



Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning

Danmarks Meteorologiske Institut, Nationalt Center for Klimaforskning
Miljøstyrelsen, Center for Klimatilpasning



Danmarks Meteorologiske Institut



Miljø- og
Ligestillingsministeriet
Miljøstyrelsen



Kolofon

Titel	Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning
Forfattere	Nationalt Center for Klimaforskning (NCKF), Danmarks Meteorologiske Institut Center for Klimatilpasning, Miljøstyrelsen
Sprog	Dansk
Emneord	Klimatilpasning, Klimaatlas, KAMP, HIP, Kystplanlægger, udledningsscenarier
URL	https://www.dmi.dk/publikationer/
ISSN	2445-9127
Versionsdato	Januar 2025
Link til hjemmeside	www.dmi.dk/klimaatlas
Copyright	Danmarks Meteorologiske Institut



Indhold

Formål	5
Introduktion	5
1. Udledningsscenarier	6
Beregning af klimaindikatorer ud fra udledningsscenarier	8
2. Anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning	10
3. Detaljeret planlægning, tidshorisonter og usikkerheder	14
Detaljeringsgrader og anvendelse af usikkerhedsintervaller	14
Usikkerheder	15
Tidsskalaer for planlægning	16
Tidligere versioner	18
Referencer	18

Klimaforandringer i Danmark

Siden slutningen af det 19. århundrede er havniveauet omkring Danmark i gennemsnit steget cirka 2 mm om året, den gennemsnitlige årlige nedbør i landet er i samme periode steget med cirka 100 mm, og den gennemsnitlige temperatur er steget med ca. 1,5 °C.

Havet omkring det sydvestlige Danmark stiger mest. Mod nord modvirkes stigningen i havniveau i højere grad af landhævning efter sidste istid. Havniveauet vil fortsat stige i de kommende årtier og århundreder, uanset om det lykkes at begrænse udledningen af drivhusgasser. Det skyldes, at både havets varmeudvidelse og afsmeltningen fra de store iskapper vil fortsætte selv med den opvarmning, vi har oplevet frem til i dag.

Havniveaustigningen vil føre til en stigende udfordring med stormfloder. Eksempelvis kan det, der i dag er en 20 års-hændelse, ske gennemsnitligt hvert andet år mod slutningen af århundredet.

Gennemsnitligt regner det mest i Midtjylland og mindst i Kattegatregionen. Det overordnede geografiske mønster forventes at fortsætte fremover, men hele landet får mere nedbør i løbet af året, særligt i form af vådere vintre, forår og efterår. Mængden af sommernedbør forventes uændret, selvom mønstret ændrer sig med kraftigere byger og hyppigere skybrud.

Det er generelt koldest centralt i Jylland og varmest ved kysterne. Temperaturen forventes fortsat at stige fremover med flere hedebløgedage og færre frostdøgn til følge. Opvarmningen er ensartet henover landet.

Kilde: DMI (2025), Klimaatlas.dk



Formål

Denne vejledning beskriver, hvordan beregninger af fremtidens klima i Danmark kan benyttes som vidensgrundlag til planlægning af klimatilpasningsprojekter i Danmark. Vejledningen er særligt målrettet planlægning af klimatilpasning i kommunerne, og kan bl.a. bruges til projekter, der handler om eksisterende og ny infrastruktur (f.eks. eksisterende og nye bygninger, anlæg mv.). anbefalingerne i vejledningen kan dog anvendes i mange andre sammenhænge end i kommunale projekter, hvor der er behov for at tage højde for effekterne af fremtidige klimaforandringer i Danmark.

Introduktion

Forebyggelse og forberedelse til fremtidens ekstreme vejr kræver ofte store investeringer. Derfor er det vigtigt, at beslutningerne træffes på et ensartet og solidt vidensgrundlag, så indsatsen kan ske rettidigt, omkostningseffektivt og koordineret. Den globale opvarmning skyldes i høj grad menneskeskabte udledninger af drivhusgasser. Derfor afhænger fremtidens klima af verdens samlede drivhusgasudledning fremover. Det gælder også fremtidens havniveau, nedbør og temperatur i Danmark.

Beregninger af fremtidens klima er derfor nødt til at tage udgangspunkt i viden om, hvordan verdenssamfundet udvikler sig fremover. FN's klimapanel (IPCC) bruger forskellige udledningsscenarier i sine rapporter. Disse scenarier danner grundlag for beregninger af fremtidens klima – og har dermed flere mulige udfald. Planlægning bør tage højde for flere scenarier, afhængigt af tidsperspektiv, risikotolerance og krav til robusthed for det konkrete projekt.

I september 2018 udgav Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) og Miljøstyrelsen (MST) en vejledning om udledningsscenarier. Med IPCC's sjette hovedrapport fulgte flere nye scenarier. Det har givet anledning til opdatering af denne *Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning* og ligeledes opdatering i DMI's Klimaatlas. Klimaatlas leverer et samlet datagrundlag for det fremtidige danske klima, og bygger på DMI's data, internationale samarbejder og IPCC's vurderingsrapporter. Faktaboks 1 beskriver baggrunden og behovet for denne opdaterede vejledning.



Faktaboks 1: Baggrunden for denne opdaterede vejledning

Ny hovedrapport fra FN's klimapanel (IPCC)

IPCC har i perioden 2021-2023 udgivet den sjette hovedrapport, bestående af tre delrapporter og en synteserapport. Vurderingerne af fremtidens klima tager i rapporten udgangspunkt i et nyt sæt af udledningsscenarier, som kaldes SSP (Shared Socioeconomic Pathways). Der findes nu data for fem scenarier, hvor der tidligere kun var tre.

Ny klimapolitik verden over

FN's klimapanel (IPCC) og FN's miljøprogram (UNEP) vurderer, hvor store fremtidige udledninger af drivhusgas der kan forventes på baggrund af den klimapolitik, der i øjeblikket er indført i verdens lande. Den nuværende vurdering er, at det fremtidige udledningsniveau kommer til at ligge lavere end de meget høje udledningsscenarier. De nuværende globale implementerede udledningspolitikker ligger dog stadig over det mellemhøje scenarie.

Nye klimatilpasningsværktøjer

Den seneste udgave af denne vejledning udkom før flere af de nuværende statslige klimatilpasningsværktøjer eksisterede. Opdateringen her gør det muligt at koble beskrivelserne i vejledningen endnu tættere sammen med den viden og data, der er tilgængelig i KlimaAtlas, KAMP, HIP og Kystplanlægger.

1. Udledningsscenarier

Dette kapitel beskriver de udledningsscenarier, der danner udgangspunktet for beregninger af fremtidens klima i Danmark. Udledningsscenarier er forskellige bud på fremtidige globale udledninger af drivhusgasser og andre faktorer, som påvirker klimaet. Internationale forskningssamarbejder udvikler og udvælger en række repræsentative udledningsscenarier, der kan bruges som grundlag for beregninger af fremtidens klima. Dette giver mulighed for at skabe et robust datagrundlag for IPCC's vurderingsrapporter.

Udledningsscenarierne giver en række realistiske bud på fremtiden ud fra den nyeste udvikling i udledninger og internationale forhandlinger. Derfor udgives typisk et nyt sæt udledningsscenarier sammen med hver ny IPCC hovedrapport. IPCC's femte hovedrapport (2013) indeholder beregninger af klodens fremtidige klima baseret på de såkaldte RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways). Den sjette hovedrapport (2021-2023) benytter et nyt sæt af scenarier, som kaldes SSP (Shared Socioeconomic Pathways), se tabel 1.



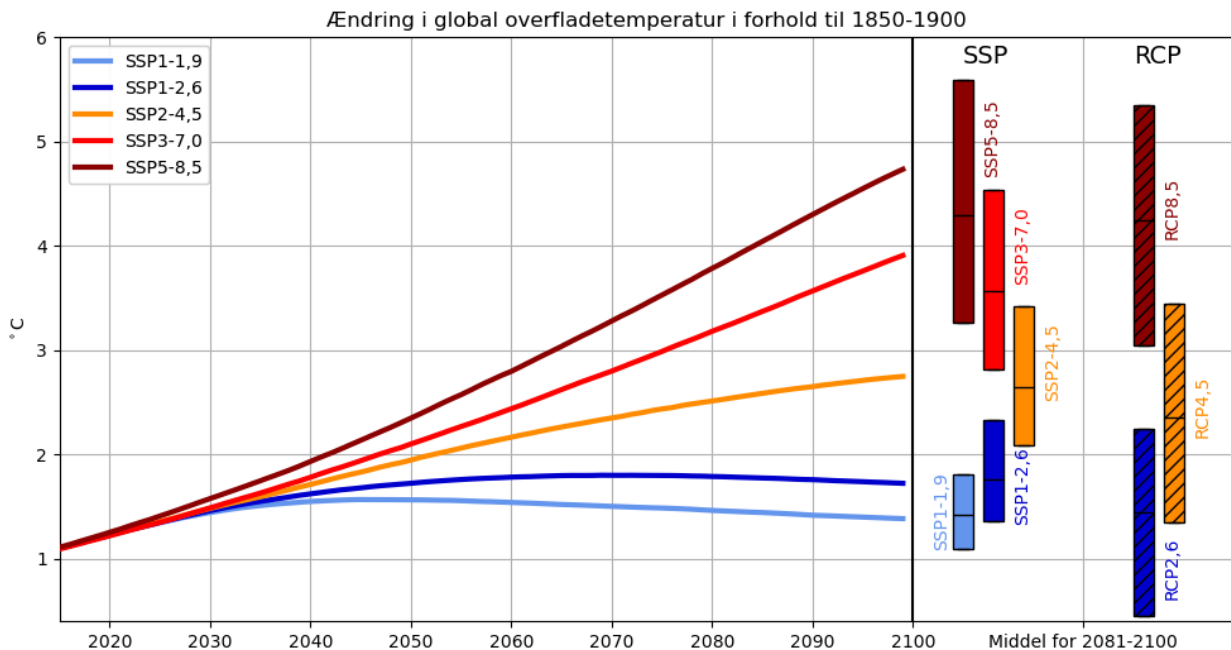
Tabel 1 viser et overblik over SSP-scenarierne, der indgår i IPCC's rapporter. Det første tal i scenariets navn angiver den socioøkonomiske beskrivelse og det andet strålingspåvirkningen. Den globale opvarmning, dvs. den globale middeltemperatur i 2081-2100 i forhold til perioden 1850-1900, er angivet for hvert scenarie, sammen med en beskrivelse af de drivhusgasudledninger scenariet medfører. Kilde: IPCC (2021a).

Scenarie	Forventet global opvarmning i 2081-2100 ift. 1850-1900, samt beskrivelse af scenarierne	
SSP1-1,9	1,4 °C	Lave udledningsscenarier. Globale drivhusgasudledninger reduceres kraftigt i det 21. århundrede. Opvarmningen holdes under henholdsvis 1,5 °C og 2 °C i slutningen af århundredet.
SSP1-2,6	1,8 °C	
SSP2-4,5	2,7 °C	Mellemhøjt udledningsscenarie. Globale drivhusgasudledninger falder fra omkring midten af det 21. århundrede, men global klimaneutralitet opnås ikke inden århundredeskiftet.
SSP3-7,0	3,6 °C	Højt udledningsscenarie. Drivhusgasudledningen stiger støt, så den årlige CO ₂ -udledning er cirka fordoblet i år 2100 i forhold til i dag.
SSP5-8,5	4,3 °C	Meget højt udledningsscenarie. CO ₂ -udledningen fordobles frem mod 2050 og har efter år 2080 årlige udledninger på mere end tre gange det aktuelle niveau.

Både RCP- og SSP-scenarierne beskriver den fysiske ændring i strålingspåvirkningen, altså hvor meget ekstra energi kloden absorberer i år 2100 (angivet i W/m²) – jo højere tal, des højere er strålingspåvirkningen og den deraf følgende opvarmning. I RCP-scenarierne har det internationale forskningssamfund valgt at beregne klimaændringerne ved 2,6, 4,5 og 8,5 W/m². Disse niveauer er også anvendt i SSP-scenarierne, men suppleret med 1,9 og 7,0 W/m². Endvidere er SSP-scenarierne udvidet til også at omfatte fem socioøkonomiske beskrivelser, forstået som sammenhængende beskrivelser af mulige udviklinger i befolkningstilvækst, urbanisering og BNP og dertil svarende arealanvendelse, energiforsyning mv. (Riahi et al., 2017).

Hver socioøkonomiske beskrivelse kan kobles med mindst én strålingspåvirkning. I praksis har man i den internationale klimaforskning, og dermed i IPCC's rapporter, dog valgt kun at fokusere på nogle få af alle kombinationsmulighederne (se tabel 1). Det er vigtigt at bemærke, at selvom strålingspåvirkningen er den samme i nogle RCP- og SSP-scenarier, kan den resulterende klimaændring godt være væsentligt anderledes i de nye scenarier. Det kan f.eks. skyldes ændringer i, hvornår det antages, at udledningerne sker, eller også at ændringer i klimamodellerne giver forskydninger i, hvordan klimaet påvirkes af udledningerne. Figur 1 sammenligner den forventede globale opvarmning i de fem SSP-

scenarier med den tilsvarende opvarmning i RCP-scenarierne. Bemærk, at denne figur illustrerer forskellen i den overordnede klimaforandring globalt. Sammenligningen kan se anderledes ud for andre variable og områder, f.eks. globale ændringer i nedbør globalt eller i Danmark.



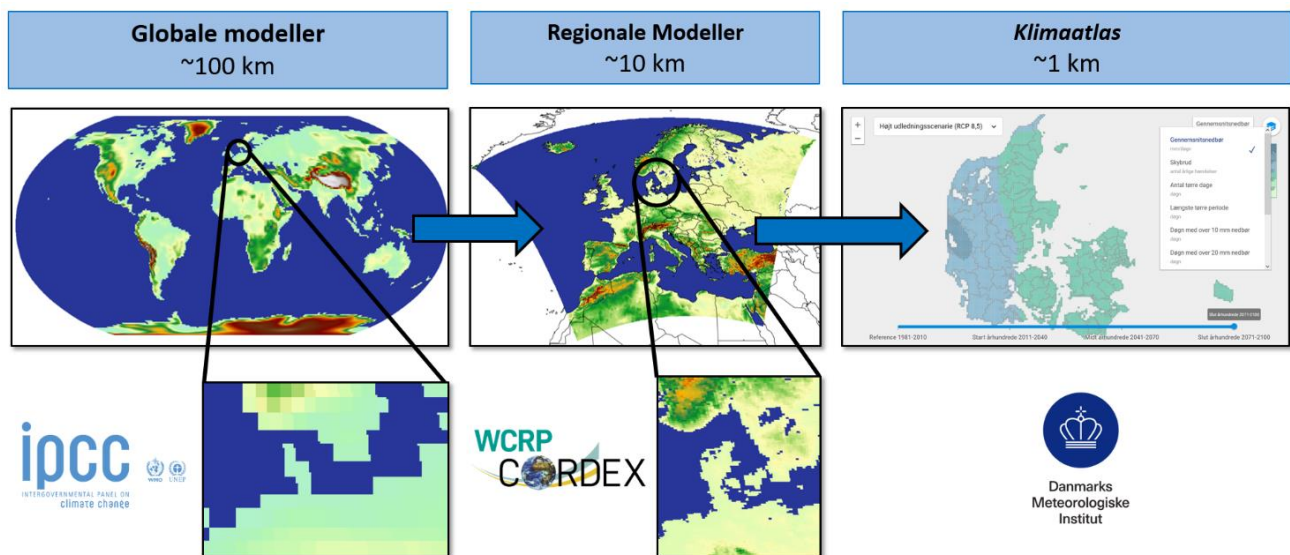
Figur 1 Den forventede globale opvarmning frem mod 2100 i de fem SSP-scenarier: SSP1-1,9, SSP1-2,6, SSP2-4,5, SSP3-7,0 og SSP5-8,5. Figurens højre panel sammenligner den forventede opvarmning, inklusiv det sandsynlige interval i SSP-scenarier med de tilsvarende værdier fra de tidligere RCP-scenarier. Kilde: DMI baseret på IPCC (2013 og 2021a).

Beregning af klimaindikatorer ud fra udledningsscenarioer

Indikatorerne i DMI's KlimaAtlas giver et detaljeret billede af fremtidens klima i Danmark ved f.eks. at beskrive hyppigheden af skybrud, højden af en stormflod og antallet af hedebløddage. Bag det overblik ligger en hel kæde af beregninger, der kombinerer forskellige typer af numeriske klimamodeller med det observerede data om vejr og klima i Danmark, se figur 2.

Udledningsscenarioerne udgør det nødvendige udgangspunkt for at kunne beregne de forventede klimaforandringer med globale klimamodeller. Selve beregningerne med klimamodellerne tager flere år og foregår på supercomputere. De globale modeller beskriver de overordnede processer såsom afsmeltning af is og opvarmning af havene og atmosfæren. De er dog ikke egnede til at beskrive de øvrige forhold i det danske klima i tilstrækkelig detaljegråd, se figur 2. Derfor køres en række modeller i højere opløsning, som kan beskrive f.eks. ændringer i nedbørsmønstre i Danmark langt bedre end de globale modeller. Fordi modellerne i højere opløsning benytter resultaterne fra de globale modeller kan de først køres, når resultaterne fra de globale beregninger er tilgængelige. Derfor er de mere detaljerede modeller først klar noget senere. Det betyder, at de nyeste resultater fra

klimamodeller for Danmark i perioder vil være baseret på forskellige scenarier, fordi nogle indikatorer kommer fra de globale modeller, mens andre indikatorer kommer fra modellerne i højere opløsning.



Figur 2 viser processen bag Klimaatlas. Først beregnes de globale klima ud fra de nye udledningsscenerier. Disse beregninger dækker hele kloden og Danmarks geografi, og klima er derfor ikke beskrevet i detaljer. Derfor benyttes efterfølgende mere detaljerede beregninger til at beskrive Europas fremtidige klima i højere detaljegråd. Sidst, men ikke mindst, benyttes DMI's mangeårige observationer af det danske vejr til at korrigere modellernes resultater, så de afspejler det danske klima og dets geografiske variation. Kilde: DMI.

DMI udfører selv denne type beregninger, som vist i figur 2, men et robust datagrundlag kræver langt flere beregninger end en enkelt institution selv kan udføre. Klimaatlas afhænger derfor også af et stort internationalt samarbejde, og forskningsinstitutioner i hele verden er netop nu midt i processen med den kæde af beregninger med de nye SSP-scenarier. Det betyder, at nogle indikatorer i Klimaatlas for øjeblikket er baseret på SSP-scenarier, mens andre fortsat er baseret på RCP-scenarier. Generelt er indikatorer for havniveau baseret på de seneste SSP-scenarier, mens atmosfæriske indikatorer såsom temperatur og nedbør er baseret på RCP-scenarier. DMI anbefaler, i langt de fleste tilfælde, at benytte de aktuelle indikatorer i Klimaatlas. Indikatorerne opdateres løbende med den nyeste viden og data, der er relevant for det danske klima. Det er også tilfældet, selvom data i nogle tilfælde ikke er baseret på de seneste scenarier fra IPCC.



2. Anvendelse af udledningsscenarioer til klimatilpasning

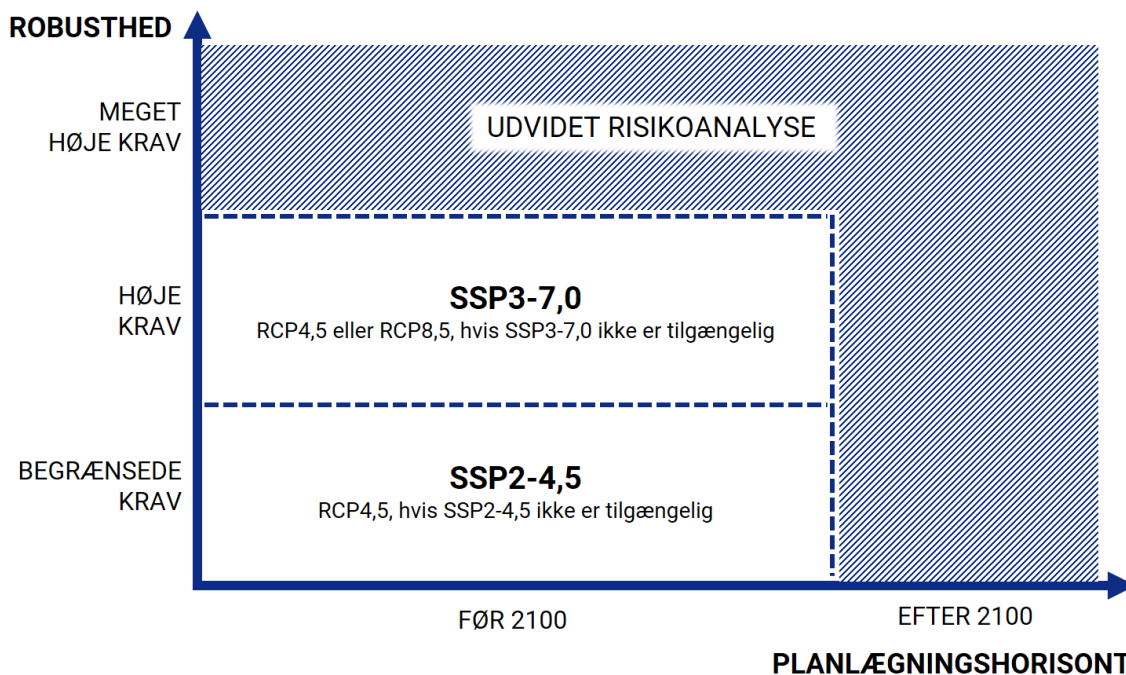
I dette kapitel gennemgås principper for, hvordan forskellige udledningsscenarioer kan benyttes til at sikre den ønskede robusthed for et konkret klimatilpasningsprojekt. Anbefalingerne i denne vejledning er baseret på DMI og MST's vurderinger, og tager afsæt i den aktuelle, internationale klimavidenskab.

Vejledningens anbefalinger afhænger af det konkrete projekts robusthedskrav og planlægningshorisont. Robusthedskrav kan oversættes med risikotolerance: Jo lavere risikotolerancen er i forhold til potentielle skader fra ekstremt vejr i fremtiden, desto højere bør robusthedskravene være. Høj økonomisk eller samfundsmæssig værdi kan således være årsager til særligt høje robusthedskrav. Planlægningshorisonten skal forstås som projektets levetid, som f.eks. hvor mange år ny infrastruktur skal fungere. Særligt ved lange planlægningshorisonter er det vigtigt at tage højde for de mulige fremtidige udviklinger og de usikkerheder, der er forbundet herved, som forøges jo længere tidsperspektivet er. Samlet set giver vejledningen her nogle overordnede anbefalinger til, hvordan man kan planlægge klimatilpasning, men det er vigtigt at understrege, at der fortsat er behov for en lokal vurdering i hvert konkrete projekt.

Figur 3 viser, hvilke scenarier, der generelt anbefales for forskellige krav til robusthed og planlægningshorisont. Efterfølgende forklarer faktaboks 2 den foreslåede tilgang i udvidede risiko- og usikkerhedsanalyser, samt giver anbefalinger til valg af udledningsscenarioer og håndtering af usikkerheder for forskellige planlægningshorisonter. Uddybende beskrivelser af detaljeret planlægning med fokus på usikkerheder og tidshorisonter følger i kapitel 3. Faktaboks 3 giver eksempler på anvendelse af de forskellige krav.

Anbefalingen til valg af udledningsscenarioer er baseret på de nuværende forventninger til den fremtidige drivhusgasudledning på baggrund af vurderinger fra FN's klimapanel (IPCC 2021a, 2021b, 2023) og FN's miljøprogram (UNEP 2024). Her vurderes det, at de nuværende globale implementerede udledningspolitikker ligger over det mellemhøje scenarie, SSP2-4,5, men stadig under det højeste scenarie, SSP5-8,5.

Både den nuværende udledning af drivhusgasser og de implementerede politikker tyder på, at det fremtidige udledningsniveau frem mod år 2100 kommer til at ligge lavere end de meget høje udledningsscenarioer som f.eks. SSP5-8,5. Således ligger RCP8,5, der tidligere har indgået i statslige vejledninger, også højere end den aktuelt forventede udvikling. Derfor er SSP3-7,0 anbefalet til projekter med høje robusthedskrav, da scenariet leder til en global opvarmning, der er lidt højere end fremskrivninger af de nuværende politikker indikerer. Med de nuværende implementerede politikker forventes en lavere drivhusgasudledning end SSP3-7,0, og dermed tager dette valg i nogen grad højde for de usikkerheder, der er i verdenssamfundets udvikling (f.eks. befolkningstilvækst, økonomi, teknologi, nationale politikker, geopolitik, konflikter, mv.), samt potentielle ændringer i implementerede politiske beslutninger.



Figur 3 viser anbefalede udledningsscenerier afhængig af planlægningshorisont og krav til robusthed. De forskellige niveauer af robusthedskrav er beskrevet nærmere i teksten og i faktaboks 3. Vær opmærksom på, at der endnu ikke findes datagrundlag baseret på SSP-scenerierne for alle klimaindikatorer. De aktuelle og gældende klimaindikatorer kan altid findes på klimaatlask.dk. Kilde: DMI.

Lige nu er der to sæt udledningsscenerier tilgængelige. Det anbefales at bruge SSP-scenerierne, hvis data er tilgængelige. Er der ikke data tilgængelige for SSP-scenerierne, kan RCP-scenerierne fortsat benyttes. Hvor der findes sammenlignelige udledningsscenerier fra de to sæt af scenarier, kan de i en klimatilpasningssammenhæng erstatte hinanden. Dette er uddybet nedenfor, og eksempler på projekter med forskellige robusthedskrav findes i faktaboks 3.

Planlægningshorisont før år 2100 og begrænsede krav

For en planlægningshorisont frem mod år 2100 med begrænsede robusthedskrav anbefales det at benytte SSP2-4,5, hvor data er tilgængelige. Hvor SSP2-4,5 data ikke er tilgængelige, anbefales RCP4,5 som et alternativ.

Planlægningshorisont før år 2100 og høje krav

Hvor der er krav om en højere grad af robusthed, anbefales tilpasning til en højere global opvarmning. SSP3-7,0 er et højt udledningsscenario og leder til cirka 3,6 °C global opvarmning i år 2100, knap 1 °C mere end SSP2-4,5. SSP3-7,0 anbefales derfor til en planlægningshorisont frem mod år 2100 ved høje robusthedskrav. Hvor SSP3-7,0 data ikke er tilgængelige, kan øget robusthed opnås ved at vælge et højere udledningsscenario eller ved at benytte usikkerhedsintervallerne fra klimafremskrivningerne. Det vil i praksis betyde, at man kan anvende RCP8,5, som p.t. er det eneste tilgængelige højere udledningsscenario. Det vil sige, at det i nogle tilfælde kan være hensigtsmæssigt, ud fra et planlægningsperspektiv,



at anvende et udledningsscenario, der ikke anses for en aktuel realistisk samfundsudvikling, men dog alligevel ikke kan udelukkes.

Alternativt kan man, i stedet for at basere sin planlægning på medianen ("det bedste bud" på fremtidens klima i et givent scenario) for klimaforandringerne, benytte den øvre grænse for usikkerhedsintervallet under det mellemhøje RCP4,5-scenario. Denne tilgang beskrives i større detalje i kapitel 3.

Lang planlægningshorisont og/eller meget høje krav

Hvis der er meget høje krav til robusthed og/eller en meget lang planlægningshorisont ud over år 2100, anbefales det at gennemføre en udvidet risikoanalyse, hvor risikotolerance og usikkerheder inddrages eksplicit i analysen. For forklaring af udvidet risiko- og usikkerhedsanalyse henvises til faktaboks 2.

Faktaboks 2: Udvidet risikoanalyse

Hvis et projekt eller en beslutning har særligt høje krav til robusthed eller har en tidshorisont ud over år 2100, anbefales det, at gennemføre en udvidet, målrettet risikoanalyse. Analysen bør fokusere på beskrivelse af usikkerheder i forhold til risikotolerancen for projektet eller beslutningerne.

I disse tilfælde bør valget af, hvilke udledningsscenarier og hvilke ekstremvejrshændelser der lægges til grund for planlægningen, ideelt set træffes sammenhængende og ud fra en samlet vurdering af risikotolerancen. Med andre ord kan det ikke på forhånd fastslås, hvilket udledningsscenario og/eller kombination af usikkerheder (jf. kapitel 3 om usikkerheder nedenfor), der anbefales. I stedet må beslutningen bygge på en konkret vurdering af de gældende forhold, samt de økonomiske og samfundsmæssige konsekvenser af den fremtidige øgede hyppighed af ekstreme vejrshændelser som følge af klimaforandringerne.

Denne tilgang har f.eks. været brugt i forbindelse med forundersøgelse af stormflodssikring af København (Kystdirektoratet og Danmarks Meteorologiske Institut 2024). Her blev der, med udgangspunkt i en meget lav risikotolerance, benyttet både en sjælden hændelse, et højt udledningsscenario, samt den øvre grænse i det sandsynlige interval for de forventede ændringer som planlægningsgrundlag.

Ved lange planlægningshorisonter er det væsentligt at bemærke, at usikkerheden stiger markant og ikke-lineært efter år 2100. Derudover eksisterer der ikke et datagrundlag for atmosfæriske indikatorer efter år 2100.

Der gøres yderligere opmærksom på, at de atmosfæriske indikatorer reagerer hurtigere på en reduktion af drivhusgasudledninger end havniveauindikatorer gør. Dette skyldes, at havets varmeudvidelse og afsmeltningen fra de store iskapper vil fortsætte selv med den opvarmning, der er sket frem til i dag. Det betyder, at havniveauet vil stige langt ud over år 2100, selv hvis opvarmningen holdes under 2 °C (IPCC 2021a). Derimod forventes det, at ekstremvejrshændelser for atmosfæriske indikatorer som f.eks. nedbør igen vil falde til lavere hyppighed og intensitet, hvis først atmosfærens indhold af drivhusgasser, og dermed temperaturen, falder (IPCC 2021a).



Faktaboks 3: Eksempler på anvendelse af principper og robusthedskrav

Eksempler: Brug af principperne til konkret planlægning

Bygger man større infrastruktur med lang levetid, anbefales det, at opgaven fra begyndelsen designes til en lang tidshorizont, suppleret med en målrettet risikoanalyse ift. udledningsscenarier og fremtidens klima.

Hvis kravene til robusthed er mindre, kan man vælge et lavere udledningsscenarie, der evt. suppleres med et anlægsdesign, der kan modificeres senere, hvis klimaforandringerne kræver det. Et eksempel kan være et dige, der dimensioneres med henblik på at kunne forhøjes senere, uden at hele konstruktionen skal bygges om.

For nogle typer af infrastruktur er der kun en lille variation i de forventede klimaændringer mellem forskellige områder i Danmark i forhold til den usikkerhed, der er på de forventede klimaændringer. Det gælder f.eks. for afløbssystemer, hvor Spildevandskomiteen fastsætter dimensioneringspraksis for afløbssystemer.

Eksempler: Projekttyper med forskellige robusthedskrav

Der kan være en række forskellige årsager til at projekter har højere eller lavere robusthedskrav. Her gives en række illustrative eksempler på typer af projekter, der kan have hhv. begrænsede, høje og meget høje robusthedskrav.

Projekter med begrænsede krav kan f.eks. være arealanvendelser lave reetableringsomkostninger eller lille tab forbundet med oversvømmelse. Konkrete eksempler kan være kolonihavehuse, badehuse eller andre materielle værdier, der er konstrueret til at kunne klare oversvømmelse.

Projekter med høje krav kan f.eks. være almindelige former for arealanvendelse med højere reetableringsomkostninger og større skader ved oversvømmelse. Konkrete eksempler kan være boligområder, væsentlig infrastruktur, større transportveje eller erhvervsområder.

Projekter med meget høje robusthedskrav kan f.eks. være større sammenhængende områder med store materielle værdier eller kritiske punkter, hvor skaderne af oversvømmelser o.lign. ekstremvejrshændelser er store/kritiske og langvarige. Konkrete eksempler kan være lufthavne, metro, større broer, sygehuse eller byområder.



3. Detaljeret planlægning, tidshorisonter og usikkerheder

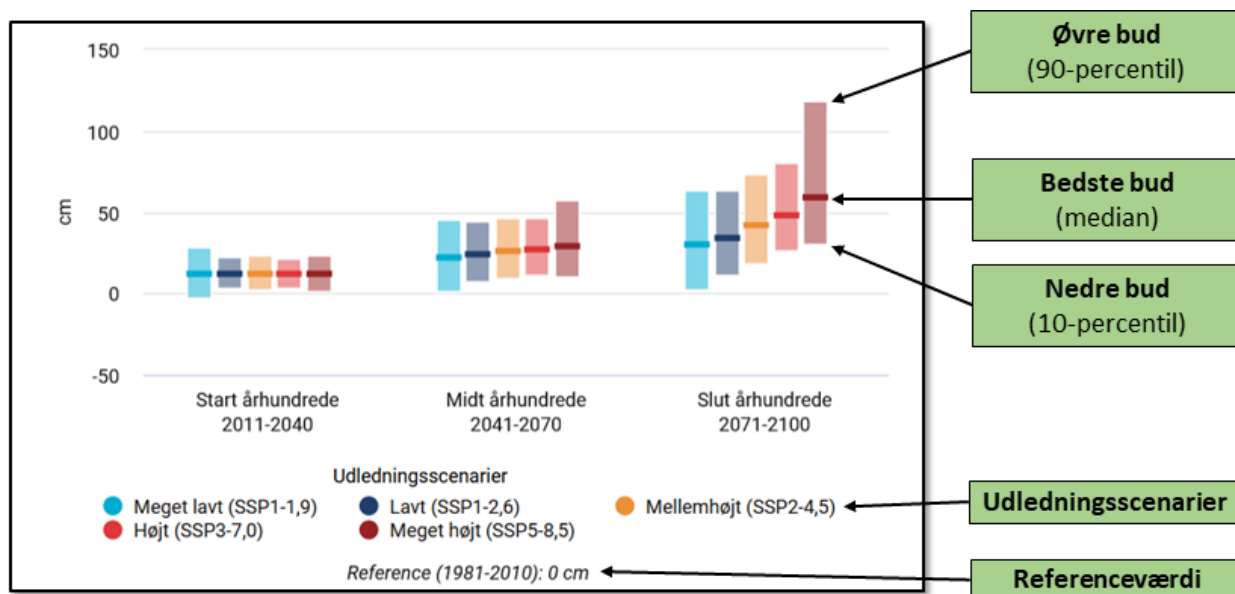
I dette kapitel beskrives det, hvordan data om fremtidens klima helt konkret kan benyttes til planlægning, herunder hvordan usikkerheden på de forskellige indikatorer kan benyttes til at sikre ekstra robusthed, hvor det er nødvendigt.

Detaljeringsgrader og anvendelse af usikkerhedsintervaller

Detaljeringsgraden i planlægning af klimatilpasning og krav til robusthed har betydning for, i hvor stor udstrækning det er nødvendigt at forholde sig til usikkerhederne i udledningsscenarierne. Det samme gælder den tidshorizont og levetid, projektet har. Sammenhængen mellem usikkerheder og tidshorisonter bliver beskrevet sidst i dette kapitel.

Er der tale om planlægning på et overordnet og screeningsbaseret niveau vil det ofte være nok at forholde sig til det valgte udledningsscenariets medianværdi ("det bedste bud" på fremtidens klima i et givent scenarie), som er angivet i KlimaAtlas (se figur 4).

Hvis planlægningen er mere detaljeret, hvis projektet har en lang tidshorizont, og/eller projektet stiller høje krav til robusthed, kan det være nødvendigt også at forholde sig til usikkerhedsintervallet (10. og 90. percentil) omkring medianværdien for det valgte udledningsscenarie (se eksempel på figur 4). Afhængig af vurderingen af det konkrete projekt kan man vælge at tage højde for klimaforandringer af en størrelse, der er både højere og lavere end medianen. Derfor angiver figurerne i KlimaAtlas altid 10. og 90. percentilerne, svarende til de værdier, hvor kun 10% af klimamodellerne giver henholdsvis en lavere og en højere værdi. Har man behov for større robusthed, kan 90. percentilen, den øvre grænse for usikkerhedsintervallet, benyttes for at tage højde for, at klimaforandringerne kan blive større, end hvad det mest sandsynlige bud i medianen indikerer. Kan man modsat acceptere en højere risiko end et givent udledningsscenarie i sig selv repræsenterer, kan man benytte 10. percentilen. Figur 4 viser et eksempel på forskellen mellem percentiler og udledningsscenarier for fremtidens middelvandstand fra KlimaAtlas.



Figur 4 viser en skitse af graferne i KlimaAtlas. Skitsen er et hypotetisk eksempel, der viser ændring i middelvandstand på tværs af Danmark. Det bedste bud (medianværdien, den fuldt optrukne streg i søjlen) ved slutningen af århundrede under et højt udledningsscenarie (SSP5-8,5) angiver en havniveauøstigning på 59 cm. Det nedre bud (10. percentilen) er på 30 cm og det øvre bud (90. percentilen) på 119 cm danner usikkerhedsintervallets, og dermed søjlens, nederste og øverste grænser. Klide: KlimaAtlas, DMI.

Usikkerheder

Klimadata for fremtiden er helt grundlæggende forbundet med to usikkerhedsfaktorer. Den ene stammer fra usikkerheden om, hvor stor den fremtidige drivhusgasudledning bliver. Den anden fra usikkerheden om, hvor store klimaforandringer, der følger af en given mængde drivhusgasser i atmosfæren. Vurderinger af usikkerhederne kan bruges til at understøtte en hensigtsmæssig planlægning.

Den første usikkerhedsfaktor er de forskellige udledningsscenarier:

I de nærmeste år og årtier er der ikke stor forskel på de forventede klimaforandringer i de forskellige scenarier, men derefter spiller det en afgørende rolle, om de globale drivhusgasudledninger stiger eller falder.

De nuværende udledninger er kendte, og internationale eksperter vurderer løbende, hvilke fremtidige udledninger verdens nuværende klimapolitikker kan forventes at føre til.

Afhængig af krav til robusthed i et konkret projekt kan man vælge et udledningsscenarie, der ligger tæt på de nuværende politikker eller et, der ligger højere eller lavere. Det er netop princippet bag denne vejledning.

Den anden usikkerhedsfaktor er forbundet med klimaets "følsomhed":

Med klimaets "følsomhed" menes, hvor meget temperaturen stiger og klimaet i øvrigt ændrer sig som konsekvens af en given drivhusgasudledning.



For at håndtere denne usikkerhed benytter DMI's Klimaatlas mange forskellige klimamodeller. Når data fra forskellige modeller stemmer overens, er resultatet mere robust. Alle modeller bag Klimaatlas viser f.eks., at fremtiden bliver varmere. Modellerne er ikke enige om præcis hvor meget varmere, det bliver. Spredningen mellem modellernes bud på varmeudviklingen dækker et interval, hvori ændringen med stor sandsynlighed ligger for det pågældende scenarie. Der er også nogle indikatorer (såsom ekstremvind), der er mere usikre end andre. Det skyldes, at videnskaben i mindre grad kan beskrive disse indikatorers ændringer, når klimaet ændres.

Klimaatlas viser det bedste bud på ændringen i de forskellige indikatorer ved at præsentere data for medianen; populært sagt "den midterste model". Se figur 4 for en illustration af usikkerhedsinterval. På figuren angives et usikkerhedsinterval, som svarer til modelspredningen. Jo længere frem i tid man planlægger, desto større bliver forskellen mellem klimamodellernes bud, og des mere vokser usikkerheden.

Tidsskalaer for planlægning

I figur 3, der viser valg af udledningsscenarioer ud fra robusthedskrav, er planlægningshorisonten vist som en tidslinje. Følgende afsnit vil beskrive fire planlægningshorisonter. Usikkerhedsfaktorer, som blev beskrevet i forrige afsnit, gør, at der er forskellige hensyn man bør tage i betragtning i planlægning med forskellige tidshorisonter:

Planlægning ca. 10 år frem i tiden

På 10 års-skalaen betyder de gradvise klimaforandringer meget lidt i forhold til den naturlige variation i vores vejr fra år til år. Planlægning kan derfor baseres på omtrent det nuværende klima, dvs. vejret som det er beskrevet i den seneste klimanormal.

Planlægning frem til midten af århundredet

Med en tidshorisont på et par årtier begynder klimaforandringerne at få indflydelse, og ændringerne bør inddrages i planlægningen. Effekten af de forskellige udledningsscenarioer begynder at træde frem. Dog vil forskellene mellem klimamodellernes beregninger af klimaet specifikt i Danmark typisk være større end forskellen mellem scenarierne. Usikkerhedsintervallet, der viser spredningen mellem modellerne, overlapper derfor ofte mellem de forskellige udledningsscenarioer. Men det anbefales alligevel at vælge udledningsscenario ud fra projektets robusthedskrav også på den kortere tidsskala for at tage højde for de forskelle, der kan være i nogle tilfælde.

Planlægning frem mod slutningen af århundredet

På den lange tidsskala domineres usikkerheden af forskellen mellem udledningsscenarioerne. De fremtidige udledninger er ukendte, og forskellen mellem de mulige scenarier bliver derfor stor. Der er stadig forskelle mellem



modellernes bud, der skal vurderes. Især de højere udledningsscenarioer kan give en markant usikkerhed.

Planlægning efter år 2100

På den anden side af århundredeskiftet vokser usikkerheden yderligere, og videngrundlaget bliver meget begrænset, da klimamodellernes beregninger typisk ikke går længere end til år 2100. Eksempelvis rækker de detaljerede klimamodelberegninger for nedbør ganske enkelt kun frem til år 2100.

For havniveauet stiger usikkerheden markant på grund af den potentielt store afsmeltning fra iskapperne i Grønland og særligt Antarktis, som vil ramme Danmark hårdest. Usikkerheden vokser ikke blot markant, men også ikke-lineært efter år 2100. En væsentlig pointe er, at havniveauet vil fortsætte med at stige, selv hvis den globale opvarmning begrænses til 2 °C (illustreret i det lave udledningsscenarie, hvor der forventes en havniveaustigning på 30 cm i slutningen af århundredet). Stigningen vil også fortsætte efter år 2100.



Tidligere versioner

"Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier, september 2018" fra Danmarks Meteorologiske Institut og Miljøstyrelsen kan findes på her:

https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Bruger_upload/Raadgivning/Vejledning_i_anvendelse_af_udledningsscenarier.pdf

Referencer

- Danmarks Meteorologiske Institut (2025). *Klimaatlas*. Tilgængelig på: <https://www.dmi.dk/klimaatlas>
- Miljøstyrelsen (2025). *KAMP – et Klimatilpasning- og Arealanvendelsesværktøj til Miljø- og Planmedarbejdere*. Tilgængelig på: <https://kamp.klimatilpasning.dk/>
- Kystdirektoratet (2025). *Kystplanlægger*. Tilgængelig på: <https://kystplanlaegger.dk/>
- Kystdirektoratet og Danmarks Meteorologiske Institut (2024). *Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København*. Tilgængelig på: <https://sundogbaelt.dk/forbindelser/forundersogelse-af-stormflodssikring-af-kobenhavn/>
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Tilgængelig på: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC (2021a). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Tilgængelig på: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- IPCC (2021b). *Interactive Atlas in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Tilgængelig på: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>
- IPCC (2023). *Summary for policy makers in Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Tilgængelig på: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Riahi et al. (2017). *The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview, Global Environmental Change*. Tilgængelig på: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- UNEP (2024). *United Nations Environment Programme: Emission Gap Report: Emissions Gap Report 2024: No more hot air ... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments*. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>.