Danmarks Meteorologiske Institut

Klimaatlas-rapport

Danmark

December 2020 (v2020b)

Danmarks Meteorologiske Institut

Titel	Klimaatlas-rapport Danmark
Forfattere	Rasmus A. Pedersen, Peter L. Langen, Fredrik Boberg, Ole B. Christensen, Alan Sørensen, Marianne S. Madsen, Martin Olesen, Jian Su, Max Darholt
Ansvarlig institution	Danmarks Meteorologiske Institut
Sprog	Dansk
Emneord	Klima, Temperatur, Nedbør, Ekstremnedbør, Skybrud, Stormflod, Vandstand
Version	v2020b
Versionsdato	December 2020
Link til hjemmeside	`www.dmi.dk/klimaatlas/`
Copyright	Danmarks Meteorologiske Institut

DMI's Klimaatlas

Følgerne af klimaændringerne opleves forskelligt fra egn til egn, og nogle steder er mere sårbare end andre. Sandsynligheden for ekstremt vejr som skybrud og stormfloder øges i takt med, at temperaturen stiger. Klimaatlas viser, hvordan det danske klima forventes at ændre sig frem mod år 2100 i takt med de globale ændringer.

Her opsummeres de væsentligste resultater om, hvordan klimaet ventes at forandre sig frem mod år 2100 i Danmark. Data stammer fra DMI's Klimaatlas (version v2020b), som indeholder fremskrivninger af bl.a. temperatur, nedbør, vandstand og stormflod i det fremtidige danske klima på kommuneniveau. Data er beregnet via DMI's arbejde med en stor samling af klimamodelresultater. Se mere på `www.dmi.dk/klimaatlas`.

Danmarks fremtidige klima

Denne rapport beskriver den estimerede, fremtidige udvikling af nedbør, temperatur og vandstand i Danmark. Fokus er på nogle få udvalgte klimavariable, og i selve klimaatlasset vises en lang række andre variable.

Klimaforandringerne afhænger primært af indholdet af drivhusgasser som f.eks. CO_2 i atmosfæren. Derfor indgår koncentrationen af drivhusgasser i klimamodellerne anvendt i Klimaatlas. Det sker via såkaldte RCP-scenarier, der er realistiske bud på udviklingen af fremtidens globale koncentration af drivhusgasser i atmosfæren.

Klimaatlas giver dig mulighed for at se, hvordan klimaet i Danmark ventes at ændre sig ved scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Vejledning i hvilket af de to scenarier, der er relevant ved forskellige projekter, findes i *Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier*[1] udarbejdet af Danmarks Meteorologiske Institut, DMI, i samarbejde med Miljøstyrelsen i september 2018.

Tidsperioder og usikkerheder

I Klimaatlas er Danmarks nuværende klima defineret ved gennemsnittet for perioden 1981-2010. Perioden er udgangspunktet for fremskrivningerne og for data, der viser relative ændringer. Klimaatlas anvender data for fire tidsperioder: 1981-2010, 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100.

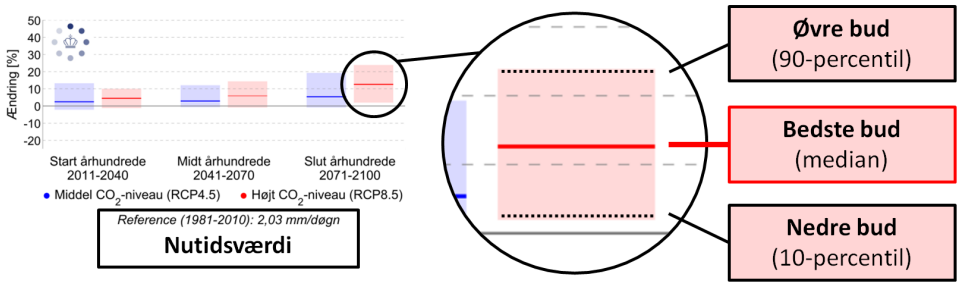
Data for fremtidens klima i Danmark præsenteret i Klimaatlas er baseret på op til 57 forskellige klimamodeller. Modellerne har beregnet klimaet for det samme geografiske område og med samme mængde drivhusgas i atmosfæren. Det gør det muligt at sammenligne de enkelte modeller.

[1] `https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Bruger_upload/Raadgivning/Vejledning_i_anvendelse_af_udledningsscenarier.pdf`

Beregningerne af fremtidens klima er forbundet med usikkerheder, og spredningen af resultaterne mellem modellerne er et mål for den usikkerhed. I Klimaatlas er intervallerne for usikkerhed angivet for de enkelte parametre som en søjle i grafikkerne.

Usikkerheden er vist som såkaldte 10- og 90-percentiler omkring medianværdien (50 %). For parameteren temperatur betyder det f.eks., at den øvre usikkerhedsgrænse er det niveau, hvor kun 10 % af modellerne er varmere. Tilsvarende er den nedre usikkerhedsgrænse det niveau, hvor kun 10 % af modellerne er køligere.

Vejledning til grafer



Skitse af graferne i Klimaatlas. Eksempel på procentvis ændring i nedbør.

Her illustreres det, hvordan figurerne i Klimaatlas skal læses. Grafikkerne samler information for hver parameter og angiver usikkerhedsintervaller for begge CO_2-scenarier og alle tidsperioder. Det er mest sandsynligt, at ændringen ligger omkring medianen, men de øvre og nedre bud giver et billede af, hvor stor usikkerheden er. Værdierne af disse tre tal for RCP8.5 i slutningen af århundredet (2071-2100; den røde bjælke længst til højre) fremgår af teksten under hver graf. Værdierne for alle perioder og scenarier kan findes i Klimaatlas (`www.dmi.dk/klimaatlas`).

I dette hypotetiske eksempel, der viser ændring i nedbør, er det bedste bud en forøgelse på 12% (RCP8.5, 2071-2100). På grafen findes også nutidsværdien, den såkaldte referenceværdi. Denne kan benyttes til at omregne den procentvise ændring til den absolutte værdi i mm per døgn; her svarer forøgelsen på 12% til et nyt gennemsnit på 2,27 mm per døgn. På samme måde svarer det nedre bud (10-percentilen) på 2% til et gennemsnit på 2,07 mm per døgn, og det øvre bud (90-percentilen) 25% til 2,54 mm per døgn. Den forventede nedbør i slutningen af århundredet ifølge RCP8.5 er dermed i dette eksempel 2,27 mm per døgn med et usikkerhedsinterval fra 2,07 til 2,54 mm per døgn.

Highlights: fremtidens danske klima i slutningen af dette århundrede

Alle tal er de 'bedste bud' på værdier i slutningen af århundredet (2071-2100) med det høje CO_2-udledningsscenarie RCP8.5.

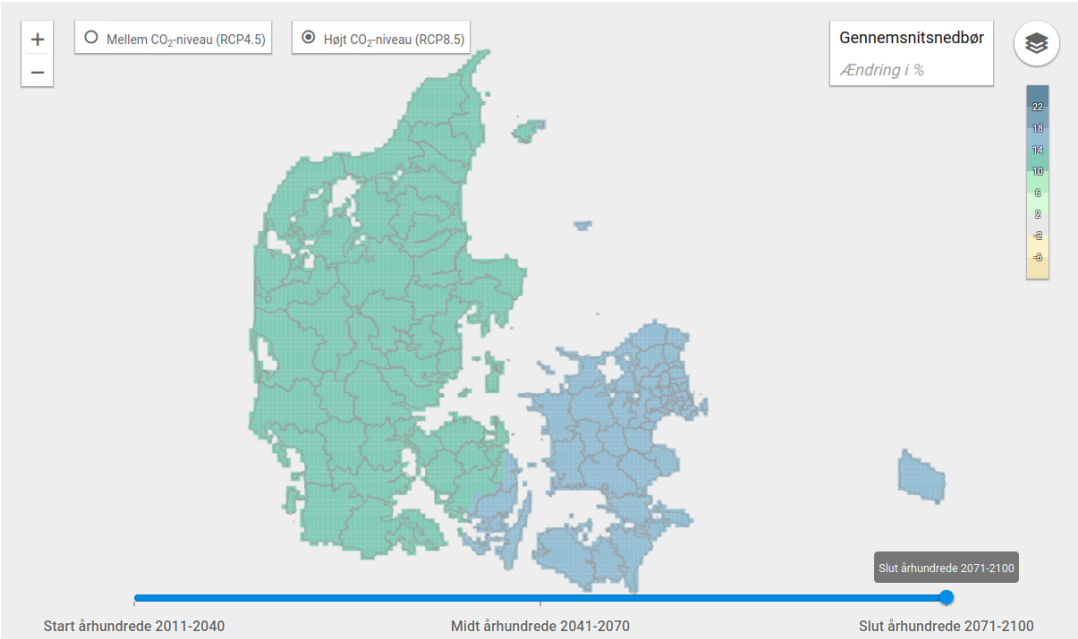
- Den årlige gennemsnitstemperatur stiger med ca. 3,4 °C over hele landet. Der vil ikke være store regionale forskelle.
- Temperaturen kommer under frysepunktet omkring 30 dage per år, sammenlignet med ca. 80 dage i nutiden. Vækstsæsonen bliver næsten 3 måneder længere og vil vare omkring 11 måneder.
- Antallet af hedebølgedage stiger fra 3 til 14 dage per år. Varmebølger kan blive meget almindelige om sommeren. Vi kan forvente ca. 40 dage med varmebølge fremover, sammenlignet med kun 14 i dag.
- Om vinteren stiger mængden af nedbør med knap 25 %. Da temperaturen samtidig er stigende, vil relativt meget af denne nedbør falde som regn.
- Om sommeren falder der omtrent samme mængde nedbør som i dag – men nedbøren bliver oftere fra kraftige byger.
- Middelvandstanden i havet stiger, og stigningen accelererer. Vandet stiger mindst i Nordjylland og mest i det sydvestlige Jylland. Forskellen hænger sammen med landhævningen efter sidste istid.
- Stormfloderne rammer langt voldsommere. Når middelvandstanden hæves, så vil en stormflod kunne få langt mere alvorlige konsekvenser, da vandet presses højt op over terrænet.
- Den stormflod, der i dag statistisk forekommer hvert 20. år, bliver en hændelse, der kan ske hvert eller hvert andet år.

Nedbør

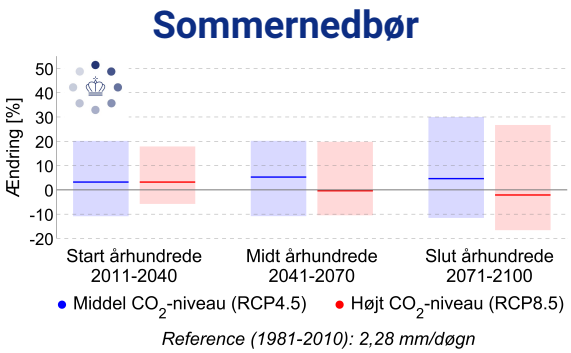
Den gennemsnitlige årlige nedbør i Danmark har ændret sig siden 1870'erne og er steget med ca. 100 mm. I den seneste 30-års-periode fra 1981 til 2010 er årsnedbøren for landet som helhed 746 mm. Gennemsnitligt regner det mest i Midtjylland og mindst i Kattegatregionen.

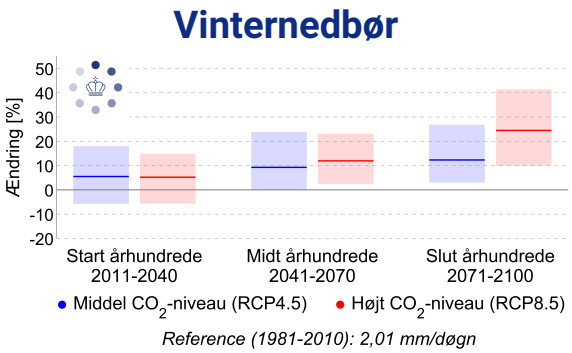
Vi kan forvente flere kraftige nedbørshændelser om sommeren på trods af, at somrene sandsynligvis bliver mere tørre over store dele af det europæiske kontinent. De kraftigste nedbørshændelser forventes også at blive endnu kraftigere. Ved en såkaldt 10-årshændelse regner det så meget, at det statistisk set kun sker hvert 10. år. Klimaatlas viser, hvor meget regn en 2-, 5-, 10-, 20-, 50- og 100-årshændelse svarer til for både time- og døgnnedbør, nu og i fremtiden.

Skybrud defineres som mere end 15 mm nedbør på 30 minutter. I samlingen af klimamodeller findes kun data for timenedbør, men den procentvise ændring i hyppighed af skybrud kan tilnærmes ved at følge en 3-årshændelse i timenedbør. Den tilnærmelse bruges i Klimaatlas, så skybrud beregnes på samme måde som andre ekstreme hændelser.

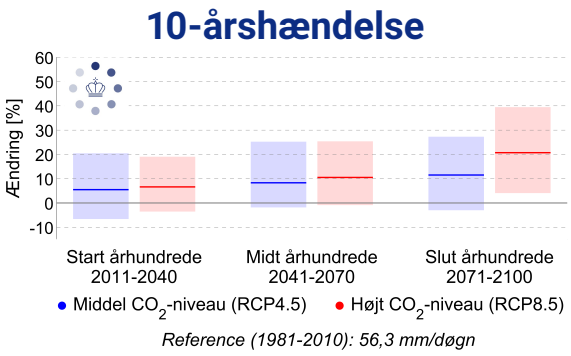


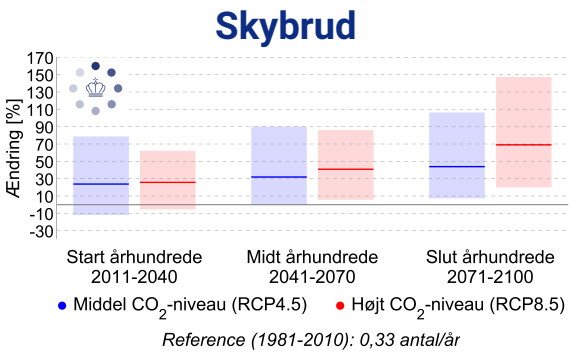
Den procentvise ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i den gennemsnitlige mængde nedbør hen over året i scenariet RCP8.5. Baggrundskort © *Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering*.



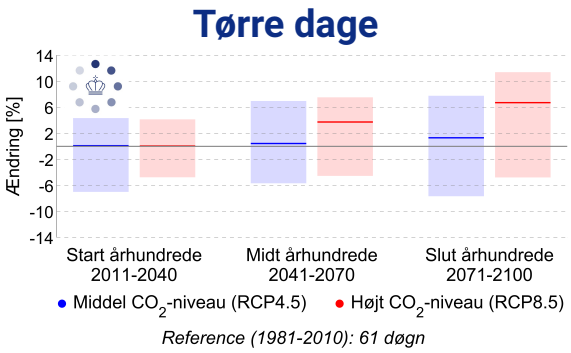


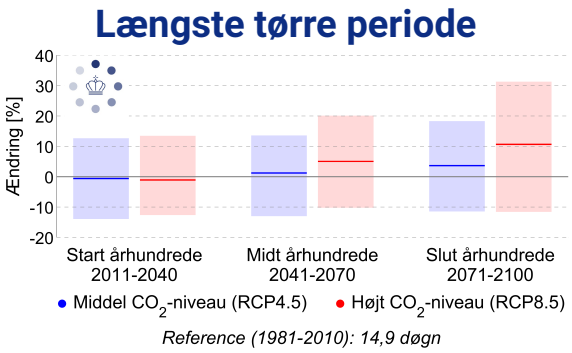
Procentvis ændring af Danmarks middelnedbør mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Til venstre sommer (jun-aug), til højre vinter (dec-feb). Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er -2 % (-17 til 27 %) for sommernedbør, og 24 % (10 til 41 %) for vinternedbør. Bemærk at de forventede ændringer i sommernedbør skiller sig ud fra de øvrige parametre, fordi den mest sandsynlige ændring er meget lille sammenlignet med usikkerhedsintervallet fra 10- til 90-percentilen. Dermed er det meget usikkert om sommernedbør øges, mindskes eller forbliver uforandret.





Procentvis ændring af Danmarks ekstremnedbør hen over året mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Til venstre 10-årshændelsen for døgnnedbør, til højre hyppigheden af skybrud. Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 21 % (4 til 39 %) for 10-årshændelsen for døgnnedbør, og 70 % (20 til 150 %) for skybrud.

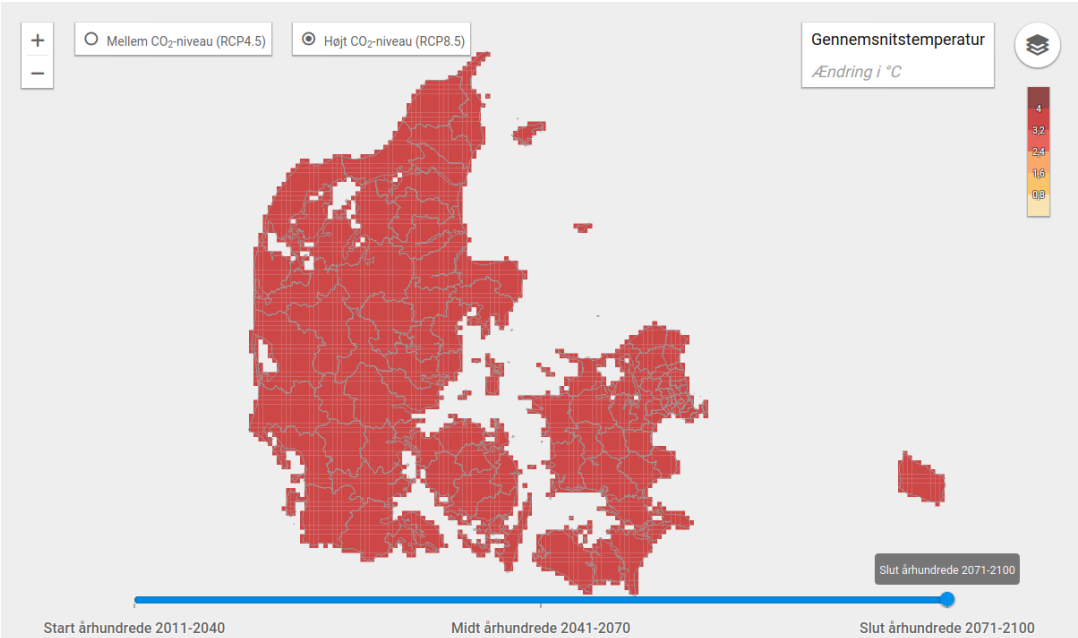




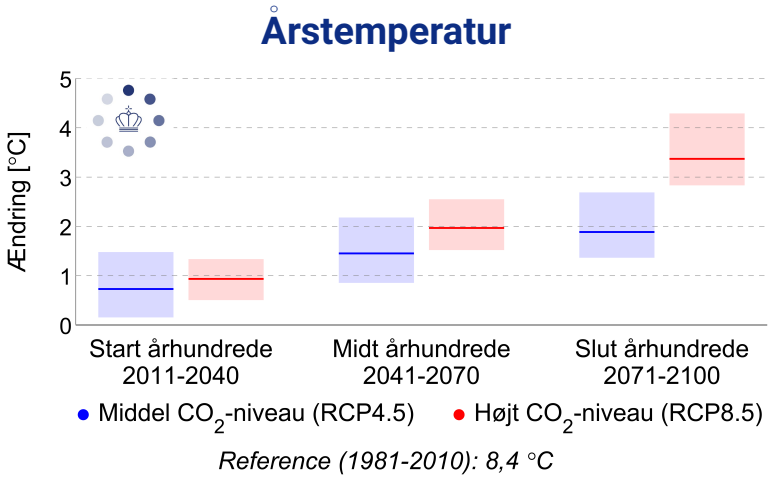
Procentvis ændring af Danmarks tørre dage om sommeren (jun-aug) mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Til venstre antallet af tørre dage med mindre end 1 mm nedbør, til højre længden af den længste sammenhængende tørre periode. Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 7 % (-5 til 11 %) for antallet af tørre dage, og 11 % (-12 til 31 %) for den længste tørre periode.

Temperatur

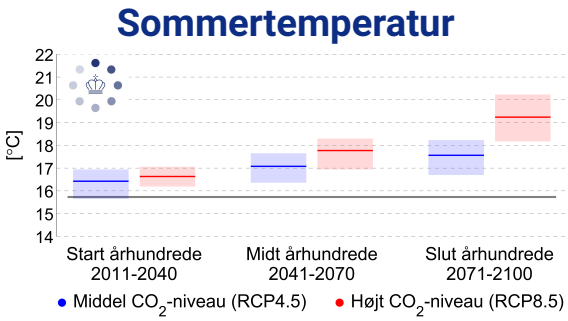
Siden 1870'erne er den gennemsnitlige temperatur i Danmark steget med ca. 1,5°C. I den seneste 30-års-periode fra 1981 til 2010 er årstemperaturen for Danmark som helhed 8,3°C. Det er generelt koldest centralt i Jylland og varmest ved kysterne.

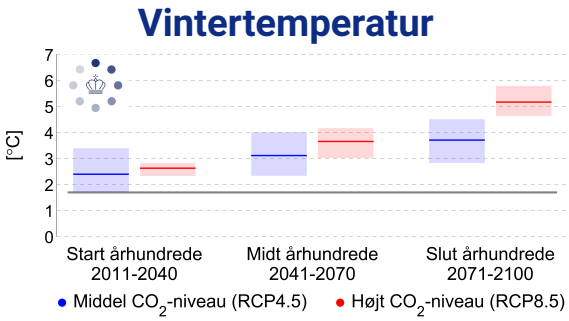


Ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i den gennemsnitlige temperatur (°C) hen over året i scenariet RCP8.5. Baggrundskort © *Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering*.



Ændring af Danmarks gennemsnitstemperatur hen over året mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 3.4 °C (2.8 til 4.3 °C).





Danmarks gennemsnitstemperatur for sommer (jun-aug, venstre) og vinter (dec-feb, højre) i fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede temperatur i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 19.2 °C (18.2 til 20.2 °C) om sommeren, og 5.2 °C (4.6 til 5.8 °C) om vinteren.

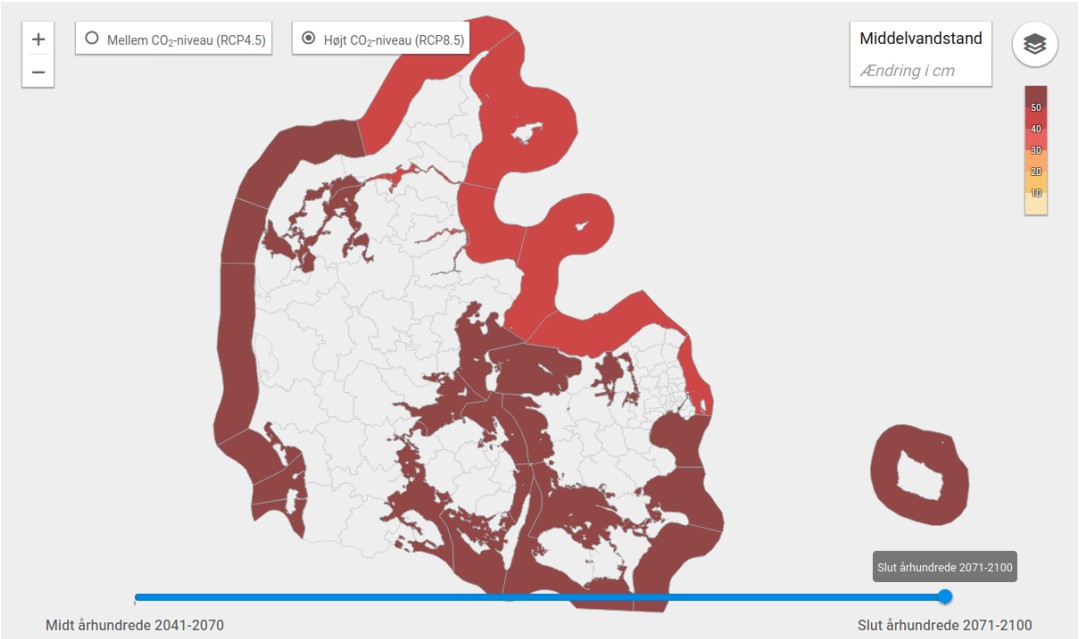
Vandstand og stormflod

Det gennemsnitlige havniveau omkring Danmark er steget cirka 2 mm om året siden 1900. Både på kloden som helhed og omkring Danmark fortsætter stigningen frem mod slutningen af dette århundrede og efter år 2100.

Beregninger af fremtidens havniveau omkring Danmark er baseret på tal for det globale havniveau kombineret med viden om landhævning i Danmark.

I Klimaatlas præsenteres stormflodshøjder som 20-, 50-, 100- og 10000-årshændelser for forhøjet vandstand. En 20-års stormflodshøjde svarer til en forhøjet vandstand, der statistisk set kun forekommer én gang hvert 20. år. Statistisk analyse af vandstandsobservationer og tal fra klimamodellen kombineret med viden om generelle vandstandsstigninger i Danmark giver tilsammen et mål for vandstanden for de forskellige stormflodshøjder.

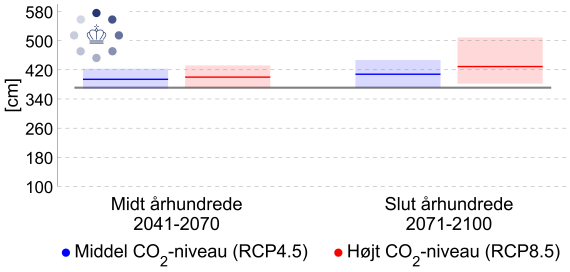
Bemærk, at for vandstand og stormflod indeholder Klimaatlas kun de to sene fremtidsperioder, 2041-2070 og 2071-2100.



Ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i middelvandstand (cm) for hele Danmark i scenariet RCP8.5. Baggrundskort © *Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering*.

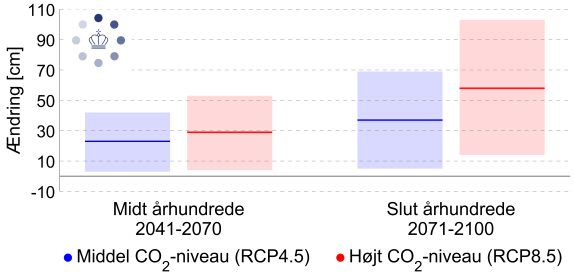
For at illustrere forskellene henover Danmarks farvande vises her tre kyststrækninger: Vadehavskyst nordlig, Femern Bælt, Nordsjællands kyst.

Vadehavskyst nordlig
20-årshændelse



20-årshændelse for stormflod (cm) for Vadehavskyst nordlig i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede værdi i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 430 cm (380 til 510 cm).

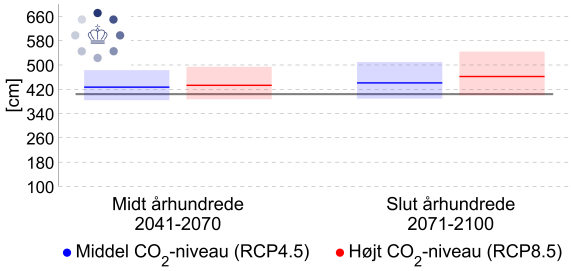
Vadehavskyst nordlig
Middelvandstand



Reference (1981-2010): 0 cm

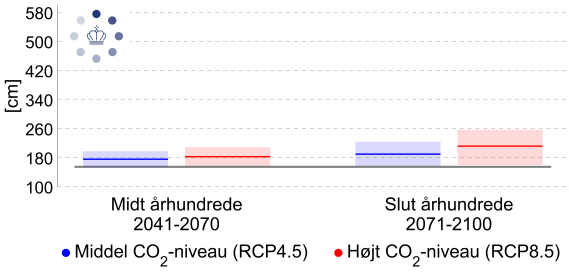
Ændring i middelvandstand (cm) for Vadehavskyst nordlig mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 58 cm (14 til 103 cm).

Vadehavskyst nordlig
100-årshændelse



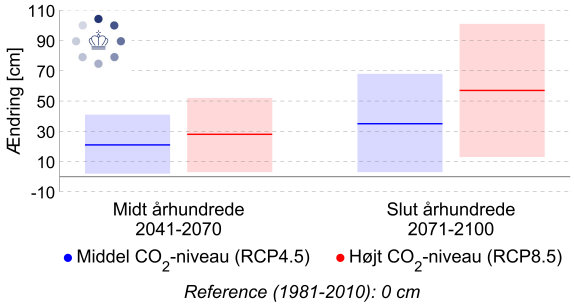
100-årshændelse for stormflod (cm) for Vadehavskyst nordlig i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede værdi i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 460 cm (400 til 550 cm).

Femern Bælt
20-årshændelse



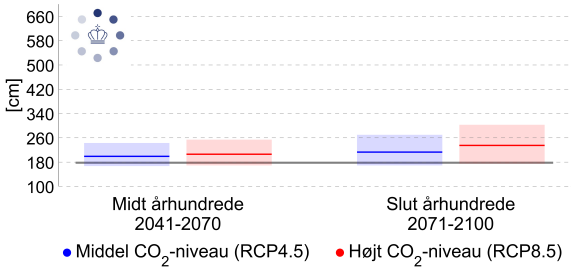
20-årshændelse for stormflod (cm) for Femern Bælt i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede værdi i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 212 cm (160 til 257 cm).

Femern Bælt
Middelvandstand



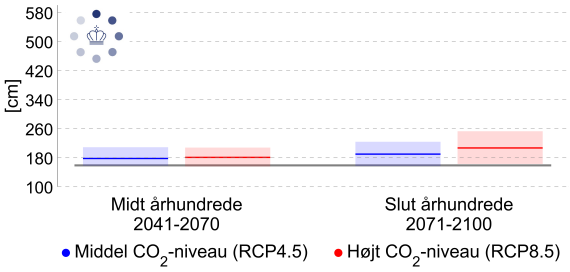
Ændring i middelvandstand (cm) for Femern Bælt mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 57 cm (13 til 101 cm).

Femern Bælt
100-årshændelse



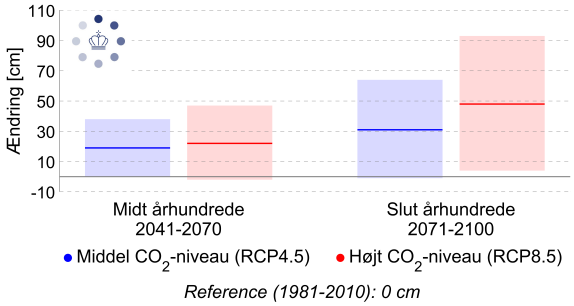
100-årshændelse for stormflod (cm) for Femern Bælt i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede værdi i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 240 cm (180 til 300 cm).

Nordsjællands kyst
20-årshændelse



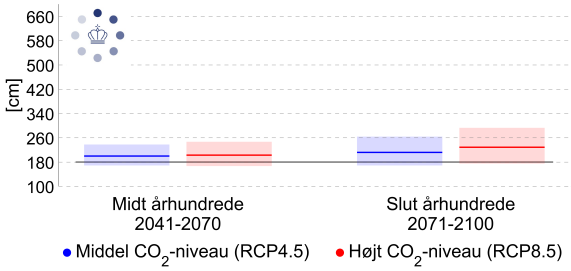
20-årshændelse for stormflod (cm) for Nordsjællands kyst i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede værdi i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 207 cm (163 til 253 cm).

Nordsjællands kyst
Middelvandstand



Ændring i middelvandstand (cm) for Nordsjællands kyst mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den forventede ændring i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 48 cm (4 til 93 cm).

Nordsjællands kyst
100-årshændelse



100-årshændelse for stormflod (cm) for Nordsjællands kyst i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 i scenarierne RCP4.5 og RCP8.5. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). Den forventede værdi i slutningen af århundredet for RCP8.5 er 230 cm (180 til 290 cm).