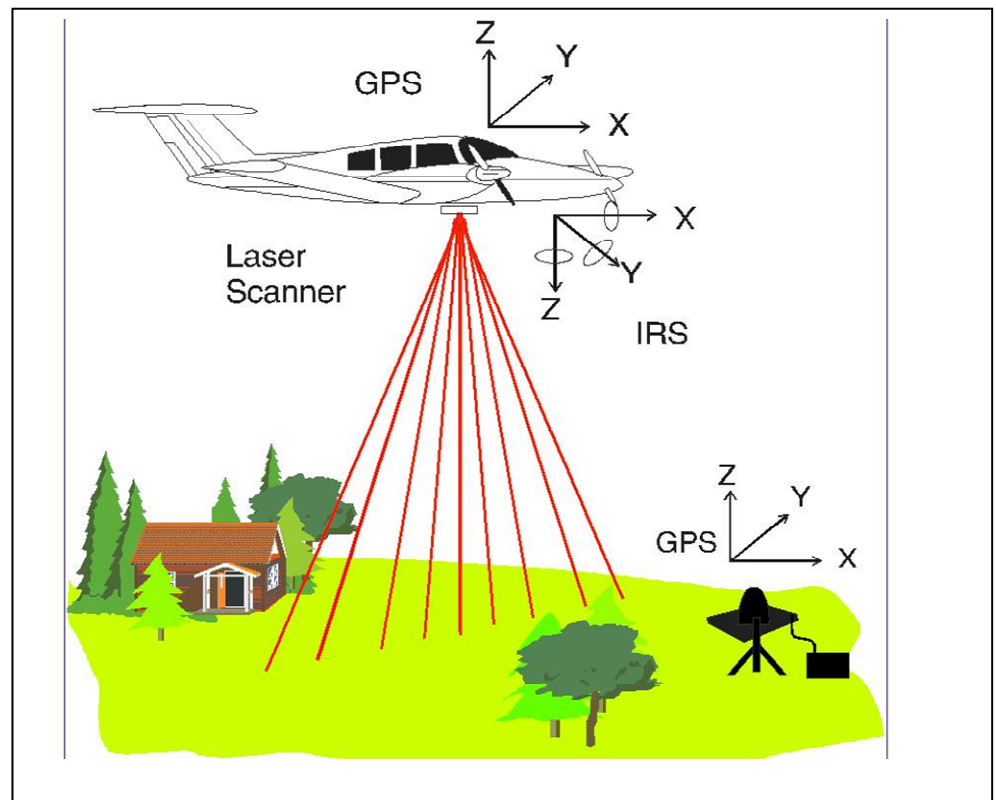
### Introduktion

Cowi udfører præcisions-laserskanning med helikopter eller fly. Vi har siden 2001 arbejdet med luftbåren laserscanning. Pt. er COWI i gang med at producere en landsdækkende digital højdemodel.

### Anvendelse

Anvendelse af data fra en luftbåren laserscanning giver mulighed for løsning af problemstillinger indenfor en række af fagområder og opgavetyper.

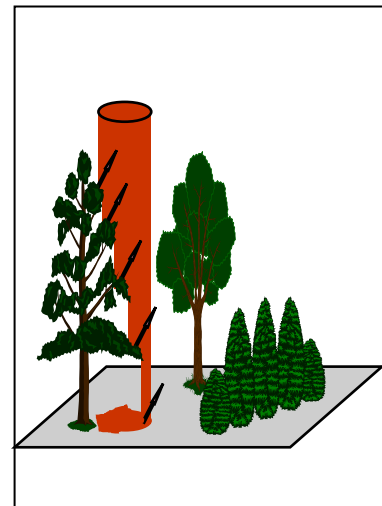
- Naturgenopretning
- Vejprojektering
- Støjberegninger
- Vandstrømsanalyser
- Landskabsvisualisering
- Optimering af telemasters placering
- og mange flere anvendelser.





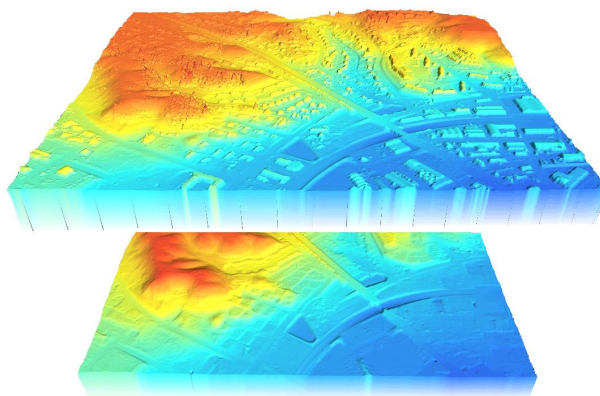
## Metode

Princippet i luftbåren laserscanning er, at en laser monteres i et fly eller helikopter. Under flyvningen udsendes der laserstråler, der reflekteres af det underliggende terræn og returneres til laserscanneren. Ved at måle tidsrummet fra udsendelse til modtagelse kan afstanden til terrænet bestemmes med stor nøjagtighed. Når denne afstand sammenholdes med laserscannerens position og orientering opnås en bestemmelse af terrænoverfladen. Når laserstrålen når jordoverfladen har den en diameter på 50-100 cm (afhængigt af flyvehøjden), hvilket gør det muligt at måle top og/eller bund af vegetation ved at registrere det første eller det sidste modtagne signal. Efter flyvningen samles data fra de enkelte flyvestrøber via sideoverlappet til én stor, sammenhængende punktsværm og kontrolleres vha. paspunkter målt på jorden. Alt efter flyvehøjde filtreres mængden af punkter ned til et passende grid, f.eks. 1x1 m grid - herved opnås at alle punkter er et "intelligent" udtryk for højdeforholdet i de respektive grid celler. Til sidst gennemgås data for fejl, således at punkter der har ramt fugle, ovenlysvinduer mm. fjernes.

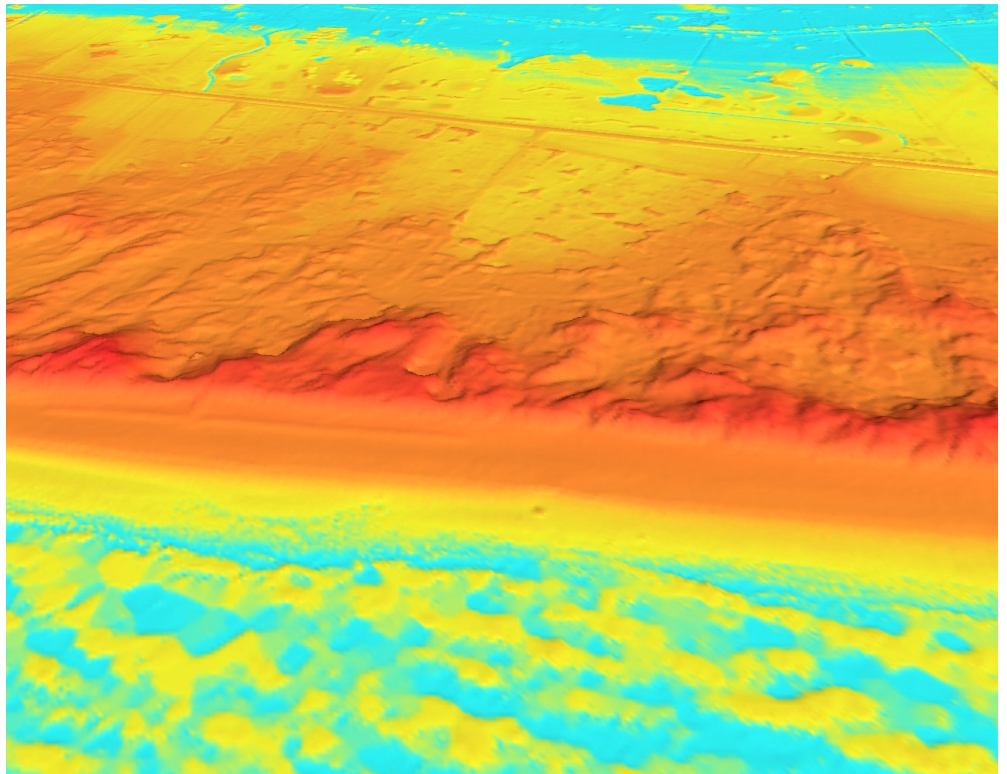


## Produkter

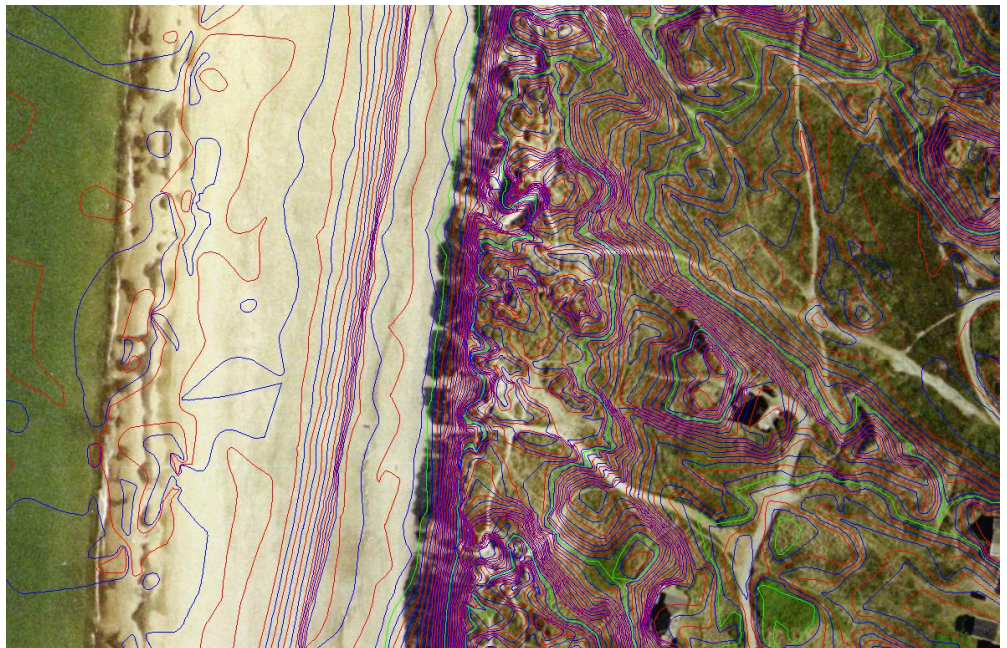
Ved laserscanningen produceres som udgangspunkt en overflademodel - en DSM (Digital Surface Model). En DSM indeholder højdeinformation om terrænet, vegetation, bygninger, biler mm. - kort sagt alle objekter på og nær terrænet. Modellen bliver herefter af Cowi efterbearbejdet til en terrænmodel - en DTM (Digital Terrain Model), der kun indeholder terrænet (se figur). Den aktuelle anvendelse afgør hvorvidt der skal anvendes en DSM, en DTM eller evt. begge.



Øverst: Digital Surface Model (DSM)  
Nederst: Digital Terrain Model (DTM)



Billede: Bearbejdede laserskanningsdata fra DDH<sup>®</sup> skannet i 2006 (højden er overdrevet med faktor 3)



Billede: 25 cm højdekurver af laserskanningsdata fra Vestkysten med DDoland<sup>®</sup> 2004 som baggrund.

## Projekt specifikationer for den konkrete flyveoperation for SIC

Følgende indeholder foreløbige specifikationer for den praktiske udførelse af laserskanningen for SIC.

Område	del af Jydske Vestkyst
Korridor-længde	100 km
Korridor-bredde (dækning af skanningen)	ca. 800 m (svarende til 2 flyvestriber)
Puls på laserskanner	100.000 Hz
Flyvehøjde	600 m
Punkttæthed i laserskanningsdata	2,7-3,2 punkter per m <sup>2</sup> i gennemsnit
Nøjagtighed i planen (x,y)	30 cm på veldefinerede punkter
Nøjagtighed i højden (z)	6-8 cm på veldefinerede punkter

Der vil blive opsamlet over 250 mill punkter for området. COWI anbefaler, at der tages en nærmere drøftelse af, hvorledes denne store datamængde bedst muligt udnyttes til fordel for SIC.

Der vil f.eks. kunne tilbydes en særskilt leverance med udtynding af data, således at helt plane overflader reduceres til færre punkter.



Billede: Tværsnit af kyststrækning fra DDH<sup>®</sup> laserskannet i 2006.

### Nøjagtigheden af laserskanningsdata

COWI er bekendt med, at nøjagtigheden af dataene er essentielt for SIC. COWI vil derfor udføre og anvende ekstra målinger på og nær laserskanningsområdet. Der indmåles ekstra og nye paspunkter og kontrolflader. Kontrolfladerne vil minimum placeres i hver ende af området og en i midten af området. Desuden vil de øvrige landmålinger der udføres langs kysten i det samlede projekt indgå i databearbejdningen for at opnå bedst mulige nøjagtighed.

Vi ønsker dog at pointere, at nøjagtigheder og tallene herfor almindeligvis gælder for veldefinerede punkter eller arealer. Enhver måling, uanset metode, er udtryk for et øjebliksbillede af situationen. En time eller 1 måned efter operationen er udført kan og vil situationen f.eks. for strandarealer være ændret. Dermed er ovenstående nøjagtigheden forventede størrelser for veldefinerede arealer (faste genstande som f.eks. en asfalteret vej) på det givne tidspunkt laserskanningen har fundet sted.

