



Klimaatlas-rapport

Danmark

v2024b

National Center for Klimaforskning (NCKF) ved DMI

13. november 2024



Danmarks Meteorologiske Institut



Kolofon

Serietitel	DMI-rapport
Titel	Klimaatlas-rapport
Undertitel	Danmark
Forfatter(e)	National Center for Klimaforskning (NCKF) ved DMI
Redaktør	Mark R. Payne
Sprog	Dansk
Emneord	Klima, Klimaatlas, Temperatur, Nedbør, Ekstremnedbør, Skybrud, Stormflod, Vandstand
URL	https://www.dmi.dk/klimaatlas/
ISSN	2445-9127
Version	v2024b
Versionsdato	13. november 2024
Link til hjemmeside	www.dmi.dk/klimaatlas
Copyright	Danmarks Meteorologiske Institut
Kildeangivelse	Dette rapport skal citeres som: DMI (2024).Klimaatlas-rapport. Danmark. v2024b https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022 Klimaatlas data skal citeres som: DMI. (2024). DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima (Projections of climate indicators in Denmark) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022



Indhold

Baggrund	4
Om Klimaatlas	4
Udledningsscenarier	4
Tidsperioder og usikkerheder	5
Vejledning til grafer	5
Highlights: Danmarks fremtidige klima	7
Temperatur	8
Nedbør	10
Vandstand	12
Femern Bælt	13
Nordsjællands kyst	14
Vadehavskyst nordlig	15
Oversigtstabel	16



Baggrund

Følgerne af klimaændringerne opleves forskelligt fra egn til egn. 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 hyppigt anvendte indikatorer, og især med hensyn til temperatur, nedbør og vandstand. Data stammer fra DMI's Klimaatlas (version v2024b), som udeover indholdet i denne rapport indeholder en lang række andre data for det fremtidige danske klima på kommuneniveau. Til sidst i rapporten gives en beskrivelse af Danmarks generelle vejr og klima.

Om Klimaatlas

Klimaatlas leverer ét samlet datagrundlag for det fremtidige danske klima. Klimaatlas er udarbejdet på baggrund af DMI's egne data, internationale samarbejder og viden fra rapporter fra FN's Klimapanel (IPCC). Finansieringen kommer fra Finansloven 2018 og 2022. Klimaindikatorer er udregnet og samlet for hele Danmark, kommuner, alle vandområder (afvandingsområder) og kyststrækninger, i et 1x1km gitter som den højeste opløsning.

Klimaatlas fortæller ikke i sig selv noget om effekterne af klimaændringerne, da data om for eksempel grundvandsspejl, kloakering, afværgenforanstaltninger og andre lokale forhold ikke er del af Klimaatlas. Klimaatlas vil dog kunne være med til at kvantificere f.eks. temperatur- og nedbørsændringer og pege på, hvor problemerne bliver størst. Effektanalyse bør udarbejdes efterfølgende på baggrund af bl.a. data fra Klimaatlas og lokalspecifikke forhold. Læs mere om Klimaatlas her: <https://www.dmi.dk/klima-atlas/om-klimaatlas/>

Udledningsscenarier

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

FN's Klimapanel IPCC baserer sit arbejde på et sæt af udledningsscenarier til udvikling af globale klimamodeller. IPCC's femte hovedrapport og særrapporter fra 2018 og 2019 benyttede de såkaldte RCP-scenarier ("Representative Concentration Pathways"). Den nyeste og sjette hovedrapport fra IPCC (2021-22) bruger et nyt sæt af scenarier kaldet SSP ("Shared Socioeconomic Pathways"). I Klimaatlas er en kombination af disse to sæt af scenarier benyttet, hvor de atmosfæriske indikatorer (f.eks. temperatur, nedbør, vind) er baseret på RCP-scenarierne og vandstand indikatorer er baseret på SSP scenarierne. Læs mere om hvorfor begge sæt udledningsscenarier indgår i Klimaatlas her: <https://www.dmi.dk/klima-atlas/oftestilledespoergsmaal>

Klimaatlas giver dig mulighed for at se, hvordan klimaet i Danmark ventes at ændre sig under tre udvalgte scenarier fra IPCC's arbejde - et lavt (RCP2,6/SSP1-2,6), et mellemhøjt (RCP4,5/SSP3-4,5) og et højt (RCP8,5/SSP5-8,5) udledningsscenarie. Vejledning i hvilket scenarie, der er relevant ved forskellige projekter, findes i "Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier" - udarbejdet af DMI



i samarbejde med Miljøstyrelsen, september 2018. Se mere på:

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

Tidsperioder og usikkerheder

Data i Klimaatlas er som regel præsenteret som gennemsnit i perioder af 30 år. I Klimaatlas er Danmarks nuværende klima defineret ved gennemsnittet for 'referenceperioden' 1981-2010. Perioden er udgangspunktet for fremskrivninger og for data, der viser relative ændringer. Klimaatlas præsenterer data for fire tidsperioder: 1981-2010, 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100.

Data for fremtidens klima i Danmark i Klimaatlas er baseret på op til 72 forskellige klimamodeller. Modellerne der beregner klimaet kan sammenlignes, da de dækker samme geografiske område og indeholder samme mængde drivhusgas i atmosfæren.

Beregningerne af fremtidens klima er forbundet med usikkerheder. Disse usikkerheder kan ses i spredningen af resultater mellem modellerne. I Klimaatlas er intervallerne for usikkerhed angivet for de enkelte indikatorer som en søjle i figurerne og i datatabellerne.

Usikkerheden er givet som 10- og 90-percentiler omkring medianværdien (50%). For indikator gennemsnitstemperatur 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

Her beskrives, hvordan figurerne i Klimaatlas skal læses. Graferne samler information for hver indikator og angiver usikkerhedsintervaller for alle udledningsscenarier og alle tidsperioder. Det er mest sandsynligt, at ændringen ligger omkring medianen, mens de øvre og nedre bud giver et billede af, hvor stor usikkerheden er. Værdierne for alle perioder og scenarier kan findes i Klimaatlas (<http://www.dmi.dk/klimaatlas>).



Figur 1. Skitse af graferne i Klimaatlas. Eksempel på ændring i middelvandstand på tværs af Danmark.

I dette hypotetiske eksempel (figur 1), der viser ændring i middelvandstand på tværs af Danmark, er det bedste bud (den fuldt optrukne streg) ved slutningen af århundrede under et meget højt udledningsscenarie (SSP5-8,5) en middelvandstandsstigning på 59cm. Det nedre bud på 30cm (10.-percentilen) og det øvre bud på 118cm (90.-percentilen) danner søljens nederste og øverste grænser og kan også læses af figuren. Den forventede ændring i middelvandstand er dermed 59cm med et usikkerhedsinterval fra 30cm til 118cm.

På figuren findes også referenceværdien. Denne tal er værdien under referenceperioden (1981-2010) og kan benyttes til at give kontekst til ændringerne. I denne tilfælde er referenceværdien 0 cm, da figuren viser ændring ift. referenceperioden.

Alle tal, som ligger bag ved graferne, kan også hentes i Klimaatlas. Et udvalg af tallene findes også til sidst i denne rapport (se oversigtstabel).



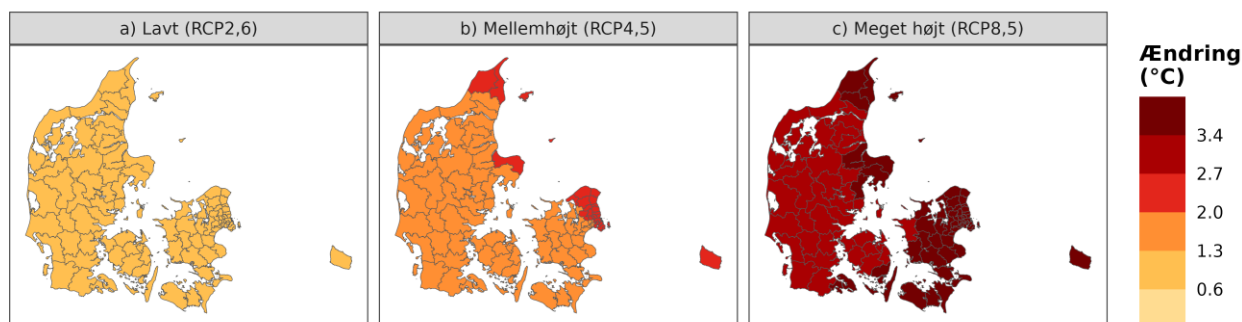
Highlights: Danmarks fremtidige klima

Alle tal er de 'bedste bud' på værdier i slutningen af århundredet (2071-2100) under et mellemhøjt udledningsscenarie (RCP4,5/SSP2-4,5) og er i forhold til reference perioden 1981-2010. Tal for andre udledningsscenarier, tidsperioder og indikatorer samt usikkerhedsgrænser kan findes i oversigtstabellen til sidst i rapporten eller i Klimaatlas, <http://www.dmi.dk/klimaatlas>.

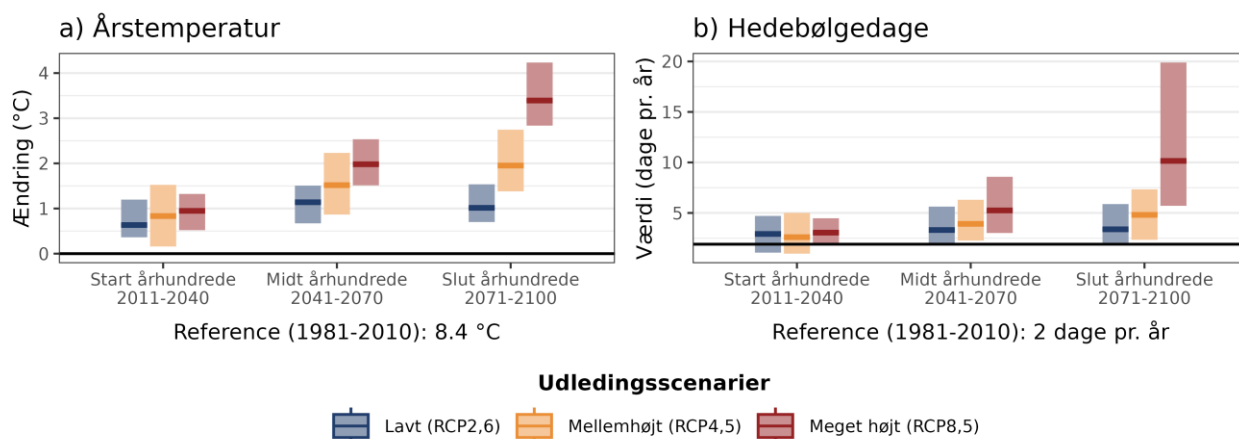
- Gennemsnitstemperaturen stiger med ca. 2,0 °C over hele landet. Der vil ikke være store regionale forskelle.
- Temperaturen kommer under frysepunktet omkring 50 dage per år, sammenlignet med ca. 80 dage i reference perioden. Vækstsæsonen bliver næsten 2 måneder længere og vil vare omkring 10 måneder.
- Antallet af hedebløddage stiger fra 2 til 5 dage per år som et gennemsnit. Varmebølger kan blive mere almindelige om sommeren. Vi kan forvente ca. 20 dage med varmebølge fremover, sammenlignet med kun 9 i dag.
- Om vinteren stiger mængden af nedbør med knap 12 %. 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 andet år.

Temperatur

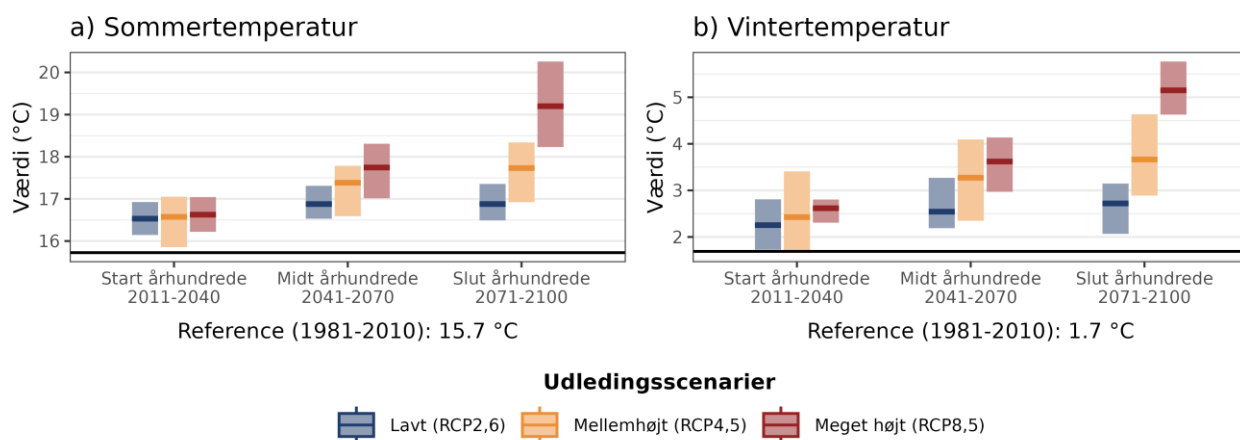
Siden 1870'erne er den gennemsnitlige temperatur i Danmark steget med ca. 1,5 °C. I 30-årsperioden fra 1981 til 2010 var årstemperaturen for Danmark som helhed 8,3 °C. Det er generelt koldest centralt i Jylland og varmest ved kysterne.



Figur 2. Ændring i gennemsnitstemperatur (°C) hen over året mellem 1981-2010 og 2071-2100 i et a) lavt, b) mellemhøjt og c) højt udledningsscenarie.



Figur 3. Fremtidens a) ændring i gennemsnitstemperatur ift. 1981-2010 og b) antallet af hedebløddage hen over året under forskellige udledningsscenarier i Danmark. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010).



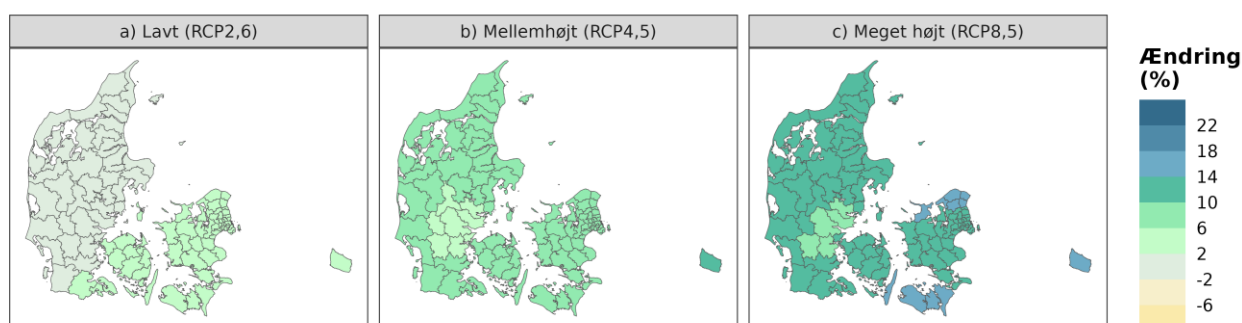
Figur 4. Fremtidens gennemsnitstemperatur for a) sommer (jun-aug) og b) vinter (dec-feb) under forskellige udledningsscenarier i Danmark. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010).

Nedbør

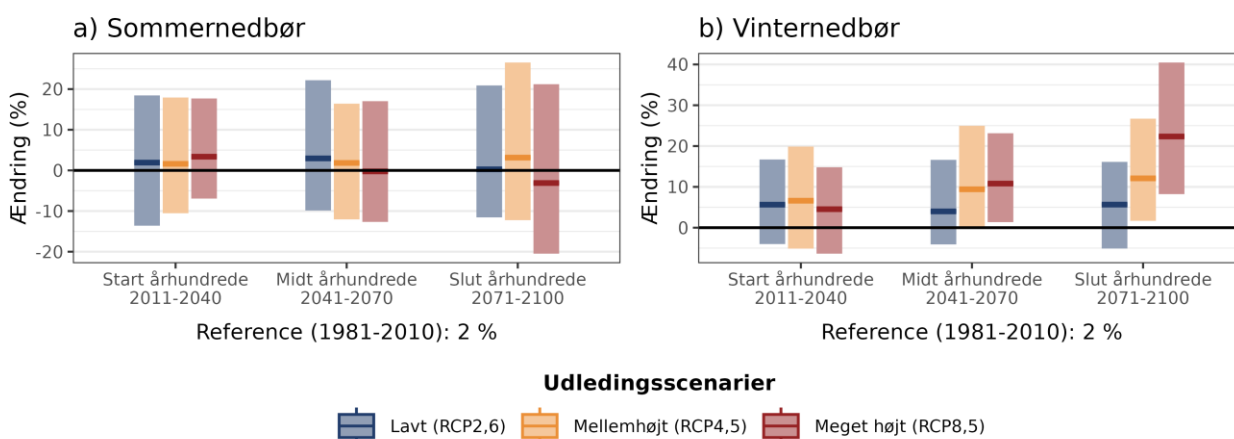
Den gennemsnitlige årlige nedbør i Danmark har ændret sig siden 1870'erne og er steget med ca. 100 mm. I 30-års-perioden fra 1981 til 2010 var årsnedbøren for landet som helhed 746 mm. Gennemsnitligt regner det mest i Midtjylland og mindst i Kattegatregionen.

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. Klimaatlaser viser, hvor meget regn en 2-, 5-, 10-, 20-, 50- og 100-årshændelse svarer til for både time- og døgnsnedbør, nu og i fremtiden.

Skybrud defineres som mere end 15 mm nedbør på 30 minutter i Danmark. I Klimaatlaser 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.

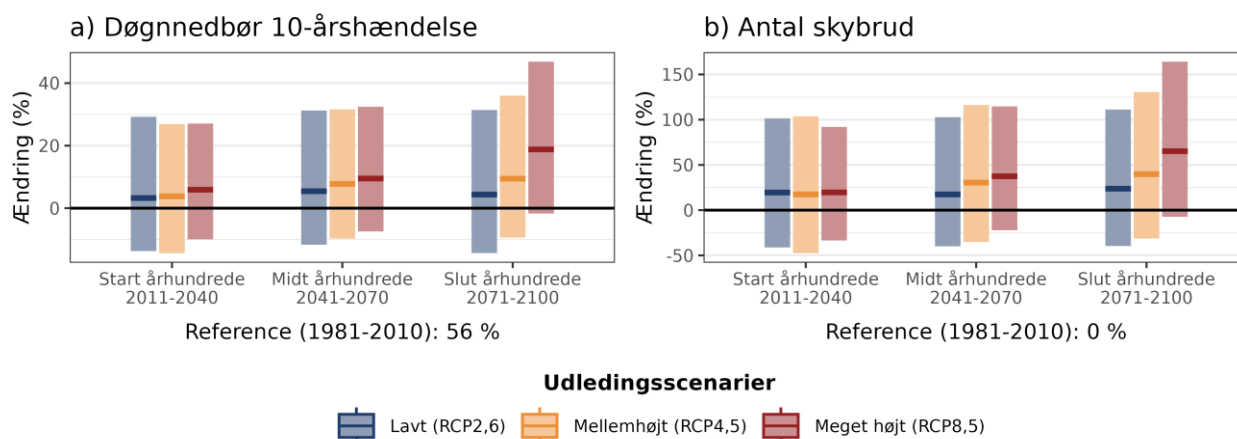


Figur 5. Den procentvise ændring mellem 1981-2010 og 2071-2100 i den gennemsnitlige mængde nedbør hen over året for hele Danmark i et a) lavt, b) mellemløjt og c) højt udledningsscenarie.

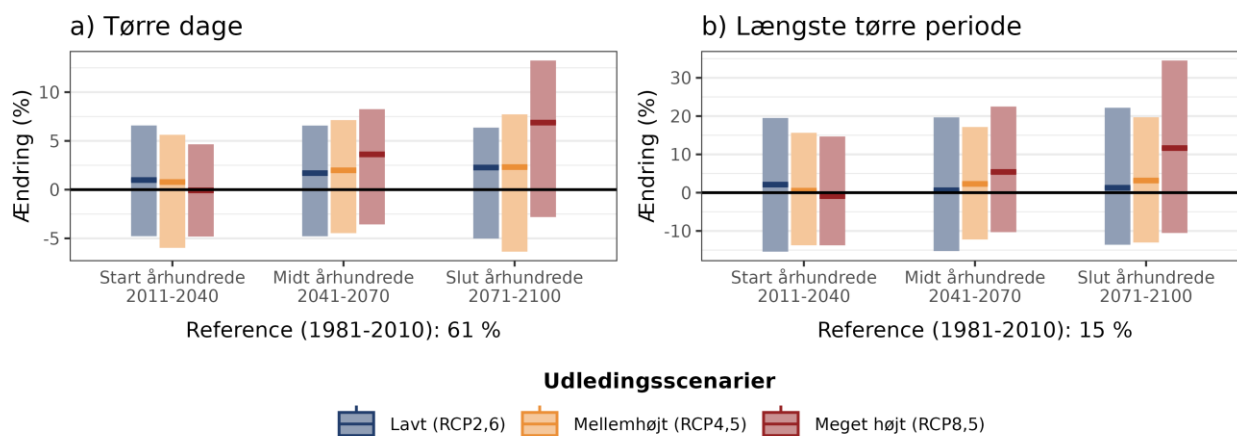


Figur 6. Procentvis ændring af middelnedbør a) om sommeren (jun-aug) og b) om vinteren (dec-feb) ift. referenceperioden 1981-2010 under forskellige udledningsscenarier i Danmark.

Bemærk, at de forventede ændringer i sommernedbør skiller sig ud fra de øvrige indikator, 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.



Figur 7. Procentvis ændring af a) 10-årshændelsen for døgnsnedbør og b) frekvensen af skybrud hen over året ift. 1981-2010 under forskellige udledningsscenarier i Danmark.

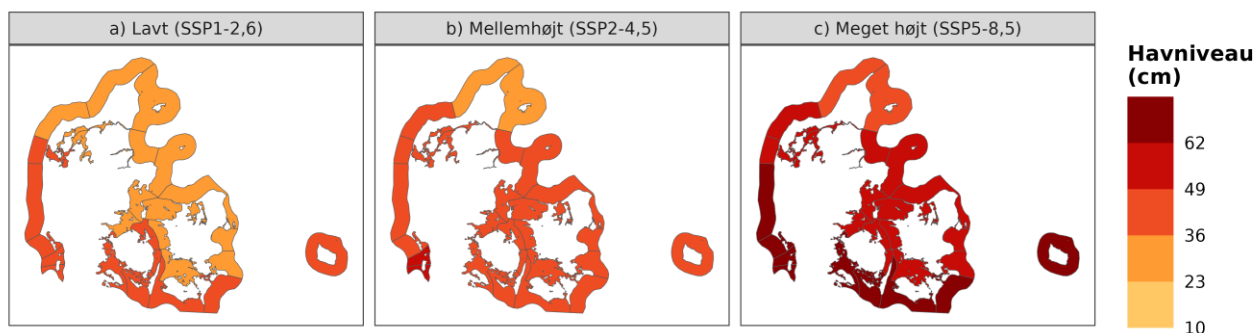


Figur 8. Procentvis ændring af a) tørre dage (mindre end 1 mm nedbør) og b) længden af den længste sammenhængende tørre periode om sommeren (jun-aug) ift. 1981-2010 under forskellige udledningsscenarier i Danmark.

Vandstand

Det gennemsnitlige havniveau omkring Danmark er steget cirka 2 mm om året over det 20. århundrede. Både på kloden som helhed og omkring Danmark forventes stigningen at fortsætte i fremtiden.

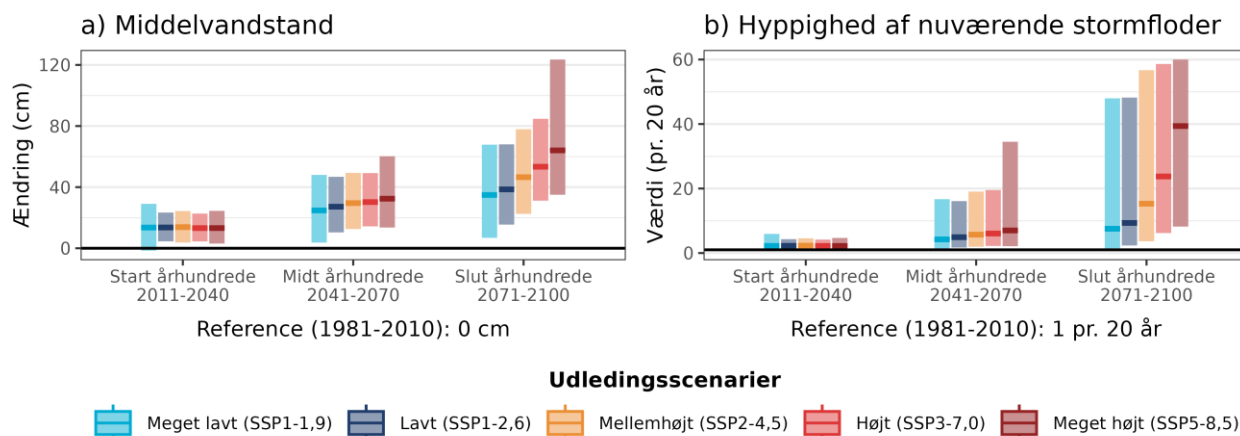
I KlimaAtlas er beregninger af fremtidens havniveau omkring Danmark baseret på tal for det globale havniveau kombineret med viden om landhævning i Danmark. Statistisk analyse af vandstandsobservationer fra Kystdirektoratet og tal fra klimamodeller kombineret med viden om generelle vandstandsstigninger 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.



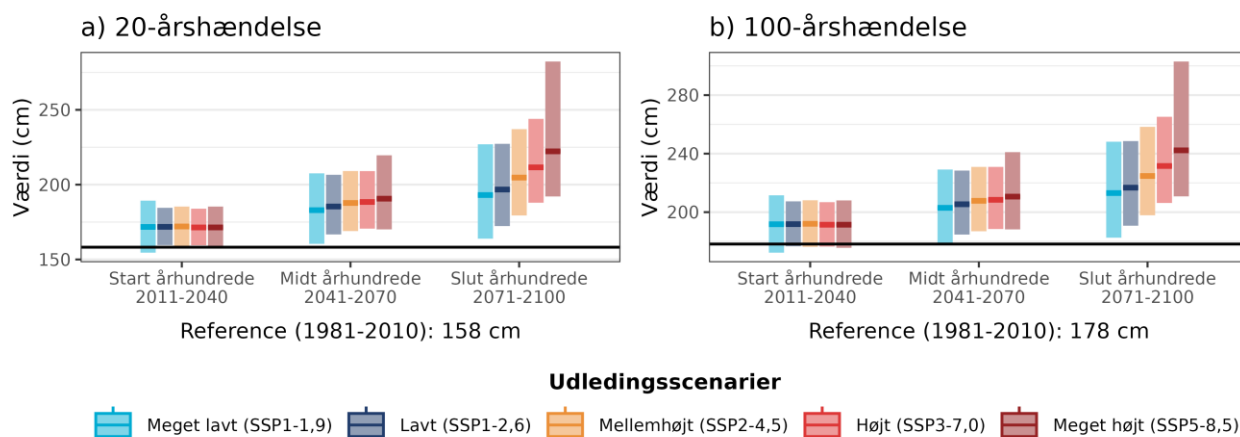
Figur 9. Ændring mellem 1981-2010 og fremtidsperioden 2071-2100 i middelvandstand (cm) for hele Danmark i et a) lavt, b) mellemhøjt og c) højt udledningsscenarie.

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

Femern Bælt

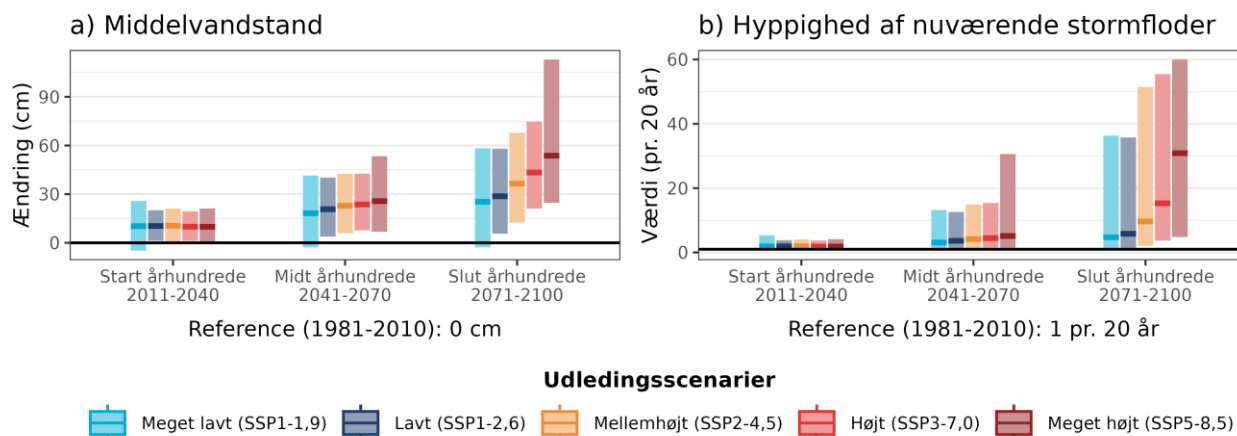


Figur 10. Fremtidens a) ændring i middelvandstand ift. referenceperioden 1981-2010 og b) hyppigheden af en nuværende 20-års stormflod for Femern Bælt under forskellige udledningsscenarioer. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010). Bemærk også at denne indikator maksimalt viser 60 stormfloder per 20 år, selv hvis de beregnede værdier bliver endnu højere.

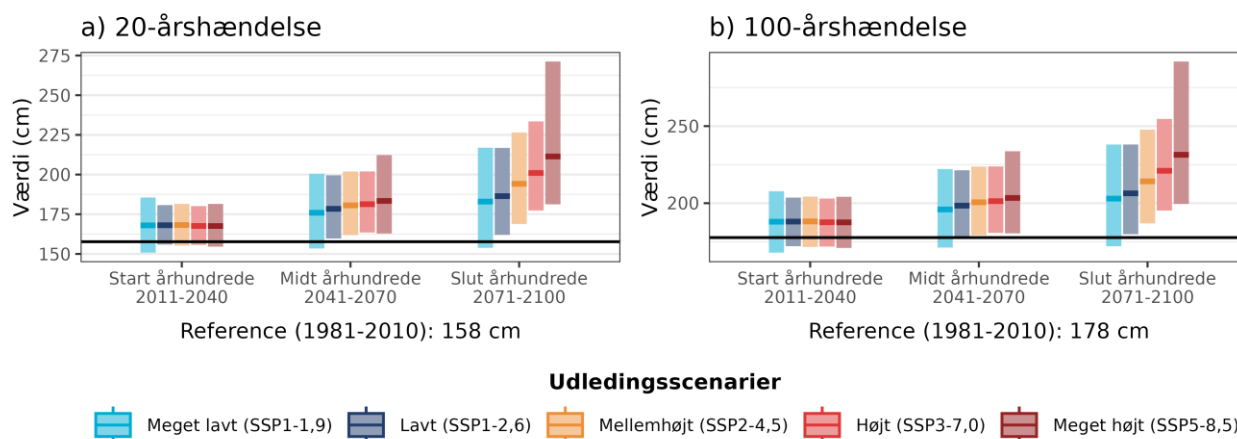


Figur 11. Fremtidens højde af a) 20- og b) 100-års (højre) stormflodhændelser for Femern Bælt under forskellige udledningsscenarioer. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010).

Nordsjællands kyst

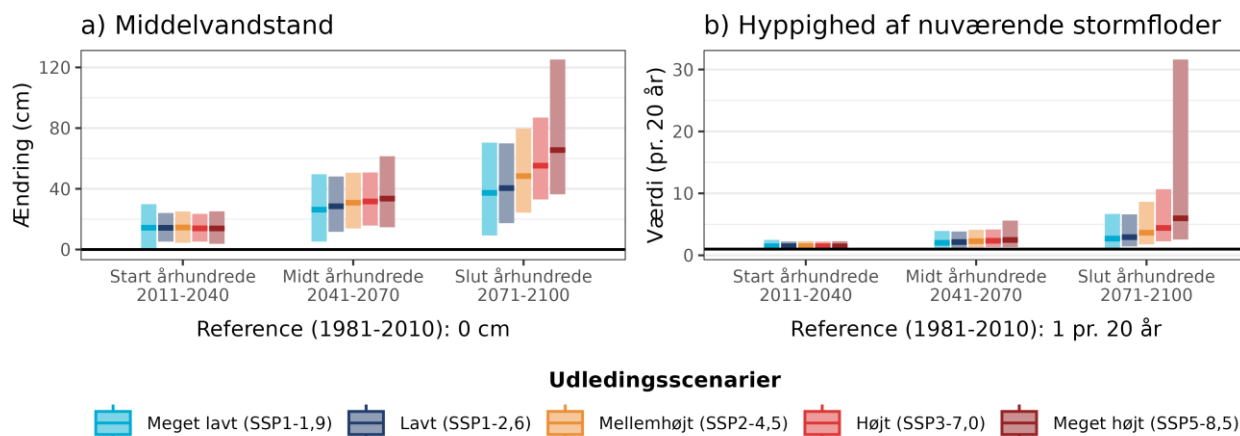


Figur 12. Fremtidens a) ændring i middelvandstand ift. referenceperioden 1981-2010 og b) hyppigheden af en nuværende 20-års stormflod for Nordsjællands kyst under forskellige udledningsscenarier. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010). Bemærk også at denne indikator maksimalt viser 60 stormfloder per 20 år, selv hvis de beregnede værdier bliver endnu højere.

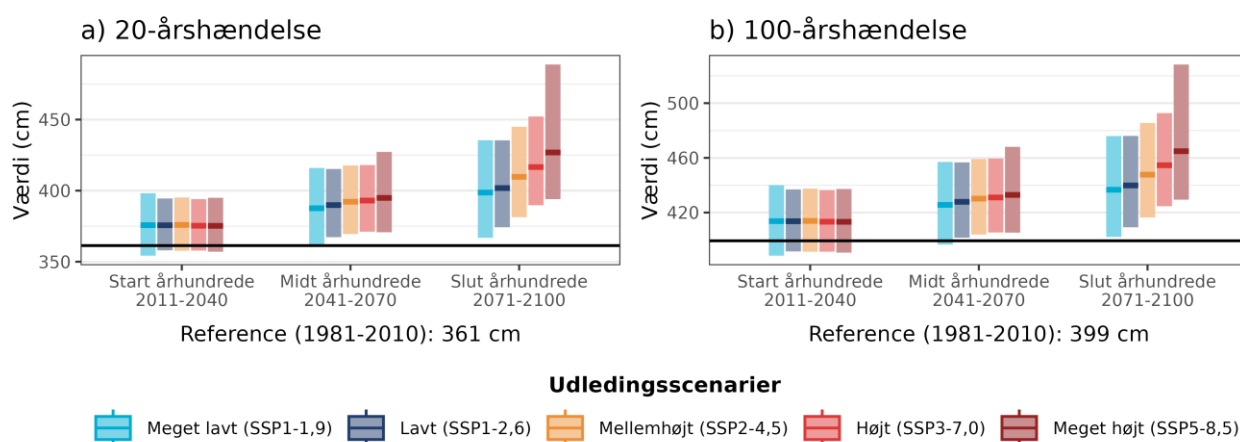


Figur 13. Fremtidens højde af a) 20- og b) 100-års (højre) stormflodhændelser for Nordsjællands kyst under forskellige udledningsscenarier. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010).

Vadehavskyst nordlig



Figur 14. Fremtidens a) ændring i middelvandstand ift. referenceperioden 1981-2010 og b) hyppigheden af en nuværende 20-års stormflod for Vadehavskyst nordlig under forskellige udledningsscenarioer. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010). Bemærk også at denne indikator maksimalt viser 60 stormfloder per 20 år, selv hvis de beregnede værdier bliver endnu højere.



Figur 15. Fremtidens højde af a) 20- og b) 100-års (højre) stormflodhændelser for Vadehavskyst nordlig under forskellige udledningsscenarioer. Den sorte linje viser værdien for referenceperioden (1981-2010).



Oversigtstabel

Tabel 1. Fremtidens klima i Danmark. Data vises for et lavt (RCP2,6/SSP1-2,6), mellemhøjt (RCP4,5/SSP2-4,5) og meget højt udledningsscenarie (RCP8,5/SSP5-8,5) i slutningen af århundredet (2071-2100) og referenceperioden (1981-2010). Usikkerheden (10. - 90. percentil) vises i kantede parenteser. Tallene vises som gennemsnit over "hele året", "vinter" (dec., jan., feb.) eller "sommer" (jun., jul., aug.). Flere data findes i Klimaatlas.

	Indikator	Årstid	Reference (1981-2010)	Udledningsscenarie (2071-2100)			Enhed
				Lavt	Mellemhøjt	Meget højt	
Danmark	Årstemperatur (ændring)	Hele året	0	1.0 [0.7-1.5]	2.0 [1.4-2.7]	3.4 [2.8-4.2]	°C
	Hedebølgedage	Hele året	2 [1-3]	3 [2-6]	5 [2-7]	10 [6-20]	dage pr. år
	Sommertemperatur	Sommer	15.7 [15.4-15.9]	16.9 [16.5-17.4]	17.7 [16.9-18.3]	19.2 [18.2-20.3]	°C
	Vintertemperatur	Vinter	1.7 [1.4-2.0]	2.7 [2.1-3.1]	3.7 [2.9-4.6]	5.1 [4.6-5.8]	°C
	Sommernedbør (ændring)	Sommer	0	0 [-12-21]	3 [-12-27]	-3 [-20-21]	%
	Vinternedbør (ændring)	Vinter	0	6 [-5-16]	12 [2-27]	22 [8-40]	%
	Døgnnedbør 10-årshændelse (ændring)	Hele året	0	4 [-14-31]	9 [-9-36]	19 [-2-47]	%
	Antal skybrud (ændring)	Hele året	0	24 [-40-111]	40 [-31-131]	65 [-7-164]	%
	Tørre dage (ændring)	Sommer	0	2 [-5-6]	2 [-6-8]	7 [-3-13]	%
	Længste tørre periode (ændring)	Sommer	0	1 [-14-22]	3 [-13-20]	12 [-11-35]	%
Femern Bælt	Middelvandstand (ændring)	Hele året	0	39 [15-68]	47 [23-78]	64 [35-124]	cm
	Hyppighed af nuværende stormfloder	Hele året	1 [0-1]	9 [2-48]	15 [4-57]	39 [8-60]	pr. 20 år
	20-årshændelse	Hele året	158 [150-166]	197 [172-227]	205 [179-237]	222 [192-282]	cm
	100-årshændelse	Hele året	178 [166-190]	217 [191-249]	225 [198-258]	242 [211-303]	cm
Nordsjællands kyst	Middelvandstand (ændring)	Hele året	0	29 [6-58]	36 [12-68]	54 [25-113]	cm
	Hyppighed af nuværende stormfloder	Hele året	1 [0-2]	6 [1-36]	10 [2-51]	31 [5-60]	pr. 20 år
	20-årshændelse	Hele året	158 [150-166]	186 [162-217]	194 [169-226]	211 [181-271]	cm
	100-årshændelse	Hele året	178 [165-190]	206 [180-238]	214 [187-248]	231 [200-292]	cm



	Indikator	Årstid	Reference (1981-2010)	Udledningsscenarie (2071-2100)			Enhed
				Lavt	Mellemhøjt	Meget højt	
Vadehavskyst nordlig	Middelvandstand (ændring)	Hele året	0	40 [17-70]	48 [24-80]	66 [36-125]	cm
	Hyppighed af nuværende stormfloder	Hele året	1 [1-1]	3 [1-7]	4 [2-9]	6 [3-32]	pr. 20 år
	20-årshændelse	Hele året	361 [346-377]	402 [374-435]	410 [381-445]	427 [394-489]	cm
	100-årshændelse	Hele året	399 [379-420]	440 [409-476]	448 [416-486]	465 [429-528]	cm