



Danmarks
Meteorologiske
Institut

Klimaatlas-rapport

Danmark

DMI-rapport

v2022a

Af Mark R. Payne, Fredrik Boberg, Ole B. Christensen, Max Darholt, Louise B. Grum, Marianne S. Madsen, Martin Olesen, Jian Su, Alan Sørensen, Peter L. Langen og Rasmus A. Pedersen

Kolofon

Serietitel	DMI-rapport
Titel	Klimaatlas-rapport
Undertitel	Danmark
Forfattere	Mark R. Payne, Fredrik Boberg, Ole B. Christensen, Max Darholt, Louise B. Grum, Marianne S. Madsen, Martin Olesen, Jian Su, Alan Sørensen, Peter L. Langen og Rasmus A. Pedersen
Ansvarlig institution	Danmarks Meteorologiske Institut
Sprog	Dansk
Emneord	Klima, Temperatur, Nedbør, Ekstremnedbør, Skybrud, Stormflod, Vandstand
URL	https://www.dmi.dk/publikationer/
ISSN	2445-9127
Version	v2022a
Versionsdato	28. februar 2023
Link til hjemmeside	www.dmi.dk/klimaatlas
Copyright	Danmarks Meteorologiske Institut

Indhold

1	DMI's Klimaatlas	4
1.1	Udledningsscenarier	4
1.2	Tidsperioder og usikkerheder	4
1.3	Vejledning til grafer	4
2	Highlights: Danmarks fremtidige klima	6
3	Temperatur	7
4	Nedbør	9
5	Vandstand og stormflod	11
5.1	Vadehavskyst nordlig	11
5.2	Femern Bælt.....	12
5.3	Nordsjællands kyst	13
6	Bilag 1. Oversigtstabel	14

1 DMI's KlimaAtlas

Følgerne af klimaændringerne opleves forskelligt fra egn til egn, og nogle steder er mere sårbare end andre. Her opsummeres de væsentligste resultater for, hvordan klimaet ventes at forandre sig frem mod år 2100 i Danmark. Fokus er på nogle få udvalgte og hyppigst anvendte indikatorer, og især med hensyn til temperatur, nedbør og vandstand - i KlimaAtlas selve vises en lang række andre variabler. Hver sektion starter med et overblik over Danmark som et helhed, hvorefter der følger der en mere detaljeret beskrivelse på kommuneniveau. Til sidst i rapporten gives en beskrivelse af Danmarks generelle vejr og klima.

Data stammer fra DMI's KlimaAtlas (version v2022a), som indeholder fremskrivninger af bl.a. temperatur, nedbør, vandstand og stormflod på kommuneniveau i det fremtidige danske klima på kommuneniveau. Data er beregnet via DMI's arbejde med en stor samling af klimamodelresultater. Se mere i KlimaAtlas, <http://www.dmi.dk/klimaAtlas>.

1.1 Udledningsscenerier

Klimaforandringerne afhænger primært af ændringer i koncentrationen af drivhusgasser (som f.eks. karbon dioxid) i atmosfæren. Derfor indgår koncentrationen af drivhusgasser i klimamodellerne anvendt i KlimaAtlas. Det sker via såkaldte udledningsscenerier, der er realistiske bud på udviklingen af fremtidens globale koncentration af drivhusgasser i atmosfæren.

FN's klimapanel IPCC baserer sin arbejde på et sæt af udledningsscenerier. IPCC's femte hovedrapport og særrapporter fra 2018 og 2019 benyttede de såkaldte RCP-scenerier ("Representative Concentration Pathways") mens den sjette hovedrapport fra IPCC (2021-22) bruger et nyt sæt af scenerier kaldet SSP ("Shared Socioeconomic Pathways"). I KlimaAtlas er en kombination af disse to sæt af scenerier benyttet - atmosfæriske indikatorer er baseret på RCP'er, mens hav indikatorer er baseret på SSP'er.

KlimaAtlas giver dig mulighed for at se, hvordan klimaet i Danmark ventes at ændre sig under tre af disse scenerier valgt fra IPCCs arbejde - et lavt (RCP2,6/SSP1-2,6), et mellemhøjt (RCP4,5/SSP3-4,5) og et højt (RCP8,5/SSP5-8,5) udledningsscenerie. Vejledning i hvilket scenerie, der er relevant ved forskellige projekter, findes i "Vejledning i anvendelse af udledningsscenerier" - udarbejdet af DMI samarbejde med Miljøstyrelsen i september 2018.

1.2 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 65 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.

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.

1.3 Vejledning til grafer

Her beskrives, hvordan figurerne i KlimaAtlas skal læses. Grafikkerne samler information for hver parameter og angiver usikkerhedsintervaller for alle udledningsscenerier 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 for alle perioder og scenerier kan findes i KlimaAtlas (<http://www.dmi.dk/klimaAtlas>).



Figur 1 Skitse af graferne i KlimaAtlas. Eksempel på procentvis ændring i vinternedbør på tværs af Danmark.

I dette hypotetiske eksempel, der viser ændring i vinternedbør på tværs af Danmark, er det bedste bud (den fuldt optrukne streg) ved slutningen af århundrede under et højt udledningsscenario (RCP8,5) en forøgelse på 23%. Det nedre bud (10.-percentilen) på 8% og det øvre bud (90.-percentilen) på 41% danner søljens nedste og øvre grænser og kan også læses af figuren. Den forventede ændring i vinternedbør er dermed 23% med et usikkerhedsinterval fra 8% til 41%.

På grafen findes også nutidsværdien - den såkaldte referenceværdi. Denne kan benyttes til at omregne den relative ændring (i dette tilfælde i procent) til den absolutte værdier (mm per døgn); her svarer forøgelsen på 23% til et nyt gennemsnit på 2,5 mm per døgn. På samme måde svarer det nedre bud (10.-percentilen) på 8% til et gennemsnit på 2,2 mm per døgn, og det øvre bud (90.-percentilen) 41% til 2,8 mm per døgn. Den forventede nedbør i slutningen af århundredet ifølge RCP8.5 er dermed i dette eksempel 2,5 mm per døgn med et usikkerhedsinterval fra 2,2 mm til 2,8 mm per døgn.

Alle tal, som ligger bagved grafikkerne, kan også hentes i KlimaAtlas: et udvalg af tallene findes også til sidste i denne rapport.

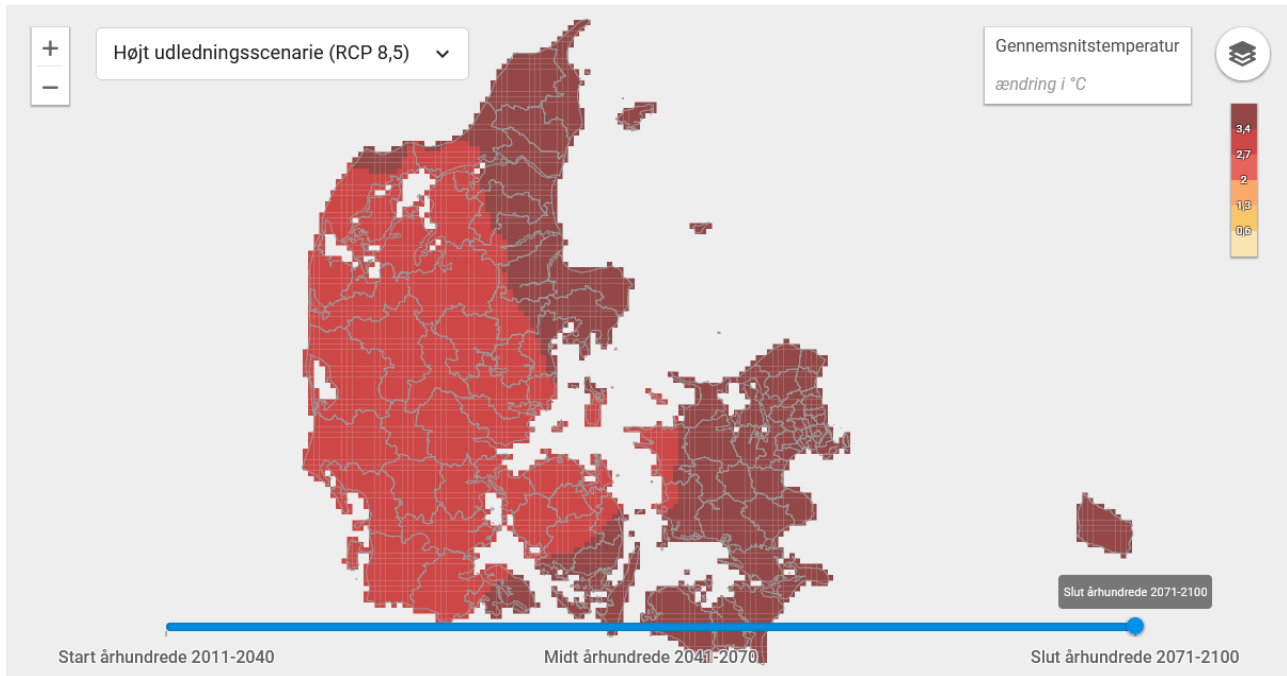
2 Highlights: Danmarks fremtidige klima

Alle tal er de 'bedste bud' på værdier i slutningen af århundredet (2071-2100) under et højt udledningsscenarie (RCP8,5/SSP5-8,5). Tallene for andre udledningsscenarier, tidsperioder og indikatorer samt usikkerhedsgrænser kan findes i oversigtstabellet til sidste i rapporten eller i KlimaAtlas, <http://www.dmi.dk/klimaAtlas>.

- 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 hedeølgedage stiger fra 2 til 9 dage per år. Varmeølger kan blive meget almindelige om sommeren. Vi kan forvente ca. 30 dage med varmeølge fremover, sammenlignet med kun 9 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 Nord-jylland 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 år.

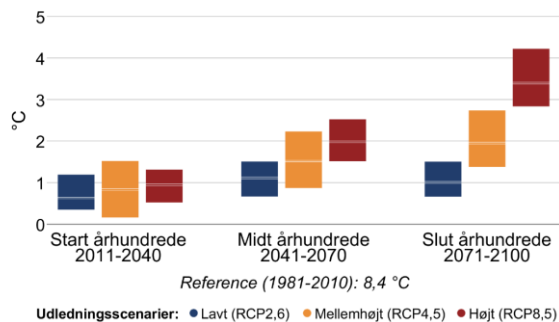
3 Temperatur

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

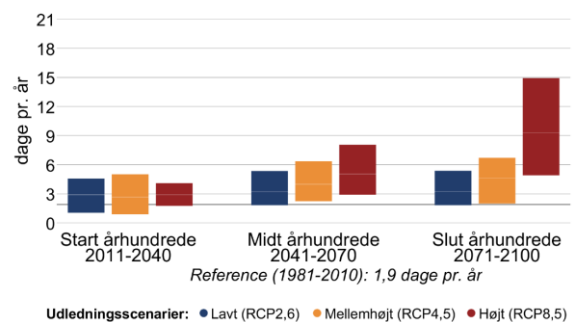


Figur 2 Ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i den gennemsnitlige temperatur (°C) hen over året i et højt udledningsscenarie (RCP8,5). Baggrundskort © Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur.

Årstemperatur

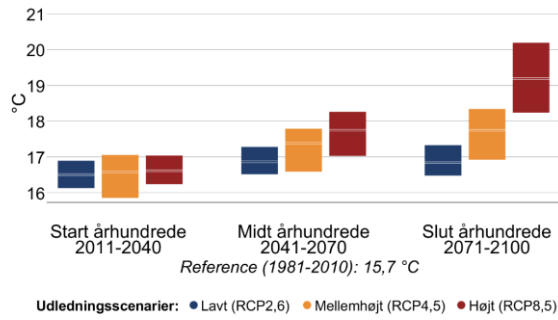


Hedebølgedage

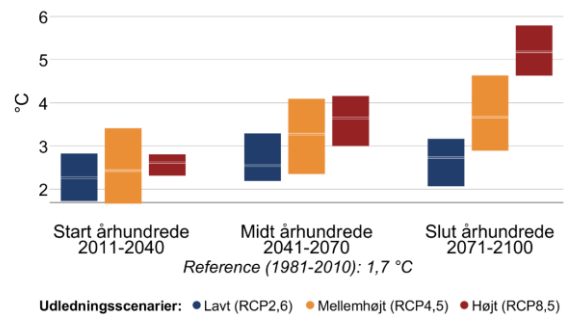


Figur 3 Ændring af gennemsnitstemperatur og antallet af hedebølgedage hen over året mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Danmark.

Sommertemperatur



Vintertemperatur



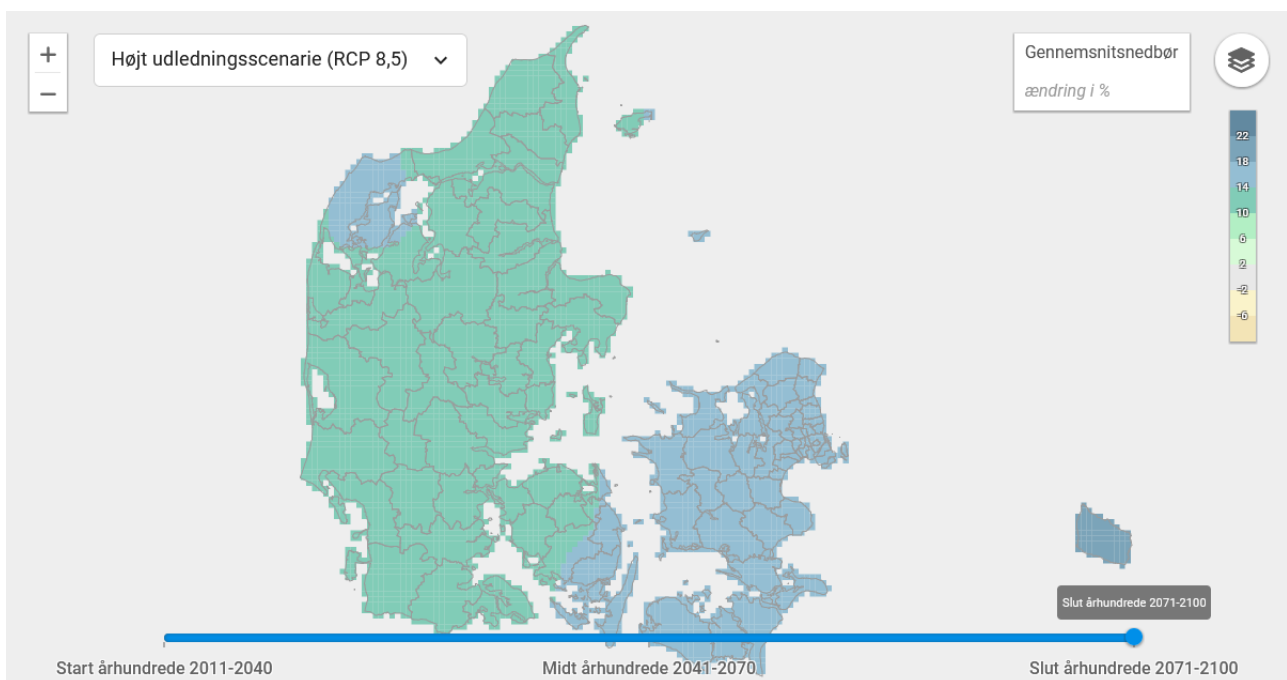
Figur 4 Gennemsnitstemperatur for sommer (jun-aug) og vinter (dec-feb) i fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Danmark. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010).

4 Nedbør

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

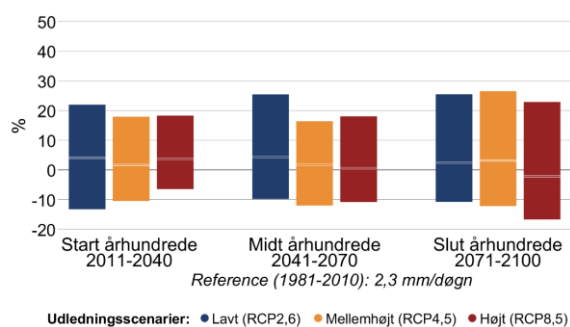
Vi kan forvente flere kraftige nedbørshændelser om sommeren på trods af, at somrene sandsynligvis bliver mere tørre over store dele af det europæiske kontinent. De kraftigste nedbørshændelser forventes også at blive endnu kraftigere. Ved en såkaldt 10-årshændelse regner det så meget, at det statistisk 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 Danmark. I Klimaatlas bruges en 3-årshændelse i timenedbør som en tilnærmelse, da de bagvedliggende klimamodeller ikke offentliggøre data med en højere tids opløsning end en time. Skybrud beregnes på samme måde som andre ekstreme hændelser.

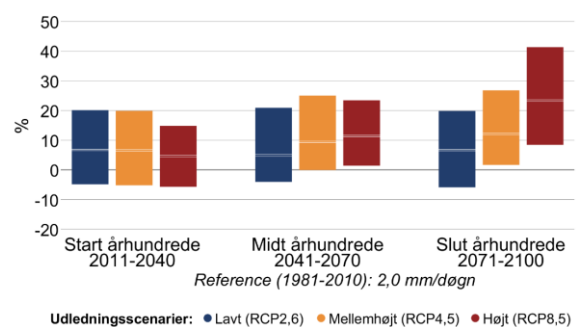


Figur 5 Den procentvise ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i den gennemsnitlige mængde nedbør hen over året for hele Danmark i et højt udledningsscenarie (RCP8,5). Baggrundskort © Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur.

Sommernedbør



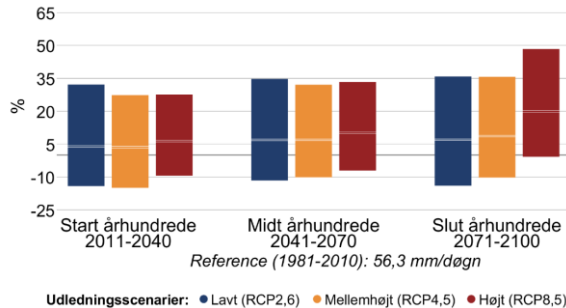
Vinternedbør



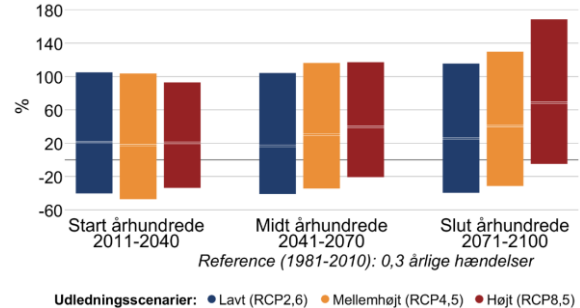
Figur 6 Procentvis ændring af middelnedbør mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Danmark. Til venstre sommer (jun-aug), til højre vinter (dec-feb).

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.

10-årshændelse

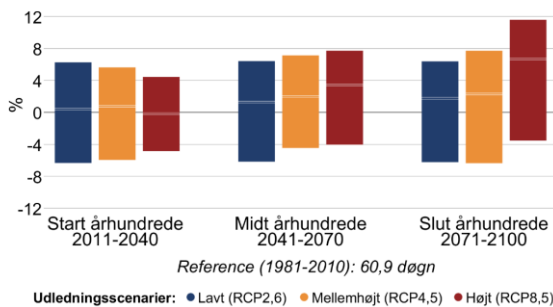


Antal skybrud

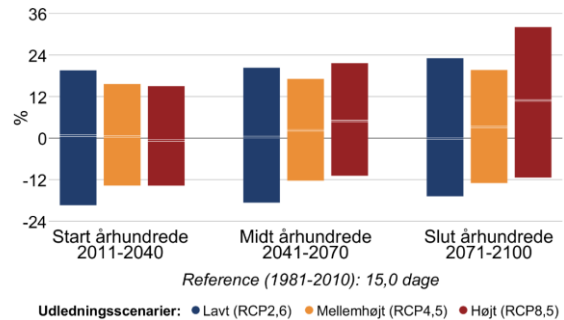


Figur 7 Procentvis ændring af ekstremnedbør hen over året mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Danmark. Til venstre 10-årshændelsen for døgnnedbør, til højre frekvensen af skybrud.

Tørre dage



Længste tørre periode

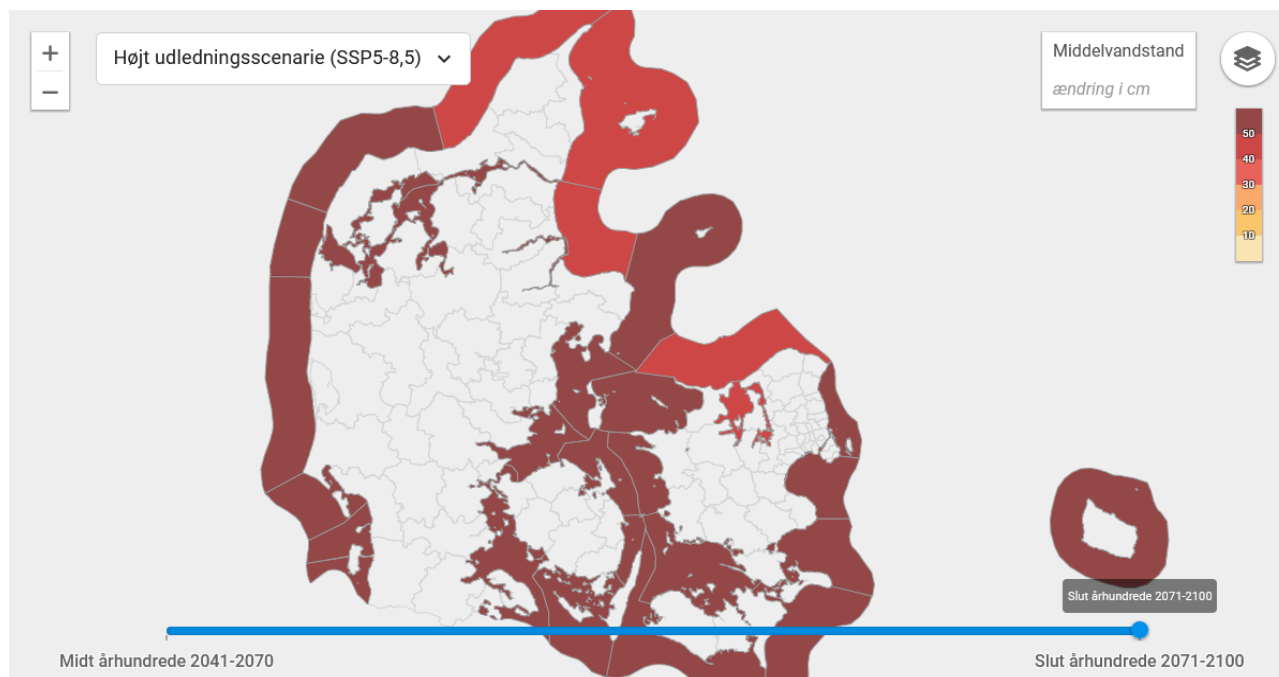


Figur 8 Procentvis ændring af tørre dage om sommeren (jun-aug) mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Danmark. Til venstre antallet af tørre dage med mindre end 1 mm nedbør, til højre længden af den længste sammenhængende tørre periode.

5 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 forventes stigningen at fortsætter i fremtiden.

I KlimaAtlas er beregninger af fremtidens havniveau omkring Danmark baseret på tal for det globale havniveau kombineret med viden om landhævning i Danmark. Statistisk analyse af vandstandsobservationer fra Kystdirektoratet og tal fra klimamodellen kombineret med viden om generelle vandstandsstigninger i Danmark giver tilsammen et mål for vandstanden for forskellige stormflodshøjder og præsenteres som 20-, 50-, 100- og 10.000-årshændelser for forhøjet vandstand. En 20-års stormflodshøjde svarer til en forhøjet vandstand, der statistisk set kun forekommer én gang hvert 20. år. Bemærk, at for vandstand og stormflod indeholder KlimaAtlas kun de to sene fremtidsperioder, 2041-2070 og 2071-2100.

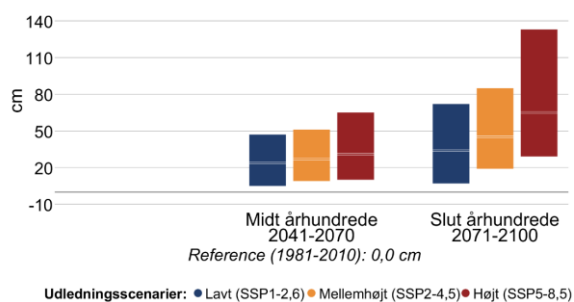


Figur 9 Ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i middelvandstand (cm) for hele Danmark i et højt udledningsscenario (SSP5-8,5). Baggrundskort ©Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur.

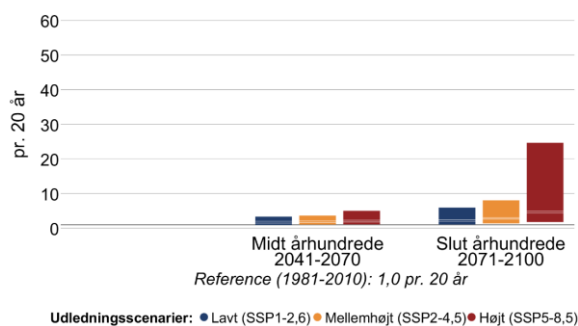
For at illustrere forskellene henover Danmarks farvande vises data for Vadehavskyst nordlig, Femern Bælt og Nordsjællands kyststrækninger.

5.1 Vadehavskyst nordlig

Middelvandstand



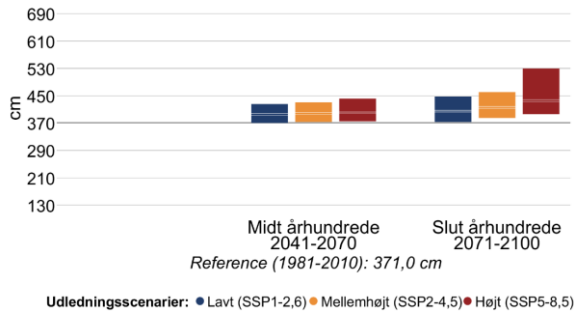
Hyppighed af nuværende stormfloder



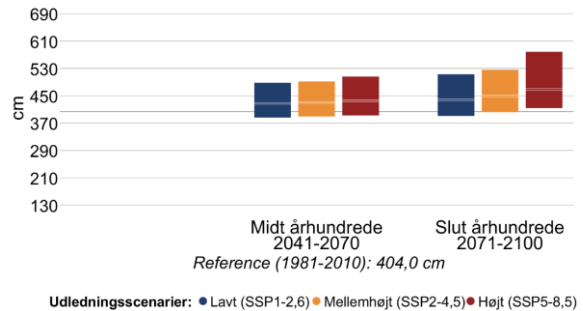
Figur 10 Ændring i middelvandstand (venstre) og hyppigheden af stormflod for Vadehavskyst nordlig i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarioer. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010).

En stormflod defineres her som en forhøjet vandstand, der statistisk set kun forekommer én gang hvert 20. år i perioden 1981-2010. Bemærk også at denne indikator kappes ved 60 stormfloder per 20 år.

20-årshændelse



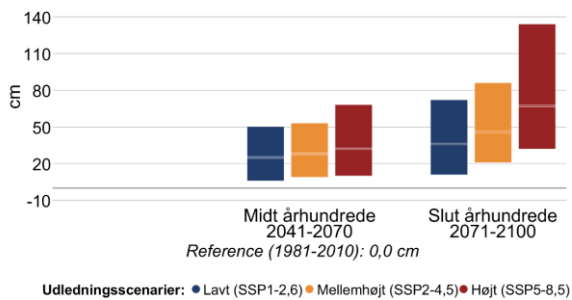
100-årshændelse



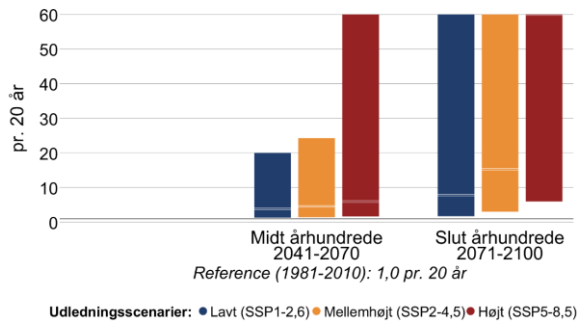
Figur 11 Højden af 20- (venstre) og 100-års (højre) stormflodhændelser for Vadehavskyst nordlig i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010).

5.2 Femern Bælt

Middelvandstand

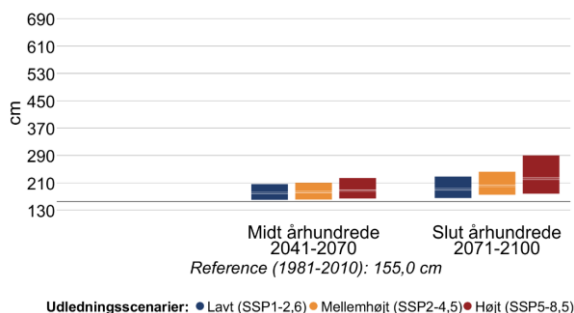


Hyppeghed af nuværende stormfloder

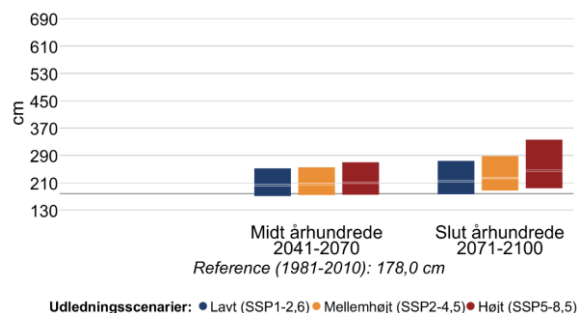


Figur 12 Ændring i middelvandstand (venstre) og hyppigheden af stormflod for Femern Bælt i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). En stormflod defineres her som en forhøjet vandstand, der statistisk set kun forekommer én gang hvert 20. år i perioden 1981-2010. Bemærk også at denne indikator kappes ved 60 stormfloder per 20 år.

20-årshændelse



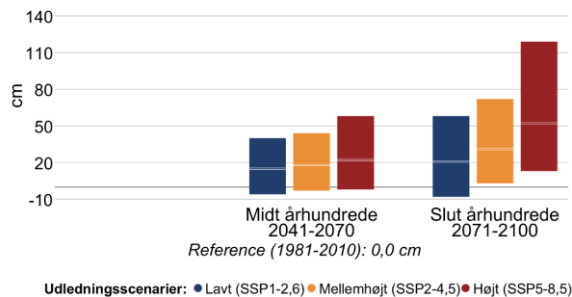
100-årshændelse



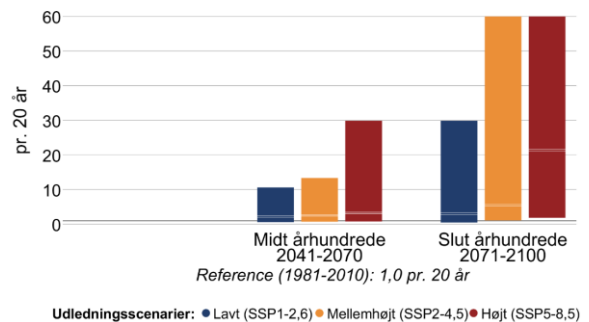
Figur 13 Højden af 20- (venstre) og 100-års (højre) stormflodhændelser for Femern Bælt i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010).

5.3 Nordsjællands kyst

Middelvandstand

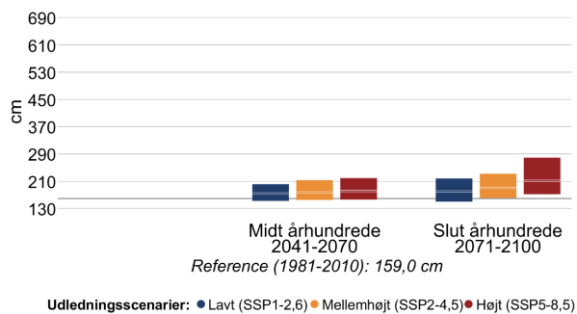


Hyppeghed af nuværende stormfloder

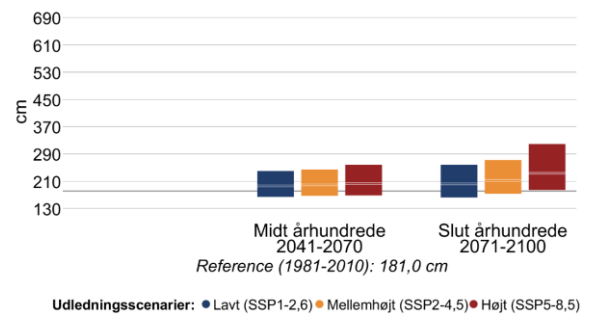


Figur 14 Ændring i middelvandstand (venstre) og hyppigheden af stormflod for Nordsjællands kyst i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010). En stormflod defineres her som en forhøjet vandstand, der statistisk set kun forekommer én gang hvert 20. år i perioden 1981-2010. Bemærk også at denne indikator kappes ved 60 stormfloder per 20 år.

20-årshændelse



100-årshændelse



Figur 15 Højden af 20- (venstre) og 100-års (højre) stormflodhændelser for Nordsjællands kyst i fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier. Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010).

6 Bilag 1. Oversigtstabel

Den følgende tabel viser en oversigt over de nøgleindikatorer, som bliver præsenteret i denne rapport for Danmark. Data vises for et lavt udledningsscenario (RCP2,6/SSP1-2,6) og et højt udledningsscenario (RCP8,5/SSP5-8,5) i slutningen af århundredet (2071-2100) og sammenlignes med reference perioden (1981-2010). Usikkerheden (10. - 90. percentil) vises i kantede parenteser. Tallene vises som gennemsnit over det "hele året", "vinter" (december, januar, februar) eller "sommer" (juni, juli, august). Data for flere indikatorer, tidsperioder og udledningsscenarioer kan findes for alle kommuner i KlimaAtlas, <http://www.dmi.dk/klimaAtlas>.

Område	Variabel	Indikator	Årstid	Reference (1981-2010)	Lav udledning (2071-2100)	Høj udledning (2071-2100)	Enhed
Danmark	Temperatur	Årstemperatur (ændring)	Hele året	0	1.0 [0.6-1.5]	3.4 [2.8-4.3]	°C
		Hedebølgedage	Hele året	2 [1-3]	3 [2-5]	9 [5-15]	antal dage
		Sommertemperatur	Sommer	15.7 [15.4-15.9]	16.8 [16.4-17.3]	19.2 [18.2-20.2]	°C
		Vintertemperatur	Vinter	1.7 [1.4-2.0]	2.7 [2.0-3.1]	5.2 [4.6-5.8]	°C
Danmark	Nedbør	Sommernedbør (ændring)	Sommer	0	1 [-12-22]	-2 [-17-23]	%
		Vinternedbør (ændring)	Vinter	0	6 [-5-17]	23 [8-41]	%
		10-årshændelse (ændring)	Hele året	0	7 [-14-36]	20 [-1-48]	%
		Antal skybrud (ændring)	Hele året	0	30 [-40-120]	70 [0-170]	%
		Tørre dage (ændring)	Sommer	0	2 [-5-6]	7 [-4-12]	%
		Længste tørre periode (ændring)	Sommer	0	1 [-14-23]	11 [-11-32]	%
Vadehavskyst nordlig	Vandstand	Middelvandstand (ændring)	Hele året	0	34 [7-72]	70 [30-130]	cm
		Hyppighed af nuværende stormfloder	Hele året	1 [0-2]	2 [1-6]	5 [2-25]	antal/20 år
		20-årshændelse	Hele året	371 [354-392]	405 [373-448]	440 [400-530]	cm
		100-årshændelse	Hele året	404 [379-441]	440 [390-510]	470 [410-580]	cm
Femern Bælt	Vandstand	Middelvandstand (ændring)	Hele året	0	36 [11-72]	70 [30-130]	cm
		Hyppighed af nuværende stormfloder	Hele året	1 [0-1]	8 [2-60]	60 [6-60]	antal/20 år
		20-årshændelse	Hele året	155 [148-164]	191 [165-228]	220 [180-290]	cm
		100-årshændelse	Hele året	178 [162-202]	214 [176-274]	250 [190-340]	cm
Nordsjællands kyst	Vandstand	Middelvandstand (ændring)	Hele året	0	21 [-8-58]	50 [10-120]	cm
		Hyppighed af nuværende stormfloder	Hele året	1 [0-2]	3 [1-30]	21 [2-60]	antal/20 år
		20-årshændelse	Hele året	159 [153-169]	180 [150-218]	210 [170-280]	cm
		100-årshændelse	Hele året	181 [167-200]	202 [162-258]	230 [180-320]	cm