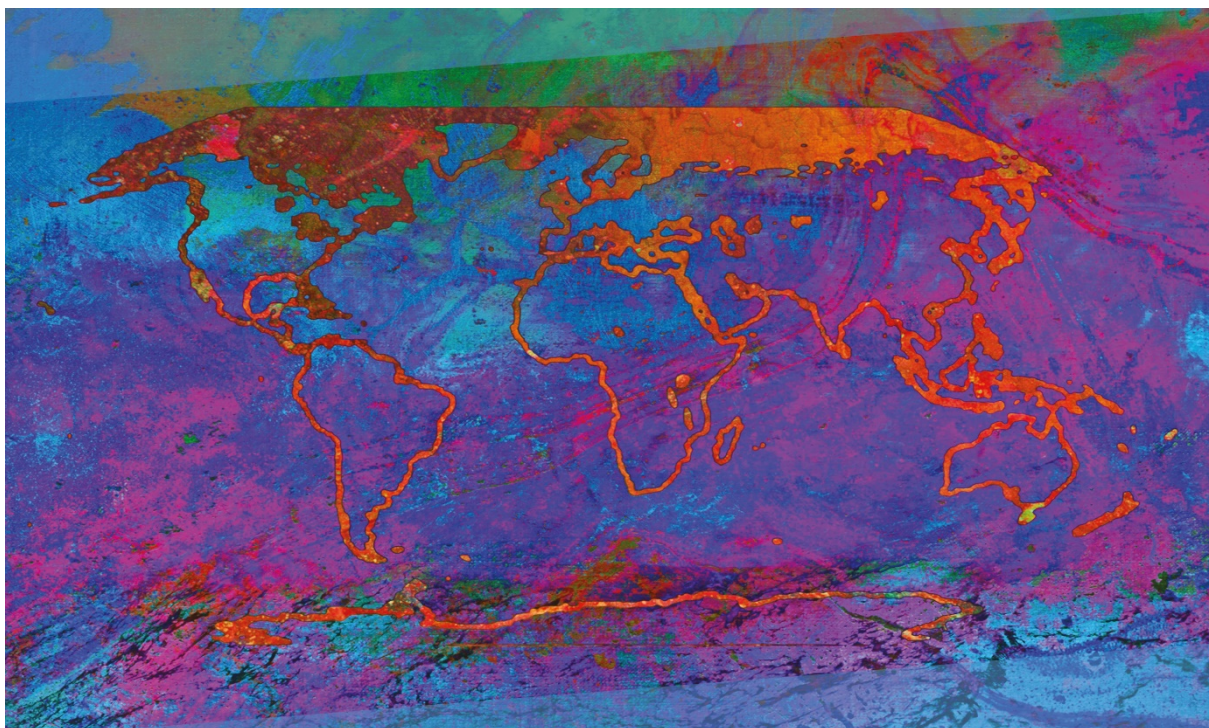


Klimat i förändring 2021

Den naturvetenskapliga grunden

Sammanfattning för beslutsfattare, Arbetsgrupp I
bidrag till den sjätte utvärderingsrapporten (AR6)
från FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC



Omslagets konstnärliga verk: Changing av Alisa Singer,
www.environmentalgraphiti.org © 2021 Alisa Singer.

ISSN: 1624-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 65, 2021

Klimat i förändring 2021 - Den naturvetenskapliga grunden

Sammanfattning för beslutsfattare, Arbetsgrupp I bidrag till den sjätte utvärderingsrapporten (AR6) från FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC

Denna översättning är utförd av SMHI som är Sveriges nationella kontaktpunkt för IPCC och är inte en officiell IPCC-översättning.

Såsom ett av FN:s organ publicerar IPCC sina rapporter på de sex officiella FN-språken (arabiska, kinesiska, engelska, franska, ryska, spanska). Versioner på dessa språk finns för nedladdning på www.ipcc.ch. För mer information kontakta IPCC:s sekretariat (Adress: 7bis Avenue de la Paix, C.P. 2300, 1211 Geneva 2, Switzerland; e-post ipcc-sec@wmo.int)

Rapporten kan laddas ner på svenska från SMHI:s hemsida <https://www.smhi.se/klimat/ipcc>
Den engelska originalversionen av detta dokument kan hämtas i elektronisk form på IPCC:s hemsida <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

Denna sida är avsiktligt blank

Inledning

Denna sammanfattning för beslutsfattare ("Summary for Policymakers", SPM) presenterar centrala resultat från Arbetsgrupp I:s ("Working Group I", WGI) del av IPCC:s sjätte kunskapsutvärdering ("Assessment Report 6", AR6), av klimatförändringens naturvetenskapliga grund. Rapporten bygger vidare på WGI:s del i IPCC:s AR5 från 2013 och de IPCC specialrapporter som utgetts 2018-2019 som en del av klimatpanelens sjätte kunskapsutvärderingscykel, och införlivar ny evidens från klimatvetenskapen.

Denna SPM ger en övergripande sammanfattning av förståelse av klimatets aktuella tillstånd inklusive dess förändring och mänsklig påverkan bakom detta, kunskapsläget om möjliga framtida klimat, om klimatinformation för regioner och sektorer och om att begränsa den antropogena (av människan orsakade) klimatförändringen.

Med vetenskaplig förståelse som grund, kan de övergripande resultaten anges som obestridliga fakta eller förknippas med en bedömd konfidensnivå som uttrycks med IPCC:s kalibrerade terminologi.

Den vetenskapliga grunden till samtliga huvudslutsatser finns i den underliggande rapportens kapitel och i den integrerade syntesen i rapportens tekniska sammanfattning ("Technical Summary", TS), och indikeras med klammerparenteser. Den interaktiva Atlasen i AR6/WGI underlättar utforskning av dessa huvudsakliga sammanfattade resultat, samt tillhörande information om klimatförändringen över de referensregioner som används i WGI.

Introduction

This Summary for Policymakers (SPM) presents key findings of the Working Group I (WGI) contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report (AR6) on the physical science basis of climate change. The report builds upon the 2013 Working Group I contribution to the IPCC's Fifth Assessment Report (AR5) and the 2018–2019 IPCC Special Reports of the AR6 cycle and incorporates subsequent new evidence from climate science.

This SPM provides a high-level summary of the understanding of the current state of the climate, including how it is changing and the role of human influence, the state of knowledge about possible climate futures, climate information relevant to regions and sectors, and limiting human-induced climate change.

Based on scientific understanding, key findings can be formulated as statements of fact or associated with an assessed level of confidence indicated using the IPCC calibrated language.

The scientific basis for each key finding is found in chapter sections of the main Report and in the integrated synthesis presented in the Technical Summary (hereafter TS), and is indicated in curly brackets. The AR6 WGI Interactive Atlas facilitates exploration of these key synthesis findings, and supporting climate change information, across the WGI reference regions.

Denna sida är avsiktligt blank

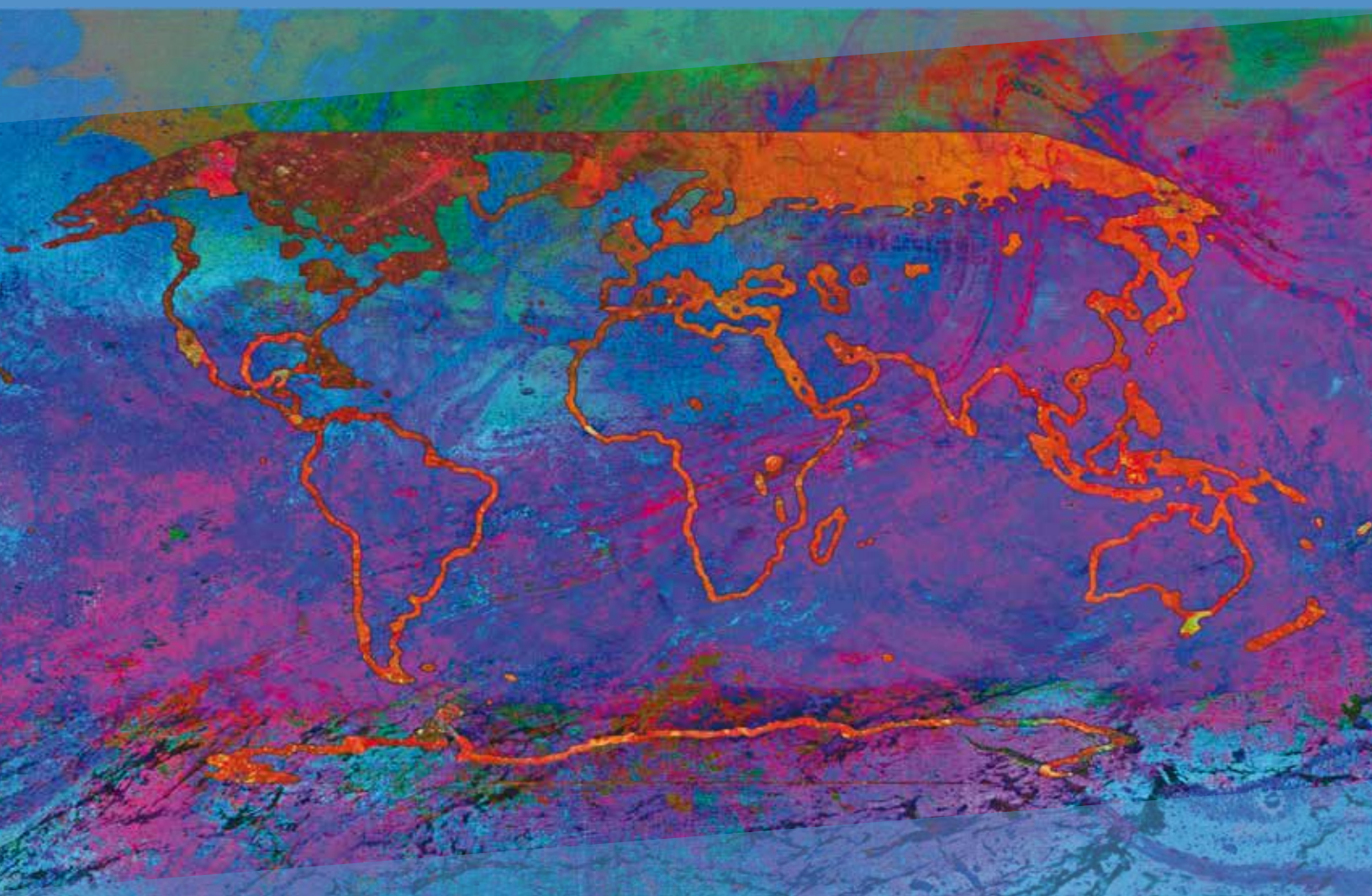
ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Klimat i förändring 2021

Den naturvetenskapliga grunden

Sammanfattning för beslutsfattare



WGI

Arbetsgrupp I bidrag till
den sjätte utvärderingsrapporten (AR6) från
FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC



Denna sida är avsiktligt blank

Klimat i förändring 2021

Den naturvetenskapliga grunden

Arbetsgrupp I bidrag till den sjätte utvärderingsrapporten (AR6) från FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC

Sammanställd av

Valérie Masson-Delmotte

Co-Chair Working Group I

Panmao Zhai

Co-Chair Working Group I

Anna Pirani

Head of TSU

Sarah L. Connors

Head of Science Team

Clotilde Péan

Head of Operations

Yang Chen

Senior Science officer

Leah Goldfarb

Senior Science officer

Melissa I. Gomis

Senior Science officer

J.B.Robin Matthews

Senior Science officer

Sophie Berger

Science Officer

Mengtian Huang

Science Officer

Ozge Yelekçi

Science Officer

Rong Yu

Science Officer

Baiquan Zhou

Science Officer

Elisabeth Lonnoy

Project Assistant

Thomas K. Maycock

Science Editor

Tim Waterfield

IT Officer

Katherine Leitzell

Communication Manager

Nada Caud

Outreach Manager

Working Group I Technical Support Unit

Omslagets konstnärliga verk: *Changing* av Alisa Singer, www.environmentalgraphiti.org © 2021 Alisa Singer.

© 2021 Intergovernmental Panel on Climate Change.

Sammanfattning för beslutsfattare

Denna sida är avsiktligt blank

Sammanfattning för beslutsfattare

Författare:

Richard P. Allan (Storbritannien), Paola A. Arias (Colombia), Sophie Berger (Frankrike/Belgien), Josep G. Canadell (Australien), Christophe Cassou (Frankrike), Deliang Chen (Sverige), Annalisa Cherchi (Italien), Sarah L. Connors (Frankrike/Storbritannien), Erika Coppola (Italien), Faye Abigail Cruz (Filippinerna), Aïda Diongue-Niang (Senegal), Francisco J. Doblas-Reyes (Spanien), Hervé Douville (Frankrike), Fatima Driouech (Marocko), Tamsin L. Edwards (Storbritannien), François Engelbrecht (Sydafrika), Veronika Eyring (Tyskland), Erich Fischer (Schweiz), Gregory M. Flato (Kanada), Piers Forster (Storbritannien), Baylor Fox-Kemper (USA), Jan S. Fuglestad (Norge), John C. Fyfe (Kanada), Nathan P. Gillett (Kanada), Melissa I. Gomis (Frankrike/Schweiz), Sergey K. Gulev (Ryssland), José Manuel Gutiérrez (Spanien), Rafiq Hamdi (Belgien), Jordan Harold (Storbritannien), Mathias Hauser (Schweiz), Ed Hawkins (Storbritannien), Helene T. Hewitt (Storbritannien), Tom Gabriel Johansen (Norge), Christopher Jones (Storbritannien), Richard G. Jones (Storbritannien), Darrell S. Kaufman (USA), Zbigniew Klimont (Österrike/Polen), Robert E. Kopp (USA), Charles Koven (USA), Gerhard Krinner (Frankrike/Tyskland, Frankrike), June-Yi Lee (Republiken Korea), Irene Lorenzoni (Storbritannien/Italien), Jochem Marotzke (Tyskland), Valérie Masson-Delmotte (Frankrike), Thomas K. Maycock (USA), Malte Meinshausen (Australien/Tyskland), Pedro M.S. Monteiro (Sydafrika), Angela Morelli (Norge/Italien), Vaishali Naik (USA), Dirk Notz (Tyskland), Friederike Otto (Storbritannien/Tyskland), Matthew D. Palmer (Storbritannien), Izidine Pinto (Sydafrika/Mozambique), Anna Pirani (Italien), Gian-Kasper Plattner (Schweiz), Krishnan Raghavan (Indien), Roshanka Ranasinghe (Nederländerna/Sri Lanka, Australien), Joeri Rogelj (Storbritannien/Belgien), Maisa Rojas (Chile), Alex C. Ruane (USA), Jean-Baptiste Sallée (Frankrike), Bjørn H. Samset (Norge), Sonia I. Seneviratne (Schweiz), Jana Sillmann (Norge/Tyskland), Anna A. Sörensson (Argentina), Tannecia S. Stephenson (Jamaica), Trude Storelvmo (Norge), Sophie Szopa (Frankrike), Peter W. Thorne (Irland/Storbritannien), Blair Trewin (Australien), Robert Vautard (Frankrike), Carolina Vera (Argentina), Nouredine Yassaa (Algeriet), Sönke Zaehle (Tyskland), Panmao Zhai (Kina), Xuebin Zhang (Kanada), Kirsten Zickfeld (Kanada/Tyskland).

Bidragande författare:

Krishna M. AchutaRao (Indien), Bhupesh Adhikary (Nepal), Edwin Aldrian (Indonesien), Kyle Armour (USA), Govindasamy Bala (Indien/USA), Rondrotiana Barimalala (Sydafrika/Madagaskar), Nicolas Bellouin (Storbritannien/Frankrike), William Collins (Storbritannien), William D. Collins (USA), Susanna Corti (Italien), Peter M. Cox (Storbritannien), Frank J. Dentener (EU/Nederländerna), Claudine Dereczynski (Brasilien), Alejandro Di Luca (Australien, Kanada/Argentina), Alessandro Dosio (Italien), Leah Goldfarb (Frankrike/USA), Irina V. Gorodetskaya (Portugal/Belgien, Ryssland), Pandora Hope (Australien), Mark Howden (Australien), A.K.M Saiful Islam (Bangladesh), Yu Kosaka (Japan), James Kossin (USA), Svitlana Krakovska (Ukraina), Chao Li (Kina), Jian Li (Kina), Thorsten Mauritsen (Tyskland/Danmark), Sebastian Milinski (Tyskland), Seung-Ki Min (Republiken Korea), Thanh Ngo Duc (Vietnam), Andy Reisinger (Nya Zeeland), Lucas Ruiz (Argentina), Shubha Sathyendranath (Storbritannien/Kanada, utomlands medborgare i Indien), Aimée B. A. Slangen (Nederländerna), Chris Smith (Storbritannien), Izuru Takayabu (Japan), Muhammad Irfan Tariq (Pakistan), Anne-Marie Treguier (Frankrike), Bart van den Hurk (Nederländerna), Karina von Schuckmann (Frankrike/Tyskland), Cunde Xiao (Kina).

Denna översättning är utförd av SMHI, som är Sveriges nationella kontaktpunkt för IPCC, och är inte en officiell IPCC-översättning.

Så här citeras denna Sammanfattning för beslutsfattare:

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. 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* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

Inledning

Denna sammanfattning för beslutsfattare ("Summary for Policymakers", SPM) presenterar centrala resultat från Arbetsgrupp I:s ("Working Group I", WGI) del av IPCC:s sjätte kunskapsutvärdering ("Assessment Report 6", AR6)¹, av klimatförändringens naturvetenskapliga grund. Rapporten bygger vidare på WGI:s del i IPCC:s AR5 från 2013 och de IPCC specialrapporter² som utgetts 2018-2019 som en del av klimatpanelens sjätte kunskapsutvärderingscykel, och införlivar ny evidens från klimatvetenskapen.³

Denna SPM ger en övergripande sammanfattning av förståelse av klimatets aktuella tillstånd inklusive dess förändring och mänsklig påverkan bakom detta, kunskapsläget om möjliga framtida klimat, om klimatinformation för regioner och sektorer och om att begränsa den antropogena (av människan orsakade) klimatförändringen.

Med vetenskaplig förståelse som grund, kan de övergripande resultaten anges som obestridliga fakta eller förknippas med en bedömd konfidenznivå som uttrycks med IPCC:s kalibrerade terminologi.⁴

Den vetenskapliga grunden till samtliga huvudsatser finns i den underliggande rapportens kapitel och i den integrerade syntesen i rapportens tekniska sammanfattning ("Technical Summary", TS), och indikeras med klammerparenteser. Den interaktiva Atlasen i AR6/WGI underlättar utforskning av dessa huvudsakliga sammanfattade resultat, samt tillhörande information om klimatförändringen över de referensregioner som används i WGI.⁵

A. Klimatets tillstånd idag

De förbättringar i uppskattningar som baseras på observationer och information om paleoklimat ger en uttömmande bild av varje del av klimatsystemets alla delar och dess förändringar fram till idag. Nya klimatmodellberäkningar, nya analyser och metoder för att kombinera evidens från multipla bevislinjer leder till en förbättrad förståelse av mänsklig påverkan på fler klimataspekter, inklusive väder- och klimatextremer. Vilka tidsperioder som beaktas i detta avsnitt beror på tillgång till mätserier, källor till information om paleoklimat, och refereegranskade vetenskapliga studier.

A.1 Det är otvetydigt att mänsklig påverkan har värmt upp klimatsystemet. Omfattande och snabba förändringar i atmosfären, havet, kryosfären och biosfären har skett.
{2.2, 2.3, kapitelöverskridande ruta 2.3, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.8, 5.2, 5.3, 6.4, 7.3, 8.3, 9.2, 9.3, 9.5, 9.6, kapitelöverskridande ruta 9.1} (figur SPM.1, figur SPM.2)

A.1.1 Sedan cirka år 1750 har observerade ökningar i koncentrationen av långlivade växthusgaser otvetydigt orsakats av mänskliga aktiviteter. Sedan år 2011 (efter de mätningar som redovisades i AR5) har halterna fortsatt att öka i atmosfären. År 2019 uppgick koldioxidhalten till 410 ppm, metanhalten till 1866 ppb och dikväveoxidhalten (lustgas) till 332 ppb⁶. Kolsänkor på land och i havet har, med regionala skillnader, under de senaste sextio åren tagit upp en nära nog konstant andel (cirka 56 procent per år) av koldioxidutsläppen från mänskliga aktiviteter (*mycket troligt*)⁷.
{2.2, 5.2, 7.3, TS.2.2, ruta TS.5}

1 Beslut IPCC/XLVI-2.

2 De tre specialrapporterna är: Global uppvärmning på 1,5°C: en specialrapport från IPCC om effekter av global uppvärmning på 1,5°C över förindustriella nivåer och relaterade utsläppsbanor av växthusgaser, i syfte att stärka den globala förmågan att svara upp mot hotet från klimatförändringen, målsättningar inom hållbar utveckling och ansträngningar för att utrota fattigdom (SR1.5); Klimatförändringar och marken: specialrapport från IPCC om klimatförändringar, ökenspridning, markförstörelse, hållbar markförvaltning, livsmedelsförsörjning och växthusgasflöden i markbundna ekosystem (SRCLL); IPCC Specialrapport om havet och kryosfären i ett förändrat klimat (SROCC).

3 Utvärderingen baseras på vetenskaplig litteratur som godkänts för publicering senast den 31 januari 2021.

4 Varje slutsats baseras på en utvärdering av underliggande evidens och dess överensstämmelse. Konfidenznivåer beskrivs med hjälp av fem nivåer: *mycket låg* (dvs. *högst otroligt*), *låg* (dvs. *mindre troligt*), *medelhög* (dvs. *troligt*), *hög* (dvs. *mycket troligt*) och *mycket hög* (dvs. *högst troligt*), och skrivs ut i kursiv stil, till exempel: *troligt*. Följande termer används för att beskriva bedömd sannolikhet för ett utfall eller ett resultat: *nästan helt säkert* 99-100 procents sannolikhet, *mycket sannolikt* 90-100 procent, *sannolikt* 66-100 procent, *lika sannolikt som osannolikt* 33-66 procent, *osannolikt* 0-33 procent, *mycket osannolikt* 0-10 procent, *exceptionellt osannolikt* 0-1 procent. Andra termer kan också förekomma (*extremt sannolikt* 95-100 procent, *mer sannolikt än osannolikt* >50-100 procent, *extremt osannolikt* 0-5 procent). Sannolikhetsbedömningar skrivs ut i kursiv stil, till exempel: *sannolikt*, på samma sätt som i AR5. I denna rapport används även hakparenteser [x till y] till att ange *mycket sannolika* intervall (dvs. 90-procents intervall), om inte något annat anges.

5 Den interaktiva Atlasen finns på <https://interactive-atlas.ipcc.ch>

6 Atmosfärshalterna av andra växthusgaser var år 2019: PFC (109 ppt CF₄-ekvivalenter) SF₆ (10 ppt); NF₃ (2 ppt); HFCs (237 ppt HFC-134a ekvivalenter); andra Montrealprotokollsgaser (mestadels CFCs och HCFCs (1032 ppt CFC-12 ekvivalenter). Ökningen från 2011 är 19 ppm för koldioxid, 63 ppt för metan och 8 ppb för lustgas.

7 Lands- och havsbaserade kolsänkor påverkar inte andra växthusgaser än koldioxid.

- A.1.2 Vart och ett av de fyra senaste årtiondena har successivt varit varmare än något av föregående årtiondena sedan år 1850. Under de två första årtiondena av 2000-talet var den globala medeltemperaturen⁸ 0,99 [0,84-1,10] °C högre än 1850–1900. Den globala medeltemperaturen var 1,09 [0,95-1,20] °C högre under perioden 2011-2020 än perioden 1850-1900⁹. Temperaturökningen var större över land (1,59 [1,34-1,83] °C) än över hav (0,88 [0,68-1,01] °C). Den uppskattade ökningen av den globala medeltemperaturen jämfört med AR5 beror i första hand på den ytterligare uppvärmning som skett sedan 2003–2012 (+0,19 [0,16-0,22] °C). Metodutveckling och tillgång till nya dataset har bidragit med ungefär 0,1°C till den uppdaterade uppskattningen av uppvärmningen i AR6¹⁰.
{2.3, kapitelöverskridande ruta 2.3} (figur SPM.1)
- A.1.3 Det *sannolika* intervallet för den totala ökningen av den globala medeltemperaturen mellan 1850–1900 och 2010–2019¹¹ som orsakats av mänsklig påverkan är 0,8°C till 1,3°C, med en bästa uppskattning på 1,07°C. Det är *sannolikt* att de långlivade växthusgaserna bidragit med en uppvärmning på 1,0°C till 2,0°C och annan mänsklig påverkan (främst aerosoler) med en avkylning på 0,0°C till 0,8°C. Naturliga klimatpåverkande faktorer bidrog med mellan –0,1°C och 0,1°C, och klimatsystemets interna variabilitet med mellan –0,2°C och 0,2°C. Det är *mycket sannolikt* att långlivade växthusgaser har varit den huvudsakliga orsaken¹² till uppvärmningen av troposfären sedan 1979 och *extremt sannolikt* att nedbrytning av stratosfäriskt ozon på grund av mänsklig påverkan var den huvudsakliga orsaken till en avkylning av den lägre stratosfären mellan 1979 och mitten av 1990-talet.
{3.3, 6.4, 7.3, TS.2.3, sektionsoverskridande ruta TS.1} (figur SPM.2)
- A.1.4 Den globala medelnederbörden över land har *sannolikt* ökat sedan år 1950, med en snabbare ökningstakt sedan 1980-talet (*troligt*). Mänsklig påverkan har *sannolikt* bidragit till observerade nederbördsförändringar sedan mitten av 1900-talet. Det är *extremt sannolikt* att mänsklig påverkan har bidragit till de observerade förändringar i salthalterna i havets övre delar. Lågtrycksbanorna på mellanbreddgraderna har *sannolikt* skiftats mot polerna på respektive halvklot sedan 1980-talet, förändringarna varierar mellan årstider (*troligt*). Det är *mycket sannolikt* att mänsklig påverkan har bidragit till den extratropiska jetströmmens förflyttning mot polen under sommaren på södra halvklotet.
{2.3, 3.3, 8.3, 9.2, TS.2.3, TS.2.4, ruta TS.6}
- A.1.5 Det är *mycket troligt* att mänsklig påverkan är den huvudsakliga orsaken till den globala minskningen av glaciärer sedan 1990-talet samt till minskningen av havsis på Arktis mellan år 1979-1988 och 2010-2019 (minskningen uppgår till cirka 40 procent i september och cirka 10 procent i mars). Det finns ingen tydlig trend för utbredningen av Antarktisk havsis mellan år 1979 och 2020, vilket beror på motstående regionala trender och betydande intern variabilitet. Det är *mycket troligt* att mänsklig påverkan har bidragit till den minskning av snötäcket på våren som observerats i Norra hemisfären sedan år 1950. Det är *mycket troligt* att mänsklig påverkan har bidragit till den observerade ytavsmältningen av den Grönländska inlandsisen under de två senaste årtiondena, men det finns *begränsad evidens* med *medelhög överenskommenhet*, gällande mänsklig påverkan bakom förluster av den inlandsisen på Antarktis.
{2.3, 3.4, 8.3, 9.3, 9.5, TS.2.5}
- A.1.6 Det är *nästan helt säkert* att den övre delen av havet (0–700 meter) har värmts upp sedan 1970-talet, och *högst troligt* att mänsklig påverkan är den största orsaken till detta. Det är *nästan helt säkert* att mänskligt orsakade koldioxidutsläpp är den huvudsakliga orsaken till den pågående globala försurningen av ytlagret i det öppna havet. Det är *mycket troligt* att syrehalten har sjunkit i havets övre skikt i många områden sedan 1900-talets mitt, och *troligt* att mänsklig påverkan har bidragit till denna minskning.
{2.3, 3.5, 3.6, 5.3, 9.2, TS.2.4}
- A.1.7 Den genomsnittliga globala havsnivån har stigit med 0,20 [0,15–0,25] m mellan år 1901 och 2018. Den genomsnittliga takten på havsnivåhöjningen var 1,3 [0,6–2,1] mm per år mellan 1901 och 1971, för att därefter öka till 1,9 [0,8 till 2,9] mm per år mellan 1971 till 2006, och ytterligare öka till 3,7 [3,2 till 4,2] mm per år mellan 2006 till 2018 (*mycket troligt*). Mänsklig påverkan var *mycket sannolikt* den huvudsakliga orsaken till dessa ökningar, sedan åtminstone 1971.
{2.3, 3.5, 9.6, kapitelöverskridande ruta 9.1, ruta TS.4}

8 Med global medeltemperatur avses i denna SPM både global genomsnittlig ytemperatur och global lufttemperatur vid jordytan. När globala temperaturförändringar beräknas med dessa två mått skiljer sig resultaten åt med som mest 10 procent (*mycket troligt*). På grund av motstridiga bevislinjer är konfidensnivån *låg* för eventuell skillnad i den långsiktiga trenden baserad på det ena eller det andra måttet. (sektionsoverskridande ruta TS.1)

9 Perioden mellan 1850 och 1900 är den tidigaste period som har tillräcklig omfattning av mätningar på global nivå för att kunna uppskatta den globala medeltemperaturen. I linje med AR5 och SR1,5 används perioden här för att representera de förindustriella förhållandena.

10 Sedan AR5 har vidareutveckling av analysmetodik och tillgång till nya dataset lett till en mer komplett geografisk täckning av temperaturförändringarna som även inkluderar Arktis. Dessa framsteg har tillsammans med andra förbättringar lett till att uppskattningen av den globala uppvärmningen ökat med cirka 0,1°C. Detta innebär inte någon ytterligare fysikalisk uppvärmning jämfört med AR5.

11 Användandet av en annan period i A.1.2 beror på att studier kring orsakerna bakom klimatförändringen ("attribution", dvs. tillskrivning) har fokuserat på denna något tidigare period. Den observerade uppvärmningen till 2010–2019 är 1,06 [0,88 till 1,21] °C.

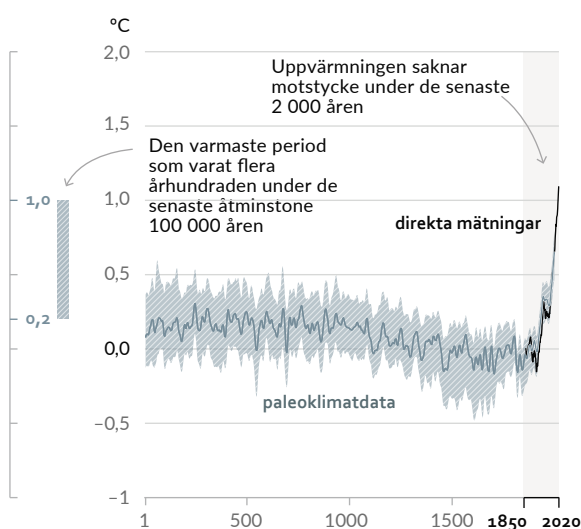
12 I denna SPM betyder "huvudsaklig orsak" att påverkan har orsakat mer än 50 procent av förändringen.

- A.1.8 Förändringar i den landbaserade biosfären sedan år 1970 är samstämmiga med en global uppvärmning; klimatzoner har flyttats mot polerna på båda halvkloten och växtsäsongen har i genomsnitt förlängts med upp till två dagar per årtionde sedan 1950-talet i det norra halvklotet utanför tropikerna (*mycket troligt*).
{2.3, TS.2.6}

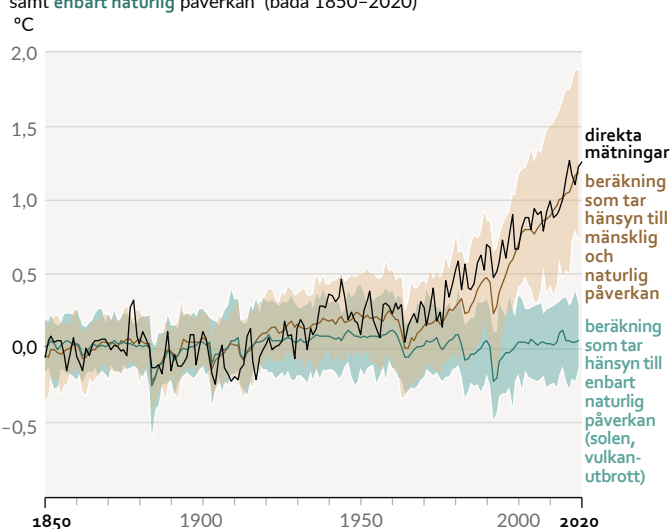
Människans påverkan har värmt upp klimatsystemet med en hastighet som saknar motstycke under åtminstone de senaste 2000 åren

Förändringar i global medeltemperatur jämfört med 1850–1900

(a) Den globala medeltemperaturens förändring (10-årsmedelvärden) enligt **paleoklimatdata** (1–2000) och **direkta mätningar** (1850–2020)



(b) Den globala medeltemperaturens observerade förändring (årsmedelvärden) som **direkta mätningar** och i beräkningar som tar hänsyn till **mänsklig & naturlig** samt **enbart naturlig** påverkan (båda 1850–2020)



Figur SPM.1 | Historisk global medeltemperaturförändring och orsakerna bakom den senaste tidens uppvärmning

Delfigur a) Den globala medeltemperaturens förändringar enligt paleoklimatdata (heldragen grå linje, spänner över perioden 1-2000) **och enligt direkta mätningar** (heldragen svart linje, spänner över perioden 1850-2020). Dessa värden är relativa till perioden 1850-1900 och anges som 10-års medelvärden. Den vertikala stapeln till vänster visar den uppskattade temperaturen (*mycket sannolikt* intervall) under den varmaste period som varit flera århundraden under åtminstone de senaste 100 000 åren. Denna period inträffade för cirka 6 500 år sedan under den pågående interglacialen (Holocen). Den föregående interglacialen inträffade för cirka 125 000 sedan och är den näst senaste perioden med högre temperatur. Dessa förflutna varma perioder orsakades av långsamma (förlopp över flera tusentals år) variationer i jordens omloppsbana och jordaxelns lutning. Den grå skuggningen med vita tvärgående linjer visar de *mycket sannolika* intervallen för temperaturrekonstruktionerna.

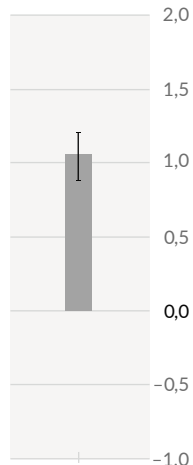
Delfigur b) Den globala medeltemperaturens förändringar under de senaste 170 åren (svart linje) som årsmedelvärden och jämfört med 1850-1900, samt CMIP6 klimatmodellberäkningar (se faktaruta SPM.1) av temperaturresponsen på både mänsklig och naturlig påverkan (brun linje), och enbart naturlig påverkan (solaktivitet och vulkanutbrott, grön linje). Den heldragna bruna och gröna linjen visar multimodell-medelvärden och de färgade skuggningarna modellberäkningarnas *mycket sannolika* intervall (se figur SPM.2 för hur olika påverkan bidrar till uppvärmningen).

{2.3.1, kapitelöverskridande ruta 2.3, 3.3, TS.2.2, figur 1a i sektionsöverskridande ruta TS.1}

Den observerade uppvärmningen orsakas av mänsklig påverkan, där växthusgasernas uppvärmningseffekt delvis döljs av aerosolers nedkylande effekt

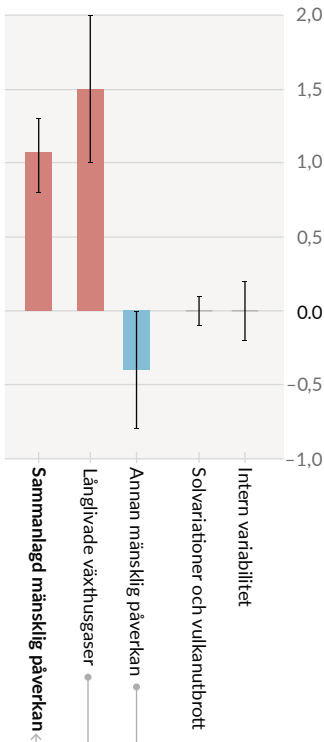
Observerad

(a) Observerad uppvärmning 2010–2019 jämfört med 1850–1900 °C

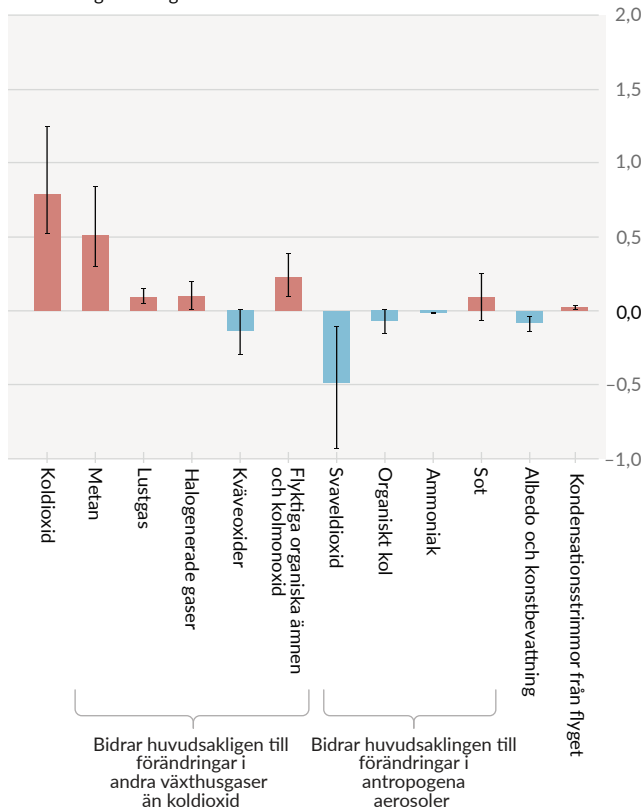


Bidrag till uppvärmning baserat på två kompletterande tillvägagångssätt

(b) Sammanlagda bidrag till 2010–2019 års uppvärmning jämfört med 1850–1900, såsom bedömts i attributionsstudier



(c) Bidrag till 2010–2019 års uppvärmning jämfört med 1850–1900, såsom bedömts i studier av strålningsdrivning



Figur SPM.2 Utvärderade bidrag till observerad uppvärmning under perioden 2010–2019 jämfört med perioden 1850–1900

Delfigur a) Observerad global uppvärmning (ökning av den globala medeltemperaturen). Uppvärmningens *mycket sannolika* intervall visas med en vertikal linje.

Delfigur b) Evidens från attributionsstudier, i vilka information från klimatmodeller och observationer sammanfogas. Delfiguren visar den temperaturförändring som kan tillskrivas dels den sammanlagda mänskliga påverkan, dels de respektive bidragen från förändringar i långlivade växthusgasers halter, annan mänsklig påverkan som beror på aerosoler, ozon, förändringar i markanvändning (som förändrar albedot), solvariationer och vulkanutbrott samt klimatsystemets interna variabilitet. De vertikala linjerna visar *sannolika* intervall.

Delfigur c) Evidens från utvärdering av strålningsdrivningen och klimatkänsligheten. Delfiguren visar temperaturförändringar som orsakas av olika slags mänsklig påverkan, inklusive utsläpp av växthusgaser, aerosoler och aerosolbildande ämnen; förändrad markanvändning (albedo och konstbevattning) och kondensationsstrimmor från flyget. De vertikala linjerna visar *mycket sannolika* intervall. Uppskattningarna tar hänsyn till både direkta utsläpp till atmosfären och deras effekter på annan klimatpåverkan, när sådan effekt finns. För aerosolers del ingår både direkta (genom strålning) och indirekta (genom växelverkan med molnbildning) effekter.

{kapitelöverskridande ruta 2.3, 3.3.1, 6.4.2, 7.3}

- A.2 Omfattningen av den senaste tidens förändringar i klimatsystemet som helhet och i det nuvarande tillståndet i flera av dess delar saknar motstycke många århundraden till många årtusenden tillbaka i tiden.**
{2.2, 2.3, kapitelöverskridande ruta 2.1, 5.1} (figur SPM.1)
- A.2.1 År 2019 var koldioxidhalterna i atmosfären högre än någon gång tidigare under åtminstone de senaste 2 miljoner åren (*mycket troligt*), och atmosfärshalterna av metan och dikväveoxid (lustgas) var högre än någon gång under åtminstone de senaste 800 000 åren (*högst troligt*). Ökningarna i koldioxidhalten (47 procent) och i metanhalten (156 procent) sedan år 1750 överskrider betydligt, och ökningarna av dikväveoxid (23 procent) är jämförbara med, sådana naturliga förändringar som inträffat under perioder på flera tusen år mellan de glaciala och interglaciala perioder som ägt rum åtminstone de senaste 800 000 åren (*högst troligt*).
{2.2, 5.1, TS.2.2}
- A.2.2 Den globala medeltemperaturen har ökat snabbare sedan 1970 än under någon annan 50-årsperiod under åtminstone de senaste 2000 åren (*mycket troligt*). Temperaturerna under det senaste årtiondet (2011-2020) överskrider temperaturerna under den senaste flerhundraåriga varma perioden som inträffade för 6 500 år sedan¹³ [0,2°C till 1°C jämfört med perioden 1850–1900] (*troligt*). Den senaste varma period som inträffade innan dess ägde rum för cirka 125 000 år sedan när den flerhundraåriga temperaturen [0,5°C till 1,5°C jämfört med perioden 1850–1900] överlappar det som observerats under det senaste årtiondet (*troligt*).
{2.3, kapitelöverskridande ruta 2.1, sektionsoverskridande ruta TS.1} (figur SPM.1)
- A.2.3 Under perioden 2011-2020 så nådde årsmedelvärdet för utbredningen av Arktis havsis sin lägsta nivå sedan åtminstone år 1850 (*mycket troligt*). Utbredningen av den Arktiska havsisen under sensommaren var mindre än någonsin under åtminstone de senaste 1 000 åren (*troligt*). Att nästan alla världens glaciärer sedan 1950-talet minskar samtidigt saknar motstycke under åtminstone de senaste 2 000 åren (*troligt*).
{2.3, TS.2.5}
- A.2.4 Den genomsnittliga globala havsnivån har höjts snabbare sedan år 1900 än under något tidigare århundrade under åtminstone de senaste 3 000 åren (*mycket troligt*). Världshavet har under det senaste århundradet värmts upp snabbare än sedan slutet på den senaste övergången från en glacialperiod till en interglacialperiod (cirka 11 000 år sedan) (*troligt*). En långsiktig ökning i ytvattnets pH-värde på öppet hav har skett under de senaste 50 miljoner åren (*mycket troligt*), och så låga pH-värden som under de senaste årtiondena är ovanligt, åtminstone under de senaste två miljoner åren (*troligt*).
{2.3, TS.2.4, ruta TS.4}
- A.3 Den antropogena klimatförändringen har redan inverkan på många väder- och klimatextremer i alla regioner jorden runt. Evidens kring observerade förändringar i extremer som värmeböljor, extrem nederbörd, torka och tropiska cykloner, och i synnerhet deras attribution till mänsklig påverkan, har förstärkts sedan AR5.**
{2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, ruta 8.1, ruta 8.2, ruta 9.2, 10.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.8, 11.9, 12.3} (figur SPM.3)
- A.3.1 Det är *nästan helt säkert* att värmeextremer (däribland värmeböljor) har blivit mer förekommande och mer intensiva över de flesta landområden sedan 1950-talet, medan kalla extremer (däribland köldknäppar) har blivit mindre ofta förekommande och mindre intensiva, *konfidensnivån* kring att antropogen klimatpåverkan är den huvudsakliga orsaken¹⁴ till detta är *hög*. Vissa värmeextremer som inträffat under det senaste årtiondet skulle ha varit *extremt osannolika* utan mänsklig påverkan. Förekomsten av marina värmeböljor har ungefär fördubblats sedan 1980-talet (*mycket troligt*) och mänsklig påverkan har *mycket sannolikt* bidragit till de flesta av dessa sedan åtminstone 2006.
{ruta 9.2, 11.2, 11.3, 11.9, TS.2.4, TS.2.6, ruta TS.10} (figur SPM.3)
- A.3.2 Förekomsten och intensiteten av extrem nederbörd har ökat sedan 1950-talet för merparten av de landtytor för vilka det finns tillräckliga observationer för trendanalys (*mycket troligt*), och mänskligt orsakad klimatförändring är *sannolikt* den

¹³ Som anges i avsnitt B.1 så beräknas temperaturen även under scenariot SSP1-1.9 med mycket låga utsläpp hålla sig över det senaste årtiondets nivåer, fram till åtminstone år 2100, vilket innebär varmare förhållanden än den flerhundraåriga perioden för 6 500 år sedan.

¹⁴ I denna SPM betyder "huvudsaklig orsak" att den ligger bakom en större andel än 50 procent av förändringen.

huvudsakliga bakomliggande orsaken. Mänskligt orsakad klimatförändring har bidragit till en ökning av jordbrukstorka och ekologisk torka¹⁵ i vissa områden genom ökad avdunstning¹⁶ (*troligt*).
{8.2, 8.3, 11.4, 11.6, 11.9, TS.2.6, ruta TS.10} (figur SPM.3)

- A.3.3 Minskningar i globala monsunregn över land¹⁷ som inträffat mellan 1950-talet och 1980-talet beror delvis på antropogena utsläpp av aerosoler på norra halvklotet, medan ökningar därefter beror på ökande växthusgashalter i atmosfären samt intern variabilitet på tidskalor från ett årtionde till några årtionden (*troligt*). I Sydasien, Ostasien och Västafrika har ökningar i monsunregnen på grund av uppvärmningen orsakad av växthusgasutsläppen motverkats av minskningar i monsunregnen som orsakats av en avkylningseffekt förknippad med antropogena aerosolutsläpp under 1900-talet (*mycket troligt*). Ökningarna i monsunregnen i Västafrika sedan 1980-talet har delvis orsakats av en ökande påverkan av växthusgaser och minskningar i avkylningseffekten av antropogena aerosolutsläpp i Europa och Nordamerika (*troligt*).
{2.3, 3.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, ruta 8.1, ruta 8.2, 10.6, ruta TS.13}
- A.3.4 Det är *sannolikt* att den globala andelen av kraftiga (kategori 3-5) tropiska cykloner har ökat under de senaste 40 åren, och att den breddgrad på vilken tropiska cykloner på nordvästra Stilla havet uppnår sin maximala styrka har förflyttats norrut; enbart intern variabilitet kan inte förklara dessa förändringar (*troligt*). Det är *mindre troligt* med långsiktiga (över flera årtionden till hundraårsskalen) trender i antalet tropiska cykloner när alla kategorier slås ihop. Attributionsstudier som fokuserar på specifika händelser samt fysikalisk förståelse tyder på att antropogen klimatförändring ökar extrem nederbörd i samband med tropiska cykloner (*mycket troligt*), men eftersom tillgängliga data är begränsade försvåras urskiljning av trender på den globala nivån.
{8.2, 11.7, ruta TS.10}
- A.3.5 Mänsklig påverkan har *sannolikt* ökat sannolikheten för kombinerade extremhändelser¹⁸ sedan 1950-talet. Detta omfattar ökade förekomster av samtidiga värmeböljor och torka på global nivå (*mycket troligt*), brandrisk i vissa delar av alla bebodda kontinenter (*troligt*), och kombinerade översvämningshändelser i vissa områden (*troligt*).
{11.6, 11.7, 11.8, 12.3, 12.4, TS.2.6, tabell TS.5, ruta TS.10}

15 Jordbrukstorka och ekologisk torka (beroende på vilket biom som påverkas): en period med ovanligt stort underskott av markvatten, orsakat av en kombination av brist på nederbörd och stor avdunstning, och som under växtsäsongen påverkar skördar eller, mer generellt, ekosystemfunktioner negativt. Observerade förändringar i meteorologisk torka (nederbördsunderskott under en viss tid) och hydrologisk torka (torka som påverkar flöden i vattendrag) skiljer sig från förändringarna i jordbrukstorka och ekologiska torka, och beskrivs i kapitel 11 av denna rapport.

16 De kombinerade processerna i vilka vatten transporteras till luften från öppna vatten- och isytor, barmark och växtlighet som tillsammans utgör jordens yta.

17 Den globala monsunen definieras här som den yta inom vilken det årliga spannet (spannet mellan lokal sommar och lokal vinter) av nederbörden är större än 2,5 mm per dag. Globalt monsunregn över land hänvisar till den genomsnittliga nederbörden över de landområden som omfattas av den globala monsunen.

18 Med kombinerade extremhändelser avses sådana där en kombination av flera påverkansfaktorer och/eller faror som bidrar till samhällelig eller miljömässig risk. Några exempel är samtidiga värmeböljor och torka, en kombinerad översvämningshändelse (till exempel stormflod som inträffar samtidigt som ett skyfall och/eller ett högt flöde i ett vattendrag), kombinerade brandriskförhållanden (dvs. en kombination av hetta, torka och vind), eller samtidiga extremer på olika platser.

Klimatförändringen påverkar redan alla bebodda områden över hela jorden, människans påverkan bidrar till många observerade förändringar i väder- och klimatextremer

SPM

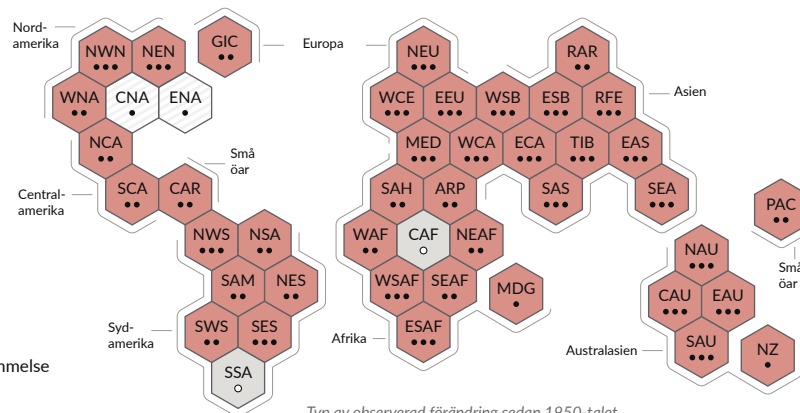
Typ av observerad förändring i värmeextremer

- Ökning (41)
- Minskning (0)
- Låg överensstämmelse gällande typ av förändring (2)
- Begränsat dataunderlag och/eller litteratur (2)

Konfidensnivå för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar

- Hög
- Medelhög
 - Låg - beroende på begränsad överensstämmelse
 - Låg - beroende på begränsad evidens

(a) Syntes av utvärderade observerade regionala förändringar i **värmeextremer** och konfidensnivå för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar i världens regioner



Typ av observerad förändring sedan 1950-talet

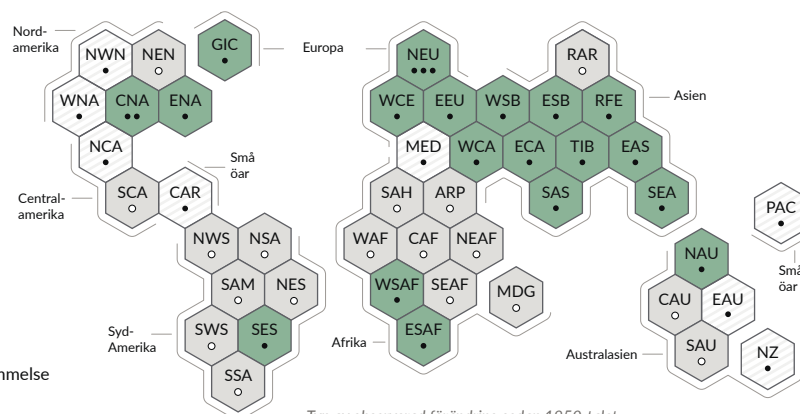
Typ av observerad förändring i extrem nederbörd

- Ökning (19)
- Minskning (0)
- Låg överensstämmelse gällande typ av förändring (8)
- Begränsat dataunderlag och/eller litteratur (18)

Konfidensnivå för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar

- Hög
- Medelhög
 - Låg - beroende på begränsad överensstämmelse
 - Låg - beroende på begränsad evidens

(b) Syntes av utvärderade observerade regionala förändringar i **extrem nederbörd** och konfidensnivå för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar i världens regioner



Typ av observerad förändring sedan 1950-talet

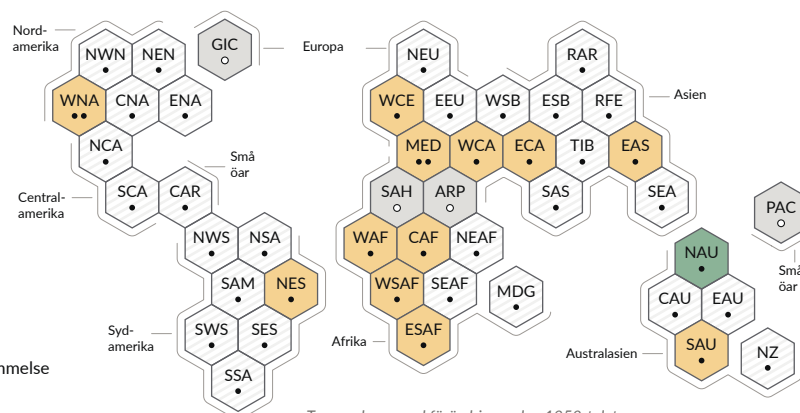
Typ av observerad förändring i jordbrukstorka och ekologisk torka

- Ökning (12)
- Minskning (1)
- Låg överensstämmelse gällande typ av förändring (28)
- Begränsat dataunderlag och/eller litteratur (4)

Konfidensnivå för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar

- Hög
- Medelhög
 - Låg - beroende på begränsad överensstämmelse
 - Låg - beroende på begränsad evidens

(c) Syntes av utvärderade observerade regionala förändringar i **jordbrukstorka och ekologisk torka** och konfidensnivå för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar i världens regioner



Typ av observerad förändring sedan 1950-talet

Varje hexagon motsvarar en av IPCC AR6 WGI referensregioner

NWN nordvästra Nordamerika

IPCC AR6 WGI Referensregioner: **Nordamerika:** NWN (nordvästra Nordamerika), NEN (nordöstra Nordamerika), WNA (västra Nordamerika), CNA (centrala Nordamerika), ENA (östra Nordamerika), **Centralamerika:** NCA (norra Centralamerika), SCA (södra Centralamerika), CAR (Karibien), **Sydamerika:** NWS (nordvästra Sydamerika), NSA (norra Sydamerika), NES (nordöstra Sydamerika), SAM (Sydamerikanska monsunområdet), SWWS (sydvästra Sydamerika), SES (sydöstra Sydamerika), SSA (södra Sydamerika), **Europa:** GIC (Grönland/Island), NEU (Nordeuropa), WCE (Väst- och Centraleuropa), EEU (Östeuropa), MED (Medelhavet), **Afrika:** SAH (Sahara), WAF (Västra Afrika), CAF (Centralafrika), NEAF (norra Östafrika), SEAF (södra Östafrika), WSAF (västra Sydafrika), ESAF (östra Sydafrika), MDG (Madagaskar), **Asien:** RAR (ryska Arktis), WSB (Västsibirien), ESB (Östsibirien), RFE (ryska Fjärran Östern), WCA (västra Centralasien), ECA (östra Centralasien), TIB (Tibetanska plattån), EAS (Östasien), ARP (Arabiska halvön), **Australasien:** NAU (norra Australien), CAU (centrala Australien), EAU (östra Australien), SAU (södra Australien), NZ (Nya Zeeland), **Små öar:** CAR (Karibien), PAC (Stillahavsöar)

Figur SPM.3: Syntes av utvärderade observerade regionala förändringar och deras attribution till mänsklig påverkan

IPCC AR6 WGI-bebodda regioner visas som **hexagoner** vid deras ungefärliga geografiska position (förkortningarna förklaras längst ner i figuren). Samtliga utvärderingar avser respektive region som helhet och tidsperioden från 1950-talet till idag. Utvärderingar som görs över andra tidsperioder eller på mer lokala geografiska nivåer kan ge resultat som skiljer sig från de som visas i denna figur. **Färgerna** i de olika delfigurerna anger de fyra olika utfallen från utvärderingen av observerade förändringar. Vitt med ljusgrå ränder indikerar *låg överenskommelse* i resultat för förändringens riktning i regionen som helhet. Grått indikerar begränsningar i dataunderlag och/eller litteratur, vilket förhindrar en utvärdering för regionen som helhet. Andra färger indikerar att den observerade förändringen är åtminstone *trolig* eller med en högre konfidensnivå. **Konfidensnivån** för mänsklig påverkan på dessa observerade förändringar baseras på utvärdering av identifiering av trender och deras attribution till bakomliggande påverkan samt litteratur om attribution av specifika händelser. Konfidensnivån anges med punkter: tre för *mycket troligt*, två för *troligt* och en för *mindre troligt* (i det sistnämnda fallet indikerar en svart punkt begränsad överensstämmelse inom tillgänglig information; en vit punkt indikerar att evidensen är begränsad).

Delfigur a) För värmeextremer består evidensen i huvudsak av förändringar i indikatorer som baseras på dygnets maxtemperatur, men också av regionala studier med andra indikatorer (längd, frekvens och intensitet av värmeböljor). Röda hexagoner anger regioner i vilka en observerad ökning i värmeextremer är *trolig* eller har en högre konfidensnivå.

Delfigur b) För extrem nederbörd består evidensen i huvudsak av förändringar i indikatorer som baseras på globala och regionala studier om dygnsnederbörd eller 5-dygns nederbörd. Gröna hexagoner anger regioner i vilka en observerad ökning i extrem nederbörd är *trolig* eller har en högre konfidensnivå.

Delfigur c) Jordbrukstorka och ekologisk torka, utvärderingen är baserad på observerade och beräknade förändringar i markvattenhalt i hela jordprofilen, tillsammans med evidens om förändringar i markvattenhalt närmast jordytan, vattenbalansen (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning) samt indikatorer som utgår från nederbörd och potentiell avdunstning. Gula hexagoner anger regioner i vilka en observerad ökning i denna typ av torka är *trolig* eller har en högre konfidensnivå och gröna hexagoner regioner i vilka en observerad minskning av jordbrukstorka och ekologisk torka är *trolig* eller har en högre konfidensnivå. I tabell TS.5 finns ett större urval av observerade förändringar. Observera att SSA är den enda region som inte visar observerade förändringar i de indikatorer som visas i denna figur. SSA-regionen påverkas ändå av observerade öknings i medeltemperatur, minskad frost och ökning av marina värmeböljor.

{11.9, Atlas 1.3.3, figur Atlas.2, tabell TS.5, figur 1 i ruta TS.10}

A.4 Ökad kunskap om klimatprocesser, evidens relaterad till tidigare klimatperioder (paleoklimat) och klimatsystemets respons på ökande strålningsdrivning leder till en bästa uppskattning av klimatkänsligheten på 3°C, med ett smalare intervall än i AR5.

{2.2, 7.3, 7.4, 7.5, ruta 7.2, 9.4, 9.5, 9.6, kapitelöverskridande ruta 9.1}

A.4.1 Den mänskligt orsakade strålningsdrivningen som år 2019 uppgick till 2,72 [1,96–3,48] W m⁻² jämfört med 1750, har värmt upp klimatsystemet. Denna uppvärmning beror till största delen på ökade halter av växthusgaser i atmosfären, men den har delvis motverkats av en avkylning som orsakats av ökade koncentrationer av aerosoler. Strålningsdrivningen har ökat med 0,43 W m⁻² (19 procent) sedan AR5, av denna ökning beror 0,34 W m⁻² på den ökning i växthusgashalter som skett sedan år 2011. Resterande andel beror på bättre vetenskaplig förståelse och ändringar i bedömningen av aerosolers klimatpåverkan, genom förbättrade beräkningar och minskade halter (*mycket troligt*).

{2.2, 7.3, TS.2.2, TS.3.1}

A.4.2 Nettopositiv strålningsdrivning som orsakats av mänsklig påverkan ökar mängden energi (uppvärmning) i klimatsystemet, denna motverkas delvis av den ökade energiförlust till rymden som en uppvärmning av jordytan leder till. Den observerade genomsnittliga uppvärmningshastigheten för klimatsystemet ökade från 0,50 [0,32–0,69] W m⁻² för perioden 1971–2006¹⁹, till 0,79 [0,52–1,06] W m⁻² för perioden 2006–2018²⁰ (*mycket troligt*). Uppvärmningen av havet stod för 91 procent av klimatsystemets uppvärmning, medan markuppvärmning, avsmältning av isar och atmosfärisk uppvärmning stod för cirka 5 procent, 3 procent respektive 1 procent (*mycket troligt*).

{7.2, ruta 7.2, TS.3.1}

A.4.3 Uppvärmningen av klimatsystemet har, genom avsmältning av isar och termisk expansion från uppvärmning av havet, orsakat en höjning av den genomsnittliga globala havsnivån. Under perioden 1971–2018 stod termisk expansion för 50 procent av havsnivåhöjningen, förluster av is från glaciärer för 22 procent, inlandsisar 20 procent och förändringar av mängden vatten på land för 8 procent. Hastigheten på förlusten av is från inlandsisar ökade med en faktor fyra mellan perioden 1992–1999 och perioden 2010–2019. Sammanlagt var förlusterna av ismassa från glaciärer och inlandsisar det största bidraget till havsnivåhöjningen under 2006–2018 (*mycket troligt*).

{9.4, 9.5, 9.6, kapitelöverskridande ruta 9.1}

A.4.4 Klimatkänslighet är ett viktigt mått som används för att uppskatta hur klimatet reagerar på strålningsdrivning. Utifrån multipla bevislinjer²¹ så ligger det *mycket sannolika* intervallet för klimatkänsligheten mellan 2°C (*mycket troligt*) och 5°C (*troligt*). Den bästa uppskattningen enligt utvärderingen i denna rapport är 3°C med ett *sannolikt* intervall på 2,5°C till 4°C (*mycket troligt*), jämfört med 1,5°C till 4°C i AR5 som inte tillhandahöll en bästa uppskattning.

{7.4, 7.5, TS.3.2}

19 Den kumulativa energiökningen över perioden 1971–2006 är 282 [177 till 387] ZJ (1 ZJ = 10²¹ J).

20 Den kumulativa energiökningen över perioden 2006–2018 är 152 [100 till 205] ZJ.

21 Kunskap om klimatprocesser, observerad klimatutveckling och paleoklimat samt riktade jämförelser mellan modellberäkningar och nutida eller historiska förhållanden.

B. Möjliga klimatutvecklingar framöver

En uppsättning av fem nya illustrativa utsläppsscenarioer används genomgående i denna rapport för att utforska klimatets respons på ett bredare spann av framtida utvecklingsbanor för växthusgaser ("greenhouse gas", GHG), markanvändning och luftföroreningar jämfört med AR5. Dessa fem scenarier används i klimatmodellberäkningar av klimatsystemets förändring. Beräkningarna tar även hänsyn till solaktivitet och bakgrundspåverkan från vulkaner. Resultat för 2000-talet presenteras på kort sikt (2021-2040), mellanlång sikt (2041-2060) och lång sikt (2081-2100), i förhållande till 1850-1900, om inte annat anges.

Faktaruta SPM.1 | Scenarier, klimatmodeller och klimatmodellberäkningar

Faktaruta SPM.1.1: Den här rapporten utvärderar klimatresponsen på fem illustrativa scenarier som tillsammans spänner över ett spann av möjlig framtida utveckling av mänsklig klimatpåverkan i den vetenskapliga litteraturen. Scenarierna startar år 2015 och inkluderar scenarier²² med höga och mycket höga utsläpp av växthusgaser (SSP3-7,0 och SSP5-8,5) i vilka koldioxidutsläppen ungefär fördubblas från nuvarande nivåer till 2100 respektive 2050, scenarier med medelhöga utsläpp av växthusgaser (SSP2-4,5) i vilka koldioxidutsläppen ligger kvar ungefär på nuvarande nivå till mitten av århundradet, samt scenarier med mycket låga och låga utsläpp av växthusgaser i vilka koldioxidutsläppen minskar till netto noll cirka 2050 eller därefter, följt av varierande nivåer av netto-negativa koldioxidutsläpp²³ (SSP1-1,9 och SSP1-2,6). Scenarierna illustreras i figur SPM.4. Utsläppen varierar mellan scenarierna beroende på socioekonomiska antaganden och nivåer av utsläppsminskningar. När det gäller aerosoler och andra ozonbildande (avser marknära ozon) ämnen än metan varierar utsläppen även beroende på åtgärder mot luftföroreningar. Alternativa antaganden kan leda till jämförbara utsläpp och klimatutfall men de socioekonomiska antagandena och genomförbarheten eller sannolikheten för respektive scenario är inte en del av denna utvärdering.

{1.6, kapitelöverskridande ruta 1.4, TS1.3} (figur SPM.4)

Faktaruta SPM.1.2: Den här rapporten utvärderar resultat från klimatmodeller som ingår i "Coupled Model Intercomparison Project Phase 6" (CMIP6) inom ramen för "World Climate Research Programme". Dessa modeller har nya och bättre representationer av fysikaliska, kemiska och biologiska processer, och högre upplösning än de klimatmodeller som beaktats i IPCC:s tidigare utvärderingsrapporter. Detta har förbättrat simuleringen av den senaste tidens genomsnittliga tillstånd för de flesta storskaliga indikatorer av klimatförändring och för många andra aspekter i klimatsystemet. En del skillnader kvarstår jämfört med observationer, till exempel inom regionala nederbördsmonster. De historiska simuleringarna i CMIP6 som utvärderats i denna rapport har ett ensemblemedelvärde för global medeltemperaturförändring inom 0,2°C från det som observerats över större delen av den historiska perioden. Den observerade uppvärmningen ligger i sin tur inom det *troliga* intervallet för CMIP6-ensemblen. Vissa CMIP6-modeller simulerar dock en uppvärmning som ligger antingen över eller under det utvärderade *mycket sannolika* intervallet för observerad uppvärmning.

{1.5, kapitelöverskridande ruta 2.2, 3.3, 3.8, TS1.2, sektionsoverskridande ruta TS.1} (figur SPM.1b, figur SPM.2)

Faktaruta SPM.1.3: De CMIP6-modeller som utvärderats i denna rapport har ett bredare spann av klimatkänslighet än CMIP5-modeller. CMIP6-modellernas spann är även bredare än det *mycket sannolika* intervallet som utvärderats utifrån multipla bevislinjer. Utöver ett bredare spann uppvisar dessa CMIP6-modeller också en högre genomsnittlig klimatkänslighet än den utvärderade bästa uppskattningen i både CMIP5 och i denna AR6-rapport. Det högre värdet för klimatkänslighet i CMIP6 jämfört med CMIP5 orsakas av en förstärkande molnrelaterad återkoppling som är cirka 20 procent större i CMIP6. {ruta 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, TS.3.2}

Faktaruta SPM.1.4: För första gången i en IPCC-rapport har framtida förändringar av global medeltemperatur, havets uppvärmning och havsnivåer utvärderats genom att kombinera resultat från många klimatmodeller med observationsbaserade riktade jämförelser, och den uppdaterade utvärderingen av klimatkänslighet i denna rapport. Robusta metoder för detta finns ännu inte för tillämpning på andra klimataspekter. Trots detta kan robusta geografiska mönster identifieras för många variabler vid en given nivå av global uppvärmning som är gemensamma för alla scenarier som beaktats i denna rapport. Detta gäller oberoende av tidpunkt när en viss global uppvärmningsnivå uppnås.

{1.6, 4.3, 4.6, ruta 4.1, 7.5, 9.2, 9.6, kapitelöverskridande ruta 11.1, sektionsoverskridande ruta TS.1}

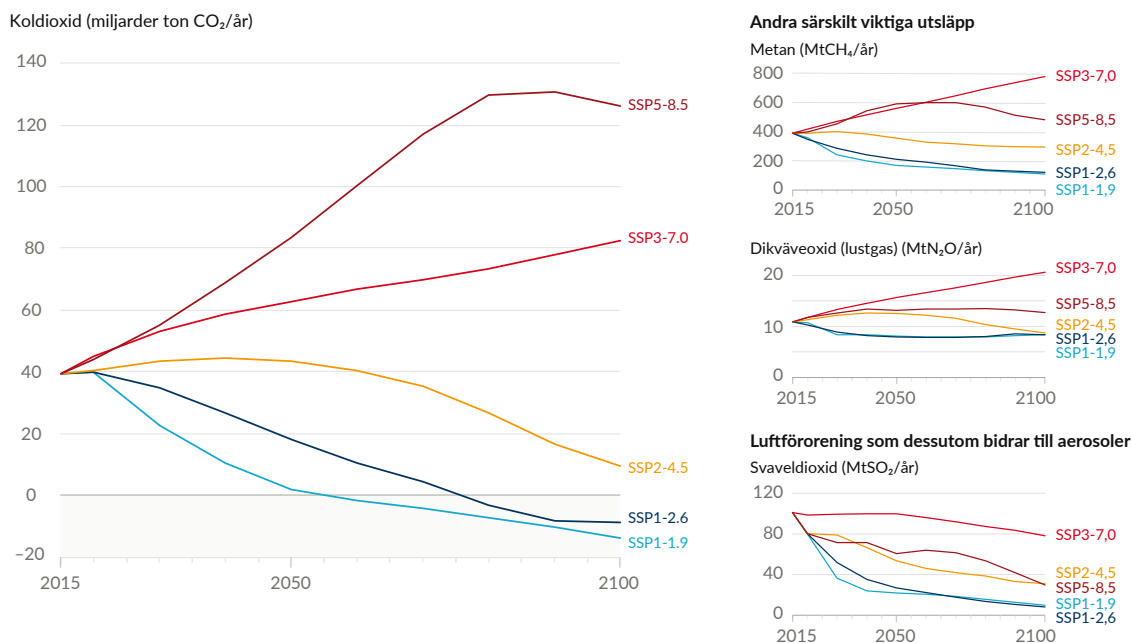
22 Denna rapport refererar genomgående till de fem illustrativa scenarierna som SSPx-y, där SSPx refererar till den "Shared Socioeconomic Pathway" eller "SSP" som beskriver vilken socioekonomisk utvecklingsväg som ligger bakom scenariot i fråga och "y" till den ungefärliga nivå av strålningsdrivning (iW m^{-2}) som scenariot i fråga uppnår vid år 2100. En detaljerad jämförelse med scenarier i tidigare IPCC-rapporter finns i avsnitt TS1.3, 1.6 och 4.6. SSPs som underbygger de specifika scenarier som använts som drivdata i klimatmodeller utvärderas inte av IPCCs Arbetsgrupp 1. Beteckningen SSPx-y används för att säkerställa spårbarhet till den underliggande litteraturen i vilken specifika utsläppsscenarioer används som input till klimatmodellerna. IPCC är neutral gällande de antaganden som ligger till grund för SSPs, som i sin tur inte täcker alla möjliga scenarier. Alternativa scenarier kan övervägas eller utvecklas.

23 Netto-negativa koldioxidutsläpp uppnås när antropogent avlägsnande av koldioxid från atmosfären överskrider de antropogena utsläppen.

Faktaruta SPM.1 (fortsättning)

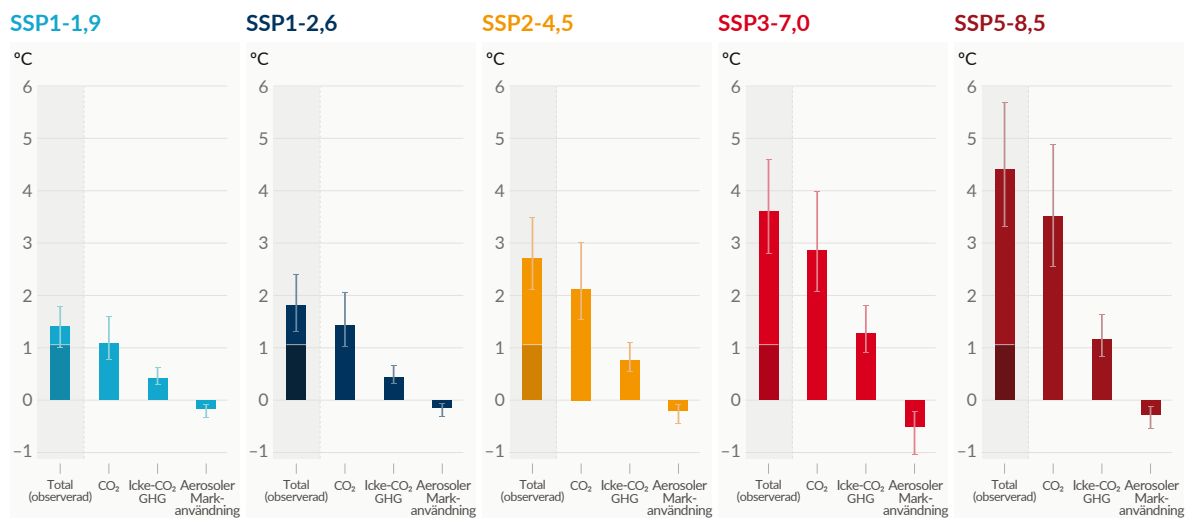
Framtida utsläpp orsakar ytterligare uppvärmning i framtiden, där den totala uppvärmningen domineras av tidigare och framtida koldioxidutsläpp

(a) Framtida årliga utsläpp av koldioxid (vänster) och andra särskilt viktiga utsläpp (höger), över fem illustrativa scenarier



(b) Bidrag till ökning av global medeltemperatur från olika utsläpp, där koldioxid har en dominerande roll

Förändring i global medeltemperatur för 2081–2100 jämfört med 1850–1900 (°C)



Total uppvärmning (observerad uppvärmning till idag med mörkare nyans), uppvärmning från koldioxid, uppvärmning från icke-CO₂ GHG och nedkylning från förändringar i aerosoler och markanvändning

Figur SPM.4 | Framtida antropogen (orsakad av människan) klimatpåverkan i de fem illustrativa scenarier som utvärderats i denna rapport; koldioxidutsläpp, utsläpp av andra växthusgaser, aerosoler, och markanvändning avseende konstbevattning och albedo, och hur de bidrar till uppvärmning.

Dessa fem scenarier är SSP1-1,9, SSP1-2,6, SSP2-4,5, SSP3-7,0 och SSP5-8,5.

Delfigur (a) Årliga antropogena utsläpp under perioden 2015–2100. Figuren visar utsläppsbanor för koldioxid (CO₂) från alla sektorer (miljarder ton koldioxid per år) (diagrammet till vänster) och för tre andra särskilt viktiga utsläpp som ingår i scenarierna: metan (CH₄, miljarder ton CH₄/år, diagrammet högst upp till höger), lustgas (N₂O, miljarder ton N₂O/år, mittendiagrammet till höger) och svaveldioxid (SO₂, miljarder ton SO₂/år, nedersta diagrammet till höger). Svaveldioxid bidrar till antropogena aerosoler som visas i delfigur b).

Delfigur (b) Uppvärmningseffekten av olika antropogena påverkan i respektive scenario visas som global medeltemperaturhöjning (°C) vid 2081-2100 jämfört med 1850-1900 tillsammans med en indikation av den observerade uppvärmningen till idag. Staplar och vertikala linjer visar medianvärden respektive *mycket sannolika* intervallen. För varje scenario visas den totala globala uppvärmningen (°C; stapeln för total) (se tabell SPM.1) och de olika bidragen till uppvärmningen (°C) som orsakas av förändringar i koldioxidhalt (stapeln för CO₂), av andra växthusgaser (stapeln för icke-CO₂ GHG, vilket inkluderar effekten av långlivade GHG och ozon) samt en netto avkylningseffekt orsakad av annan antropogen påverkan (stapeln för aerosoler och markanvändning, antropogena aerosoler, förändringar i albedo från förändrad markanvändning och konstbevattning samt kondensationsstrimmor från flyget) (se delfigur c i figur SPM.2 för uppvärmningseffekt fram tills idag av de olika påverkan var för sig). Den bästa uppskattningen av observerad uppvärmning till 2010-2019 jämfört med 1850-1900 (se delfigur a i figur SPM.2) anges med en mörkare del i staplarna för den totala globala uppvärmningen. Hur bidragen till den totala globala uppvärmningen som visas i delfigur b har beräknats framgår från tabell SPM.1. För de andra staplarna har bidragen beräknats med en fysikalisk klimatemulator av den globala medeltemperaturen som bygger på utvärderingen av klimatkänslighet och strålningsdrivning.

[kapitelöverskridande ruta 1.4, 4.6, figur 4.35, 6.7, figur 6.18, figur 6.22, figur 6.24, 7.3, kapitelöverskridande ruta 7.1, figur 7.7, ruta TS.7, figur TS.4, figur TS.15]

B.1 Den globala medeltemperaturen kommer att fortsätta öka till åtminstone mitten på 2000-talet enligt samtliga utsläppsscenarioer som har beaktats i denna rapport. En global uppvärmning på 1,5°C och 2°C kommer att överskridas under 2000-talet om inte stora minskningar i koldioxidutsläpp och andra växthusgasutsläpp kommer till stånd under de nästkommande årtiondena.
{2.3, kapitelöverskridande ruta 2.3, kapitelöverskridande ruta 2.4, 4.3, 4.4, 4.5} (figur SPM.1, figur SPM.4, figur SPM.8, tabell SPM.1, faktaruta SPM.1)

B.1.1 Jämfört med 1850-1900 kommer den globala medeltemperaturen under 2081-2100 *mycket sannolikt* vara 1,0°C till 1,8°C högre under utsläppsscenarioet med mycket låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9), 2,1°C till 3,5°C högre under scenariot med medelhöga utsläpp (SSP2-4,5) och 3,3°C till 5,7°C under scenariot med mycket höga utsläpp (SSP5-8,5).²⁴ Senaste gången som den globala medeltemperaturen varaktigt låg 2,5°C eller mer över temperaturen för 1850-1900 var för över 3 miljoner år sedan (*troligt*).
{2.3, kapitelöverskridande ruta 2.4, 4.3, 4.5, ruta TS.2, ruta TS.4, sektionsoverskridande ruta TS.1} (tabell SPM.1)

Tabell SPM.1 | Förändringar i global medeltemperatur för utvalda 20-årsperioder och de fem illustrativa scenarier som betraktas i denna rapport. Utvärderingen bygger på multipla bevislinjer. Temperaturförändringar relaterar till medeltemperaturen för perioden 1850-1900 och anges i °C. I dessa siffror ingår den uppdaterade utvärderingen av observerad uppvärmning för den referensperiod som användes i AR5 (1986-2005), i AR6 är utfallet högre med 0,08 [-0,01 till 0,12] °C jämfört med AR5 (se fotnot 10). Förändringar i relation till den senare referensperioden 1995-2014 kan beräknas genom att subtrahera 0,85°C (som motsvarar den bästa uppskattningen av observerad uppvärmning mellan 1850-1900 och 1995-2014).
{kapitelöverskridande ruta 2.3, 4.3, 4.4, sektionsoverskridande ruta TS.1}

Scenario	När tid, 2021-2040		Mellanlång sikt, 2041-2060		Lång sikt, 2081-2100	
	Bästa uppskattning (°C)	Mycket sannolika intervall (°C)	Bästa uppskattning (°C)	Mycket sannolika intervall (°C)	Bästa uppskattning (°C)	Mycket sannolika intervall (°C)
SSP1-1,9	1,5	1,2 till 1,7	1,6	1,2 till 2,0	1,4	1,0 till 1,8
SSP1-2,6	1,5	1,2 till 1,8	1,7	1,3 till 2,2	1,8	1,3 till 2,4
SSP2-4,5	1,5	1,2 till 1,8	2,0	1,6 till 2,5	2,7	2,1 till 3,5
SSP3-7,0	1,5	1,2 till 1,8	2,1	1,7 till 2,6	3,6	2,8 till 4,6
SSP5-8,5	1,6	1,3 till 1,9	2,4	1,9 till 3,0	4,4	3,3 till 5,7

B.1.2 Baserat på utvärdering av multipla bevislinjer så kommer den globala uppvärmningen överskrida 2°C jämfört med 1850-1900, under 2000-talet i scenarierna med höga och mycket höga växthusgasutsläpp som behandlats i denna rapport (SSP3-7,0 respektive SSP5-8,5). Det är *extremt sannolikt* att en global uppvärmning på 2°C överskrids under scenariot med medelhöga växthusgasutsläpp (SSP2-4,5). Under scenarierna med mycket låga och låga växthusgasutsläpp är det *extremt osannolikt* (SSP1-1,9) respektive *osannolikt* att en global uppvärmning på 2°C överskrids.²⁵ Under scenariot med mycket höga växthusgasutsläpp (SSP5-8,5) överskrids en global uppvärmning på 2°C *mycket sannolikt* på mellanlång sikt (2041-2060), *sannolikt* under scenariot med höga växthusgasutsläpp (SSP3-7,0), och *mer sannolikt än osannolikt* i scenariot med medelhöga växthusgasutsläpp (SSP2-4,5).²⁶
{4.3, sektionsoverskridande ruta TS.1} (tabell SPM.1, figur SPM.4, faktaruta SPM.1)

24 Förändringar i global medeltemperatur anges med löpande 20-års medelvärden, om inte annat anges.

25 SSP1-1,9 och SSP1-2,6 är scenarier som börjar år 2015 och har mycket låga respektive låga växthusgasutsläpp, koldioxidutsläppen minskar till netto noll vid eller efter år 2050, vilket följs av varierande nivåer av netto-negativa koldioxidutsläpp.

26 Definitionen av "överskridande" avser här att 20-årsmedelvärdet av den utvärderade globala medeltemperaturhöjningen överstiger en viss global uppvärmningsnivå.

- B.1.3 En global uppvärmning på 1,5°C jämfört med 1850-1900 kommer att överskridas under scenarier med medelhöga, höga och mycket höga växthusgasutsläpp som beaktats i denna rapport (SSP2-4,5, SSP3-7,0 och SSP5-8,5). De fem illustrativa scenarierna anger att det i närtid (2021-2040) är *mycket sannolikt* att 1,5°C överskrids under scenariot med mycket höga växthusgasutsläpp (SSP5-8,5), *sannolikt* under scenarierna med medelhöga och höga växthusgasutsläpp (SSP2-4,5 och SSP3-7,0), och *mer sannolikt än osannolikt* under scenariot med låga växthusgasutsläpp (SSP1-2,6). Under scenariot med mycket låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9) är det *mer sannolikt än osannolikt* att den globala temperaturhöjningen når upp till 1,5°C i närtid.²⁷ Under scenariot med mycket låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9) är det *mer sannolikt än osannolikt* att den globala medeltemperaturen skulle återgå till under 1,5°C mot slutet av 2000-talet, med en övergående överskjutning av 1,5°C med upp till 0,1°C.
{4.3, sektionsöverskridande ruta TS.1} (tabell SPM.1, figur SPM.4)
- B.1.4 Den globala medeltemperaturen kan vid ett enskilt år ligga över eller under den långsiktiga antropogena trenden, på grund av betydande naturlig variabilitet.²⁸ Förekomsten av enskilda år med global medeltemperaturförändring över en viss nivå, till exempel 1,5°C eller 2°C, i förhållande till 1850–1900 innebär inte att denna globala uppvärmningsnivå har uppnåtts.²⁹ {kapitelöverskridande ruta 2.3, 4.3, 4.4, ruta 4.1, sektionsöverskridande ruta TS.1} (tabell SPM.1, figur SPM.1, figur SPM.8)
- B.2 Många förändringar i klimatsystemet blir större i takt med en ökande global uppvärmning. Dessa inkluderar ökning i förekomst och intensitet av värmeextremer, marina värmeböljor, extrem nederbörd, jordbrukstorka och ekologisk torka i vissa regioner, andel tropiska cykloner i de mest intensiva kategorierna, samt minskning av havsisen på Arktis, snötäcken och permafrosten.**
{4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 8.2, 8.4, ruta 8.2, 9.3, 9.5, ruta 9.2, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} (figur SPM.5, figur SPM.6, figur SPM.8)
- B.2.1 Det är *nästan helt säkert* att landområden fortsätter att värmas upp mer än havsytan (*sannolikt* mellan 1,4 och 1,7 gånger mer). Det är *nästan helt säkert* att Arktis fortsätter att värmas upp snabbare än den globala medeltemperaturen, *mycket troligt* mer än dubbelt så snabbt.
{2.3, 4.3, 4.5, 4.6, 7.4, 11.1, 11.3, 11.9, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, sektionsöverskridande ruta TS.1, TS.2.6} (figur SPM.5)
- B.2.2 Med varje ytterligare ökning av den globala uppvärmningen fortsätter förändringar i extremer att öka. Till exempel leder varje ytterligare 0,5°C till tydligt märkbara öknings av intensitet och frekvens av värmeextremer, inklusive värmeböljor (*mycket sannolikt*), extrem nederbörd (*mycket troligt*), samt jordbrukstorka och ekologisk torka³⁰ i vissa områden (*mycket troligt*). Varje ytterligare 0,5°C av global uppvärmning leder till märkbara förändringar i intensitet och frekvens av meteorologisk torka i vissa regioner, och regioner med öknings är fler än regioner med minskningar (*troligt*). Öknings i intensitet och frekvens av hydrologisk torka ökar i vissa regioner när den globala uppvärmningen ökar (*troligt*). Ytterligare global uppvärmning kommer att innebära en ökad förekomst av vissa extrema händelser som saknar motstycke enligt vad som observerats hittills, detta gäller även vid en global uppvärmning på 1,5°C. Beräknade relativa (procentuella) förändringar i frekvens är större för händelser som är mer sällsynta (*mycket troligt*).
{8.2, 11.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, kapitelöverskridande ruta 12.1, TS.2.6} (figur SPM.5, figur SPM.6)
- B.2.3 Den största ökningen i de varmaste dagarnas temperatur med 1,5-2 gånger den globala uppvärmningstakten beräknas för vissa regioner på mellanlatituderna och halvtorra regioner samt för sydamerikanska monsunregionen (*mycket troligt*). Den största uppvärmningen av de kallaste dagarna beräknas för Arktis, med tre gånger den globala uppvärmningstakten (*mycket troligt*). Vid ytterligare global uppvärmning kommer förekomsten av marina värmeböljor att fortsätta att öka (*mycket troligt*), i synnerhet i tropiska hav och på Arktis (*troligt*).
{ruta 9.2, 11.1, 11.3, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, kapitelöverskridande ruta 12.1, 12.4, TS.2.4, TS.2.6} (figur SPM.6)

27 Den utvärdering som i AR6 görs av när en viss global uppvärmningsnivå överskrids för första gången understöds av beaktandet av de fem illustrativa scenarierna, de multipla bevislinjer som ingår i utvärderingen av framtida respons av den globala medeltemperaturen på strålningsdrivning, och den uppdaterade uppskattningen av historisk uppvärmning. Utvärderingen i AR6 är därmed inte direkt jämförbar med SR1,5, enligt vilken det var *sannolikt* att en global uppvärmning på 1,5°C skulle nås mellan 2030 och 2052, utifrån en enkel linjär extrapolering av den senaste tidens uppvärmningstakt. Uppskattningen i SR1,5- om när en global uppvärmning på 1,5°C för första gången överskrids ligger nära den bästa uppskattningen här i AR6, när scenarier som liknar SSP1-1,9 beaktas istället för linjär extrapolering.

28 Naturlig variabilitet handlar om klimatvariationer som inträffar utan mänsklig påverkan, det vill säga intern variabilitet samt klimatsystemets respons på extern naturlig påverkan såsom vulkanutbrott, förändringar i solaktivitet och, på betydligt längre tidskalor, variationer i jordens omloppsbana och jordaxelns lutning samt plattetektoniken (kontinentaldriften).

29 Intern variabilitet vid ett enskilt år uppskattas till $\pm 0,25^\circ\text{C}$ (5–95 procents intervall, *mycket troligt*).

30 Beräkningen av förändringar i jordbrukstorka och ekologisk torka utgår i huvudsak från total markfuktighet i hela jordprofilen. Se fotnot 15 för definitioner och relationen till nederbörd och avdunstning.

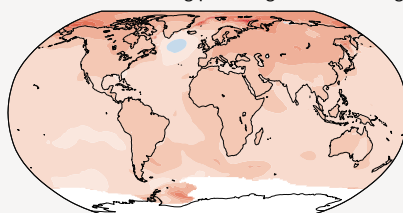
- B.2.4 Vid ytterligare global uppvärmning kommer extrem nederbörd bli mer intensiv och inträffa oftare i de flesta regioner (*mycket sannolikt*). Globalt sett beräknas extrem dygnsnederbörd intensifieras med cirka 7 procent för varje 1°C av global uppvärmning (*mycket troligt*). Andelen intensiva tropiska cykloner (kategori 4 eller 5) och de maximala vindhastigheterna i de mest intensiva tropiska cyklonerna beräknas öka globalt sett vid ökande global uppvärmning (*mycket troligt*). {8.2, 11.4, 11.7, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, ruta TS.6, TS.4.3.1} (figur SPM.5, figur SPM.6)
- B.2.5 Ytterligare global uppvärmning beräknas fortsätta utöka upptiningen av permafrost, förlust av säsongsvisa snötäckan, landbaserade isar och Arktis havsis (*mycket troligt*). Under de fem illustrativa scenarierna som beaktas i denna rapport beräknas Arktis *sannolikt* bli praktiskt taget utan havsis i september³¹ vid åtminstone ett tillfälle före år 2050, och detta kommer att inträffa oftare vid högre uppvärmningsnivåer. Konfidensnivån är *låg* vad gäller beräknad minskning i Antarktis havsis. {4.3, 4.5, 7.4, 8.2, 8.4, ruta 8.2, 9.3, 9.5, 12.4, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, TS.2.5} (figur SPM.8)

Varje ökning av global uppvärmning leder till ökade förändringar i regional medeltemperatur, nederbörd och markfuktighet

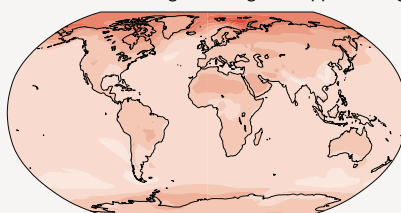
(a) Årlig förändring av medeltemperatur (°C) vid 1°C global uppvärmning

Uppvärmning med 1°C påverkar alla kontinenter och är generellt större över land än över haven både för observationer och modeller. Över de flesta regioner är observerade och beräknade mönster överensstämmande.

Observerad förändring per 1°C global förändring



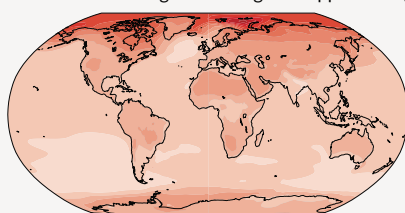
Beräknad förändring vid 1°C global uppvärmning



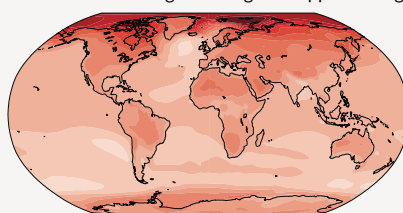
(b) Årlig förändring av medeltemperatur (°C) jämfört med 1850–1900

Landområden värms upp mer än havsområden, och Arktis och Antarktis värms upp mer än tropikerna.

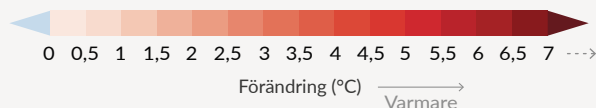
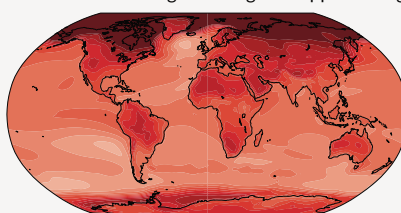
Beräknad förändring vid 1.5°C global uppvärmning



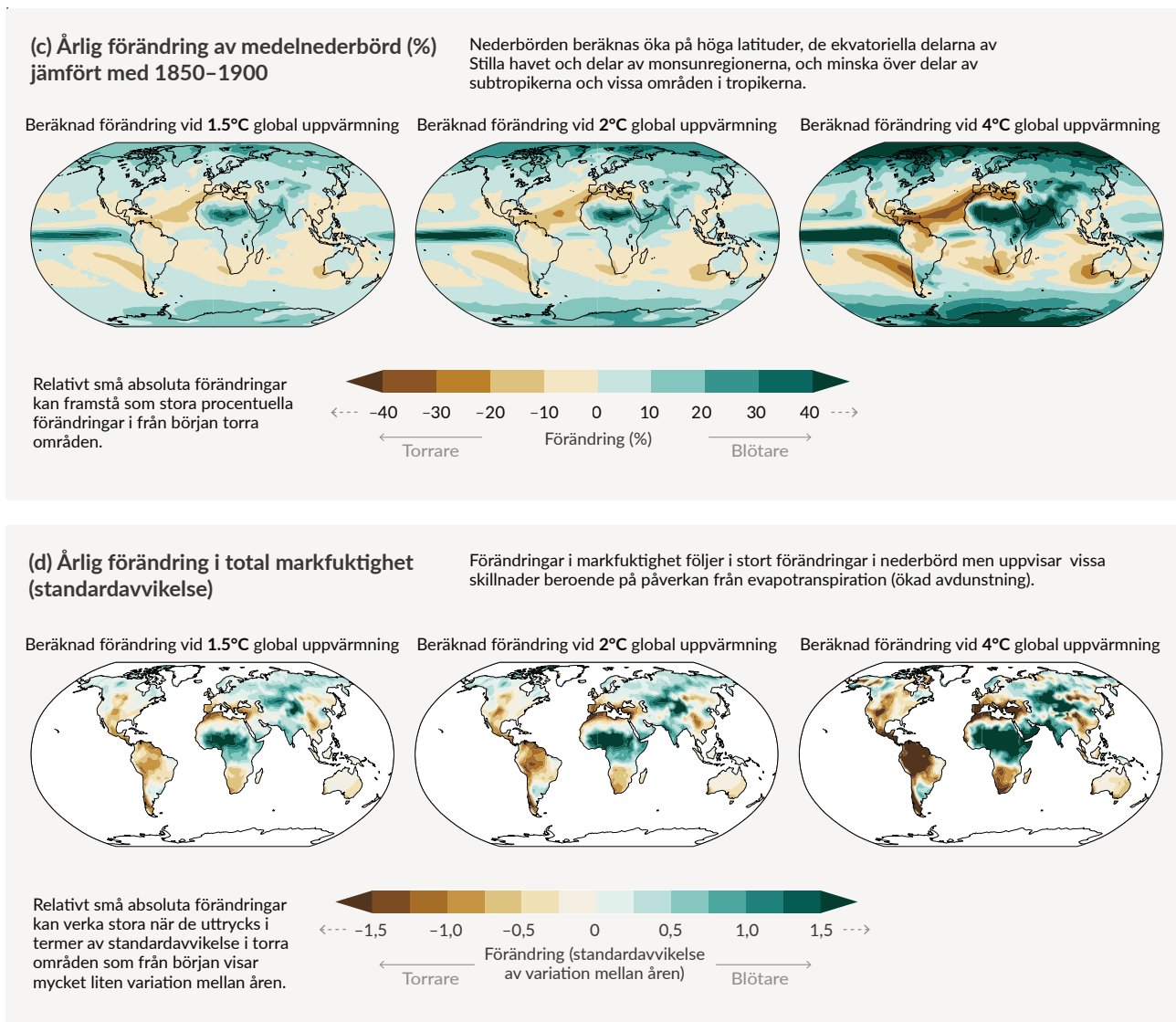
Beräknad förändring vid 2°C global uppvärmning



Beräknad förändring vid 4°C global uppvärmning



31 Månadsmedelvärde för utbredningen av havsis ligger under 1 miljon kvadratkilometer, vilket motsvarar cirka 15 procent av den observerade medeltäckningen för september under 1979-1988.



Figur SPM.5 | Förändringar i årsmedeltemperatur, nederbörd och markfuktighet.

Delfigur (a) Observerad och beräknad förändring av årsmedeltemperatur. Den vänstra kartan visar observerade förändringar i årsmedeltemperaturer under perioden 1850–2000. Den lokala (dvs. på gridpunktsskalen) observerade förändringen har anpassats genom linjär regression till den globala medeltemperaturen under 1850–2020 för att visa de lokala temperaturförändringarna vid en grads (1°C) global uppvärmning. Observerade temperaturer är från Berkeley Earth, som har den bästa areella täckningen och högsta horisontella upplösningen. Linjär regression tillämpas för samtliga år för vilka data finns tillgängligt för motsvarande gridpunkt. Regressionsmetoden användes för att ta hänsyn till hela den observerade tidsserien, vilket minskar betydelsen av den interna variabilitetens på gridpunktsskalen. Vitt indikerar områden för vilka tidsserierna var upp till 100 år långa och därmed för korta för att beräkna en rättvisande linjär regression. Den högra kartan baseras på modellberäkningar. Den visar förändringar i årsmedeltemperaturer (ett medelvärde av resultat från beräkningar med flera modeller) vid en grads (1°C) global uppvärmningsnivå (20-årsmedelvärde av global uppvärmning i förhållande till 1850–1900). Triangelarna vid början och slutet av färgskalan indikerar värden som ligger utanför intervallet, mot högre eller lägre värden.

Delfigur (b) Beräknad årsmedeltemperaturförändring (°C), delfigur (c) beräknad nederbördsförändring (%) och delfigur (d) beräknad förändring i markvattenhalt (standardavvikelse av mellanårsvariabilitet) vid globala uppvärmningsnivåer 1,5°C, 2°C och 4°C (20-årsmedelvärde av global uppvärmning i förhållande till 1850–1900). Beräknade förändringar motsvarar medelvärden för CMIP6-multi-modell (medianförändring för markfuktighet) vid respektive global uppvärmningsnivå, dvs. samma metod har använts som i den högra kartan i delfigur a.

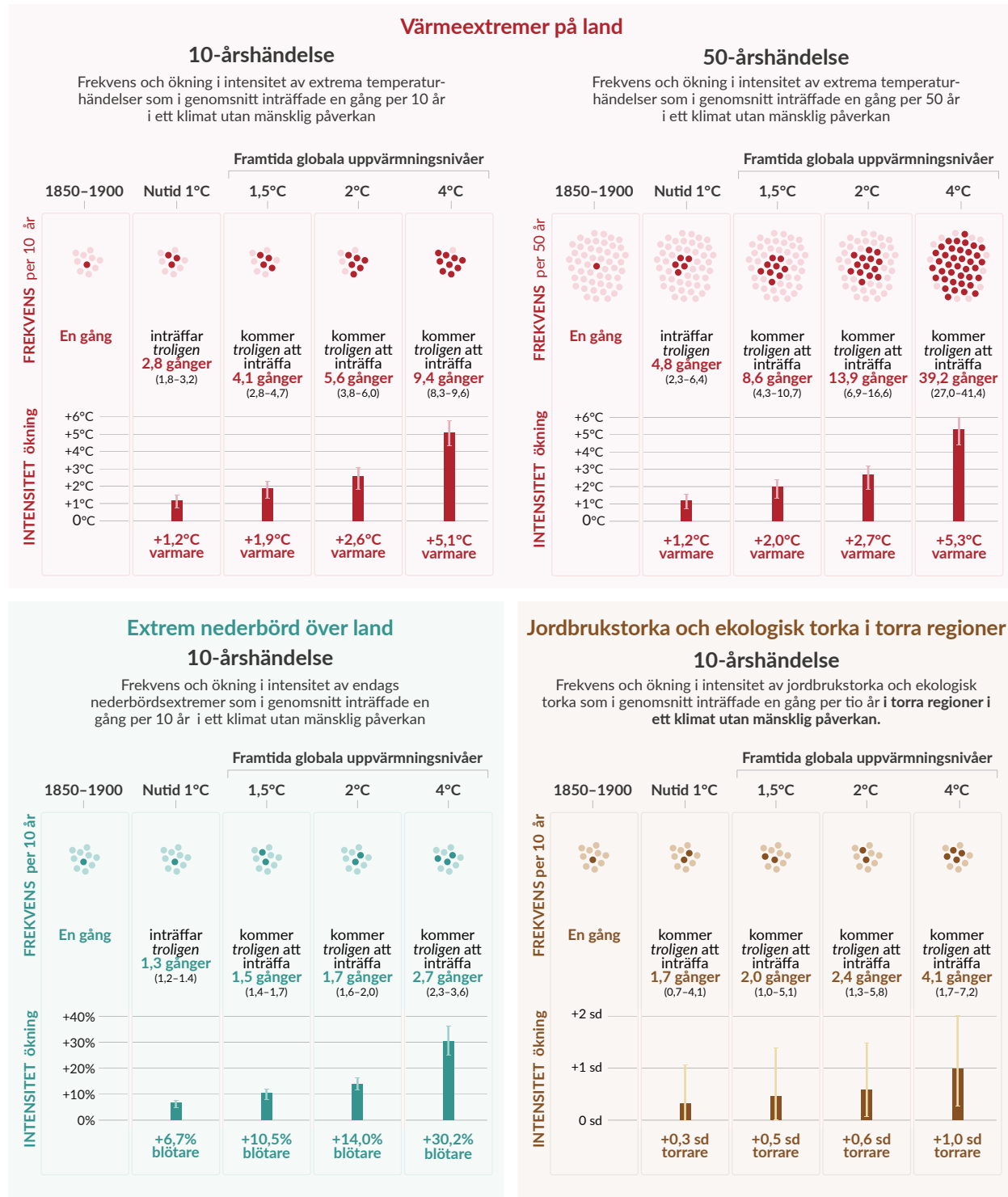
Delfigur (c) I torrområden kan stor procentuell förändring motsvara små förändringar i absoluta tal. **Delfigur (d)**, Här används standardavvikelse av markfuktighetens mellanårsvariabilitet (1850–1900) som enhet. Denna är en vanlig indikator för allvarlighetsgrad av torka. En förändring i genomsnittlig markfuktighet motsvarande en standardavvikelse motsvarar markfuktighetsförhållanden som inträffade ungefär vart sjätte år under perioden 1850–1900. Även i delfigur (d) kan stora förändringar motsvara små förändringar i absoluta tal gällande torrområden med begränsad mellanårsvariabilitet under 1850–1900. Triangelarna vid början och slutet av färgskalan indikerar värden som ligger utanför intervallet, mot högre eller lägre värden. Resultat medelvärdesbildas från samtliga modeller i vilka en viss uppvärmningsnivå inträffar i någon av de fem illustrativa scenarierna (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 and SSP5-8.5). Kartor som visar förändringar i årsmedeltemperatur och nederbörden vid en uppvärmningsnivå på 3°C finns i figur 4.31 och figur 4.32 i rapportens avsnitt 4.6.

Motsvarande kartor som i delfiguren b, c och d finns i figur 4.31, 4.32 respektive 11.19, med skraffering som visar hur enhetliga modellresultaten är på gridpunktsskala. Som anges i CC-ruta Atlas.1, är resultat på gridpunktsskala inte representativa för större rumsliga skalor (t ex för AR6 referensregioner). Aggregerade signaler är mindre känsliga för småskalig variabilitet, vilket ökar robustheten.

(figur 1.14, 4.6.1, kapitelöverskridande ruta 11.1, kapitelöverskridande ruta Atlas.1, TS.1.3.2, figur TS.3, figur TS.5)

Förändringar i extremer förväntas öka i frekvens och intensitet för varje ytterligare ökning av global uppvärmning

SPM



Figur SPM.6 | Beräknade förändringar i intensitet och frekvens av värmeextremer på land, extrem nederbörd på land samt jordbrukstorka och ekologisk torka i områden som blir torrare.

Beräknade förändringar visas vid fyra globala uppvärmningsnivåer, 1°C, 1,5°C, 2°C, och 4°C i förhållande till 1850-1900 som används för att representera ett klimat utan mänsklig påverkan. Figuren visar 10- eller 50-års extremhändelsers frekvens och intensitetsökning jämfört med referensperioden.

Med **värmeextremer** avses den dygnsmaxtemperatur på land som överskreds i genomsnitt en gång under en 10-årsperiod (10-års händelse) eller en gång under en 50-årsperiod (50-års händelse) under perioden 1850-1900. Med **nederbördsextremer** avses mängd dygnsnederbörd på land som överskreds i genomsnitt en gång under en 10-årsperiod (10-års händelse) under perioden 1850-1900. **Händelser med jordbrukstorka och ekologisk torka** avser tillfällen när

årsgenomsnittet av markfuktighet underskred den 10:e percentilen under 1850-1900. Extremerna har beräknats på den skalan som motsvarar modellens upplösning (gridrutor). För värmeextremer och extrem nederbörd gäller resultaten för den globala landarealen. För jordbrukstorka och ekologisk torka avser resultaten enbart regioner som blir torrare, vilket sammanfaller med de AR6-regioner i vilka beräknad ökning i jordbrukstorka eller ekologisk torka vid en uppvärmningsnivå på 2°C jämfört med 1850-1900 referensperioden i CMIP6 är *troligt* eller har en högre konfidensnivå. Dessa regioner inkluderar västra Nordamerika, centrala Nordamerika, norra Mellanamerika, södra Mellanamerika, Karibien, norra Sydamerika, nordöstra Sydamerika, sydamerikanska monsunregionen, sydvästra Sydamerika, Väst- och Centraleuropa, Medelhavsområdet, västra Sydafrika, östra Sydafrika Madagaskar, östra Australien, södra Australien (Karibien ingår inte i beräkningen i figuren eftersom antalet gridrutor med land är för litet). Regioner som inte blir torrare visar inte någon generell ökning eller minskning av allvarlighetsgraden av torka. Beräkningarna av förändringar i jordbrukstorka och ekologisk torka i CMIP6 skiljer sig för vissa regioner från beräkningarna i CMIP5, detta gäller delar av Afrika och Asien. Utvärdering av beräknade förändringar i meteorologisk och hydrologisk torka finns i kapitel 11.

I **"frekvens"-delen** representerar varje punkt ett år. Mörka punkter anger år där tröskelvärdet för en extrem överskridits, och ljusa punkter år där motsvarande tröskelvärde inte överskridits. Värdena anger medianer (fet stil) och motsvarande 5-95 procents intervall för multi-modell resultat från CMIP6 med olika SSP-scenarier. Antalet mörka punkter baseras på medianvärden som avrundats uppåt för enhetlighet. I **"intensitet"-delen** visas medianvärden och deras *sannolika* intervall med mörka respektive ljusa staplar som baseras på 5-95 procents intervall i CMIP6. Förändringarna i intensitet hos värmeextremer och extrem nederbörd anges i °C och procent. Förändringar i intensitet hos jordbrukstorka och ekologisk torka anges i andelar av standardavvikelse hos årlig markfuktighet.

{11.1, 11.3, 11.4, 11.6, 11.9, figur 11.12, figur 11.15, figur 11.6, figur 11.7, figur 11.18}

B.3 Fortsatt global uppvärmning beräknas ytterligare intensifiera den globala vattencykeln, inklusive dess variabilitet, global monsunnederbörd samt svårighetsgrad av våta och torra händelser. {4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, ruta 8.2, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, Atlas.3} (figur SPM.5, figur SPM.6)

B.3.1 Det finns ett starkt kunskapsunderlag sedan AR5 för att den globala vattencykeln kommer att fortsätta att intensifieras när de globala temperaturerna stiger (*mycket troligt*). Nederbörd och ytvattenflöden beräknas i de flesta landregioner få större säsongsvariation (*mycket troligt*) och mellanårsvariation (*troligt*). Fram till perioden 2081-2100, jämfört med perioden 1995-2014, beräknas den globala årliga medelnederbörden över land öka med 0-5 procent under scenariot med mycket låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9), 1,5-8 procent för scenariot med medelhöga utsläpp av växthusgaser (SSP2-4,5) och 1-13 procent för scenariot med mycket höga utsläpp av växthusgaser (SSP5-8,5) (*sannolika* intervall). I SSP2-4,5, SSP3-7,0 och SSP5-8,5 scenarierna beräknas nederbörden öka på höga latituder, de ekvatoriella delarna av Stilla havet och delar av monsunregionerna, och minska över delar av subtropikerna och vissa områden i tropikerna (*mycket sannolikt*). Allt större del av jordens landområden beräknas påvisa detekterbara ökning eller minskningar av genomsnittlig säsongsnederbörd (*troligt*). Det är *mycket troligt* att snösmältning under våren kommer att börja tidigare, vilket resulterar i högre vårflodstoppar och lägre flöden under sommaren i snödominerade regioner på global nivå.
{4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, Atlas.3, TS.2.6, TS.4.3, ruta TS.6} (figur SPM.5)

B.3.2 Både mycket blöta och mycket torra väder- och klimathändelser och säsonger kommer att intensifieras i ett varmare klimat, med konsekvenser i form av översvämningar och torka (*mycket troligt*), men den geografiska fördelningen och frekvensen av dessa händelser beror på beräknade förändringar i regional atmosfärcirkulation inklusive monsuner och stormbanor på mellanbreddgrader. Nederbördsvariabilitet kopplad till El Niño–Southern Oscillation (ENSO) beräknas förstärkas under den andra halvan av 2000-talet under scenarierna SSP2-4,5, SSP3-7,0 och SSP5-8,5 (*mycket sannolikt*).
{4.3, 4.5, 4.6, 8.2, 8.4, 8.5, 11.4, 11.6, 11.9, 12.4, TS.2.6, TS.4.2, ruta TS.6} (figur SPM.5, figur SPM.6)

B.3.3 På medellång till lång sikt beräknas monsunnederbörden öka på global nivå, särskilt över Syd- och Sydostasien, Ostasien och Västafrika bortsett från västligaste Sahel (*mycket troligt*). Inledningen av monsunsäsongen beräknas starta senare i Nord- och Sydamerika och Västafrika (*mycket troligt*) och monsunsäsongen beräknas sluta senare i Västafrika (*troligt*).
{4.4, 4.5, 8.2, 8.3, 8.4, ruta 8.2, ruta TS.13}

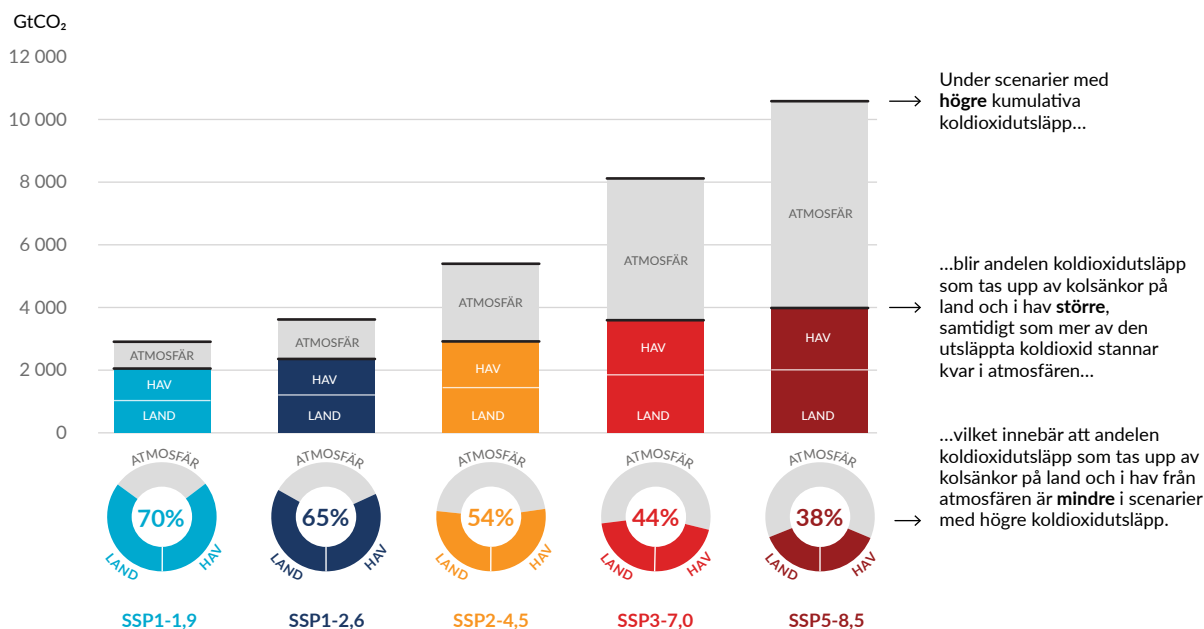
B.3.4 I scenarier med höga utsläpp av växthusgaser (SSP3-7,0, SSP5-8,5) är det i ett långt tidsperspektiv *troligt* med en sydlig förflyttning och intensifiering av stormbanor på sommaren och med dessa förknippad nederbörd på det södra halvklotets mellanbreddgrader. I ett kortsiktigt perspektiv så motverkar återhämtningen av ozonskiktet dessa förändringar (*mycket troligt*). Det är *troligt* att stormar och med dessa förknippad nederbörd kommer att fortsätta förflytta sig mot polen i norra Stilla havet men det är *låg* konfidensnivå för beräknade förändringar gällande stormbanorna i Nordatlanten.
{4.4, 4.5, 8.4, TS.2.3, TS.4.2}

B.4 I scenarier med ökande koldioxidutsläpp beräknas kolsänkor i havet och på land bli mindre effektiva i att motverka ökningen av koldioxidhalten i atmosfären. {4.3, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6} (figur SPM.7)

- B.4.1 Naturliga kolsänkor på land och hav beräknas i absoluta tal ta upp en allt större mängd koldioxid i scenarier med högre koldioxidutsläpp än i scenarier med lägre koldioxidutsläpp, men dessa sänkor blir mindre effektiva, vilket innebär att andelen utsläpp som tas upp minskar med ökande kumulativa koldioxidutsläpp. Detta beräknas leda till att en högre andel av koldioxidutsläppen stannar kvar i atmosfären (*mycket troligt*). {5.2, 5.4, ruta TS.5} (figur SPM.7)
- B.4.2 Upptaget av koldioxid i naturliga kolsänkor på land och hav beräknas gå långsammare under andra hälften av 2000-talet under scenariot med medelhöga utsläpp av växthusgaser, i vilket koldioxidhalten i atmosfären stabiliserar sig under innevarande århundrade (SSP2-4,5) (*mycket troligt*). Under scenarierna med mycket låga och låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9, SSP1-2,6), i vilka koldioxidhalterna kulminerar och börjar minska under 2000-talet, minskar kolsänkornas upptag av kol till följd av minskande halter av koldioxid i atmosfären, (*mycket troligt*), och de förvandlas till en svag nettokälla fram till 2100 under SSP1-1,9 (*troligt*). Det är *mycket osannolikt* att den sammanlagda globala kolsänkan blir en kolkälla fram till år 2100 i scenarier utan netto-negativa utsläpp (SSP2-4,5, SSP3-7,0, SSP5-8,5).³² {4.3, 5.4, 5.5, 5.6, ruta TS.5, TS.3.3}
- B.4.3 Storleken på återkopplingar mellan klimatförändringen och kolcykeln ökar, men blir också mer osäker i scenarier med höga koldioxidutsläpp (*högst troligt*). Beräkningar med klimatmodeller visar dock att osäkerheten gällande koldioxidhalten i atmosfären vid år 2100 domineras av skillnaderna mellan utsläppsscenarioer (*mycket troligt*). Sådana ekosystemrelaterade återkopplingar som ännu inte fullt ut inkluderats i klimatmodeller, exempelvis utsläpp av koldioxid och metan från våtmarker, upptinande permafrost och bränder, skulle ytterligare öka halten av dessa gaser i atmosfären (*mycket troligt*). {5.4, ruta TS.5, TS.3.2}

Den andel av koldioxidutsläppen som tas upp av kolsänkor på land och i hav är mindre under scenarier med högre ackumulerade koldioxidutsläpp

De totala kumulativa koldioxidutsläpp som **tas upp av land och i hav** (färger) respektive stannar kvar i atmosfären (grått) under de fem illustrativa scenarierna från 1850 to 2100



Figur SPM.7 | Kumulativa antropogena koldioxidutsläpp som tas upp i kolsänkor på land och i havet fram till år 2100 under de fem illustrativa scenarierna.

Kumulativa antropogena koldioxidutsläpp som tas upp i kolsänkor på land och i havet under de fem illustrativa scenarierna (SSP1-1,9, SSP1-2,6, SSP2-4,5, SSP3-7,0 och SSP5-8,5) beräknas från 1850 till 2100 med CMIP6 klimatmodeller i koncentrationsdrivna simuleringar. Kolsänkor på land och i havet svarar mot på tidigare, pågående och framtida utsläpp, vilket gör att kumulativa sänkor för hela perioden visas här. Under den historiska perioden (1850-2019) tog den observerade kolsänkan på land och i havet upp 1430 miljarder ton koldioxid, vilket motsvarar 59 procent av de samlade koldioxidutsläppen.

Stapeldiagrammet illustrerar hur mycket av de kumulativa antropogena koldioxidutsläppen (miljarder ton koldioxid) mellan 1850 och 2100 som beräknas

³² Dessa beräknade responser av kolsänkorna till en stabilisering eller minskning av koldioxidhalten i atmosfären finns med i beräkningen av kvarvarande kolbudgetar.

stanna kvar i atmosfären (grått) respektive tas upp på land och i hav (färger), vid år 2100. **Ringdiagrammet** illustrerar den relativa andel kumulativa antropogena koldioxidutsläpp som tas upp i kolsänkor på land och i hav respektive stannar i atmosfären vid år 2100. Värden i procent anger andel kumulativa antropogena koldioxidutsläpp som sammantaget tas upp i kolsänkor till år 2100. De sammanlagda kumulativa antropogena koldioxidutsläppen har beräknats genom att lägga till netto utsläpp från markanvändning från CMIP6 scenariodatabasen till de övriga sektoriella utsläpp som beräknats i klimatmodeller med angivna koldioxidhalter.³³ Land- och havsbaserade upptag sedan 1850 har baserats på netto biomproduktion på land, med hänsyn tagen till koldioxidavgångar relaterade till förändrad markanvändning. Det sistnämnda har hanterats genom att lägga till utsläppen förknippade med förändrad markanvändning samt netto koldioxidflöden till havs. {5.2.1, tabell 5.1, 5.4.5, figur 5.25, ruta TS.5, figur 1 i ruta TS.5}

B.5 Många förändringar som beror på tidigare och framtida utsläpp av växthusgaser är oåterkalleliga för tidsperioder på århundraden till årtusenden, detta gäller särskilt förändringar i havet, inlandsisar och den globala havsnivån. {2.3, kapitelöverskridande ruta 2.4, 4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, 9.4, 9.5, 9.6, ruta 9.4} (figur SPM.8)

- B.5.1** Historiska utsläpp av växthusgaser sedan år 1750 har redan påverkat världshavet till en fortsatt uppvärmning (*mycket troligt*). Under resten av 2000-talet kommer havet att sannolikt värmas upp från 2-4 gånger (SSP1-2,6) till 4-8 gånger (SSP5-8,5) den förändring som skett under perioden 1971-2018. Enligt multipla bevislinjer kommer skiktningen i de övre delarna av havet (*nästan helt säkert*), försurningen av havet (*nästan helt säkert*) och syreminskningen i havet (*mycket troligt*) att fortsätta att öka under 2000-talet, i en takt som är beroende av framtida utsläpp. Förändringarna är oåterkalleliga på en hundraårig till tusenårig tidsskala gällande global havstemperatur (*högst troligt*) försurning i djuphavet (*högst troligt*) och minskad syrehalt (*troligt*). {4.3, 4.5, 4.7, 5.3, 9.2, TS.2.4} (figur SPM.8)
- B.5.2** Glaciärer i bergs- och polarområden kommer att fortsätta smälta i årtionden eller århundraden (*högst troligt*). Utsläpp av kol kopplat till upptining av permafrost är oåterkalleliga på flera hundra års sikt (*mycket troligt*). Det är *nästan helt säkert* att inlandsisen på Grönland kommer att fortsätta förlora is under 2000-talet och detsamma är *sannolikt* för inlandsisen på Antarktis. Det är *mycket troligt* att den totala isförlusten från inlandsisen på Grönland kommer att öka med kumulativa utsläpp. Det finns *begränsad evidens* för händelser med låg sannolikhet som medför stora konsekvenser (det handlar om händelser som är förknippade med processer kring inlandsisars instabilitet, och som det råder djup osäkerhet om, och i vissa fall innefattar tippningspunkter) och som vid höga utsläpp av växthusgaser kraftigt skulle öka isförlusterna från inlandsisen på Antarktis under århundraden.³⁴ {4.3, 4.7, 5.4, 9.4, 9.5, ruta 9.4, ruta TS.1, TS.2.5}
- B.5.3** Det är *nästan säkert* att den genomsnittliga globala havsnivån kommer att fortsätta stiga under 2000-talet. Jämfört med perioden 1995-2014 är den *sannolika* höjningen av den genomsnittliga globala havsnivån till år 2100 0,28-0,55 meter i scenariot med mycket låga utsläpp av växthusgaser (SSP1-1,9), 0,32-0,62 meter i scenariot med låga utsläpp av växthusgaser (SSP1-2,6), 0,44-0,76 meter i scenariot med medelhöga utsläpp av växthusgaser (SSP2-4,5), och 0,63-1,01 meter i scenariot med mycket höga utsläpp av växthusgaser (SSP5-8,5) (*troligt*). Till år 2150 beräknas höjningen *sannolikt* till 0,37-0,86 meter i scenariot med mycket låga utsläpp av växthusgaser (SSP1-1,9), 0,46-0,99 meter i scenariot med låga utsläpp av växthusgaser (SSP1-2,6), 0,66-1,33 meter i scenariot med medelhöga utsläpp av växthusgaser (SSP2-4,5) och 0,98-1,88 meter i scenariot med mycket höga utsläpp av växthusgaser (SSP5-8,5) (*troligt*)³⁵. En ökning av den genomsnittliga globala havsnivån om överstiger det *sannolika* intervallet – och närmar sig 2 meter till år 2100 och 5 meter till år 2150 under ett scenario med mycket höga utsläpp av växthusgaser (SSP5-8,5) (*mindre troligt*) – kan inte uteslutas på grund av djup osäkerhet relaterad till processer i inlandsisar. {4.3, 9.6, ruta 9.4, ruta TS.4} (figur SPM.8)
- B.5.4** I ett längre perspektiv så kommer havsnivån fortsätta att stiga under århundraden till årtusenden på grund av fortsatt uppvärmning av djuphavet och avsmältning av inlandsisar, och förbli i högt läge under tusentals år (*mycket troligt*). Under de kommande 2000 åren kommer den genomsnittliga globala havsnivån att stiga med omkring 2-3 meter om den globala uppvärmningen begränsas till 1,5°C, 2-6 meter om uppvärmningen begränsas till 2°C, och 19-22 meter vid en global uppvärmning på 5°C, för att sedan fortsätta att stiga under efterföljande årtusenden (*mindre troligt*). Beräkningar för flertusenårig höjning av den genomsnittliga globala havsnivån överensstämmer med rekonstruerade nivåer under tidigare varma klimatperioder: *sannolikt* 5-10 meter högre än idag för cirka 125 000 år sedan, när den globala medeltemperaturen *mycket sannolikt* var 0,5-1,5°C högre än under perioden 1850-1900, och *mycket sannolikt* 5-25 meter högre för cirka 3 miljoner år sedan när den globala medeltemperaturen var 2,5-4°C högre (*troligt*). {2.3, kapitelöverskridande ruta 2.4, 9.6, ruta TS.2, ruta TS.4, ruta TS.9}

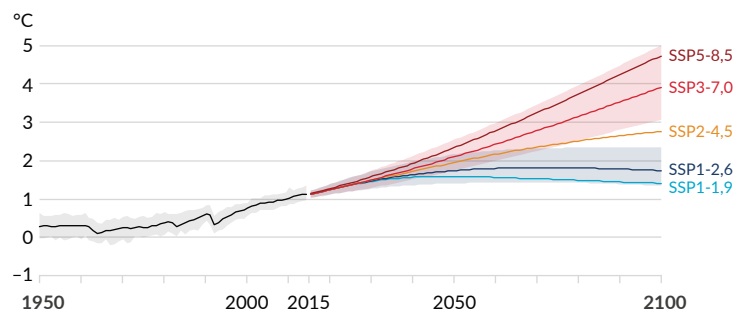
³³ Utsläpp från andra sektorer beräknas som skillnaden mellan netto kolutsläpp i kolsänkor på land och i havet och de förändringarna i koldioxidhalten i atmosfären som föreskrivs i CMIP6 modellberäkningar. Dessa utsläpp är nettoutsläpp och skiljer inte mellan brutto antropogena utsläpp och upptag eftersom dessa är implicit medräknade.

³⁴ Händelser med låg sannolikhet som medför stora konsekvenser är händelser vars sannolikhet för att inträffa är låg eller inte väl känd (som i sammanhang med "djup osäkerhet") men vars potentiella konsekvenser för samhälle och ekosystem skulle kunna vara hög. En tippningspunkt är en kritisk gräns, som om den överskrids medför att ett system omorganiseras sig, ofta plötsligt och/eller oåterkalleligt. {1.4, kapitelöverskridande ruta 1.3, 4.7}

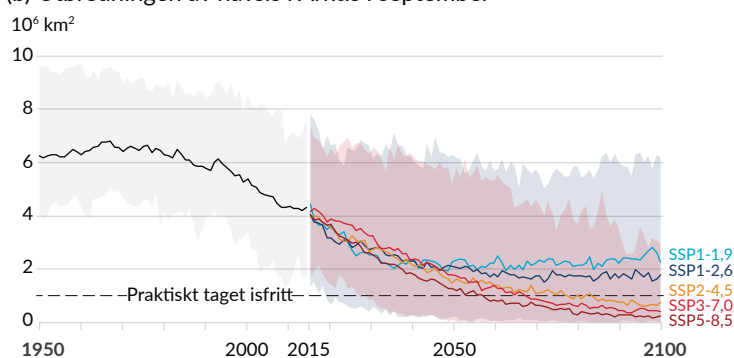
³⁵ För att jämföra med referensperioden 1986-2005 som använts i AR5 och SROCC, lägg till 0,03 meter till höjningen av den genomsnittliga globala havsnivån. För att jämföra med referensperioden år 1900 som används i figur SPM.8, lägg till 0,16 meter.

Mänsklig påverkan ger effekter på klimatsystemets alla delar, där några responderar under decennier och andra under århundraden

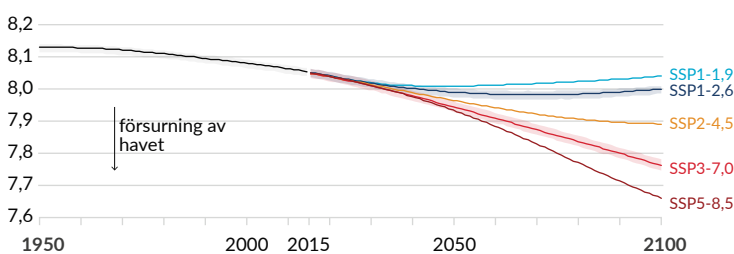
(a) Förändring i global medeltemperatur jämfört med 1850–1900



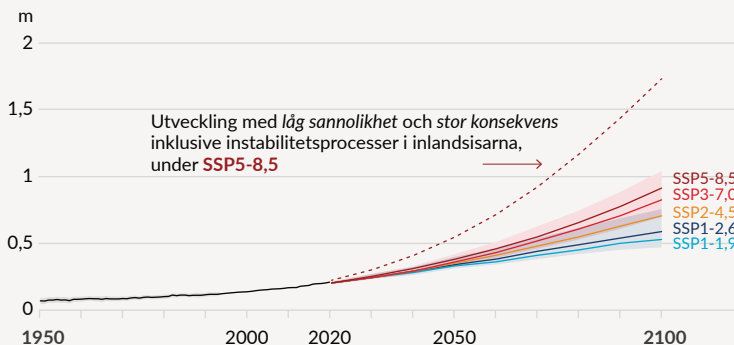
(b) Utbredningen av havsis i Arktis i september



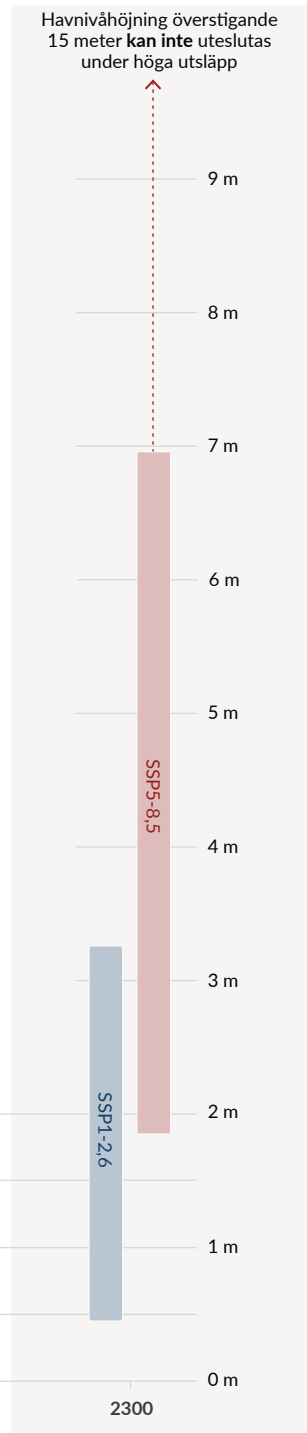
(c) pH i havets ytvatten globalt (ett mått på surhetsgrad)



(d) Förändring av den genomsnittliga globala havsnivån jämfört med 1900



(e) Förändring av den genomsnittliga globala havsnivån vid 2300 jämfört med 1900



Figur SPM.8 | Ett urval indikatorer av global klimatförändring under de fem illustrativa scenarierna som används i denna rapport

Beräkningarna som avser var och en av de fem illustrativa scenarierna visas med olikfärgade linjer. Osäkerhetsintervallerna visas med skuggningar. Se nedan för ytterligare detaljer. De svarta linjerna visar resultat från beräknade historiska värden (delfigurerna a, b, c) alternativt observationer (delfigur d). Historiska värden anges i samtliga diagram för att ge sammanhang till de beräknade framtida förändringarna.

Delfigur a) Förändring i global medeltemperatur (°C) jämfört med 1850-1900. Förändringarna baseras på en kombination av CMIP6 modellsimuleringar och observationsbaserade kriterier som följer beräknad historisk uppvärmning samt uppdaterad utvärdering av klimatkänsligheten (se faktaruta SPM.1). Förändringarna jämfört med 1850-1900 utgår från 20-åriga medelvärdesbildningar och fås genom att lägga till 0,85°C (dvs. den observerade globala temperaturökningen mellan 1850-1900 och 1995-2014) till beräknade förändringar från 1995-2014. *Mycket sannolika* intervall visas för SSP1-2,6 och SSP3-7,0.

Delfigur b) Utbredningen av havsis i Arktis i september (miljoner km²) baserad på modellberäkningar från CMIP6. *Mycket sannolika* intervall visas för SSP1-2,6 och SSP3-7,0. Arktis beräknas bli praktiskt taget utan havsis vid 2000-talets mitt i scenarier med medelhöga och höga växthusgasutsläpp.

Delfigur c) pH i havets ytvatten globalt (ett mått på surhetsgrad) baserad på CMIP6 modellberäkningar. *Mycket sannolika* intervall visas för SSP1-2,6 och SSP3-7,0.

Delfigur d) Förändring av den genomsnittliga globala havsnivån (meter) relativt år 1900. De historiska förändringarna kommer från mätningar (vattenståndsstationer före 1992 och från satellitdata därefter). Framtida förändringar har utvärderats konsistent med observationsbaserade kriterier baserade på emulering av klimatmodeller och modeller för inlandsisar och glaciärer. *Sannolika* intervall visas för SSP1-2,6 och SSP3-7,0. Enbart *sannolika* intervall för havsnivåförändringen har utvärderats på grund av svårigheten med att uppskatta påverkan från processer som det råder djup osäkerhet kring. Den streckade linjen indikerar den potentiella effekten av dessa processer. Linjen visar den 83:e percentilen av beräkningar under SSP5-8,5, som inkluderar processer i inlandsisar som har låg sannolikhet men skulle medföra stora konsekvenser om de inträffade och som inte kan uteslutas. Eftersom konfidensnivån för beräkningar av dessa processer är *låg* (dvs. *mindre troligt*), ingår inte denna beräkning i ett *sannolikt* intervall. Förändringar jämfört med 1900 har beräknats genom att lägga till 0,158 meter (dvs. den observerade genomsnittliga globala havsnivåhöjningen från 1900 till 1995-2014) till beräknade och observerade värden som är relativa 1995-2014.

Delfigur e): Förändring av den genomsnittliga globala havsnivån vid år 2300 (meter) relativt år 1900). Endast scenarierna SSP1-2,6 och SSP5-8,5 visas för 2300 eftersom antalet beräkningar som sträcker sig längre än till 2100 för övriga scenarier är för få för att ge ett robust resultat. Intervallet för 17:e-83:e percentiler anges med skuggning. Den streckade pilen illustrerar den 83:e percentilen i beräkningar under SSP5-8,5, som inkluderar processer i inlandsisarna som har låg sannolikhet men skulle medföra stora konsekvenser om de inträffade och som inte kan uteslutas.

Delfigurerna b) och c) är baserade på en beräkning med varje modell och inkluderar därmed en komponent av intern variabilitet. Delfigurerna a), d) och e) är baserade på långsiktiga medelvärden och inkluderar därmed enbart små bidrag från intern variabilitet.

{4.3, figur 4.2, figur 4.8, figur 4.11, 9.6, figur 9.27, figur TS.8, figur TS.11, figur 1 i ruta TS.4}

C. Klimatinformation för riskbedömning och regional anpassning

Fysikalisk klimatinformation handlar om hur klimatsystemet svarar på samspelet mellan mänsklig påverkan, naturlig klimatpåverkan och klimatsystemets interna variabilitet. Kunskap om klimatets respons och spannet av möjliga utfall inklusive händelser som har låg sannolikhet och hög påverkan, ger information till klimat tjänster, dvs. utvärderingen av klimatrelaterade risker och anpassningsplanering. Flera bevislinjer bidrar till fysikalisk klimatinformation på global, regional och lokal skala, vilket inkluderar analys av observerade data, resultat från klimatmodeller och skräddarsydda analyser.

C.1 Naturlig klimatpåverkan och klimatsystemets interna variabilitet kommer i varierande grad att motverka eller förstärka den antropogena klimatförändringen, särskilt i närtid och på regionala skalor, men har liten effekt på den globala uppvärmningen i ett längre perspektiv. Denna effekt är viktig att beakta i planering gällande det fulla spannet av möjliga förändringar.

{1.4, 2.2, 3.3, kapitelöverskridande ruta 3.1, 4.4, 4.6, kapitelöverskridande ruta 4.1, ruta 7.2, 8.3, 8.5, 9.2, 10.3, 10.4, 10.6, 11.3, 12.5, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, kapitelöverskridande ruta Atlas.2}

C.1.1 Den historiska tidsserien för global medeltemperatur visar att variabilitet mellan årtionden har både förstärkt och motverkat underliggande långsiktiga förändringar orsakade av mänsklig påverkan, och denna variabilitet kommer att fortsätta i framtiden (*högst troligt*). Till exempel har intern variabilitet mellan årtionden och variationer i klimatpåverkande faktorer relaterade till solaktivitet och vulkanutbrott delvis dolt den globala uppvärmningstrenden under perioden 1998-2012, med tydliga säsongsberoende och regionala skillnader (*mycket troligt*). Trots detta har klimatsystemets uppvärmning fortsatt under denna period, något som återspeglas såväl i den fortsatta uppvärmningen av världshavet (*högst troligt*) och i den fortsatta ökningen av värmeextremer över land (*troligt*).

{1.4, 3.3, kapitelöverskridande ruta 3.1, 4.4, ruta 7.2, 9.2, 11.3, sektionsoverskridande ruta TS.1} (figur SPM.1)

C.1.2 Beräknade antropogena förändringar i genomsnittliga klimatförhållanden och klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem ("climatic impact-drivers", CIDs)³⁶ inklusive extremer, kommer antingen att förstärkas eller motverkas av intern variabilitet (*mycket troligt*).³⁷ Avkylning i ett kort tidsperspektiv på viss plats kan inträffa och vara förenligt med den globala uppvärmningen orsakad av mänsklig påverkan (*mycket troligt*).

{1.4, 4.4, 4.6, 10.4, 11.3, 12.5, Atlas.5, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.2}

36 Klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs) är fysiska förhållanden i klimatsystemet (till exempel medelvärden, händelser, extremer) som påverkar någon del av samhällen eller ekosystem. Beroende på systemets tolerans kan CIDs och deras förändringar över interagerande systemelement och regioner vara skadliga, fördelaktiga, neutrala eller en blandning av dessa. Olika kategorier av CIDs inkluderar värme och kyla, vått och torrt, vind, snö och is, kustnära och öppna hav.

37 De viktigaste interna variabilitetsfenomenen inkluderar – genom hur de påverkar olika regioner – "El Niño-Southern Oscillation" (ENSO), "Pacific Decadal variability" och "Atlantic Multi-decadal variability".

- C.1.3 Intern variabilitet ligger till stor del bakom de förstärkningar och försvagningar av de observerade antropogena förändringarna i medelnederbörd som uppmätts över en eller flera tioårsperioder över många landregioner (*mycket troligt*). På global och regional skala så kommer förändringar av monsunerna på kort sikt att domineras av intern variabilitet (*troligt*). I tillägg till den interna variabiliteten så har beräknade förändringar i nederbörd på global skala och regionala skala för de närmaste årtiondena osäkerheter beroende på osäkerheter i modellerna och osäkerheter beroende på klimatpåverkan från naturliga och antropogena aerosoler (*troligt*).
{1.4, 4.4, 8.3, 8.5, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, Atlas.4, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, kapitelöverskridande ruta Atlas.2, TS.4.2, ruta TS.6, ruta TS.13}
- C.1.4 Baserat på paleoklimatologisk och historisk evidens så är det *troligt* att minst ett stort explosivt vulkanutbrott kommer att inträffa under 2000-talet.³⁸ Ett sådant utbrott skulle under 1-3 år kunna sänka den globala medeltemperaturen och minska nederbörden särskilt över landområden, förändra monsyncirkulationen globalt, påverka både extrem nederbörd och många klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs) (*troligt*). Om ett sådant utbrott skulle ske, skulle detta tillfälligt och delvis maskera effekten av antropogen klimatpåverkan.
{2.2, 4.4, kapitelöverskridande ruta 4.1, 8.5, TS.2.1}
- C.2 Med fortsatt global uppvärmning beräknas samtliga regioner jorden runt i allt högre grad uppleva flera och samtidiga förändringar i klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs). Förändringar i många CIDs blir mer omfattande vid en 2°C global uppvärmning jämfört med 1,5°C. Förändringarna blir generellt ytterligare mer utbredda och/eller större vid högre uppvärmningsnivåer.**
{8.2, 9.3, 9.5, 9.6, ruta 10.3, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11.9, ruta 11.3, ruta 11.4, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11} (tabell SPM.1, figur SPM.9)
- C.2.1 I alla regioner³⁹ beräknas fortsatta ökningar i varma klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem och minskningar i kalla klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (*mycket troligt*). Ytterligare minskningar beräknas av permafrost, snö, glaciärer och inlandsisar, insjöis och Arktis havsis (*troligt* eller *mycket troligt*)⁴⁰. Dessa förändringar skulle vara större vid en global uppvärmning på 2°C eller högre jämfört med 1,5°C (*mycket troligt*). Exempelvis beräknas gränsvärden relaterade till extrem värme, som är relevanta för jordbruk och hälsa att oftare uppnås vid högre globala uppvärmningsnivåer (*mycket troligt*).
{9.3, 9.5, 11.3, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.3, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.3} (tabell SPM.1, figur SPM.9)
- C.2.2 Extrem nederbörd och relaterade översvämningar beräknas bli intensivare och förekomma oftare vid en global uppvärmning på 1,5°C i de flesta regioner i Afrika och Asien (*mycket troligt*), Nordamerika (*troligt* eller *mycket troligt*)⁴⁰ och Europa (*troligt*). I vissa regioner på alla bebodda kontinenter bortsett från Asien beräknas jordbrukstorka och ekologisk torka bli mer frekvent och/eller intensivare jämfört med 1850-1900 (*troligt*); även ökningar i meteorologisk torka beräknas i vissa regioner (*troligt*). Ökningar eller minskningar i medelnederbörden beräknas i ett litet antal regioner (*troligt*).
{11.4, 11.5, 11.6, 11.9, Atlas.4, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.10, Atlas.11, TS.4.3} (tabell SPM.1)
- C.2.3 Vid en global uppvärmning på 2°C och däröver ökar konfidensnivån vad gäller förändringar i torka, extrem nederbörd och medelnederbörd, och också förändringarnas omfattning, jämfört med det som beräknas vid en global uppvärmning på 1,5°C. Extrem nederbörd och relaterade översvämningar beräknas bli intensivare och förekomma oftare i Stilla havets öriken och i många områden i Nordamerika och Europa (*troligt* eller *mycket troligt*).⁴⁰ Liknande förändringar beräknas även för vissa regioner i Australasien samt Mellan- och Sydamerika (*troligt*). Ökningar i frekvens och/eller allvarlighetsgrad i jordbrukstorka och ekologisk torka beräknas även för flera områden i Afrika, Sydamerika och Europa (*troligt* eller *mycket troligt*).⁴⁰ Troliga ökningar beräknas också för Australasien, Central- och Nordamerika samt Karibien. Ett litet antal regioner i Afrika, Australasien, Europa och Nordamerika beräknas också påverkas av ökningar i hydrologisk torka och flera regioner av ökningar eller minskningar i meteorologisk torka, där regioner som visar en ökning är fler än regioner som visar en minskning (*troligt*). Medelnederbörden beräknas öka i samtliga polarområden, norra Europa samt norra Nordamerika, de flesta regionerna i Asien samt två regioner i Sydamerika (*mycket troligt*).
{11.4, 11.6, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.5, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.9, Atlas.11, TS.4.3} (tabell SPM.1, figur SPM.5, figur SPM.6, figur SPM.9)

38 Utbrott som orsakar negativ strålningsdrivning på -1 W m⁻² eller mer inträffar i snitt två gånger per århundrade, baserat på 2 500 år långa rekonstruktioner.

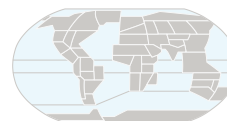
39 Med regioner avses här de AR6 WGI referensregionerna som i denna rapport används för att sammanfatta information för delar av kontinenter eller havsområden. Förändringarna är relativa till de senaste 20-40 åren, om inte annat anges. {1.4, 12.4, Atlas.1}.

40 Den specifika konfidensnivån eller sannolikheten varierar mellan regioner. Detaljer finns i rapportens tekniska sammanfattning och i den underliggande rapporten.

- C.2.4 En uppvärmning på 2°C eller mer beräknas leda till att fler klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem förändras i fler områden jämfört med en global uppvärmning på 1,5°C (*mycket troligt*). Regionspecifika förändringar omfattar en intensifiering av tropiska cykloner och/eller stormar på mellanlatituder (*troligt*), ökade översvämningar längs floder (*troligt* eller *mycket troligt*),⁴⁰ minskad medelnederbörd och ökning i permanent torka (*troligt* eller *mycket troligt*),⁴⁰ och ökad brandrisk (*troligt* eller *mycket troligt*).⁴⁰ Framtida förändringar i andra klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem såsom hagel, isstormar, svåra stormar, sandstormar och liknande fenomen, stora snöfall och jordskred är *mindre troliga* i de flesta regionerna.
{11.7, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, Atlas.4, Atlas.6, Atlas.7, Atlas.8, Atlas.10, TS.4.3.1, TS.4.3.2, TS.5} (tabell SPM.1, figur SPM.9)
- C.2.5 Det är *mycket sannolikt* eller *nästan helt säkert*⁴⁰ att regionala genomsnittliga relativa havsnivåer fortsätter att stiga under 2000-talet, bortsett från ett fåtal regioner med betydande landhöjning. Den regionala relativa havsnivåhöjningen beräknas ligga inom ±20 procent av den globala genomsnittliga ökningen längs ungefär två tredjedelar av den globala kustlinjen (*troligt*). Den relativa havsnivåhöjningen medför att extrema högvattenhändelser som tidigare inträffat en gång per århundrade, beräknas inträffa åtminstone årligen vid år 2100 vid mer än hälften av de platser där det finns en vattenståndsstation (*mycket troligt*). Den relativa havsnivåhöjningen bidrar till öknings i frekvens och allvarlighetsgrad av kustnära översvämningar i låglänta områden, och till kusterosion längs de flesta sandkuster (*mycket troligt*).
{9.6, 12.4, 12.5, kapitelöverskridande ruta 12.1, ruta TS.4, TS.4.3} (figur SPM.9)
- C.2.6 I städer förstärks den antropogena uppvärmningen lokalt, och fortsatt urbanisering tillsammans med oftare förekommande värmeextremer ökar värmeböljors allvarlighetsgrad (*högst troligt*). Urbaniseringen ökar också dels medelnederbörd och extremnederbörd i städerna och/eller nedströms (*troligt*), dels den resulterande avrinningens intensitet (*mycket troligt*). Vid kustnära städer ökar sannolikheten för översvämningar genom en kombinerad effekt av dels mer frekventa extrema högvattenhändelser (på grund av havsnivåhöjning och stormfloder), dels extrema nederbördshändelser och/eller höga flöden (*mycket troligt*).
{8.2, ruta 10.3, 11.3, 12.4, ruta TS.14}
- C.2.7 Med en högre global uppvärmning beräknas sannolikheten öka för kombinerade händelser i många regioner (*mycket troligt*). I synnerhet kommer värmeböljor och torka som inträffar samtidigt *sannolikt* inträffa oftare. Att extremer inträffar samtidigt på flera platser blir också vanligare, även i jordbruksområden, vid en global uppvärmning på 2°C och högre jämfört med 1,5°C (*mycket troligt*).
{11.8, ruta 11.3, ruta 11.4, 12.3, 12.4, kapitelöverskridande ruta 12.1, TS.4.3} (tabell SPM.1)

Flera olika klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem beräknas förändras jorden runt

Climatic impact-drivers (CIDs) är klimatindikatorer (t ex medelvärden, händelser, extremer) som påverkar samhällen och ekosystem. Beroende på systemens tolerans, kan CIDs och deras förändringar vara skadliga, nyttiga, neutrala, eller en blandning av detta över sammankopplade systemelement och regioner. CIDs grupperas i sju typer, vilka summeras under ikonerna i figuren. Alla regioner förväntas uppleva förändringar inom minst 5 CIDs. Nästan alla (96 procent) förväntas uppleva förändringar inom minst 10 CIDs och hälften inom minst 15 CIDs. I många fall varierar förändringar i en viss CID mellan regioner, därför förväntas varje region att uppleva en specifik uppsättning av förändringar i CIDs. Varje stapel i diagrammet representerar en specifik geografisk uppsättning av förändringar som kan utforskas via WGI:s Interaktiva Atlas.



interactive-atlas.ipcc.ch

Antal land- och kustområden (a) och havsområden (b) där det är mycket troligt (mörk nyans) eller troligt (ljus nyans) att respektive klimatindikator som påverkar samhällen och ekosystem (CID) kommer att öka eller minska

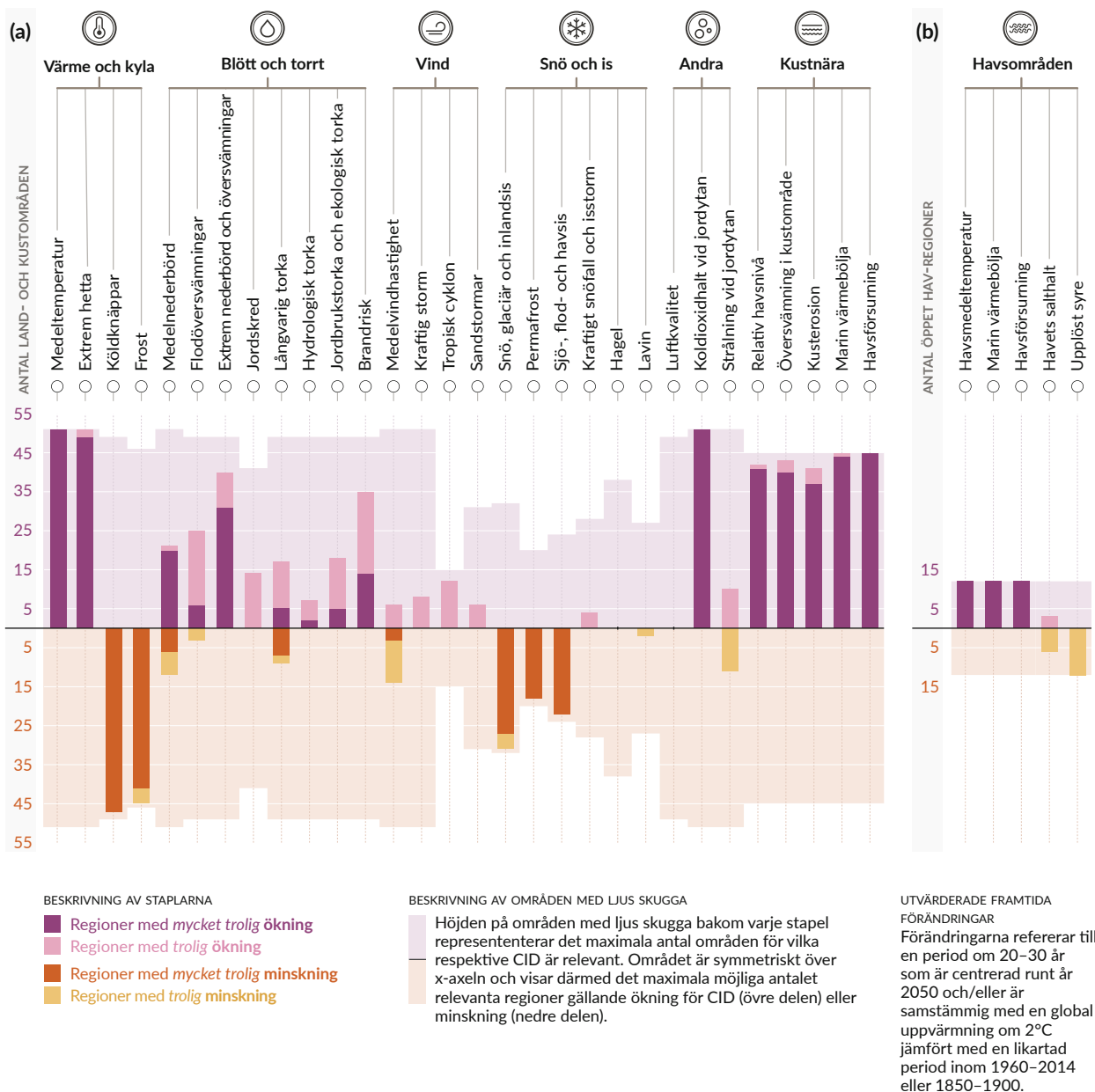


Figure SPM.9 | Syntes av antalet AR6 WGI referensregioner i vilka förändringar beräknas i klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs).

Figuren visar 35 klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs), organiserade i sju olika kategorier: värme och kyla, blött och torrt, vind, snö och is, kustnära, öppet hav, och andra. Staplarna visar i hur många AR6 referensregioner respektive klimatindikator som påverkar samhällen och ekosystem beräknas förändras. **Färgerna** anger förändringens riktning och konfidensnivån för förändringen: lila anger en ökning medan brunt anger en minskning; mörkare respektive ljusare nyanser anger att resultatet är **mycket troligt** respektive **troligt**. Ljusare bakgrunds färger indikerar det maximala antalet regioner för vilka respektive klimatindikator som påverkar samhällen och ekosystem är generellt relevant.

Delfigur a) visar de 30 klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem som är relevanta för **land- och kustområden**. **Delfigur b)** visar de 5 klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem som berör **det öppna havet**. Marina värmeböljor och havsförurning utvärderas för kustnära havsområdens del i delfigur (a), och för det öppna havet i delfigur (b). Förändringarna avser 20–30 år långa perioder centrerade kring år 2050 och/eller är konsistenta med en global uppvärmning på 2°C, jämfört med en motsvarande period under 1960–2014. För hydrologisk torka, jordbrukstorka och ekologisk torka görs jämförelsen med 1850–1900. För en definition av regionerna, se avsnitt 12.4, och Atlas.1 och den interaktiva atlasen på <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>. (11.9, 12.2, 12.4, Atlas.1, tabell TS.5, figur TS.22, figur TS.25) (tabell SPM.1)

- C.3 Händelser med låg sannolikhet såsom kollaps av inlandsisar, plötsliga förändringar i havscirkulationen, vissa kombinerade extremhändelser och uppvärmning som är betydligt större än det utvärderade *mycket sannolika* intervallet för framtida uppvärmning kan inte uteslutas och är en del av riskbedömning.**
{1.4, kapitelöverskridande ruta 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, kapitelöverskridande ruta 4.1, 8.6, 9.2, ruta 9.4, 11.8, ruta 11.2, kapitelöverskridande ruta 12.1} (tabell SPM.1)
- C.3.1 Om den globala uppvärmningen överskrider det utvärderade *mycket sannolika* intervallet för ett givet utsläppsscenario för växthusgaser, inklusive låga utsläppsscenarioer, så skulle globala och regionala förändringar i många aspekter av klimatsystemet också kunna överskrida sina utvärderade *mycket sannolika* intervall, detta gäller till exempel regional nederbörd och andra klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (*mycket troligt*). Sådana händelser av karaktären låg sannolikhet – hög uppvärmning förknippas med potentiellt mycket stora konsekvenser till exempel genom mer intensiva och mer frekventa värmeböljor och extrem nederbörd samt höga risker för mänskliga system och ekosystem, särskilt i scenarier med höga växthusgasutsläpp.
{kapitelöverskridande ruta 1.3, 4.3, 4.4, 4.8, ruta 9.4, ruta 11.2, kapitelöverskridande ruta 12.1, TS.1.4, ruta TS.3, ruta TS.4} (tabell SPM.1)
- C.3.2 Händelser med låg sannolikhet som medför stora konsekvenser³⁴ skulle kunna förekomma på global skala och på regionala skalor även vid global uppvärmning inom det *mycket sannolika* intervallet för ett givet utsläppsscenario. Sannolikheten för händelser med låg sannolikhet som medför stora konsekvenser ökar med högre globala uppvärmningsnivåer (*mycket troligt*). Plötsliga responser och tippningspunkter i klimatsystemet, som exempelvis kraftigt ökad avsmältning av inlandsisen på Antarktis och skogsdöd kan inte uteslutas (*mycket troligt*).
{1.4, 4.3, 4.4, 4.8, 5.4, 8.6, ruta 9.4, kapitelöverskridande ruta 12.1, TS.1.4, TS.2.5, ruta TS.3, ruta TS.4, ruta TS.9} (tabell SPM.1)
- C.3.3 Om den globala uppvärmningen ökar så kommer en del kombinerade extremhändelser¹⁸ som i historiskt klimat och i dagens klimat har låg sannolikhet bli mer frekventa, och det kommer att finnas en ökad sannolikhet för att händelser med ökad intensitet, varaktighet och/eller rumslig spridning som saknar motstycke i det som har observerats kommer att inträffa (*mycket troligt*).
{11.8, ruta 11.2, kapitelöverskridande ruta 12.1, ruta TS.3, ruta TS.9}
- C.3.4 Den storskaliga cirkulationen i Atlanten (AMOC) kommer *mycket sannolikt* att försvagas under 2000-talet under samtliga utsläppsscenarioer. En sådan minskning under 2000-talet är *mycket trolig* men det finns endast *låg konfidens* gällande minskningens storlek. Det är *troligt* att det inte kommer bli en plötslig kollaps av AMOC innan år 2100. Om en sådan kollaps ändå skulle ske, skulle den mycket sannolikt orsaka snabba förändringar i regionala vädermönster och vattencykeln, exempelvis en sydlig förflyttning av det tropiska regnbältet, försvagning av de afrikanska och asiatiska monsunerna, förstärkning av monsuner på det södra halvklotet och minskad nederbörd i Europa.
{4.3, 8.6, 9.2, TS.2.4, ruta TS.3}
- C.3.5 Oförutsägbara och sällsynta naturliga händelser som inte är kopplade till mänsklig klimatpåverkan kan leda till händelser med låg sannolikhet som medför stora konsekvenser. Till exempel har en serie av stora explosiva vulkanutbrott inom loppet av några årtionden inträffat tidigare och då lett till betydande globala och regionala störningar i klimatet under flera årtionden. Sådana händelser kan inte uteslutas i framtiden, men på grund av deras oförutsägbarhet ingår de inte i de illustrativa scenarierna som ingår i denna rapport.
{2.2, kapitelöverskridande ruta 4.1, ruta TS.3} (faktaruta SPM.1)

D. Att begränsa den fortsatta klimatförändringen

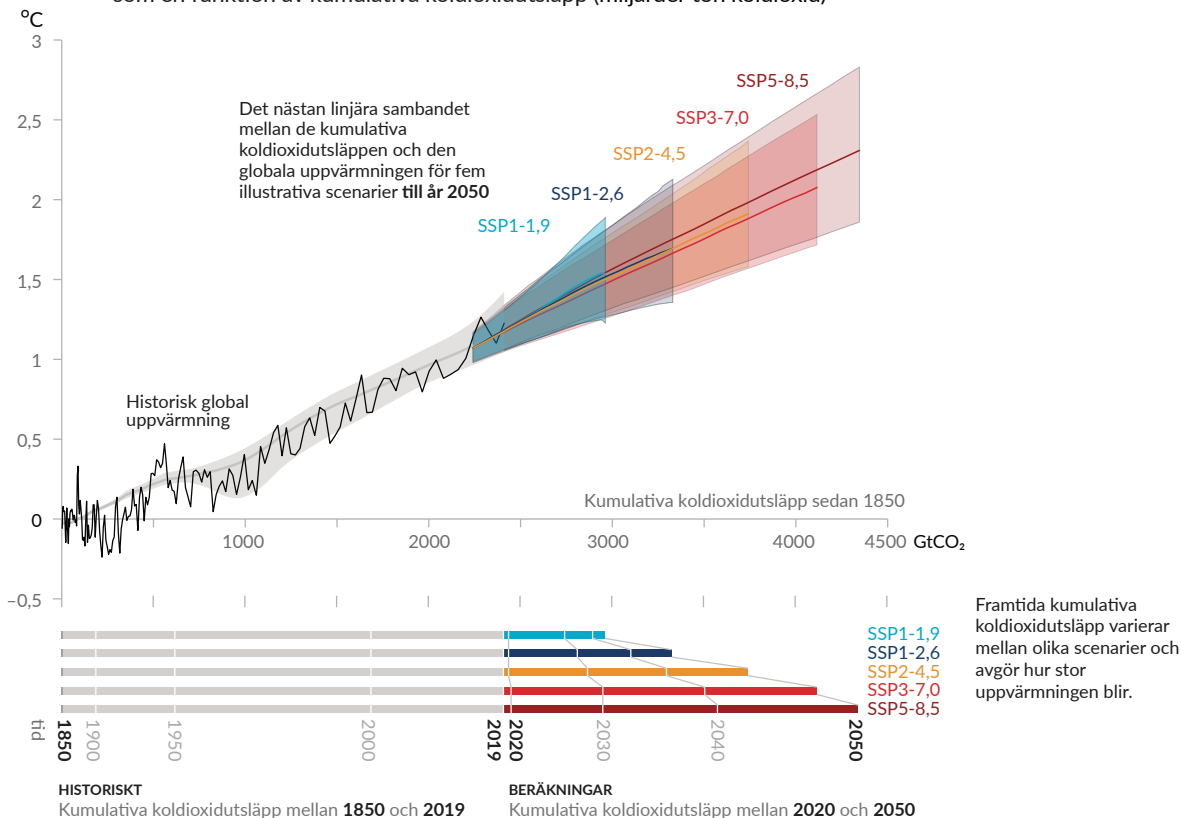
Sedan AR5 har beräkningen av kvarvarande kolbudgetar förbättrats genom en ny metod som presenterades i SR1,5, uppdaterad evidens samt integration av resultat från flera bevislinjer. Ett omfattande spann av möjliga framtida begränsningar av luftföroreningar används i scenarier för att på ett konsekvent sätt utvärdera hur olika antaganden påverkar beräknade klimatförändringar och luftkvalitet. En ny utveckling är möjligheten att fastställa när klimatutvecklingens respons på utsläppsminskningar blir märkbar jämfört med naturlig klimatvariabilitet som inkluderar intern variabilitet i klimatsystemet och klimatsystemets respons på naturlig påverkan.

- D.1 Ur ett naturvetenskapligt perspektiv så förutsätter ett begränsande av den antropogena globala uppvärmningen till en viss nivå att de kumulativa koldioxidutsläppen begränsas till en viss mängd, och att koldioxidutsläppen minskar till åtminstone netto noll, samtidigt som andra växthusgasutsläpp minskas kraftigt. Stora, snabba och bestående utsläppsminskningar av metan skulle dessutom motverka den uppvärmningseffekt som resulterar när mängden aerosoler minskar i atmosfären, och förbättra luftkvaliteten.**
{3.3, 4.6, 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.6, ruta 5.2, kapitelöverskridande ruta 5.1, 6.7, 7.6, 9.6} (figur SPM.10, tabell SPM.2)

D.1.1 Denna rapport bekräftar slutsatsen i AR5 om att det finns ett nästan linjärt samband mellan kumulativa antropogena koldioxidutsläpp och den globala uppvärmning de orsakar (*mycket troligt*). Varje 1000 miljarder ton koldioxidutsläpp uppskattas sannolikt orsaka en global medeltemperaturökning på 0,27-0,63°C, med en bästa uppskattning på 0,45°C.⁴¹ Detta spann är smalare än i AR5 och SR1,5. Detta mått kallas transient klimatrespons på kumulativa koldioxidutsläpp ("transient climate response to cumulative CO₂ emissions", TCRE). Detta samband visar att en förutsättning till att begränsa den antropogena globala uppvärmningen - oavsett uppvärmningsnivån - är att antropogena koldioxidutsläpp minskar till netto noll.⁴² Att begränsa den globala uppvärmningen till en viss nivå förutsätter att kumulativa koldioxidutsläpp hålls inom en kolbudget.⁴³ {5.4, 5.5, TS.1.3, TS.3.3, Box TS.5} (figur SPM.10)

Varje ton koldioxidutsläpp ökar den globala uppvärmningen

Ökning i global medeltemperatur sedan 1850–1900 (°C)
som en funktion av kumulativa koldioxidutsläpp (miljarder ton koldioxid)



Figur SPM.10 | Det finns ett nära på linjärt samband mellan kumulativa koldioxidutsläpp och ökningen i global medeltemperatur.

Övre delfigur: Historiska data (tunn svart linje) visar den observerade globala uppvärmningen (°C) sedan 1850-1900 som en funktion av historiska kumulativa koldioxidutsläpp (miljarder ton koldioxid) mellan 1850 och 2019. Den grå skuggningen tillsammans med dess mittlinje visar den motsvarande uppskattningen av den historiska globala uppvärmning som är antropogent orsakad (se figur SPM.2). De färgade fälten visar de *mycket sannolika* intervallen för beräknad global uppvärmning (de tjocka färgade linjerna visar respektive medianvärden), som en funktion av historiska kumulativa koldioxidutsläpp från 2020 till 2050 under de fem illustrativa scenarierna (SSP1-1,9, SSP1-2,6, SSP2-4,5, SSP3-7,0, och SSP5-8,5, se figur SPM.4). I beräkningarna beaktas de kumulativa koldioxidutsläppen under respektive scenario tillsammans med all övrig antropogen klimatpåverkan. Sambandet visas för det spann av kumulativa koldioxidutsläpp för vilket det är *mycket troligt* att den transienta klimatresponsen till kumulativa koldioxidutsläpp (TCRE) är konstant, och för tidsperioden från 1850 till 2050 under vilken de globala koldioxidutsläppen är netto-positiva under alla de fem illustrativa scenarierna. Det finns *begränsade bevis* för kvantitativ tillämpning av TCRE för att uppskatta temperaturutvecklingen vid netto-negativa koldioxidutsläpp.

Nedre delfigur: Historiska och beräknade kumulativa koldioxidutsläpp (miljarder ton koldioxid) i respektive scenario.

{5.5, figur 5.31, figur TS.18}

41 I litteraturen används enheten °C per 1000 PgC (petagram kol). I AR6 anges det *sannolika* spannet av TCRE som 1,0-2,3°C per 1000 PgC. Den bästa uppskattningen är 1,65°C.

42 Detta innebär att antropogena koldioxidutsläpp balanseras av antropogen borttagning av koldioxid under en viss period.

43 Termen "kolbudget" avser den maximala mängden av kumulativa antropogena globala nettokoldioxidutsläpp som kan släppas ut utan att den globala uppvärmningen överskrider en given nivå, med en given sannolikhet, och med hänsyn tagen till effekten av annan antropogen klimatpåverkan. Den totala kolbudgeten avser kumulativa utsläpp sedan den förindustriella tiden. Den kvarvarande kolbudgeten avser kumulativa utsläpp från och med en specifik tidpunkt. Historiska kumulativa koldioxidutsläpp avgör till stor del uppvärmningen fram tills idag, och de framtida utsläpp den fortsatta uppvärmningen. Kvarvarande kolbudget anger därmed hur mycket koldioxid som fortfarande kan släppas ut om uppvärmningen inte ska överstiga en given nivå.

- D.1.2 Under perioden 1850-2019 uppgick de antropogena koldioxidutsläppen till sammanlagt 2390 ± 240 (sannolikt intervall) miljarder ton koldioxid. Kvarvarande kolbudgetar har uppskattats för flera globala temperaturnivåer och för olika sannolikheter. Resultaten baseras på uppskattat värde av TCRE och dess osäkerhet, uppskattningar av historisk uppvärmning, beräknad uppvärmning som följer från olika antaganden om andra klimatpåverkande utsläpp, återkopplingar inom klimatsystemet (till exempel utsläpp från tinande permafrost), och den globala medeltemperaturens förändring efter att de globala antropogena koldioxidutsläppen minskar till netto noll. {5.1, 5.5, ruta 5.2, TS.3.3} (tabell SPM.2)

Tabell SPM.2 | Uppskattningar av historiska koldioxidutsläpp och kvarvarande kolbudgetar. Kvarvarande kolbudgetar avser perioden från början av 2020 till när de globala koldioxidutsläppen minskar till netto noll. Budgetarna avser koldioxidutsläpp, men hänsyn har tagits även till andra klimatpåverkande utsläpp. Global uppvärmning avser i denna tabell antropogen global medeltemperaturökning. Effekten av naturlig variabilitet under enskilda år ingår inte. {tabell 3.1, 5.5.1, 5.5.2, ruta 5.2, tabell 5.1, tabell 5.7, tabell 5.8, tabell TS.3}

Global uppvärmning mellan 1850-1900 och 2010-2019 (°C)		De historiska kumulativa koldioxidutsläppen från 1850 till 2019 (miljarder ton koldioxid)				
1,07 (0,8–1,3; sannolikt intervall)		2390 (± 240 ; sannolikt intervall)				
Ungefärlig global uppvärmning från 1850 - 1900 till uppvärmningsnivån (°C) ^a	Ytterligare global uppvärmning från 2010 - 2019 till uppvärmningsnivån (°C)	Uppskattade kvarvarande kolbudgetar från början av 2020 (miljarder ton koldioxid)				
		Sannolikhet för att kunna begränsa den globala uppvärmningen till temperaturnivån ^b				
		17%	33%	50%	67%	83%
1,5	0,43	900	650	500	400	300
1,7	0,63	1450	1050	850	700	550
2,0	0,93	2300	1700	1350	1150	900

^a I tabellerna TS.3 och 5.8 specificeras värden för varje 0,1°C.

^b Denna sannolikhet baseras på osäkerheten gällande den transienta klimatresponsen till kumulativa koldioxidutsläpp (TCRE) samt andra jordsystemåterkopplingar, och indikerar sannolikheten för att den globala uppvärmningen inte överskrider temperaturnivåerna i de två vänstra kolumnerna. Osäkerhet förknippad med historisk uppvärmning (± 550 miljarder ton koldioxid) och klimateffekten av annan mänsklig klimatpåverkan än koldioxidutsläpp (± 220 miljarder ton koldioxid) ingår delvis i den uppskattade osäkerheten för TCRE. Osäkerhet förknippad med utsläppen sedan 2015 (± 20 miljarder ton koldioxid) och klimatsystemets respons efter att netto-noll koldioxidutsläpp har åstadkommit (± 420 miljarder ton koldioxid) anges separat.

^c Kvarvarande kolbudgetar tar hänsyn till uppvärmningen som orsakas av annan mänsklig klimatpåverkan än koldioxidutsläpp, som indikeras av de scenarier som utvärderades i SR1,5. Den rapport som IPCC:s Arbetsgrupp III tar fram som en del av AR6 kommer att utvärdera genomförbarheten i att minska även annan mänsklig klimatpåverkan än koldioxidutsläppen.

- D.1.3 Flera faktorer som är viktiga för uppskattning av kvarvarande kolbudget har utvärderats. Detta har lett till endast smärre uppdateringar jämfört med SR1,5. När hänsyn tas till utsläpp som har skett sedan tidigare IPCC rapporter, är storleksordningen av uppskattade kvarvarande kolbudgetar snarlika de som presenteras i SR1,5, men större än i AR5, vilket föranleds av vidareutveckling av metoder.⁴⁴ {5.5, ruta 5.2, TS.3.3} (tabell SPM.2)

- D.1.4 Antropogen koldioxidborttagning ("Carbon Dioxide Removal", CDR) har potential att avlägsna koldioxid från atmosfären och varaktigt lagra den i reservoarer (*mycket troligt*). CDR syftar till att kompensera för kvarvarande utsläpp för att åstadkomma netto-noll koldioxidutsläpp eller netto-noll växthusgasutsläpp. Om CDR implementeras i en omfattning som gör att antropogena upptag blir större än antropogena utsläpp kan CDR bidra till att minska den globala medeltemperaturen. CDR-metoder kan potentiellt ha omfattande effekter på biogeokemiska cykler och klimatet som antingen kan försvaga eller förstärka dessa metoders potential att avlägsna koldioxid och minska uppvärmningen, och också ha påverkan på vattenresurser och vattenkvalitet, livsmedelsproduktion och biologisk mångfald⁴⁵ (*mycket troligt*). {5.6, kapitelöverskridande ruta 5.1, TS.3.3}

⁴⁴ I denna rapport är uppskattningen av den kvarvarande kolbudgeten för att kunna begränsa uppvärmningen till 1,5°C cirka 300-350 miljarder ton koldioxid större jämfört med AR5, när hänsyn tagits till utsläpp sedan AR5. Vad gäller för 2°C är skillnaden 400-500 miljarder ton koldioxid.

⁴⁵ Potentiella negativa och positiva effekter av CDR när det gäller biologisk mångfald, vatten och livsmedelsproduktion varierar beroende på CDR-metod, och ofta kraftigt även med lokal kontext, förvaltning, tidigare markanvändning, och omfattning. IPCC:s Arbetsgrupper II och III utvärderar vilken potential CDR har samt ekologiska och socioekonomiska konsekvenser av olika CDR metoder i respektive delrapportrapport.

- D.1.5 Antropogen koldioxidborttagning (CDR) som leder till globala netto-negativa utsläpp skulle kunna minska koldioxidhalten i atmosfären och vända på trenden för havsförurningen i ythavet (*mycket troligt*). Antropogena upptag och utsläpp av koldioxid kompenseras delvis av koldioxidavgång respektive upptag från eller till landbaserade och havsbaserade kollager (*högst troligt*). CDR skulle kunna minska koldioxidhalten i atmosfären med ungefär motsvarande mängd som ett lika stort antropogen utsläpp skulle medföra (*högst troligt*). Beroende på den totala mängden CDR så skulle den minskning av koldioxidhalten i atmosfären som kan åstadkommas kunna vara upp till 10 procent mindre än ökningen av koldioxidhalten i atmosfären vid en motsvarande mängd koldioxidutsläpp (*troligt*).
{5.3, 5.6, TS.3.3}
- D.1.6 Varaktiga globala netto-negativa koldioxidutsläpp skulle kunna leda till en gradvis sänkning av den globala uppvärmning som beror på koldioxidutsläpp, men andra förändringar i klimatsystemet skulle fortsätta i årtionden till tusentals år (*mycket troligt*). Även vid stora netto-negativa koldioxidutsläpp skulle det ta århundraden till årtusenden för den genomsnittliga globala havsnivån att börja sjunka (*mycket troligt*).
{4.6, 9.6, TS.3.3}
- D.1.7 I de fem illustrativa scenarierna leder samtidiga ändringar i utsläpp av metan, aerosoler och ozonbildande ämnen (som även påverkar luftkvaliteten) både på kort och på lång sikt till en netto uppvärmande effekt globalt (*mycket troligt*). På lång sikt är denna netto uppvärmningseffekt lägre i scenarier i vilka åtgärder för minskade luftföroreningar kombineras med stora och varaktiga minskningar av metanutsläpp (*mycket troligt*). I de låga och mycket låga växthusgasutsläppsscenarierna antas att antropogena aerosolutsläpp minskar, vilket ger en uppvärmande effekt. Att utsläpp av metan och andra ämnen som ger upphov till ozon minskar ger samtidigt en avkylande effekt. Dessa klimateffekter balanserar delvis varandra eftersom både metan och aerosoler är kortlivade i atmosfären, samtidigt som minskade metanutsläpp även bidrar till bättre luftkvalitet genom globalt minskad bildning av marknära ozon (*mycket troligt*).
{6.7, ruta TS.7} (figur SPM.2, faktaruta SPM.1)
- D.1.8 Att globalt uppnå netto-noll utsläpp av koldioxidutsläpp (vilket innebär att antropogena koldioxidutsläpp balanseras av antropogena upptag), är en förutsättning för att hejda den globala uppvärmning som orsakas av koldioxidutsläpp. Detta skiljer sig från att åstadkomma netto-noll växthusgasutsläpp, vilket handlar om att sammanlagda antropogena växthusgasutsläpp balanseras av sammanlagda antropogena växthusgasupptag. Klimatresponsen på ett visst växthusgasutsläppsscenario beror på hur utsläppsbanorna för de olika växthusgasernas utsläpp utvecklas,⁴⁶ medan tidpunkten för netto-noll växthusgasutsläpp beror på valet av beräkningsgrund⁴⁷ för att aggregera olika växthusgasers utsläpp och upptag. Utsläppsutvecklingar som leder till varaktiga netto-noll växthusgasutsläpp beräknade enligt global uppvärmningspotential på 100-års sikt (GWP100) beräknas leda till att den globala medeltemperaturen minskar efter att ha kulminerat (*mycket troligt*).
{4.6, 7.6, ruta 7.3, TS.3.3}
- D.2 Scenarier med låga eller mycket låga utsläpp av växthusgaser (SSP1-1,9 och SSP1-2,6) visar redan inom några år märkbara effekter på koncentrationen av växthusgashalter och aerosoler i atmosfären samt på luftkvalitet, jämfört med scenarier med höga och mycket höga utsläpp (SSP3-7,0 eller SSP5-8,5). Under dessa kontrasterande scenarier skulle skillnader i den globala temperaturökningen kunna urskiljas från den naturliga variabiliteten inom cirka 20 år, och över längre tidsperioder också för många andra klimatindikatorer som är direkt relevanta för klimateffekter (*mycket troligt*).**
{4.6, 6.6, 6.7, kapitelöverskridande ruta 6.1, 9.6, 11.2, 11.4, 11.5, 11.6, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.4 12.5} (figur SPM.8, figur SPM.10)
- D.2.1 Åtgärder som vidtogs för att motverka spridningen av Covid-19 under år 2020 gav tillfälliga men märkbara effekter på luftkvalitet (*mycket troligt*), och en relaterad liten tillfällig ökning i den totala strålningsdrivningen, främst genom minskad avkylningseffekt av antropogena aerosoler (*troligt*). Storleksordningsmässigt understeg dock klimatresponsen på detta den naturliga variabiliteten och hade inte någon märkbar klimateffekt på global eller regional skala (*mycket troligt*). Koldioxidhalten fortsatte att öka i atmosfären år 2020 utan någon märkbar minskning av den observerade ökningstakten för koldioxidhalten (*troligt*).⁴⁸
{kapitelöverskridande ruta 6.1, TS.3.3}

⁴⁶ En övergripande term för hur klimatsystemet svarar på strålningsdrivning.

⁴⁷ Valet av beräkningsgrund beror på syftet med jämförelsen mellan olika växthusgaser eller annan påverkan. Denna rapport informerar om uppdaterade värden för beräkningsgrunder och utvärderar nya tillvägagångssätt för sammanläggning av olika växthusgaser.

⁴⁸ För övriga växthusgaser fanns det inte tillräcklig litteratur när utvärderingen gjordes för att kunna utvärdera eventuella detekterbara förändringar av ökningstakter i atmosfären under år 2020.

- D.2.2 Minskade utsläpp av växthusgaser leder även till bättre luftkvalitet. Men inte ens i de scenarier i vilka växthusgasutsläppen minskar kraftigt, som scenarierna med låga och mycket låga utsläpp (SSP1-2,6 och SSP1-1,9), är förbättringarna i närtid⁴⁹ så pass stora i många regioner med kraftigt förorenad luft för att Världshälsoorganisationens riktlinjer skulle nås (*mycket troligt*). Scenarier som innehåller riktade åtgärder för att minska luftföroreningar ger en snabbare förbättring av luftkvaliteten inom några år jämfört med de scenarier som endast innehåller åtgärder för att minska växthusgasutsläpp, men från och med år 2040 beräknas ännu större förbättringar i scenarier i vilka åtgärder för att minska luftföroreningar kombineras med åtgärder för att minska växthusgasutsläpp, omfattningen av förbättringen varierar mellan regioner (*mycket troligt*). {6.6, 6.7, ruta TS.7}
- D.2.3 I scenarier med mycket låga och låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9 respektive SSP1-2,6) skulle den antropogena klimatförändringen begränsas snabbt och bestående jämfört med scenarier med höga och mycket höga utsläpp (SSP3-7,0 respektive SSP5-8,5), men naturlig variabilitet kan inledningsvis dölja skillnaderna. Gällande den globala medeltemperaturens skulle skillnader i 20-åriga trender *sannolikt* visa sig redan i närtid under ett scenario med mycket låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9) jämfört med scenarier med höga eller mycket höga utsläpp (SSP3-7,0 respektive SSP5-8,5). Skillnader i respons av andra klimataspekter skulle successivt bli urskiljningsbara från den naturliga variabiliteten senare under 2000-talet (*mycket troligt*). {4.6, sektionsövergripande ruta TS.1} (figur SPM.8, figur SPM.10)
- D.2.4 Under scenarier med mycket låga och låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9 respektive SSP1-2,6) skulle förändringar i många klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs)³⁶ förbli betydligt mindre efter år 2040 jämfört med scenarier med höga och mycket höga utsläpp (SSP3-7,0 respektive SSP5-8,5). Under scenarier med mycket låga och låga växthusgasutsläpp skulle förändringar i flera klimatindikatorer som påverkar samhällen och ekosystem (CIDs) kraftigt begränsas till 2000-talets slut jämfört med scenarier med större utsläpp, till exempel när det gäller ökning av antal extrema högvattenhändelser, extrem nederbörd och relaterade översvämningar, samt överskridande av farliga värmenivåer, samtidigt skulle antalet regioner med sådana överskridanden begränsas (*mycket troligt*). Förändringar skulle vara mindre även under scenarier med mycket låga utsläpp jämfört med scenarier med låga utsläpp, och under scenarier med medelhöga utsläpp (SSP2-4,5) jämfört med scenarier med höga och mycket höga utsläpp (*mycket troligt*). {9.6, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.9, kapitelöverskridande ruta 11.1, 12.4, 12.5, TS.4.3}

49 Med "nærtid" avses 2021-2040.

SMHI Publikationer

SMHI publicerar sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationella läsare och skrivs oftast på Engelska. I de övriga serierna används oftast Svenska men även Engelska.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

1. Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation
2. Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
3. Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem
4. Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Doescher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter
5. Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012
6. Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige
7. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014)
8. Att begränsa klimatförändringar. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Bidrag från arbetsgrupp 3 (WG 3) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change (2015)
9. Erik Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget
10. Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)
11. Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier
12. Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat
13. Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen

14. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist (2015) Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015) Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier
22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Östergötlands län – enligt RCP-scenarier
24. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västra Götalands län – enligt RCP-scenarier
25. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Jönköpings län – enligt RCP-scenarier
26. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier
27. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Kronobergs län – Enligt RCP-scenarier

28. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Hallands län – enligt RCP-scenarier
29. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Skåne län – enligt RCP-scenarier
30. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Blekinge län – enligt RCP-scenarier.
31. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier
32. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier
33. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier
34. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier
35. _org från dec 2021_error vba-script_inga kolumner Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västernorrlands län – enligt RCP-scenarier
36. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Gävleborgs län – enligt RCP-scenarier
37. Jonas Olsson, Weine Josefsson (red.) (2015) Skyfallsuppdraget - ett regeringsuppdrag till SMHI
38. Gunn Persson, Linda Nylén, Steve Berggreen-Clausen, Peter Berg, David Rayner och Elin Sjökvist (2015) Från utsläppsscenarioer till lokal nederbörd och översvämningsrisker
39. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström och Elin Sjökvist (2015) Framtidens vattentillgång i Mälaren, Göta älv, Bolmen, Vombsjön och Gavleån. Underlag till Dricksvattenutredningen
40. Anna Bohman (Centrum för klimatpolitisk forskning, CSPR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSPR, Linköpings universitet samt Åsa Sjöström, SMHI. (2016) Förslag till en metod för uppföljning av det nationella klimatanpassningsarbetet. Redovisning av ett regeringsuppdrag December 2016
41. (2017) Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust
42. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Anna Johnell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Elinor Andersson (2017) Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vättern Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
43. Anna Eklund, Anna Johnell, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Maria Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson, Jonas German, Elin Sjökvist och Elinor Andersson

- (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Hjälmarén Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
44. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna Johnell, Maria Andersson, Johanna Tengdelius-Brunell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Ulrika Harbman, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur och is i Vänerén Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
 45. Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson, Signild Nerheim och Johan Södling (2017)
Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust
 46. Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson, Anna Eklund (2017)
Vattentemperaturer och is i Mälaren Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
 47. Jonas Olsson, Peter Berg, Lennart Wern, Johan Södling, Lennart Simonsson, Wei Yang, Anna Eronn (2017)
Extremregn i nuvarande och framtida klimat – Analyser av observationer och framtidsscenarier.
 48. Signild Nerheim, Sofie Schöld, Gunn Persson och Åsa Sjöström (2017)
Framtida havsnivåer i Sverige
 49. Anna Eklund, Katarina Stensen, Ghasem Alavi, Karin Jacobsson, Diala Abdoush (2018)
Sveriges stora sjöar idag och i framtiden. Klimatets påverkan på Vänerén, Vättern, Mälaren och Hjälmarén.
Kunskapssammanställning januari 2018
 50. Gunn Persson, Christina Wikberger, Jorge Amorim (2018)
Klimatanpassa städer med grönska
 51. Katarina Losjö, Lennart Wern, Johan Södling (2019)
Uppföljning av riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden
 52. Sjökvist, Elin (2019)
Sommaren 2018 – en glimt av framtiden?
 53. Översättning av Summary for Policymakers (2019)
FN:s klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare
Global uppvärmning på 1,5°C
 54. Karin Hjerpe, Therése Sjöberg, Karin Lundgren Kownacki, Lotta Andersson, Åsa Sjöström (2020)
Myndigheters arbete med klimatanpassning 2019
 55. Therése Sjöberg, Karin Hjerpe, Karin Lundgren Kownacki, Lotta Andersson (2020)
Kommunernas arbete med klimatanpassning 2019 - Analys av statusrapportering till SMHI
 56. Klimatförändringar och biologisk mångfald – Slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv (2020)
 57. FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare (2020)
Specialrapport om Klimatförändringar och marken
 58. FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare (2020)
Specialrapport om Havet och kryosfären i ett förändrat klimat
 59. Erik Engström
(ej publicerad)
 60. Karin Hjerpe, Åsa Sjöström (2020)
Förslag på system för uppföljning och utvärdering av det nationella arbetet med klimatanpassning
 61. Erik Kjellström (2021)
Betydelsen av storskalig atmosfärisk cirkulation för Sveriges temperatur- och nederbörds-klimat
En jämförelse av normalperioder
 62. Karin Hjerpe, Therése Sjöberg, Bodil Englund, Anna Jonsson (2021)
Myndigheters arbete med klimatanpassning 2020
 63. Peter Berg (2021)
MIdAS version 0.1
framtagande och utvärdering av ett nytt verktyg för biasjustering

64. Erik Kjellström (Ej publicerad)
Klimatinformation som stöd för
klimatanpassningsarbetet

Denna sida är avsiktligt blank



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 1654-2258

