



Danmarks Klimacenter rapport 12-04

Fremtidige klimaforandringer i Danmark





Kolofon

Serietitel:

Danmarks Klimacenter rapport

Titel:

Fremtidige klimaforandringer i Danmark

Forfattere:

Martin Olesen, Tina Christensen, Ole Bøssing Christensen, Kristine Skovgaard Madsen, Katrine Krogh Andersen, Jens Hesselbjerg Christensen, Anne Mette Jørgensen

Forsidefoto:

Anne Christine Imer Eskildsen

Ansvarlig institution:

Danmarks Meteorologiske Institut

Sprog:

Dansk

Emneord:

Temperatur, nedbør og havniveau

Url:

www.dmi.dk/dmi/dkc12-04.pdf

Digital ISBN:

ISSN:

978-87-7478-616-0

Versions dato:

06.11.12

Link til hjemmeside:

www.dmi.dk

Copyright:



Indhold:

| | |
|--|----|
| Resumé..... | 4 |
| Abstract | 4 |
| 1 Forventninger fra FN's Klimapanel (IPCC) til fremtidens klima..... | 5 |
| 2 Nye IPCC klimascenarier i 2013/14 | 5 |
| 3 Danmarks fremtidige klima | 6 |
| 3.1 Temperatur | 6 |
| 3.2 Nedbør..... | 7 |
| 3.3 Havniveau | 8 |
| 3.4 Ekstremer og specifikke klimaparametre..... | 9 |
| 4 Vidensgrundlag | 11 |
| 5 Referencer | 13 |



Resumé

På baggrund af nyeste danske og europæiske scenarieberegninger har DMI beskrevet forventede fremtidige klimaforandringer i Danmark med fokus på 2050. Vurderingen af fremtidige klimaforandringer er baseret på de scenarier, der ligeledes anvendes af FN's klimapanel IPCC, og forandringerne må forventes at tiltage frem mod 2100.

Klimasimuleringer og forståelsen af de usikkerheder, der er forbundet hermed, bliver løbende forbedret. DMI har beregnet tallene i tabellerne her, og de er de nyeste tal baseret på EU-studier hvor en række klimasimuleringer er gennemført med flere regionale klimamodeller¹. Vurderingerne af fremtidige klimaændringer bliver væsentligt mere robuste, end hvis tallene kun baseres på en enkelt klimamodel.

Fremtidige globale havniveaustigninger afhænger af afsmeltningen af sne og is samt vandets opvarmning. Størrelsen af isafsmeltningen er forbundet med stor usikkerhed. De her beskrevne havniveaustigninger er det bedste estimat skønnet af DMI og GEUS ud fra eksisterende studier.

Ved specifik planlægning, vurdering og risiko-analyse i forbindelse med klimatilpasning, er det vigtigt at overveje om hele spektret af værdier, som angivet ved usikkerhedsintervallet, skal medtages, i stedet for alene det angivne bedste estimat.

Abstract

DMI has estimated the expected climate change in Denmark based on latest Danish and European scenario calculations focusing on 2050. The assessment of future climate change is based on the scenarios used by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and changes are expected to increase towards the end of this century.

Climate Simulations and understanding of associated uncertainties are constantly being improved. DMI here presents the latest results based on European studies where a number of climate simulations performed with several regional climate models (ENSEMBLES project). Projection of future climate change based on an ensemble of climate models is more robust than estimates based on a single model.

Global sea level rise depends on melting of snow and ice on land and ocean heating. The amount of melting ice is associated with great uncertainties. The calculated sea level rise is the current best estimate from DMI and GEUS from existing studies.

For specific planning, assessment and risk analysis of climate adaptation, it is important to consider the full range estimate as indicated by the uncertainty interval, instead of simply considering the best estimate.

¹ Et ensemble af 14 modelkørsler indgår for 2050 og et ensemble af 8 modelkørsler for 2100



1 Forventninger fra FN's Klimapanel (IPCC) til fremtidens klima

FN's klimapanel IPCC konkluderede i sin fjerde og seneste hovedrapport fra 2007, at det meste af den observerede globale opvarmning siden midten af det 20. århundrede med mere end 90 % sandsynlighed skyldes menneskeskabte drivhusgasser. Det er endvidere meget sandsynligt, at fortsatte udledninger i samme eller større omfang end det nuværende vil medføre yderligere opvarmning og bevirke mange ændringer i det globale klimasystem, som vil være større end dem, vi har set i løbet af det 20. århundrede. Basisskønnet fra IPCC er en global temperaturstigning mellem 1,8 og 4,0 °C i det sidste årti af det 21. århundrede i forhold til perioden 1980-1999.

En række internationale vurderinger af landenes nuværende målsætninger for drivhusgasreduktioner frem mod 2050 peger på, at de nuværende målsætninger vil medføre en global opvarmning på omkring 3,5 °C i forhold til det før-industrielle niveau frem mod slutningen af det 21. århundrede. (Nations Environment Programme (UNEP), november 2011).

Indskrænkningen i udbredelsen af havis og afsmeltningen fra de store iskapper og gletsjere må forventes at fortsætte og muligvis tiltage i hastighed. Øget afsmeltning fra iskapper og opvarmning af havene vil bidrage til et stigende havniveau. Forekomsten af vejr- og klimaekstremer forventes at blive øget, hvilket bl.a. sandsynligvis vil betyde kraftigere og hyppigere varme- og hedebølger, kraftigere nedbørshændelser og længere tørkeperioder mange steder.

Som fælles udgangspunkt for klimatilpasningsindsatsen i Danmark er det siden 2010 anbefalet at anvende klimascenariet A1B fra FN's klimapanel IPCC for perioden frem mod 2050, da der kun er mindre forskelle mellem de forskellige klimascenarier på dette relativt korte sigte. For perioden frem mod 2100 er klimamodellernes fremskrivninger i langt højere grad afhængige af hvilket udslipsscenario, der anvendes. Med udgangspunkt i den nationale klimatilpasningsstrategi fra 2008 er der ud over resultater for A1B (et middelscenarie) beskrevet resultater for to øvrige IPCC SRES-scenarier: B2 (et middellavt) og A2 (et middelhøjt scenarie) for at illustrere spredningen. DMI har endvidere gennemført beregninger for et scenarie, der er konstrueret med henblik på, at globale menneskeskabte temperaturstigninger ikke overstiger 2 °C i forhold til før-industrielt tid. Dette scenarie betegnes nedenfor 2C.

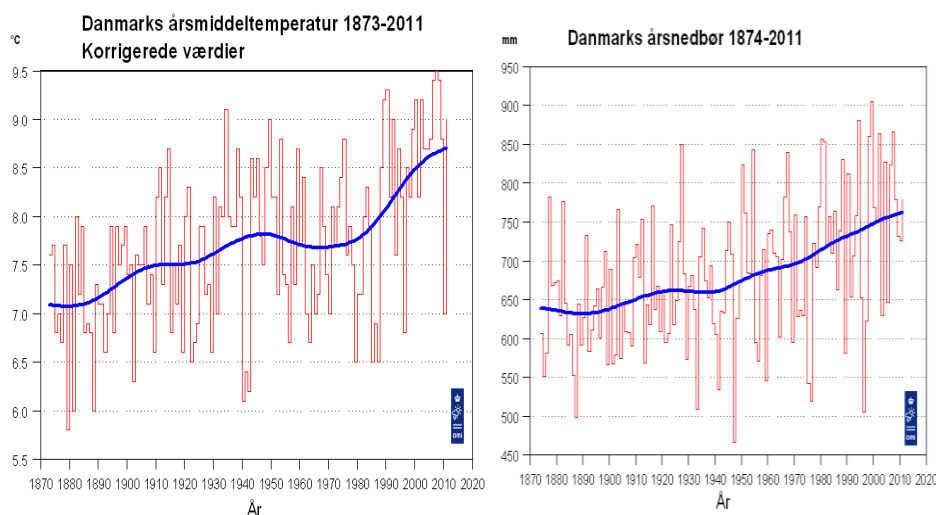
2 Nye IPCC klimascenarier i 2013/14

Forud for arbejdet med IPCC's femte hovedrapport, der udkommer i løbet af 2013 og 2014, er defineret en række nye repræsentative udslipsscenarier, RCP-scenarierne (Representative Concentration Pathways), som erstatter de hidtidige SRES standardscenarier. I modsætning til SRES-scenarierne er de nye scenarier specifikt formuleret som stabiliseringsscenarier, som således inddrager effekten af klimapolitiske beslutninger. Formålet med de nye scenarier er i højere grad at imødekomme beslutningstagernes behov for at kunne vurdere konsekvenserne af de forventede klimaændringer under forskellige grader af global opvarmning, og på baggrund heraf ligeledes kunne vurdere passende tilpasnings- og reduktionstiltag. Der foretages i disse år en lang række sammenlignende modelstudier baseret på de nye scenarier med de mest opdaterede klimamodeller. Disse beregninger vil bl.a. danne grundlag for den kommende hovedrapport fra IPCC, og de vil således fremover udgøre referencerammen for projektioner af fremtidens klima på globalt og regionalt niveau.

3 Danmarks fremtidige klima

Danmark får i fremtiden et varmere og generelt vådere vejr med flere ekstremer. Danmark kan således forvente mere regn særligt om vinteren, og om sommeren får vi formentlig både længere tørkeperioder og kraftigere regnskyll. Temperaturen i landet vil stige; særligt forventes mildere vintre, hvilket bl.a. betyder, at planternes vækstsæson bliver forlænget. Somrene vil blive varmere, og der kan komme flere og længere hede- og varmebølger. Vi vil sandsynligvis se en stigning i stormstyrken specielt over Nordsøen. De fremtidige ændringer i vindklimaet i Danmark er dog generelt dårligere bestemt end forholdene for temperatur og nedbør. Endelig forventes en generel vandstandsstigning i havene omkring Danmark.

Den hidtidige målte klimaudvikling i Danmark er særligt siden midten af det 20. århundrede godt i tråd med de forventede fremtidige forandringer, selv om ændringerne er lidt større end forventet ud fra klimamodellernes estimater. Således er temperaturen i Danmark steget med ca. 1,5 °C siden 1870. Ligeledes er den årlige nedbør på landsplan de sidste 150 år steget med omkring 100 mm samtidig med, at der har været en stigende tendens i antallet og intensiteten af kraftige nedbørshændelser. Der er formentlig både et bidrag fra tilfældige klimavariationer og fra menneskeskabte påvirkninger i disse ændringer.



Figur 1. Danmarks årlige middeltemperatur siden 1873 (venstre) og Danmarks årsnedbør siden 1874 (højre). Værdierne er beregnede landsgennemsnit på basis af et antal udvalgte målestationer. Den blå kurve repræsenterer gennemsnittet over 9 år. (Kilde: DMI)

DMI foretager løbende beregninger af de forventede klimaændringer i Danmark. Et målrettet studie omhandlende de fremtidige ændringer i vindklimaet i Danmark vil være til rådighed ultimo 2012. Alle nedenstående ændringer er angivet i forhold til klimanormalperioden 1961-1990, som er defineret af WMO (World Meteorological Organization).

3.1 Temperatur

Fremtidig global opvarmning vil ligeledes medføre opvarmning i Danmark i tråd med den udvikling, som allerede er målt. Omkring 2050 forventes en temperaturstigning på omkring 0,9 °C om sommeren og 1,5 °C om vinteren i forhold til perioden 1961-1990, se Tabel 1. I slutningen af det 21. århundrede forventes temperaturstigninger i forhold til referenceperioden på 1,5-2,6 °C om sommeren og 2,3-3,8 °C om vinteren, afhængigt af emissionsscenarioet. Middeltemperaturerne stiger generelt mest om vinteren og mindst om sommeren.

| | 2050 | 2100 | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | A1B | A1B | A2 | B2 | 2C |
| Årstid | Temperatur | Temperatur | Temperatur | Temperatur | Temperatur |
| Årsmiddel | 1,2°C (± 0,2°C) | 2,9°C (± 0,3°C) | 3,2°C (± 0,3°C) | 2,5°C (± 0,2°C) | 1,9°C (± 0,2°C) |
| Forår | 1,1°C (± 0,2°C) | 2,7°C (± 0,3°C) | 2,9°C (± 0,3°C) | 2,3°C (± 0,3°C) | 1,8°C (± 0,2°C) |
| Sommer | 0,9°C (± 0,1°C) | 2,2°C (± 0,2°C) | 2,6°C (± 0,2°C) | 2,0°C (± 0,2°C) | 1,5°C (± 0,1°C) |
| Efterår | 1,4°C (± 0,1°C) | 3,1°C (± 0,3°C) | 3,4°C (± 0,3°C) | 2,7°C (± 0,2°C) | 2,1°C (± 0,2°C) |
| Vinter | 1,5°C (± 0,2°C) | 3,5°C (± 0,3°C) | 3,8°C (± 0,3°C) | 3,0°C (± 0,3°C) | 2,3°C (± 0,2°C) |

Tabel 1. Temperaturændringer for Danmark. Temperaturangivelsen er ændringer i grader Celsius i forhold til referenceperioden 1961-1990. Fremskrivningen 2050 dækker over gennemsnittet af perioden 2021-2050, og tilsvarende dækker 2100 over gennemsnittet over perioden 2071-2100. Tallene for 2050 er for A1B-scenariet, mens tallene for 2100 er angivet for hvert af de fire scenarier A1B, A2, B2 og 2C. Tallene i parentes angiver usikkerheden (standardafvigelsen) på ensemblemiddelværdien, som fremkommer ud fra midling over ensemblet af klimamodelkørsler.

3.2 Nedbør

Den globale opvarmning forøger atmosfærens indhold af vanddamp, hvilket fører til en stigning i den globale nedbør. Også for Danmark peger klimamodellerne på, at den globale opvarmning medfører et ændret nedbørsmønster både med hensyn til mængden og intensiteten af nedbøren.

Frem mod slutningen af det 21. århundrede viser modelstudier generelt en tendens til mere nedbør i de nordligste dele af Europa, herunder i Danmark, hvor den største stigning ses om vinteren, se Tabel 2. Den forventede stigning i vinternedbøren slår sandsynligvis igennem allerede inden for det kommende halve århundrede. Der ses ligeledes tendenser til en forøgelse af nedbøren i både forårs- og efterårsmånederne, mest signifikant hen mod slutningen af det 21. århundrede. Omvendt giver beregningerne forskellige resultater, hvad angår ændringen i nedbøren om sommeren. Model-eksperimenterne tegner et billede af, at Danmark i fremtiden vil komme til at ligge på grænsen mellem to zoner, hvor mængden af sommernedbør i det nordlige Skandinavien generelt stiger, mens den falder i det centrale, østlige og sydlige Europa. Dette fremgår også af tabelværdierne, hvor spændet i modelresultaterne generelt er relativt stor for nedbøren, og særligt om sommeren.

| | 2050 | 2100 | | | |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A1B | A1B | A2 | B2 | 2C |
| Årstid | Nedbør | Nedbør | Nedbør | Nedbør | Nedbør |
| Årsmiddel | + 7 % (± 3 %) | + 14 % (± 6 %) | + 15 % (± 7 %) | + 11 % (± 6 %) | + 9 % (± 4 %) |
| Forår | + 4 % (± 3 %) | + 14 % (± 6 %) | + 16 % (± 7 %) | + 12 % (± 5 %) | + 9 % (± 4 %) |
| Sommer | + 4 % (± 4 %) | + 5 % (± 8 %) | + 5 % (± 9 %) | + 3 % (± 7 %) | + 2 % (± 5 %) |
| Efterår | + 7 % (± 3 %) | + 9 % (± 5 %) | + 10 % (± 6 %) | + 8 % (± 5 %) | + 7 % (± 4 %) |
| Vinter | + 11 % (± 3 %) | + 25 % (± 6 %) | + 27 % (± 7 %) | + 21 % (± 5 %) | + 17 % (± 4 %) |

Tabel 2. Nedbørsændringer for Danmark. Nedbørsændringerne er angivet som procentvise ændringer i forhold til referenceperioden 1961-1990. Fremskrivningen 2050 dækker over gennemsnittet af perioden 2021-2050, og tilsvarende dækker 2100 over gennemsnittet over perioden 2071-2100. Tallene for 2050 er for A1B-scenariet mens tallene for 2100 er angivet for hvert af de fire scenarier A1B, A2, B2 og 2C. Tallene i parentes angiver usikkerheden (standardafvigelsen) på ensemble-middelværdien i procentpoint som fremkommer ud fra midling over ensemblet af klimamodelkørsler.

3.3 Havniveau

Havniveauet ved alle danske kyster undtagen i Nordjylland er stigende, og stigningerne forventes at blive kraftigere i de næste 100–200 år på grund af klimaforandringer. I 2050 forventes havspejlet omkring Danmark at stige med $0,3 \pm 0,2$ m i forhold til i dag. Stigningsraten er forbundet med en del usikkerhed, især på grund af usikkerhed i bidraget fra smeltende gletsjere og iskapper. Frem til år 2100 forventes havspejlet omkring Danmark at stige $0,8 \pm 0,6$ m og maksimalt 1,5 m i forhold til i dag. Stigningen kompenseres delvist af landhævninger, særligt for nordlige områder, ligesom der er mindre forskelle i havspejlsændringerne mellem landsdelene. Ændringerne i havniveau vil sammen med ændrede vindmønstre føre til øgede stormflodshøjder, særligt i Vadehavet.

| Forventet stigning i havvandstand | 2050 | 2100 |
|---|-----------------|-----------------|
| Middelvandstandsstigning | $0,3 \pm 0,2$ m | $0,8 \pm 0,6$ m |
| Lokale forhold | | |
| Landhævning (størst i Nordjylland) | -(0,0-0,10) m | -(0,0-0,20) m |
| Vindbidrag, stormflod, indre farvande | 0 m | 0 m |
| Vindbidrag, stormflod, jyske vestkyst | 0,10 m | 0,3 m |
| Estimat for stormflod, i alt, Vadehavet | $0,4 \pm 0,2$ m | $1,1 \pm 0,6$ m |
| Estimat for stormflod, i alt, Nordjyllands vestkyst | $0,3 \pm 0,2$ m | $0,9 \pm 0,6$ m |



| | | |
|--|-------------------|-----------------|
| Estimat for stormflod, i alt, Indre farvande | $0,25 \pm 0,25$ m | $0,7 \pm 0,7$ m |
|--|-------------------|-----------------|

Det største bidrag til ændringer i stormflodshøjder forventes at blive den generelle ændring i havniveauet og effekten på kystlinjen af de ændrede vindretninger. Derudover estimeres det, at stormflodshøjden langs den jyske vestkyst kan øges med 0,3 m frem mod år 2100 på grund af ændrede vindmønstre, mens der ikke forventes øget amplitude i de indre danske farvande. Den øgede vandstand har stor betydning for, hvor ofte en given tærskelværdi vil blive overskredet. Ved København er en 400 års hændelse i dag på 1,7 m. Hvis middelvandstanden stiger 0,8 m, skal stormflodsbidraget være 0,9 m for at opnå samme vandstand. Denne hændelse vil statistisk set forekomme ca. hvert 1-2 år. Ved Esbjerg er en 400 års hændelse i dag på 4,35 m. Hvis middelvandstanden stiger 0,8 m og der er yderligere 0,3 m vandstandsstigning ved den jyske vestkyst pga. øget vindbidrag, skal stormflodsbidraget være 3,25 m for at opnå samme vandstand. Denne hændelse vil statistisk set forekomme ca. hvert 7-10 år.

Ud over stigninger i havniveau betyder klimaændringerne, at de danske farvande vil blive varmere og mindre salte.

3.4 Ekstremer og specifikke klimaparametre

Beregninger med klimamodeller viser, at en øget drivhuseffekt fører til ændringer i hyppighed, intensitet og varighed af ekstreme vejrbegebenheder. Danmark får flere og længerevarende hedeølger, især på regionalt plan. Vi får ændrede nedbørsmønstre med somre præget af længere tørre perioder og flere kraftige nedbørshændelser, og vintrene vil generelt være præget af øget nedbør. Antallet af frostdøgn vil falde drastisk, mens vækstsæsonen vil blive længere. Ændringerne i havniveau vil sammen med ændrede vindmønstre føre til øgede stormflodshøjder, særligt i Vadehavet.

De samme tendenser gør sig gældende på verdensplan som det fremgår af IPCCs specialrapport om ekstremer: verden får højere temperaturer, flere, længere og kraftigere hedeølger, flere kraftige nedbørshændelser, flere tørker og stigende havniveau.

Vi kan forvente flere kraftige nedbørshændelser om sommeren i Danmark på trods af, at somrene sandsynligvis bliver mere tørre over store dele af det europæiske kontinent. Endvidere kan vi forvente, at de kraftigste nedbørshændelser bliver endnu kraftigere, og at det er de mest ekstreme hændelser som øges mest. Dette kan blandt andet illustreres ved en første analyse baseret på årsmaksima for nedbør fra 13 regionale klimamodeller. Den viser, at en hændelse, som i klimaet svarende til 1961-1990 forekommer hvert 10. år i gennemsnit, vil forekomme med en hyppighed på 6,7 år i klimaet svarende til 2021-2050, og med 5,7 års hyppighed i klimaet svarende til 2071-2100. Tilsvarende vil en nutidig 100-årshændelse forekomme hvert 49. år i 2021-2050-klimaet og hvert 41. år i 2071-2100-klimaet. Disse tal er behæftet med usikkerhed men illustrerer alligevel de generelle konklusioner: De største ændringer forekommer for de voldsomste og sjældneste begebenheder, og ændringerne bliver større, som de menneskeskabte klimaændringer vokser.

Data i Tabel 3 er tal for hele landet. Det skal bemærkes, at ekstremværdier baseret på gitterpunktsmodeller generelt vil være mindre end observerede ekstremer, der normalt bygger på punktmålinger: Til ethvert tidspunkt kender modellen kun til middelværdier over de ca. 25km x 25km, som udgør en gitterboks. Denne tendens er især tydelig for kraftig nedbør, der har en stor rumlig variabilitet. På portalen klimatilpasning.dk findes mere detaljerede data i kortform. Det skal yderligere bemærkes, at de modelbaserede ændringer i klimaparametre vil have en lavere usikkerhed end, hvad der fremgår for periodeværdierne i Tabel 3; dette skyldes, at fx en model, der er varmere end gennemsnittet i nutiden også normalt vil være varmere i fremtiden.

De mest iøjnefaldende ændringer i tabellen ses for indices, der er defineret i forhold til overskridelser af bestemte grænseværdier, såsom antal frostdøgn og nedbørshændelser over 20mm. Danmarks geografiske placering, hvor vi har gennemsnitstemperaturer under 0 grader i en enkelt måned om året, gør antallet af frostdøgn til en meget følsom parameter over for en generel opvarmning. Dette afspejles yderligere i en kraftig reduktion i antallet af frysepunktpassager, hvilket er relevant for fx vejsaltning, og i det gennemsnitlige snedække om vinteren, som også reduceres kraftigt mod slutningen af århundredet.

Som det fremgår af Tabel 1 ovenfor, er opvarmningen i Danmark størst om vinteren men ikke væsensforskellig fra sommeropvarmningen. Dette illustreres i de betydelige ændringer, der ses i forekomsten af hedeølger. Grænseværdien på 28 °C overskrides sjældent i det nuværende klima, men den forventede opvarmning på et par grader vil øge antallet af overskridelser drastisk.

| | 1990 | 2050 | 2100 |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Frostdøgn | 85 d/år (± 8 d/år) | 61 d/år (± 7 d/år) | 29 d/år (± 5,3 d/år) |
| Vækstsæson | 230 d/år (± 11 d/år) | 270 d/år (± 12 d/år) | 300 d/år (± 11 d/år) |
| Varme sommernætter | 8 d/år (± 4 d/år) | 13 d/år (± 4 d/år) | 44 d/år (± 13 d/år) |
| Nedbørshændelser > 10 mm | 19 d/år (± 2 d/år) | 22 d/år (± 2 d/år) | 26 d/år (± 3 d/år) |
| Nedbørshændelser > 20 mm | 2 d/år (± 0,3 d/år) | 3 d/år (± 0,5 d/år) | 5 d/år (± 0,7 d/år) |
| Årets største døgnsomme | 70 mm (± 8 mm) | 75 mm (± 8 mm) | 81 mm (± 10 mm) |
| Årets største 5-døgnsomme | 94 mm (± 6 mm) | 100 mm (± 5 mm) | 108 mm (± 7 mm) |
| Middelintensitet af nedbør | 5,0 mm/d (± 0,2 mm/d) | 5,2 mm/d (± 0,2 mm/d) | 5,6 mm/d (± 0,2 mm/d) |
| Hedeølgedage | 1,5 d/år (± 0,6 d/år) | 2,8 d/år (± 1,0 d/år) | 5,0 d/år (± 2,6 d/år) |
| Længste hedeølge | 3,2 d (± 0,7 d) | 4,2 d (± 0,9 d) | 5,6 d (± 1,9 d) |
| Varmeølgedage | 5,8 d (± 1,4 d) | 8,7 d (± 2,2 d) | 13,9 d (± 4,7 d) |
| Længste varmeølge | 6,9 d/år (± 1,1 d/år) | 8,2 d/år (± 1,4 d/år) | 10,1 d/år (± 3,3 d/år) |

Tabel 3. Klimaparametre for Danmark. En række klimaparametre er angivet for 1990, 2050 og 2100. Tallene i de tre kolonner repræsenterer midler over perioderne: 1961-1990, 2021-2050 og 2071-2100. Alle tal er fra modelkørsler med opløsning 25 x 25 km, og derfor vil de beregnede ekstremværdier generelt være mindre end observerede ekstremer, der normalt vil bygge på punktmålinger. Til fremskrivningerne er benyttet A1B-scenariet. Usikkerheden angiver den ensemble-baserede standardafvigelse på ensemble-middelværdien af 14 klimamodelkørsler for 1990 og 2050 og 8 kørsler for 2100. Bemærk, at der ikke er taget højde for, at 1990-værdierne kan være lidt forskellige, afhængigt af, om det er de 8 eller de 14 kørsler, der benyttes. Definitionerne for de enkelte klimaparametre er beskrevet i det følgende.

Frostdøgn

Antallet af døgn om året hvor laveste temperatur er under frysepunktet.

Vækstsæson

Vækstsæsonens længde er antallet af dage fra årets første 6 sammenhængende dage med daglige middeltemperaturer over 5 °C til årets sidste 6 sammenhængende dage med daglige middeltemperaturer over 5 °C.



Varme sommernætter

Antallet af om sommernætter om året hvor temperaturen om natten er over 20 °C.

Nedbørshændelser > 10mm

Antallet af døgn om året med mere end 10 mm nedbør.

Nedbørshændelser > 20mm

Antallet af døgn om året med mere end 20 mm nedbør.

Årets største døgnssum

Samlet mængde nedbør i det døgn på året med mest nedbør i det gitterpunkt, hvor værdien er størst.

Årets største 5-døgnssum

Samlet mængde nedbør over de 5 sammenhængende døgn på året med mest nedbør midlet over Danmark.

Middelintensitet af nedbør

Middelnedbør for alle døgn med mere end 1 mm daglig nedbør.

Hedebølgedage

Antallet af årlige landsdækkende hedebølgedage. En hedebølge er defineret ved at midlet af de højeste registrerede temperaturer målt over tre sammenhængende dage overstiger 28 °C. Ved en landsdækkende hedebølge, har mindst halvdelen af landet hedebølge.

Længste hedebølge

Længden af den længste hedebølge midlet over en 30 års periode.

Varmebølgedage

Antallet af årlige landsdækkende varmebølgedage. En varmebølge er defineret ved at midlet af de højeste registrerede temperaturer målt over tre sammenhængende dage overstiger 25 °C. Ved en landsdækkende varmebølge, har mindst halvdelen af landet varmebølge.

Længste varmebølge

Længden af den længste varmebølge midlet over en 30 års periode.

4 Vidensgrundlag

Det nuværende vidensgrundlag for klimatilpasningsindsatsen, som er præsenteret ovenfor, er baseret på IPCC's SRES-scenarier. Der er behov for en stadig opdatering af det vidensgrundlag som understøtter de lokale klimatilpasningsindsatser og de kommende handlingsplaner. Uden en sådan opdatering vil de danske klimatilpasningsbeslutninger i løbet af nogle år skulle træffes på et forældet grundlag.

En række modeleksperimenter med de nye RCP-scenarier udføres i disse år frem mod IPCC's femte hovedrapport med globale klimamodeller. Der vil således snart være omfattende modeldata til rådighed på global skala med de nye scenarier, og det vil være relevant at datagrundlaget for klimatilpasningsindsatsen løbende opdateres så det afspejler den nyeste viden.

Den danske klimatilpasningsindsats bør dog også fremover baseres på data fra regionale modeller,



heriblandt den danske HIRHAM-model, der er gennemtestet og verificeret grundigt for Danmark. Globale modeller ikke giver den fornødne opløsning og kvalitet af data for det danske område.

Tilsvarende er der behov for løbende at opdatere datagrundlaget for klimaændringers effekter på vandkredsløbet. Med et nyt grundlag med hensyn til klimamodeller og RCP-scenarier samt løbende forbedringer af den nationale vandressourcemodel (DK-modellen) er der mulighed for at reducere usikkerhederne i forudsigelserne af klimaeffekter på grundvandsdannelse og grundvandsstand samt på overfladevand, herunder oversvømmelser.

Det må forventes at der løbende opnås en bedre forståelse af hvilke specifikke behov for data der er lokalt og i forskellige sektorer for understøttelse af klimatilpasningsindsatsen, samt hvorledes der kan fremskaffes yderligere vidensgrundlag til dækning af disse behov.



5 Referencer

Boberg F (2010): Weighted scenario temperature and precipitation changes for Denmark using probability density functions for ENSEMBLES regional climate models. Danish Climate Centre Report 10-03, <http://www.dmi.dk/dmi/dkc10-03.pdf>

Cappelen J (ed.) (2011a): DMI Daily Climate Data Collection 1873-2010, Denmark, The Faroe Islands and Greenland - including Air Pressure Observations 1874-2010 (WASA Data Sets). DMI Technical Report 11-06, Danish Meteorological Institute, <http://www.dmi.dk/dmi/tr11-06.pdf>

Cappelen J (ed.) (2011b): DMI Monthly Climate Data Collection 1768-2010, Denmark, The Faroe Islands and Greenland. DMI Technical Report 11-05, Danish Meteorological Institute, <http://www.dmi.dk/dmi/tr11-05.pdf>

Cappelen, J (2011e): Ekstrem nedbør i Danmark – opgørelser og analyser foråret 2011. DMI Teknisk rapport: 11-13, Danmarks Meteorologiske Institut, <http://www.dmi.dk/dmi/tr11-13.pdf>

Christensen JH, Boberg F, Christensen OB, Lucas-Picher P (2008): On the need for bias correction of regional climate change projections of temperature and precipitation. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L20709, doi:10.1029/2008GL035694

Christensen JH, Räisänen J, Iversen T, Bjørge D, Christensen OB, Rummukainen M (2001): A synthesis of regional climate change simulations – A Scandinavian perspective. *Geophys. Res. Lett.*, VOL.28, NO. 6, P. 1003, doi:10.1029/2000GL012196.

Christensen JH, Hewitson B, Busuioc A, Chen A, Gao X, Held I, Jones R, Kolli RK, Kwon W-T, Laprise R, Magaña Rueda V, Mearns L, Menéndez CG, Räisänen J, Rinke A, Sarr A, Whetton P (2007): Regional Climate Projections, Chapter 11 in: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA

IPCC/DMI (2008): *Klimaændringer 2007: Synteserapport – sammendrag for beslutningstagere*. Intergovernmental Panel on Climate Change og Danmarks Meteorologiske Institut.

IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp

van der Linden P, Mitchell JFB (eds) (2009): *ENSEMBLES: Climate change and its impacts at seasonal, decadal and centennial timescales. Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, Exeter, United Kingdom

Tidligere rapporter fra Danmarks Meteorologiske Institut kan findes på adressen:
<http://www.dmi.dk/dmi/dmi-publikationer.htm>



Data:

ENSEMBLES 2009, <http://ensemblesrt3.dmi.dk/>