

Kapitel 5

5. De kystformende faktorer

5.0 De kystformende faktorer, resume

For at fastlægge et kystbeskyttelses projekt må man foretage en vurdering / afvejning af de faktorer der samlet vil påvirke den aktuelle kyststrækning.

Herunder vil kombinationen af disse faktorer være afgørende, såvel i størrelse som tid.

Der vurderes på:

- Mulige *vindstyrker* i tænkelige retninger og heraf dannede
- mulige *bølgestørrelser*
- muligt *bølgeopskyl*, *bølgeopløb* og *bølgeoverløb* der i det væsentligste er afhængigt af konstruktionens udformning.
- Muligt *højvande*, herunder må vælges om man vil designe efter:
 - et rent statistisk baseret højvande
 - eller faktisk forekommet ekstremhøjvande.

I vurderingen af de muligt oversvømmede områder i Slagelse kommune (afsnit 9) er valgt at optegne og anvende højvandskote 2,25 m. generelt i hele kommunen.

- Mulige problemer med *regn* der vil forårsage opstuvning i baglandet
- Mulig vinderosion. Sandfygning kan være uønsket.
- Mulige *klimatologisk* betingede globale *vandspejlsstigninger*. Dette skal lægges ovenover de fremtidige højvande.
- Mulige højvandsændringer grundet strømhastighed i vandmassen, eller lokalt metrologiske lavtrykssug.
- Mulige *landsænkninger*. Slagelse området sænkes ca. 1 mm / år grundet istidens eftervirkninger.
- Mulige rent Geotekniske sætninger. Forekomst af blød bund vil nødvendiggøre en overhøjde / efterfyldning på et dige.
- Mulige *driftshensyn*. Diger må sikres mod uønsket slid, både fra mennesker og dyr.

Slagelse kommune har valgt at vurdere de forekommende kystbeskyttelsesprojekter ud fra:

- Omø / Agersø kote: 2,17 samtidig vind 17,2 m/s fra N/NV
- Korsør / nord herfor kote: 2,14

5.1 Generel problematik, koblede hændelser

Det må erkendes at en given kysts udseende er et øjebliksbillede af en af naturen bestemt *kystudvikling*. Kystens udseende er, yderst sjældent, mere stationært.

Sidste istid sluttede for ca. 10.000 år siden. Siden da har vestenvindene domineret med typiske hårde storme i vinterperioden. Større høj og lavvande er opstået, dels som funktion af vinden og oftest mere sekundært som tidevandshændelser. Når en bølge brydes tæt på land, da vil bølgens vand slynges ned mod bunden og forårsage en erosion af bunden. Sandbund hvirvles umiddelbart op. Mere sammenhængende jordarter, f.eks. den typiske danske moræneler, eroderes betydeligt langsommere. Tænker man sig, at det samtidigt med storm – også er højvande, da vil bølgebrydningen foregå tættere på land, idet en vis vanddybde kun tillader

en bølge på ca. 0,8 x vanddybden. Dvs. at erosionerne rykker længere ind i land hvis det samtidigt er højvande.

Når bundmaterialet, en gang er sat i suspension/oprodet i vandfasen, da vil materialet bevæge sig dels ud på dybere vand, eller/og bevæge sig langs kysten.

Typisk vil det eroderede materiale forsvinde fra stedet. Resultatet er en regulær *landfjernelse*. Man siger, at kysten er eroderet. Også den umiddelbart, tæt ved kysten beliggende havbund ("landgrunden") eroderes.

I Slagelse kommune må man forvente at stormbølgernes erosive kraft vil have virkning helt ned på 2 – 4 meter dybde. Det vil, i værste fald, sige at disse dybder rykker tilsvarende med indad mod land. Dette er især tilfældet udfor klintvægge og pyntpartier.

Man ser typisk 0,1 – 0,3 meters årlig erosion / kystlinjetilbagerykning på kysterne ved Slagelse, men større erosioner vil forekomme lokalt. Man vil typisk se, at disse tilbagerykninger ikke sker pr. år, men mere i *større spring* i særlige sjældne koblede hændelser af højvande og pålandsvind.

De største højvande er tidligere forekommet med *fralandsvind* hvilket kun giver en ringe dønnings (retur-) bølge mod kysten. I 2006 forekom en af disse koblede hændelser, hvor man samtidig og ret efter en stærk nordnordvestlig storm havde et højvande på 1,77 i Korsør.

Ser man nu på en kyst, med frit skyllet terræn i kote 0, da vil en bølge på f.eks. 1,4 m kunne slå ind mod kysten hvert ca. 5' sekund.

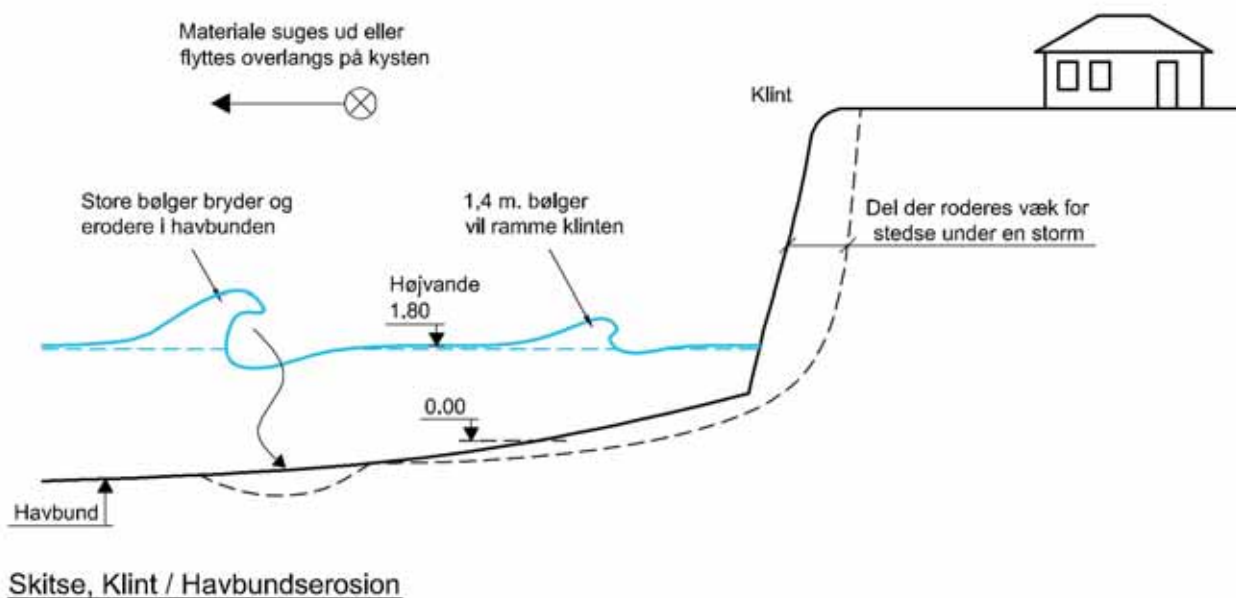
Antages seks timers eroderende højvande, da ses, at ca. 4000 bølger vil ramme klinten / den kystnære havbund under en sådan hændelse. Lermassen vil oplødes og sorteres i lerslam, sand og sten.

Det materiale der efter bølgeerosionen transporteres enten på tværs af profilet eller over langs på kysten, kaldes materialevandring.

Materialevandring er naturligvis skadelig og uønsket for den der har ejendomme tæt ved klintpartierne.

Materialevandring kan være gavnlig for andre der *modtager* aflejringer andet steds på kysten. Eksempelvis er området ved Tude Å vokset ca. 1,8 meter pr. år, ud på søterritoriet.

Jo større forland, jo mindre bølger vil der kunne løbe ind over forlandet og skade de dér beliggende konstruktioner. Større forlande kan afgive løst sand, som fyger op i klitdannelser der således, i nogen grad kan sikre mod højvande.



De meget flade forlandsdannelser, ofte betegnet "fed" har typiske højvandsdannede, lokalt højere "strandvolde". Disse kan således bryde bølgerne og i det hele taget begrænse muligheden for bølger indover forlandet. Ved fralandsvind vil der fortsat være en vis dønning, dvs. retur / rumlig udbredt hendøende bølge, der vil ramme bygværkerne. Man vil typisk se 10 – 35 cm dønning i en sådan situation.

Et dige kan endvidere blive udsat for belastninger bagfra, idet åer (og kloakanlæg) kan tænkes at give en opstuvning af vandmasser i den tid som højvandet varer. Det er her et spørgsmål om koblede hændelser inkluderende regn, såvel før som under højvandet.

En givet kystkonstruktions reelle maksimalbelastning, er således et spørgsmål om at kunne vurdere en koblet hændelse bestående af:

- højvandets maksimalværdi
- højvandets varighed
- samtidig astronomisk tillægshøjde (tidevand)
- samtidigt tænkelige/statistisk storm, herunder stormens tidsmæssige sammenhæng med højvandet og evt. særligt lavtryksøgning af vandstanden.
- samtidig eller forbigående regn/sne hændelser

Det er ofte ikke økonomisk muligt at sikre sig mod en værst tænkelig kombination. Man må således afveje risiko/konsekvens i sit endelige valg af hvilken designhændelse, der skal lægges til grund for kystanlægget.

5.2 Vind og bølger

Man må vælge en passende periode (typisk 50 år) hvor konstruktionen skal kunne modstå en given påvirkning. Jo større risiko for menneskeliv / store samfundsværdier, des længere tidsperioder bør vælges.

Ud fra statistikken (DMI), kan man udvælge en passende vindstyrke som da påvirker den frie vandflade fra konstruktionen til nærmeste kyst.

I praksis anvendes bølgediagrammer der vil give oplysninger om bølgedata på dybere vand. Man finder størrelserne:

H_S	=	signifikant bølgehøjde, dvs. gennemsnittet af største 1/3 del bølger
H_{10}	=	10 % dvs. gennemsnittet af de største 10 % bølger
H_M	=	middel bølgehøjde
T	=	bølgens periode, dvs. antal sekunder mellem hver bølgetop
L	=	bølgelængden, dvs. afstanden mellem to bølge - toppe.

Man må her anvende en konstant valgt vindhastighed på det frie stræk evt. med varierende vanddybde, men med konstant bundfriktion og uden nævneværdig havstrøm.

Det frie stræk er afhængigt af læ givende øer/ landuddragende og evt. rev/grunde, der vil dæmpe / ændre bølgedannelsen.

Bølger dannes ved vindens friktionspåvirkning henover vandfalden. Jo større bølger der kan dannes des kraftigere slid vil der opstå på kysten. Bølgehøjden er en meget væsentlig størrelse ved fastlæggelsen af et kystbygværk.

Fra større vanddybde og til land, da ændres / reduceres bølgerne som følge af:

- udbredelse / sammenpresning af energi over de lavere dybder
- større bundfriktion
- egentlig energitab ved bølgebevægelse ned i bunden (perkolation)
- brydning grundet lav vanddybde

Bølgestørrelserne bruges til at dimensionere stenkastninger og til fastsættelse af bølgeopløb / overløb på diger.

Man vil oftest kunne klare sig med disse forholdsvis simple tabellariske/regningsmæssige resultater. I særlige tilfælde eller ved meget store projekter, da kan opstilles særlig Edb (numerisk) model (f.eks. D.H.I.). Man kan hermed forfine sin beregning og bl.a. variere:

- vindfeltet
- refleksioner fra landgrunde og kyster
- varierende bundruhed og varierende vanddybde
- samtidige havstrømpåvirkninger

Man vil typisk opnå en faktor på 0,8 – 0,9 i forhold til den mere grove bølgemodel.

Man kan teoretisk også simulere erosion og aflejring, men man må erkende at sådanne beregninger kræver efterfølgende kontrol af resultaterne, for ikke at være behæftet med for stor usikkerhed.

På en kystkonstruktion, det være sig moler/parallelværker/høfder eller diger med eller uden stenkastninger, da er det vigtigt at størrelsesordenen af den valgte designbølge er rimelig korrekt. Oftest vil den mulige vanddybde begrænse bølgerne, hvorved man allerede på denne vis kan udregne de eksakte bølgehændelser.

5.3 Regn-, grundvands- og vinderosion

Regn, grundvand og vind kan, i mere sjældne tilfælde være formdannende faktorer.

Klinter nedbrydes af såvel regn og især hvis et bagved lignende grundvandstryk forårsager lokale eroderende *kildevæld*, der i værste fald, måtte gøre hele klintvæggen geoteknisk ustabil.

Der ses eksempler på pludselige udskridninger af op til 200 m kyst, med 10 – 100 m samhørende indhug i klinttoppen. Disse skred er typiske i de mere fede lerarter. Man kan således forestille sig projekter, hvor man sikrer en klint via nedsættelse af grundvandstrykket. Sådanne større hændelser er ikke observeret i Slagelse kommune.

Skred i klintvæggen opstår normalt, i mindre omfang, når en given højvandsbølge har *udhulet* klintens fod. Den overhængende lermasses vægt vil da forårsage pludselige skred. Dette er den typiske brudform på Slagelse kysterne.

Disse skredmasser, 10 til mange hundrede m³, vil da efterfølgende ligge som en tunge af løse materialer og spærre for færdsel langs kysten. Ved blot små højvande vil stormbølger let kunne erodere i sådanne skredtunger.

Mere specielt er set klintvægserosion fremkaldt af især fugle. Stejle undersøiske skrænter er set eroderede grundet muslingers indboring i skræntvæggen.

Formændringer, grundet vind opstår især når vinden får sandflader til at fyge indover land, hvorved der dannes klitter.

5.4 Højvande

5.4.1 Resume, højvandet i Slagelse kommune

Højvandet kan fastlægges som en *statistisk* størrelse eller som et resultat af kendte *ekstremhændelser*.

Slagelse Kommune har valgt at betragte højvandshændelsen i 2006 som værende afgørende for kommunens dispositioner. For Omø/Agersø bør indregnes, at en hændelse i 1872 gav større højvande.

Følgende vil angive højvandet og samtidig vindstyrke som en hændelse fremskåret til år 2060:

Ser vi på de reelt forekommende ekstremhændelser da fås som *type 2006 hændelse*:

- Omø / Agersø: 2,17 vindstyrke 17,2 m/s N / NW
- Korsør / nord for Korsør: 2,14 vindstyrke 17,2 m/s N / NW
(1,8 + 0,253 klima + 0,035 sætninger + 0,08 skvulp)

Og som *type 1872 hændelse* fås:

- Omø/Agersø: 2,53 vindstyrke 28 m/s nordøst / øst
- Korsør nord herfor: 1,63 vindstyrke 28 m/s nordøst / øst

Vandspejlet faldt således voldsomt ved en 1872 hændelse fra Omø til Korsør og områderne nord herfor.

Anlægges en ren *statistisk* betragtning, da vil en 50 års designsituation være:

- Kote 1,87 DVR, vindstyrke: 29,4 m/s
(1,5 + 0,253 klima + 0,035 sænkninger + 0,08 skvulp / statistisk usikkerhed.
Koten bør tillægges 5 cm. sydover og mindskes 5 cm. nordover.

Til ovennævnte koter skal lægges bølgeopskyl (setup) og andre lokale forhold.

Slagelse Kommune har valgt at se på følgende koter i hele kommunen (bl.a. afsnit 9)

- Højvandskoten 2,25 lig 50 års fremtidigt forventet maksimalt højvandsspejl. Dette vil vise hvilke områder, der i værste fald kan tænkes oversvømmet.
- Højvandskote 1,0 lig en kote, der viser hvor der vil være reel fare for personskade, idet svage/ældre evt. skal evakueres i 1,25 m. vand eller mere.

I det efterfølgende redegøres for hvorfor højvandet ikke er en fast størrelse, men lig et valg, der individuelt må træffes ud fra de lokale forhold og ønsker om et vist sikkerhedsniveau.

5.4.2 Højvandstyper

En kystkonstruktion ikke kan planlægges uden en nøje afvejning af et valgt designhøjvande. Man kan her vælge to fremgangsmåder:

A. *statistisk* højvande eller **B.** *ekstrem* højvande begge med tillæg af:

- lokalt betingede opskydning af vandspejlet grundet bølgebrydningen tæt på konstruktionen ("set – up")
- udviklingen i det globale vandspejls hævnning, grundet klimatologiske forhold
- konstruktionsafhængigt bølgeopløb og bølgeoverskyl
- udvikling i det danske vandspejl grundet landets hævnning/sænkning siden istiden (isostatisk landhævninger) Herunder hensynstagen til nyeste **kote** system DVR
- evt. mulige sætninger af konstruktionen, grundet bløde bundforhold.
- at helt lokale strømningsbetingede tillæg.
- overvejelse af hvorvidt særlige lokale tillæg bør indregnes grundet lavtrykspassage eller om dette vandspejlsopsug reelt er passende inkluderet i de eksisterende registrerede højvande.
- evt. "usikkerhedstillæg". Herunder konstruktionsfølsomhed overfor usikkerhed i ovenstående.

Når man har fastlagt enten et type **A** eller **B** højvande, da kan dimensioneringsfilosofien være:

Enten: Statistisk højvande plus teoretisk maksimal vind og bølger, dette uanset om denne kombination overhovedet er registreret.

Eller: Ekstremt højvande plus indregning af faktisk målte samtidige maksimale vindstyrker/retninger og samhørende da mulige bølger.

Der henvises til Kystdirektoratets hjemmeside, hvor man under højvandsregistreringer vil kunne finde en

- opstilling af de kendte højvande i Korsør
- statistiske kurver for 25, 50 og 100 års højvande i Korsør.

A. *Det statistiske højvande* findes derved at Kystdirektoratet de sidste 15 år har udarbejdet en matematisk størst mulig korrekt statistik for en række lokaliteter i Danmark. Man kan her finde data for Korsør med Nyborg, Kalundborg og Bandholm som nærmeste andre stationer.

Man finder følgende data i 2007 statistikken: (www.kystdirektorat-højvandsstatistikker)

	V_S 100	V_S 50	V_S 20	periode
Kalundborg	163 ± 15	153 ± 12	140 ± 9	1971 – 2006
Korsør	153 ± 11	142 ± 8	129 ± 5 cm	1890 - 2006
Bandholm	160 ± 10	154 ± 8	145 ± 6	1930 - 1964

De angivne ± størrelser er den matematiske usikkerhed.

V_S 100 betyder forventet hændelser indenfor 100 år.

Det statistiske Kystdirektorat højvande er en størrelse der er *juridisk* vigtig, thi det er dette højvande, der bestemmer hvorvidt et givet højvande er "stormflod" eller ej. Stormrådet udbetaler således kun erstatninger ved hændelser der efter Kystdirektoratets nyeste statistik kan kaldes stormflod. I praksis lig V_S 50 års hændelsen.

I Slagelse kommune kan man påregne et statistisk højvande på: 1,53 m øgende til 1,63 m nordover og øgende til 1,60 m i kommunens sydlige områder.

Det statistiske højvande er således en matematisk statistisk korrekt teoretisk størrelse, der anvendes i forsikrings spørgsmål.

Noget andet er derimod, hvilken kote man som privat eller kommune bør anvende ved byggeri i kystzonen.

Højvandet i Korsør er målt til 1,77 i 2006, altså 24 cm over det statistiske VS100 højvande.

Man ser, at det grundet denne meget nye hændelse, kan være svært at indregne et højvande der er mindre end 2006-hændelsen.

Ser vi strengt på statistikken for Korsør, da fås at højvandshændelsen i 2006 kun burde kunne hænde 1 gang pr. ca. 450 år. Kun fremtiden kan vise om det øgede vandspejl vil foranledige/har igangsat hyppigere ekstreme, koblede hændelser.

Vi er så tæt på ekstremhøjvandet i november 2006, at det vil være umuligt at overveje ny kystbeskyttelse uden at forholde sig til hvad der faktisk hændte i 2006. Ser vi historisk på højvandet vil en hændelse i november 1872 også være markant.

Før 1872 er registreringen for diffus. I perioden 1872 til 2009 har der været få betydende højvande.

Vi taler altså om hændelser, der nok kan indgå i en statistisk, men på grund af deres karakter må siges at være nogle *ekstreme hændelser*, der kun opstår som et svært forudsigeligt resultat af forudgående meteorologiske hændelser.

Altså:

Haves et forudgående langvarig hård sydvester storm der på sit maksimum fastholder vandmasser i et højvande under Finland. Opstår da pludseligt et højtryk over Rusland, der kan sende luft mod sydøst/drejende mod vest, da opstår en 1872 situation, hvor den tilbageløbende bølge af vand påvirkes på bølgetoppen af vind, med det til følge at vandet stuver op i de danske bælter.

Situationen var tæt på lignende forhold i vinterstormen januar 1978.

2006 hændelsen var lidt anderledes, idet to bølgesystemer, et fra øst og et fra vest med hver sit fremadgående vindsystem gik imod hinanden. Dette fik vandstanden til at stige ekstremt visse steder til højere niveauer end i 1872. Hertil forekom i 2006 pålandsvind, hvad yderligere gav bølgebelastning på steder, der ellers ikke påregner bølger under højvande.

Der findes oplysninger om den samtidige vindretning og styrke for såvel 1872 og 2006 hvorfor disse hændelser er analyseret nærmere.

Ser vi på 1872 og 2006 fås følgende samtidige størrelser:

Sted	Vandstand 1872 DVR	Vind m / s 1872	Vandstand 2006 DVR	Vind fra m/ s 2006
Kerteminde Kalundborg	1,32 0,96		1,75 1,61	N → NW
Mullerup Knivkær	1,26		(1,8)	N 16
Omø Agersø	2,26 1,96		1,8	N 16
Slipshavn Korsør	1,76 1,36	NE 24	1,75 1,77	N → (NW)
Svendborg	2,46		1,86	
Spodsbjerg Tårs	2,85 2,55			
Rødbyhavn (Skælskør) (Karrebæksminde)	2,55 (1,36) (1,76)		1,62	

Det kan undre at højvandet var lavere i Skælskør / Karrebæksminde i 1872, når Omø og Tårs var langt højere. Måske et strømningsfænomen eller et lokalt lavtrykssug?

1872 registreringen er i ovenstående tillagt 6 cm lig – 8 cm fra DVR og + 14 cm for lands-sænkninger i perioden indtil 2006.

Det bemærkes at Omø 2006 er direkte nivelleret til to faste højvandspunkter Knivkær er nivelleret til 1,94, dog inkl. setup og derfor her reguleret til 1,8 pr. skøn.

Korsør 2006: 1,77 er behæftet med måleusikkerhed idet DMI's målesystem var usikkert. 1,77 anses for korrekt under henvisning til Omø/Knivkær og de omkringliggende målinger.

5.4.3 Højvandets varighed og samtidig vind.

Ser vi på Korsør og Omø fås (pr. DMI og Omø nivellement) følgende:

Styrke m/s 10 min	Vindretning fra	Klokken	Højvande cm	Sted: 1. og 2. november 2006
20 - 22,1 – 20	~ 355 ⁰ (N) 349 ⁰ (N) 344 ⁰ (NW)	7 – 9 ³⁰ 16 ³⁰ 20 ³⁰ 3	0,35 – 0,6 1,0 1,77 / 1,80 1,0	Korsør 1 / 11 Korsør/Omø 1 / 11 2 / 11
17,4 15,6 10,5				

Det ses at max højvande *ikke* er sammenfaldende med max vindstyrke. Varigheden med højvande over + 1 er ca. 11 timer.

Ser vi på 1872 situationen, da fås (pr. Colding):

Styrke m / s	Vindretning fra	Klokken	Højvande DVR Omø	Strøm		Sted 1872 12. og 13. november.
				Mod	m /s	
26	NØ	18	0,76	N	0,43	Asnæs – Fynshoved Lundeborg - Agersø
26		24	0,98		0,37	
26		6	1,26		0,15	
18,3		12	1,60		0,55	
24,4	NØ	14	2,26		0,71	
24,4		18	1,65		0,64	
19,8	Ø				0,64	
		24	0,96			

Det ses, at 1872 højvandet gav betydelige bølger fra nordøst idet vinden var 24,4 m/s kombineret med max højvande.

Varigheden for højvande over 1,0 var ca. 24 timer.

5.4.4 Højvandstillæg.

a. Bølgeopskydning. ("Set up")

Når en bølge bringes til at bryde fordi vanddybden aftager, da vil vandspejlet stille sig i en svag parabelbueform med lidt højere vandspejl tæt på et dige.

Typisk kun et par cm indtil 20 m fra diget, men derpå øgende til 15 – 30 cm tæt på selve digets forside.

Dette tillæg kan allerede være inkluderet når man måler på "stillevandspejlet" (eks. målt Knivkær 2006 = 1,94 contra 1,77 i Korsør.)

b. Klimatologisk betingede vandspejlsstigninger.

Det er velkendt fra dagspressens omtale af frygtede globale vandspejlsstigninger, - at man i Danmark må forvente en vis stigning i vandspejlet.

Indtil ca. 2005 var denne vandspejlsstigning meget diskuteret og blandt fagfolk tæt på et tros-
spørgsmål. Sådan er det ikke mere.

FN har gennem et omfattende forskningsarbejde opstillet en række klimascenarier hvoraf den
danske regering, via Kystdirektoratet, har valgt at anbefale et bedste middeltal af disse scena-
rier. Scenario A2 se evt. (www.kystdirektoratet eller DMI)

Man må herefter fastslå / påregne:

- at vandspejlet vil stige (globalt) 42 cm på 92 år eller ca. $\frac{1}{2}$ cm pr. år.
- at de værste storme vil øges 10 % i styrke.

Det er her ikke muligt at diskutere forudsætningerne og usikkerheden ved denne valgte forud-
sigelse. Man må acceptere at det er disse størrelser der i dag anvendes i praksis.

Modsat bør man forstå, at denne usikkerhed bør føre til følgende overvejelser / beslutninger:

- placer/opfør en givet konstruktion således at udvidelser er gennemførlige uden større
gener. Jorddiger hæves nemmere end spunsdiger.
- Undlad at sænke/minimere en digehøjde.
Det er kun ganske lidt fordyrende at vælge en digehøjde der f.eks. er 20 cm. højere
end et vist minimum.

Da Kystdirektoratet nu har udgivet tre højvandsstatistikker dækkende 15 år, da er det muligt
at sammenholde disse data.

Det viser sig (Karrebæksminde), at forudsigelserne om ca. $\frac{1}{2}$ cm vandspejlsstigning passer
ganske godt.

Det er derefter til diskussion hvad klimaets reaktion på vandspejlsstigningen da vil være? Og
da følger spørgsmålet om højvandets fremtidige maksima, hyppighed og varighed?

Bedst tænkelig forskning (DMI) anbefaler:

- at stormstyrken vil øges 10 %, hvilket øger bølgerne
- at højvandets maksimum vil øges 2 – 6 cm. på 100 år.

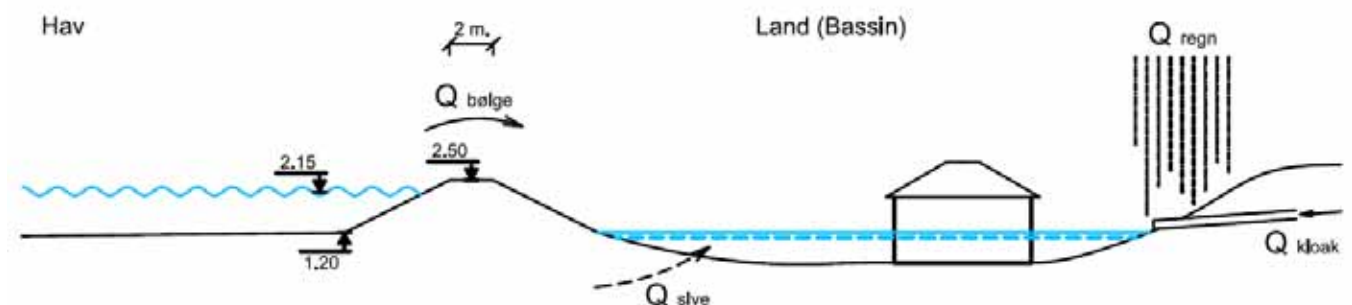
c. Strømbetinget lokalt hævet højvande.

Ved lokale strømindløb (Nor) skal man tillægge et lokalt strømtillæg. Grundet hastigheden
vil der forekomme vandspejlsstigninger hvor strømmen rammer tværgående anlæg, piller etc.
Erfaringsmæssigt ligger tillægget på ca. 10 cm. (målt i Karrebæksminde).

d. Konstruktionsafhængigt bølgeopløb/overskyl/indsivninger.

Al praksis og forskning viser at bølgeopløb og overskyl er vigtige størrelser i valget af kystsik-
ringer/digeprofiler.

Tænker man sig eksempelvis et dige med valgte data som:



da vil der i eksemplet kunne tænkes op til 0,76 m. bølger på diget.

Med stenkastning på havsiden vil bølgeopløbet være ca. 70 cm. og væsentlige mængder vand vil pr. bølge slå ind over digets top. Vandmængden vil øges grundet vindens virkning på bølgesprøjtet. Diget bør hæves til ca. 2,85 eller mere.

Er diget ikke belagt med en åben (permeabel) stenkastning, da vil bølgeopløbet være væsentligt højere.

Er belastningen kun 76 cm bølger i én eller to timer da vil et godt græstæppe være stærkt nok, men man vil se at meget betragtelige vandmængder vil kunne slå henover digets top, der da, i eksemplet, bør øges til 3,5 meters kronehøjde.

Man vil i praksis se på den mængde vand, der beregningsmæssigt skal tillægges evt. samtidig regn og Å/kloak tilførte vandmængder der vil opfylde det inddæmmede areal.

Endvidere skal $Q_{\text{regn}} + Q_{\text{kloak}}$ tillægges den vandmængde Q_{sive} der i højvandets varighed kan nå at sive ind under/gennem diget.

I praksis bør diger opbygges af et ikke vandgennemtrængeligt materiale (ler). Ligeledes bør sikres, at der ikke bygges på alt for grovkornet sand eller stenlag, idet dette tillader for stort vandindløb. Man optegner i praksis et geoteknisk strømnet og lader sin højvandstrykhøjde variere over højvandstiden. Man skal her huske, at der er en vis praktisk forsinkelse i indsivningen, nemlig den tid det tager at fylde jordens porer før sivningen bliver aktuel. Man kan mindske indsivningen ved kunstige tætte horisonter i ler eller plastmateriale, - typisk på digets forside.

Der findes erfaringer for tilladt overskyl på diger/kastninger, som funktion af afstanden til nærmeste huse/ønsket tilladt færdsel.

e. Ændringer i højvandet grundet forsinkelser.

Specielt for *Korsør Nor* og *Skælskør Nor* gør særlige forhold sig gældende:

Vi må her tænke os at kanalerne i ind/udløbet styrer hvor meget vand der overhovedet tillades at løbe ind i noret i den tid højvandet varer.

For kystanlæg inde i *Korsør/Skælskør Nor* kan højvandskoten således være afvigende og mindre end på *Storebæltskysten*.

Et højvande i *Korsør* vil have sit maksimum før Noret fyldes.

Man kan regne sig til disse størrelser.

En overslagsberegning vil vise at:

- Gabet ved *Korsør* er så stort at højvandskoten er stort set ens i havn og *Nor*.
- Gabet ved *Skælskør* er så smalt, at der reelt er en forsinkelse og en lidt mindre, max vandstand i *Noret*.

For begge steder gælder at en stærk strøm på ca. 3 m/s vil bevirke en strømbetinget lokal vandspejlsforøgelse og stort vandspejlsfald netop ved indløbets smalleste sted.

Kystprojekter inde i *Korsør/Skælskør Nor* må derfor afvejes med en nøjere beregning af disse særlige stuvningsforhold. Alternativt må man opsøge viden om det faktiske højvande i norene i 2006.

5.5 Havstrømme, kyststrømme

Havstrømme langs kysten opstår som følge af vindgenerede højvandsforskelle, tidevand og lavtrykssug i kombination. Kraftige havstrømme ses i *Storebælts* midte og i strømrenderne øst for *Omø* og *Agersø*.

Disse havstrømme kan i sjældne tilfælde gå så tæt på kysten at man vil se generende bunderosion, dvs. at kystlinjen vil rykke tilbage.

Når bølgerne brydes under land, da opstår også en anden mere lokal strøm, nemlig *bølgestrømmen*, der sekundært vil overlejre eller alene udgør den kystparallelle strøm, lig *kyststrømmen*.

I Slagelse kommune vil der kun forekomme, for kysten væsentlige havstrømme på selve Halskov Rev.

En havstrøm vil kunne føre til lokale mindre opstuvninger, lig tillæg til højvandskoten.

På alle vest eksponerede klintpartier vil kyststrømmen dog være så betydende at kyststrømmen i brydningszonens ydre del vil være årsag til, at det under storm oprodede bundmateriale, for stedse flyttes bort fra oprindelsesstedet.

Bølgerne løsner bund og skræntmaterialet og kyststrømmen sørger for en transport, alt lig *materialevandring*.

Ved Bildsø synes materialet at vandre mod syd til og med Tude Å, men syd herfor synes materialet at vandre mod nord. Der behøver ikke at være et entydigt billede i materialevandringen, idet enkelthændelser vil kunne ændre materialevandringen i en periode.

Ved Korsør Lystskov indtil Lystbådehavnen synes materialet på sigt at gå mod nord. Syd for Klarskovgård går nu mod syd. Ved Glænø går man nord på Glænøs nordside og mod syd på Glænøs sydflanke.

5.6 Landsænkninger og kotesystemerne

Danmarks overflade sænkes grundet eftervirkningerne fra Istidens belastninger syd for en linje ca. Esbjerg – Endelave – Kalundborg og hæves tilsvarende nordover.

Korsør / Slagelse / Skælskør vil udvise en lille sænkning.

Man har tidligere anvendt system DNN, "Dansk normal nul". Grundet landbevægelserne er nulpunktet ændret siden man indførte kotesystemet i 1891.

Man anvender siden 1990 et højdesystem DVR (**D**anish **V**ertikal **R**eference) hvor nulpunktet svarer til lokalt daglig vande eller kote 0,00 i 1990.

Landsænkningerne medvirker således en faktisk højere vandstand.

Har man en gammel kote DNN på kote X skal der for Korsør området fratrækkes 8 cm for at få koten i DVR.

Alle i nærværende kystplan angivne koter er i system DVR, med mindre andet udtrykkeligt er angivet!

Landsætningerne udgør således $0,08 / (1990 - 1891) \approx 1 \text{ mm} / \text{år}$.

5.7 Geotekniske sætninger

Opføres et dige eller en stenkastning på bløde jordbundsforhold, da vil der ske en sætning over tiden. Dette kan i særlige tilfælde betyde at man må udføre diget med overhøjde eller vedligeholde sin digehøjde.

Ligeledes bør det sikres at diget ikke presses lokalt sammen grundet overkørsel / bil / menneskefærdsel.

Sådanne lokale områder bør forstærkes med omhu, ydermere især hvis konstruktionen kan overskylles.

Skader opstår nemlig først og oftest tæt på sådanne særligt befæstede områder.