



Dato: 11. april 2007

Notat om konsekvenser af klimaændringer på de danske kyster

Dette notat forholder sig til klimaændringers konsekvenser for de danske kyster og kystbeskyttelsesindsatsen fordelt på tre områder: Vestkysten fra Lodbjerg til Nymindegab, Nissum og Ringkøbing fjorde samt Indre Kyster indenfor Skagens Gren.

1. Baggrund

FN's klimapanel IPCC har siden dets oprettelse i 1988 haft til opgave at klarlægge de menneskeskabte klimaforandringer og de konsekvenser, som klimaændringerne vil få på kort og lang sigt. IPCC offentliggør med mellemrum rapporter, som med basis i den videnskabelige litteratur beskriver forskellige scenarier for udviklingen i menneskelig aktivitet på jorden såsom befolkningstilvækst, økonomisk og teknologisk udvikling og de klimamæssige konsekvenser heraf.

IPCC offentliggjorde i februar 2007 en ny rapport om den fysiske baggrund for klimaændringer, og i denne rapport findes nye fremskrivninger for klimaændringerne og deres konsekvenser, herunder stigningen i de globale vandstande. Den tidligere rapport fra IPCC blev offentliggjort i 2001.

Det er forbundet med stor usikkerhed at omsætte globale klimafremskrivninger til regionale scenarier, som mere detaljeret beskriver klimaudviklingen og udviklingen i f.eks. vandstande. Derfor er der endnu ikke foretaget beregninger af, hvad de nyeste klima- og vandstandsremskrivninger mere konkret betyder for Danmark. Alle eksisterende konsekvensvurderinger bygger indtil videre derfor på IPCC's scenarier fra den forrige rapport fra 2001.

IPCC's rapport fra 2001 beskriver klimaændringer og globale vandstandsstigninger for forskellige scenarier frem til år 2100. For den globale vandstandsstigning viste de forskellige scenarier i 2001, at vandstandsstigningen i forhold til 1990 ville blive mellem 9 og 88 cm frem til år 2100 afhængig af hvilket scenario, der er udgangspunktet for beregningerne. Der er var altså i 2001 en relativt stor usikkerhed omkring den globale vandstandsstigning.

IPCC's anbefaling er derfor, at man i vurderinger af konsekvenserne bruger flere scenarier i sine studier. IPCC's rapporter indeholder 4 forskellige scenarier; A1, A2, B1 og B2.

- A1:** som beskriver en fremtidig verden i hurtig økonomisk vækst med en global befolkning, som kulminerer midt i århundredet og derefter falder. Scenariet indebærer en hurtig introduktion af nye og mere effektive teknologier. Scenariet indeholder tre mulige forandringer i energiteknologier: Hovedvægt på fossile brændsler (A1FI), - ikke-fossile energikilder (A1T) - samt en blanding af flere energikilder (A1B).
- A2:** som beskriver en heterogen verden med lokalt forankret udvikling, hvilket resulterer i en fortsat stigning i verdens befolkningstal. Økonomisk udvikling foregår primært på regionalt plan, og økonomisk vækst samt teknologisk forandring er mere fragmenteret og sker langsommere end i de øvrige scenarier.
- B1:** som beskriver en globaliseret verden med samme befolkningsudvikling som i A1-scenariet, men med hurtige ændringer i økonomiske strukturer hen mod en service- og informationsbaseret samfundsøkonomi, hvor rene og resourceeffektive teknologier bidrager til globale løsninger, som er økonomisk, socialt og miljømæssigt bæredygtige.
- B2:** som beskriver en verden, hvor hovedvægten lægges på lokale løsninger, som er økonomisk, socialt og miljømæssigt bæredygtige. Det er en verden med et fortsat stigende globalt befolkningstal, men i en lavere takt end i A2, med mellemniveauer i økonomisk udvikling og med mindre hastig og mere forskelligartet teknologisk forandring end B1 og A1 scenarierne.

I vurderingen af klimaeffekterne er der i dansk sammenhæng taget udgangspunkt i scenarierne A2 og B2.

Når man skal vurdere effekter af klimaændringer, er det nødvendigt at omsætte de globale scenarier til regionale forhold, da

klimaudviklingen ikke får ens konsekvenser overalt på jorden. For eksempel vil udviklingen i vindforholdene forskellige steder på jorden være meget forskellige. Disse omsætninger foretages med en regional klimamodel og betegnes regional nedskalering. DMI har for Danmark nedskaleret scenario A2 til danske forhold.

De forhold, der har betydning for udviklingen på kysterne, relaterer sig i hovedsagen til udviklingen i vandstande og i ændringen af vindforholdene. For kysterne er det specielt interessant, hvad udviklingen i stormsituationerne forventes at blive, da det er i disse situationer, det største slid på kysterne forekommer. For scenario A2 er der med en stormflodsmodel gennemført beregninger af hvilke ændringer i den maksimale vandstand ved Vestkysten, som ændringer i vinden vil føre til.

Der er ikke tilsvarende gennemført en nedskalering af scenario B2 og da nedskaleringen til danske forhold forholder sig til de ekstreme bølge- og vandstandsforhold, som er særligt afgørende for påvirkningen på kysterne, er der alene vurderet på det nedskalerede scenario A2. Rent faktisk viser scenarioberegningerne for A2 og B2 dog også, at den reelle forskel mellem forudsigelserne i år 2050 er minimal.

For scenario A2 angav IPCC-rapporten i 2001 en global vandstandsstigning frem til 2100 på mellem 15 og 75 cm. Nedskaleringen af vindforholdene til danske forhold viste en øgning af middelvindstyrken på 4 % og af de maksimale stormstyrker på 10 % i år 2100. Udover en global vandstandsstigning vil også den øgede vind give et bidrag til de maksimale vandstande under storm. En øgning af stormstyrken på 10 % vil således give et bidrag på 30 cm udover den globale vandstandsstigning i stormsituationer. Bidraget fra ændrede vindforhold varierer fra kyst til kyst afhængig af kystens eksponering for vinden, men for den jyske vestkyst indebærer scenariet f.eks. sammenlagte vandstandsstigninger i ekstreme stormsituationer på mellem 45 og 105 cm. i år 2100. Det skal her bemærkes, at øgningen i både vindstyrker og vandstande navnlig forekommer i sidste halvdel af århundredet.

Der er som tidligere nævnt endnu ikke foretaget beregninger med en stormflodsmodel med de nye tal fra IPCC's 2007-rapport. Det er imidlertid muligt at fremhæve nogle generelle

konklusioner af rapporten af relevans for kystbeskyttelsesområdet.

I 2007-rapporten anslås den globale vandstandsstigning til mellem 18 og 59 cm i 2100. Tilsvarende anslog 2001-rapporten en global vandstandsstigning på mellem 15 og 75 cm. 2007-rapporten indebærer således både en reduktion af usikkerheden og en reduktion af det centrale skøn for den globale vandstandsstigning.

Dette indebærer, at det er fuldt ud forsvarligt at lægge nedskaleringen af klimascenarie A2 fra 2001-rapporten til grund for vurderinger af klimaændringernes betydning for de danske kyster.

2. Konsekvenser for de danske kyster generelt

De danske kyster påvirkes dels af det stigende vandspejl og af kraftigere storme og stormfloder, fordi også vindstyrker og vindretninger ændrer sig. Det vil generelt føre til øget erosion på kysterne og en reduceret sikkerhed mod oversvømmelse for de lavtliggende områder i Danmark, hvoraf mange i dag er beskyttet af diger.

Da de kraftige storme kommer fra vest, vil ikke alle landets kyster blive udsat for samme forøgelse af påvirkninger. Den jyske vestkyst vil opleve de største ændringer i påvirkningen, mens de indre farvande inden for Skagen vil opleve en forholdsvis mindre forøgelse af påvirkninger.

Den forøgede erosion er en konsekvens af både stigningen i vandstanden og af det hårdere vindklima, som giver større bølger på kysten under storm. Det vil betyde en øget tilbagerykning af kysterne i forhold til det, vi kender i dag.

Generelt gælder det, at jo fladere den kystnære del af havbunden er, jo større bliver erosionen og dermed tilbagerykningen af kysten. Da Vestkysten generelt er fladere end de øvrige kyster, og da det også er her, de største bølgepåvirkninger kommer, vil Vestkysten rykke mest tilbage, hvis der ikke kompenseres for erosionen ved f.eks. fordring af kysten med sand.

De øvrige kyster vil også blive udsat for øget erosion, om end i meget mindre omfang.

På de kyster, hvor det bagved liggende landområde er lavt, vil sikkerheden mod gennembrud af klitter eller diger under storm blive nedsat. Også her vil risikoen være størst på Vestkysten og i Vadehavet og mindre på de øvrige danske kyster.

Der findes i alt ca. 110 km diger i Vadehavet og ca. 1000 km diger langs de indre kyster. Som følge af vandstandsstigningen vil digernes sikkerhed under storm blive mærkbart forringet. Mange af de danske diger beskytter landbrugsjord og kun de færreste beskytter menneskeliv. Overordnet er billedet, at stigende vandstand og kraftigere storme vil betyde, at lavtliggende bebyggelse vil blive truet af hyppigere oversvømmelser, og den helt kystnære bebyggelse vil blive truet af den øgede erosion.

Kystdirektoratet har nærmere vurderet konsekvenserne for de danske kyster ud fra IPCC's 2001 scenario A2 frem til 2100. De forskellige klimamodelberegninger, som tager udgangspunkt i scenario A2 beregner vandstandsstigninger frem til 2100 på mellem 15 og 75 cm. Kystdirektoratet har valgt i vurderingerne at anvende det, som IPCC angiver som den statistiske gennemsnitlige forventede globale vandstandsstigning. Det vil sige, at der anvendes global vandstandsstigning på 42 cm. Dertil kommer en vandstandsstigning foranlediget af ændrede vindforhold, jfr. DMI's nedskalering af scenarioet til danske forhold.

I Kystdirektoratets beregninger er der desuden taget højde for, at landhævningen efter den sidste istid endnu ikke er slut. For de dele af landet, som stadig hæver sig, vil det derfor betyde, at noget af den globale vandstandsstigning kompenseres.

Således vil en global vandstandsstigning på 42 cm frem mod år 2100 betyde en reel vandstandsstigning på 33 cm på den centrale del af den jyske vestkyst. Hertil kommer som anført en vandstandsstigning foranlediget af ændrede vindforhold, der på vestkysten udgør op til 30 cm.

I de følgende afsnit beskrives mere indgående, hvilke konsekvenser klimaforandringerne vil få på Vestkysten, for de vestjyske fjorde, Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord, og for de øvrige kyststrækninger indenfor Skagen, de Indre Kyster.

3. Vestkysten

For Vestkysten er opstillet en flerårig handlingsplan for kystbeskyttelse. Indsatsen foregår i et økonomisk samarbejde mellem staten og indtil 2006 amtet og de fem kystkommuner, fra 1. januar 2007 i et samarbejde mellem staten og de tre nye kommuner i det gamle Ringkøbing Amt.

Kystbeskyttelsen på Vestkysten har til formål at imødegå risikoen for oversvømmelse af de lave områder bag klitrækken. I den forstand udgør klitten et naturligt dige, som på nogle strækninger er suppleret med skråningsbeskyttelse for at øget sikkerhed mod gennembrud. Der foretages også klitforstærkning, når dette af sikkerhedsmæssige årsager er nødvendigt.

Vestkysten er en erosionskyst. Uden kystbeskyttelsesindsat vil Vestkysten også i dag rykke tilbage, som den har gjort det i århundrede, og klitterne vil efterhånden blive smalle, hvilket vil øge risikoen for gennembrud og oversvømmelser i stormsituationer. For at forhindre eller formindske tilbagerykningen gennemføres årlige sandfodringer som kompensation for det sand, som havet naturligt eroderer. Der kan være tale om enten strandfodring, hvor sandet pumpes direkte op på stranden eller revlefodring, hvor sandet placeres på en revle ud for kysten.

Denne indsats er suppleret med mange faste konstruktioner såsom hølfer og bølgebrydere, som ligeledes udgør en væsentlig del af den samlede beskyttelse.

3.1 Konsekvenser ved en uændret indsats

Hvis kystbeskyttelsesindsatsen fortsætter på uændret niveau uden hensyntagen til de forventede klimaændringer, vil det betyde, at klimaeffekterne i form af højere vandstand og kraftigere vinde vil øge påvirkningerne på kysten med større erosion til følge, som ikke bliver fuldt ud kompenseret via fodringerne.

Den deraf følgende tilbagerykning af kysten vil på sigt medføre en større risiko for oversvømmelse i stormsituationer.

Dette skyldes, at fodringen ikke længere vil være tilstrækkelig til at sikre klitten mod gennembrud og at dybden foran konstruktioner som hølfer og bølgebryder vil blive større, hvilket øger belastningen af konstruktionerne.

3.2 Mulighed for tilpasset indsats

En gradvis tilpasning af kystbeskyttelsesniveauet, der tager udgangspunkt i det nuværende sikkerhedsniveau, kan gennemføres ved hjælp af en øget sandfodringsindsats og en forhøjelse af diger.

Det forventes, med udgangspunkt i IPCC's 2001 scenario A2 og en global vandstandsstigning på i alt 42 cm i år 2100, at klimaændringerne vil øge sandfodringsbehovet med 9 % i gennemsnit i perioden 2005-25 og 18 % i perioden 2025-2050 med det nuværende sikkerhedsniveau og med de samme kystbeskyttelses tiltag som i dag.

Samtidig med den øgede fodringsindsats vil det være relevant at forstærke klitter og diger på særligt udsatte områder. Hvis fodringsindsatsen gradvist øges i takt med, at klimaændringerne slår igennem, vurderes det, at det ikke er nødvendigt med forstærkning eller flytning af faste konstruktioner såsom høfder eller bølgebrydere.

4. De vestjyske fjorde

Afvandingen af store oplandsarealer i Midt- og Vestjylland opsamles i Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord.

Vandstandsvariationen i fjordene er bestemt dels af tilstrømningen fra de forskellige å-udløb og dels af kapaciteten af de to afvandingsssluser. For Nissum Fjord foretages denne udledning gennem slusen i Thorsminde, mens den for Ringkøbing Fjord foretages gennem slusen i Hvide Sande.

4.2 Konsekvenser ved uændret indsats

De forventede klimaændringer vil primært medføre udfordringer omkring det fremtidige vandstandsniveau i fjordene og dermed sikkerheden af digerne rundt om fjordene.

En højere vandstand i havet vil medføre færre og kortere perioder, hvor fjordvandet kan ledes ud i havet. Klimascenarierne forudsiger desuden, at der kan forventes mere intensiv nedbør, hvilket vil kunne medføre større tilstrømning til fjordene fra oplandet.

Digesikkerheden forringes såfremt vandstanden i fjordene stiger. Øget vindpåvirkning vil desuden medføre, at vandet presses yderligere op mod de kyststrækninger, der har pålandsvind, hvilket vil kunne medføre en yderligere øget risiko for oversvømmelse.

4.3 Muligheder for tilpasset indsats

For Nissum Fjord vurderes det ikke at være realistisk at bevare det nuværende vandstands niveau, når vandstanden i havet stiger. Det skyldes, at slusekapaciteten i Thorsminde vurderes at være fuldt udnyttet i de kritiske vinter måneder, hvor der er risiko for perioder med både store nedbørsmængder og høje vandstande i havet. For at opretholde nuværende sikkerhed af fjorddigerne skal disse forhøjes, hvis vandstands niveauet i fjorden øges.

I Ringkøbing Fjord har Hvide Sande Sluse i dag overskydende kapacitet, og det forventes derfor, at der vil være mulighed for at bibeholde det nuværende vandstands niveau i Ringkøbing Fjord i år 2100. Det vil dog alligevel på sigt være nødvendigt at overveje en forhøjelse af digerne ved Ringkøbing Fjord selv ved fastholdt fjordvandstand, bl.a. fordi de kraftigere vinde vil presse vandet højere op på kyster med pålandsvind.

5. Indre Kyster

Indre Kyster er de danske kyster indenfor Skagens Gren og omfatter sammenlagt en ca. 6.500 km kyststrækning.

Modsat Vestkysten gælder det for de øvrige danske kyster, at initiativet til etablering og vedligeholdelse af kystbeskyttelse er de enkelte grundejeres eller kystbeskyttelseslags ansvar. Grunden hertil er, at påvirkningen på kysterne her er betydeligt mindre, end på Vestkysten, og hvor konsekvenserne af et gennembrud af diger og kystbeskyttelse desuden har store samfundsmæssige konsekvenser.

Beslutninger om eventuelle tilpasninger af kystbeskyttelsen på de indre kyster som følge af mulige klimaændringer er derfor også de enkelte grundejeres eller lags ansvar.

På enkelte strækninger har staten dog ydet tilskud til opførelsen af diger f.eks. på Lolland-Falster.

For de Indre Kyster gælder, at forholdene varierer meget med hensyn til de påvirkninger, som kysterne udsættes for. Den generelle vandstandsstigning vil slå igennem for alle kyster, og den vil i sig selv give anledning til en øget erosion. Samtidig vil vandstandsstigningen formindske digesikkerheden, så risikoen for oversvømmelse øges.

Det er derimod ikke alle kyster, der bliver lige hårdt udsat for den påvirkning, der kommer fra en øgning af stormstyrken. Dels vil østvendte kyster ikke blive så hårdt udsat, og dels er udstrækning af de vandområder, som vinden blæser hen over mindre, så både forøgelsen af vandstande og bølgehøjder herfra bliver mindre end på Vestkysten.

På et overordnet niveau, kan kysterne deles ind i beskyttede kyster, som i store træk kun bliver belastet af vandpejlsstigningen, fordi de ligger i læ, i moderat eksponerede kyster, hvor øgningen af stormstyrken har en vis betydning, og endelig i eksponerede kyster, som ligger udsat for de øgede stormstyrker, som hovedsageligt kommer fra vest.

5.1 Konsekvenser med uændret indsats

Beregningerne viser, at kysttilbagerykningen for de beskyttede kyststrækninger og de moderat eksponerede kyststrækninger vil være forholdsvis beskeden for det beregnede scenario A2 med en global vandstandsstigning på 42 cm frem til år 2100. Tilbageerykningen vil frem til 2050 være på 1-2 m og frem til år 2100 på 5-9 m i alt.

For de eksponerede kyster viser beregningerne, at kysttilbagerykningen frem til 2050 vil være på samme beskeden niveau, hvorefter tilbagerykningen øges væsentlig, så den gennemsnitlige tilbagerykning i år 2100 vil være ca. 14. m.

Den forholdsvis beskeden tilbagerykning vil dog betyde, at høfder skal forlænges i takt med tilbagerykningen og, at bølgebrydere skal forhøjes i takt med vandstandsstigningen.

Hvis digerne ikke forhøjes i takt med vandstandsstigningen, vil sikkerheden mod oversvømmelse gradvis blive forringet i forhold til niveauet i dag.

5.2 Muligheder for tilpasset indsats

Hvis udgangspunktet i stedet er en bibeholdelse af det nuværende sikkerhedsniveau, er der flere forhold at tage i betragtning.

For at modvirke effekten af almindelig vandstandsstigning og forøget vindstuvning, herunder højere og længere bølger, kan digerne forhøjes, ligesom der kan anlægges diger på kyststrækninger, der i dag ikke er beskyttet af diger.

I forbindelse med eventuel etablering af nye diger vil den enkelte lodsejer skulle tage stilling til nødvendigheden af at foretage investeringer i kystbeskyttelse set i forhold til de værdier, diget beskytter, eksempelvis forstærkelse og vedligeholdelse af et dige for at beskytte landbrugsjord.

Under forudsætning af vedligeholdelse og evt. forstærkning af eksisterende diger er det kun de fritliggende høfder, der skal forlænges i takt med kysttilbagerykningen. Høfdeforlængelserne kan med de nuværende prognoser med fordel foretages etapevis hen over århundredet. Endelig skal eksisterende bølgebrydere forhøjes i takt med vandstandsstigningen.

Såfremt det vælges at flytte konstruktionerne i takt med tilbage-rykningen, kan dette set i forhold til den forventede udvikling vente til sidste halvdel af århundredet.

6. Afsluttende bemærkninger

Det gælder generelt for kystbeskyttelse, at kystbeskyttelsestiltag kan besluttes og gennemføres umiddelbart efter der måttes konstateres en ændring i erosions- eller vandstandsforhold.

Med de prognoser, der er for klimaforandringerne i dag, hvor vandstandsstigningerne frem til 2050 er beskedne for derefter at accelerere frem mod år 2100, må det forventes, at hovedindsatsen i forbindelse med eventuelle beslutninger om forstærkning af diger og andre faste konstruktioner vil skulle træffes i midten af århundredet.

Kystdirektoratet analyserer løbende kystudviklingen på Vestkysten og genberegner statistikker for ekstremvandstande over



hele landet ca. hvert 5. år. Det vil således være muligt løbende at iagttage og forholde sig til klimaforandringerne og tilpasse indsatsen i forhold til den konstaterede udvikling.

Det vil derfor være muligt at følge en strategi for gradvis tilpasning. På denne måde kan det sikres, at tiltag som øget sandindpumpning, digeforstærkning, og ændret stormflodsberedskab ikke iværksættes, før de faktiske klimabetingede ændringer er konstateret.

En tidligere igangsætning af eventuelle tiltag vil medføre en risiko for overinvestering og større vedligeholdelsesarbejde end nødvendigt.

Regeringen har i 2005 nedsat en tværministeriel arbejdsgruppe der netop har til formål at udarbejde en strategi for klimatilpasning. Arbejdet dækker alle de sektorer, der kan forventes at blive påvirket af klimaændringer, herunder kystbeskyttelsesområdet.

Målet med strategien er, at myndigheder og borgere fremover indtænker og integrerer klimaændringer i planlægning og udvikling.

Strategien forventes færdig i løbet af foråret 2007.