

Klimat i förändring 2022

Att begränsa klimatförändringen

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



Omslagsfoto: Matt Bridgestock, Director and Architect at John Gilbert Architects

ISSN: 1624-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 68, 2022

Klimat i förändring 2022
Att begränsa klimatförändringen

FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare

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-3/>

Denna sida är avsiktligt blank

Inledning

I bidraget från arbetsgrupp III (WGIII) till IPCC:s sjätte utvärderingsrapport (AR6) utvärderas litteratur om de vetenskapliga, tekniska, miljömässiga, ekonomiska och sociala aspekterna av att begränsa klimatförändringen.

Rapporten återspeglar nya rön i relevant litteratur och bygger på tidigare IPCC-rapporter, inklusive bidraget från arbetsgrupp III till IPCC:s femte utvärderingsrapport (AR5), bidragen från arbetsgrupp I och arbetsgrupp II till AR6, de tre specialrapporterna i den sjätte utvärderingscykeln samt andra FN-utvärderingar. Några av de viktigaste utvecklingarna som är relevanta för denna rapport är:

- Ett internationellt landskap i utveckling.
- Ökad mångfald av aktörer och tillvägagångssätt för utsläppsminskning.
- Nära kopplingar mellan utsläppsminskning, anpassning och utvecklingsvägar.
- Nya tillvägagångssätt i utvärderingen.
- Ökad mångfald av analytiska ramverk från flera olika discipliner, inklusive samhällsvetenskap.

I avsnitt B i denna sammanfattning för beslutsfattare (SPM) utvärderas den senaste utvecklingen och aktuella trender, inklusive osäkerheter och luckor i data. I avsnitt C, Systemomvandlingar för att begränsa den globala uppvärmningen, identifieras utsläppsscenarier och alternativa åtgärdsportföljer för utsläppsminskning, som är förenliga med att begränsa den globala uppvärmningen till olika nivåer, och specifika åtgärder på sektors- och systemnivå utvärderas. Avsnitt D behandlar kopplingar mellan utsläppsminskning, anpassning och hållbar utveckling. I avsnitt E, Förstärkning av responserna och åtgärderna, utvärderas kunskap om hur möjliggörande förutsättningar för institutionell utformning, politik, finansiering, innovation och styrningsformer kan bidra till att begränsa klimatförändringen inom ramen för en hållbar utveckling.

Introduction

The Working Group III (WGIII) contribution to the IPCC's Sixth Assessment Report (AR6) assesses literature on the scientific, technological, environmental, economic and social aspects of mitigation of climate change.

The report reflects new findings in the relevant literature and builds on previous IPCC reports, including the WGIII contribution to the IPCC's Fifth Assessment Report (AR5), the WGI and WGII contributions to AR6 and the three Special Reports in the Sixth Assessment cycle, as well as other UN assessments. Some of the main developments relevant for this report include:

- An evolving international landscape.
- Increasing diversity of actors and approaches to mitigation.
- Close linkages between climate change mitigation, adaptation and development pathways.
- New approaches in the assessment.
- Increasing diversity of analytic frameworks from multiple disciplines including social sciences.

Section B of this Summary for Policymakers (SPM) assesses Recent developments and current trends, including data uncertainties and gaps. Section C, System transformations to limit global warming, identifies emission pathways and alternative mitigation portfolios consistent with limiting global warming to different levels, and assesses specific mitigation options at the sectoral and system level. Section D addresses Linkages between mitigation, adaptation, and sustainable development. Section E, Strengthening

the response, assesses knowledge of how enabling conditions of institutional design, policy, finance, innovation and governance arrangements can contribute to climate change mitigation in the context of sustainable development.

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Klimat i förändring 2022

Att begränsa klimatförändringen

Sammanfattning för beslutsfattare



WGIII

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



Klimat i förändring 2022

Att begränsa klimatförändringen

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

Sammanfattning för beslutsfattare

Sammanställd av

Priyadarshi R. Shukla
Co-Chair, Working Group III

Jim Skea
Co-Chair, Working Group III

Andy Reisinger
Vice-Chair, Working Group III

Raphael Slade
Head of TSU (Science)

Roger Fradera
Head of TSU (Operations)

Minal Pathak
Senior Scientist

Alaa Al Khourdajie
Senior Scientist

Malek Belkacemi
IT/Web Manager

Renée van Diemen
Senior Scientist

Apoorva Hasija
Publication Manager

Géninha Lisboa
TSU Administrator

Sigourney Luz
Communications Manager

Juliette Malley
Senior Administrator

David McCollum
Senior Scientist

Shreya Some
Senior Scientist

Purvi Vyas
Science Officer

Omslagsfoto: Matt Bridgestock, Director and Architect at John Gilbert Architects

© 2022 Intergovernmental Panel on Climate Change.

Sammanfattning för beslutsfattare

Sammanfattning för beslutsfattare

Författare:

Jim Skea (Storbritannien), Priyadarshi R Shukla (Indien), Andy Reisinger (Nya Zeeland), Raphael Slade (Storbritannien), Minal Pathak (Indien), Alaa Al Khourdajie (Storbritannien/Syrien), Renée van Diemen (Nederländerna/Storbritannien), Amjad Abdulla (Maldiverna), Keigo Akimoto (Japan), Mustafa Babiker (Sudan/Saudiarabien), Quan Bai (Kina), Igor Bashmakov (Ryssland), Christopher Bataille (Kanada), Göran Berndes (Sverige), Gabriel Blanco (Argentina), Kornelis Blok (Nederländerna), Mercedes Bustamante (Brasilien), Edward Byers (Österrike), Luisa F. Cabeza (Spanien), Katherine Calvin (USA), Carlo Carraro (Italien), Leon Clarke (USA), Annette Cowie (Australien), Felix Creutzig (Tyskland), Diriba Korecha Dadi (Etiopien), Dipak Dasgupta (Indien), Heleen de Coninck (Nederländerna), Fatima Denton (Gambia), Shobhakar Dhakal (Nepal/Thailand), Navroz K. Dubash (Indien), Oliver Geden (Tyskland), Michael Grubb (Storbritannien), Céline Guivarch (Frankrike), Shreekanth Gupta (Indien), Andrea Hahmann (Chile), Kirsten Halsnaes (Danmark), Paulina Jaramillo (USA), Kejun Jiang (Kina), Frank Jotzo (Australien), Tae Yong Jung (Republiken Korea), Suzana Kahn Ribeiro (Brasilien), Smail Khennas (Algeriet), Şiir Kılıç (Turkiet), Silvia Kreibich (Tyskland), Volker Krey (Österrike), Elmar Kriegler (Tyskland), William Lamb (Tyskland), Franck Lecocq (Frankrike), Shuaib Lwasa (Uganda), Nagmeldin Mahmoud (Sudan), Cheikh Mbow (Senegal), David McCollum (USA), Jan Christoph Minx (Tyskland), Catherine Mitchell (Storbritannien), Rachid Mrabet (Marocko), Yacob Mulugetta (Etiopien), Gert-Jan Nabuurs (Nederländerna), Gregory Nemet (USA/Kanada), Peter Newman (Australien), Leila Niamir (Tyskland/Iran), Lars J. Nilsson (Sverige), Sudarmanto Budi Nugroho (Indonesien), Chukwumerije Okereke (Nigeria/Storbritannien), Shonali Pachauri (Indien), Anthony Patt (Schweiz), Ramón Pichs-Madruga (Kuba), Joana Portugal Pereira (Brasilien), Lavanya Rajamani (Indien), Keywan Riahi (Österrike), Joyashree Roy (Indien/Thailand), Yamina Saheb (Frankrike/Algeriet), Roberto Schaeffer (Brasilien), Karen Seto (USA), Shreya Some (Indien), Linda Steg (Nederländerna), Ferenc L. Toth (Ungern), Diana Ürge-Vorsatz (Ungern), Detlef van Vuuren (Nederländerna), Elena Verdolini (Italien), Purvi Vyas (Indien), Yi-Ming Wei (Kina), Mariama Williams (Jamaica/USA), Harald Winkler (Sydafrika).

Bidragande författare:

Parth Bhatia (Indien), Sarah Burch (Kanada), Jeremy Emmet-Booth (Nya Zeeland), Jan S. Fuglestad (Norge), Meredith Kelller (USA), Jarmo Kikstra (Österrike/Nederländerna), Michael König (Tyskland), Malte Meinshausen (Australien/Tyskland), Zebedee Nicholls (Australien), Kaj-Ivar van der Wijs (Nederländerna).

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, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.

A. Inledning

I bidraget från arbetsgrupp III (WGIII) till IPCC:s sjätte utvärderingsrapport (AR6) utvärderas litteratur om de vetenskapliga, tekniska, miljömässiga, ekonomiska och sociala aspekterna av att begränsa klimatförändringen¹. Konfidensnivåer² anges inom ()-parenteser. Numeriska intervall presenteras inom hakparenteser []. Hänvisningar till kapitel, avsnitt, figurer och rutor i den underliggande rapporten och den tekniska sammanfattningen (TS) anges inom klammerparenteser {}.

Rapporten återspeglar nya rön i relevant litteratur och bygger på tidigare IPCC-rapporter, inklusive bidraget från arbetsgrupp III till IPCC:s femte utvärderingsrapport (AR5), bidragen från arbetsgrupp I och arbetsgrupp II till AR6, de tre specialrapporterna i den sjätte utvärderingscykeln³ samt andra FN-utvärderingar. Några av de viktigaste utvecklingarna som är relevanta för denna rapport är {TS.1, TS.2}:

- **Ett internationellt landskap i utveckling.** Litteraturen återspeglar bland annat utvecklingen av FN:s ramkonvention om klimatförändringars (UNFCCC) process, inklusive utfallet av Kyotoprotokollet och antagandet av Parisavtalet {13, 14, 15, 16}; FN:s Agenda 2030 för hållbar utveckling inklusive de globala målen för hållbar utveckling {1, 3, 4, 17}; och utvecklingen av internationellt samarbete {14}, finansiering {15} och innovation {16}.
- **Ökad mångfald av aktörer och tillvägagångssätt för utsläppsminskning.** I den senaste litteraturen betonas den växande rollen för icke-statliga och subnationella aktörer, inklusive städer, företag, ursprungsbefolkningar, medborgare inklusive lokalsamhällen och de unga, transnationella initiativ och offentlig-privata aktörer i det globala arbetet med att hantera klimatförändringen {5, 13, 14, 15, 16, 17}. I litteraturen dokumenteras den globala spridningen av klimatpolitik och kostnadsminskningar för befintlig och ny teknik med låga utsläpp, tillsammans med olika typer och nivåer av utsläppsminskningssåtgärder, och ihållande minskningar av växthusgasutsläpp (GHG) i vissa länder {2, 5, 6, 8, 12, 13, 16}, samt effekterna av och vissa lärdomar från COVID-19-pandemin. {1, 2, 3, 5, 13, 15, ruta TS.1, kapitelöverskridande ruta 1 i kapitel 1}
- **Nära kopplingar mellan utsläppsminskning, anpassning och utvecklingsvägar.** De utvecklingsvägar som länder väljer i alla stadier av den ekonomiska utvecklingen påverkar växthusgasutsläppen och därmed utmaningar och möjligheter för utsläppsminskning, vilka varierar mellan länder och regioner. I litteraturen undersöks hur val om utveckling och inrättandet av möjliggörande förutsättningar för åtgärder och stöd påverkar genomförbarheten och kostnaden för att minska utsläppen {1, 3, 4, 5, 13, 15, 16}. I litteraturen framhålls att åtgärder för utsläppsminskning som utformas och genomförs inom ramen för hållbar utveckling, rättvisa och fattigdomsbekämpning, och som är förankrade i utvecklingssträvanden hos de samhällen där de äger rum, kommer att vara mer acceptabla, varaktiga och effektiva {1, 3, 4, 5}. Denna rapport omfattar utsläppsminskning både genom riktade åtgärder och genom politik och styrning som har andra primära mål.
- **Nya tillvägagångssätt i utvärderingen.** Förutom kapitlen om sektorer och system {3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12} innehåller rapporten för första gången i en rapport från arbetsgrupp III kapitel om efterfrågan på tjänster och utsläppsminskningens sociala aspekter {5, ruta TS.11} samt om innovation, teknikutveckling och tekniköverföring {16}. Utvärderingen av framtida utvecklingsvägar i denna rapport omfattar kortsiktiga (till 2030), medellånga (till 2050) och långsiktiga (till 2100) tidsperspektiv och kombinerar en utvärdering av befintliga åtaganden och åtgärder {4, 5}, med en utvärdering av utsläppsminskningar och deras konsekvenser relaterade till långsiktiga temperaturförändringar fram till år 2100 {3}.⁴ Utvärderingen av modellerade globala scenarier tar upp hur utvecklingsvägar kan riktas mot hållbarhet. Den förstärkta samverkan mellan IPCC:s arbetsgrupper återspeglas i arbetsgruppsövergripande rutor som

¹ Utvärderingen baseras på litteratur som godkänts för publicering senast den 11 oktober 2021.

² Varje slutsats baseras på en utvärdering av underliggande evidens och dess överensstämmelse. Konfidensnivåer 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% sannolikhet, *mycket sannolikt* 90-100%, *sannolikt* 66-100%, *mer sannolikt än osannolikt* 50-100%, *lika sannolikt som osannolikt* 33-66%, *osannolikt* 0-33%, *mycket osannolikt* 0-10%, *exceptionellt osannolikt* 0-1%. Andra termer kan också förekomma, i enlighet med IPCC:s kalibrerade terminologi, <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf>.

³ 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 utsläppsutvecklingsvägar 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 (2018); Klimatförändringar och marken: specialrapport från IPCC om klimatförändringar, ökenspridning, markförstöring, hållbar markförvaltning, livsmedelsförsörjning och växthusgasflöden i markbundna ekosystem (2019); IPCC Specialrapport om havet och kryosfären i ett förändrat klimat (2019).

⁴ I hela denna SPM används termen "temperatur" med hänvisning till "global ytemperatur" i enlighet med definitionen i fotnot 8 i AR6 WGI SPM. (Se fotnot 14 i tabell SPM.2.) Utsläppsscenarier och tillhörande temperaturförändringar beräknas med olika typer av modeller, vilket sammanfattas i faktabeskrivning SPM.1 och kapitel 3 och diskuteras i bilaga III.

integrerar naturvetenskap, klimatrisker och anpassning samt begränsning av klimatförändringen.⁵

- **Ökad mångfald av analytiska ramverk från flera olika discipliner, inklusive samhällsvetenskap.** I denna rapport identifieras flera analysramverk för utvärdering av drivkrafterna bakom, hindren för och alternativen för utsläppsminskningens åtgärder. Dessa omfattar: ekonomisk effektivitet, inklusive fördelarna med undvikna effekter; etik och rättvisa; sammankopplade tekniska och sociala övergångsprocesser; samt sociopolitiska ramverk, inklusive institutioner och styrning {1, 3, 13, kapitelöverskridande ruta 12 i kapitel 16}. Dessa bidrar till att identifiera risker och möjligheter till åtgärder, inklusive sidonyttor och rättvisa övergångar på lokal, nationell och global nivå. {1, 3, 4, 5, 13, 14, 16, 17}

I avsnitt B i denna sammanfattning för beslutsfattare (SPM) utvärderas *den senaste utvecklingen och aktuella trender*, inklusive osäkerheter och luckor i data. I avsnitt C, *Systemomvandlingar för att begränsa den globala uppvärmningen*, identifieras utsläppsscenarier och alternativa åtgärdsportföljer för utsläppsminskning, som är förenliga med att begränsa den globala uppvärmningen till olika nivåer, och specifika åtgärder på sektors- och systemnivå utvärderas. Avsnitt D behandlar *kopplingar mellan utsläppsminskning, anpassning och hållbar utveckling*. I avsnitt E, *Förstärkning av responserna och åtgärderna*, utvärderas kunskap om hur möjliggörande förutsättningar för institutionell utformning, politik, finansiering, innovation och styrningsformer kan bidra till att begränsa klimatförändringen inom ramen för en hållbar utveckling.

⁵ Nämligen: ekonomiska fördelar av undvikna klimateffekter längs långsiktiga utsläppsminskningens utvecklingsvägar {arbetsgruppsövergripande ruta 1 i kapitel 3}; Urban: städer och klimatförändring {arbetsgruppsövergripande ruta 2 i kapitel 8}; Utsläppsminskning och anpassning via bioekonomi {arbetsgruppsövergripande ruta 3 i kapitel 12}.

B. Den senaste utvecklingen och aktuella trender

- B.1** De totala antropogena nettoutsläppen av växthusgaser⁶ har fortsatt att öka under perioden 2010-2019, liksom de kumulativa nettoutsläppen av koldioxid sedan 1850. De genomsnittliga årliga utsläppen av växthusgaser under 2010-2019 var högre än under något tidigare årtionde, men ökningstakten mellan 2010 och 2019 var lägre än mellan 2000 och 2009. (*mycket troligt*) (figur SPM.1) {figur 2.2, figur 2.5, tabell 2.1, 2.2, figur TS.2}
- B.1.1** De globala antropogena nettoutsläppen av växthusgaser var $59 \pm 6,6$ miljarder ton koldioxidekvivalenter (GtCO_2ekv)^{7,8} år 2019, vilket är cirka 12 procent ($6,5 \text{ GtCO}_2\text{ekv}$) högre än 2010 och 54 procent ($21 \text{ GtCO}_2\text{ekv}$) högre än 1990. Årsmedelvärdet under decenniet 2010-2019 var $56 \pm 6,0$ miljarder ton koldioxidekvivalenter, vilket är 9,1 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år högre än under 2000-2009. Detta är den största ökningen av genomsnittliga utsläpp under ett årtionde som någonsin observerats. Den genomsnittliga årliga ökningstakten minskade från 2,1 procent per år mellan 2000 och 2009 till 1,3 procent per år mellan 2010 och 2019. (*mycket troligt*) (figur SPM.1) {figur 2.2, figur 2.5, tabell 2.1, 2.2, figur TS.2}
- B.1.2** Ökningen av antropogena utsläpp har fortsatt i alla huvudsakliga grupper av växthusgaser sedan 1990, om än i olika takt. Fram till 2019 skedde den största ökningen i absoluta utsläpp för koldioxid från fossila bränslen och industrin följt av metan, medan den största relativa ökningen skedde för fluorerade gaser, med början från låga nivåer år 1990 (*mycket troligt*). Antropogena nettoutsläpp av koldioxid från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk ($\text{CO}_2\text{-LULUCF}$) är behäftade med stora osäkerheter och hög årlig variabilitet, och konfidensnivån är *låg* även när det gäller riktningen för den långsiktiga trenden⁹. (figur SPM.1) {figur 2.2, figur 2.5, 2.2, figur TS.2}
- B.1.3** Historiska kumulativa nettoutsläpp av koldioxid från 1850 till 2019 var 2400 ± 240 miljarder ton koldioxid (*mycket troligt*). Av dessa skedde mer än hälften (58%) mellan 1850 och 1989 [$1400 \pm 195 \text{ GtCO}_2$] och cirka 42 procent mellan 1990 och 2019 [$1000 \pm 90 \text{ GtCO}_2$]. Omkring 17 procent av de historiska kumulativa nettoutsläppen av koldioxid sedan 1850 skedde mellan 2010 och 2019 [$410 \pm 30 \text{ GtCO}_2$].¹⁰ Som jämförelse kan nämnas att den nuvarande centrala uppskattningen av den återstående kolbudgeten från 2020 och framåt för att kunna begränsa uppvärmningen till $1,5^\circ\text{C}$ med en sannolikhet på 50 procent har uppskattats till 500 miljarder ton koldioxid, och till 1150 miljarder ton koldioxid för att kunna begränsa uppvärmningen till 2°C med en sannolikhet på 67 procent. De återstående kolbudgetarna beror på hur andra klimatpåverkande utsläpp minskar ($\pm 220 \text{ GtCO}_2$) och innehåller geofysiska osäkerheter. I centrala uppskattningar motsvarar de kumulativa nettoutsläppen av koldioxid mellan 2010-2019 ungefär fyra femtedelar av den återstående kolbudgeten från 2020 och framåt för en sannolikhet på 50 procent att kunna begränsa den globala uppvärmningen till $1,5^\circ\text{C}$, och ungefär en tredjedel av den återstående kolbudgeten för en sannolikhet på 67 procent att kunna begränsa den globala uppvärmningen till 2°C . Även när man tar hänsyn till osäkerheterna

⁶ Nettoutsläpp av växthusgaser avser i denna rapport utsläpp av växthusgaser från antropogena källor minus upptag i antropogena sänkor, för de gaser som rapporteras enligt FN:s klimatkonventions (UNFCCC) rapporteringsriktlinjer: koldioxid från förbränning av fossila bränslen och industriella processer ($\text{CO}_2\text{-FFI}$), nettoutsläpp av koldioxid från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk ($\text{CO}_2\text{-LULUCF}$), metan (CH_4), dikväveoxid (N_2O), och fluorerade gaser (F-gaser) som omfattar fluorkolväten (HFC), perfluorkarboner (PFC), svavelhexafluorid (SF_6) och kvävetrifluorid (NF_3). Det finns flera olika databaser för växthusgasutsläpp, med varierande längd och täckning av sektorer och gaser, inklusive några som går tillbaka till 1850. I den här rapporten utvärderas växthusgasutsläppen från och med 1990, och koldioxidutsläppen ibland även från och med 1850. Detta beror på tillgängligheten av data och deras robusthet, den utvärderade litteraturens omfattning och att andra gaser än koldioxid har olika uppvärmningseffekter över tiden.

⁷ Gemensamma enheter för växthusgasutsläpp används för att väga ihop utsläppen av olika växthusgaser. De aggregerade utsläppen av växthusgaser i denna rapport anges i koldioxidekvivalenter (CO_2ekv) med hjälp av den globala uppvärmningspotentialen med en tidshorisont på 100 år (GWP100) med värden baserade på rapporten från arbetsgrupp I (WGI) i AR6. Valet av mått beror på syftet med analysen, och alla mått för gemensamma enheter för växthusgasutsläpp har begränsningar och osäkerheter, eftersom de förenklar komplexiteten hos klimatsystemet och dess respons på tidigare och framtida växthusgasutsläpp. {kapitelöverskridande ruta 2 i kapitel 2, tilläggsmaterial 2.SM.3, ruta TS.2, AR6 WGI kapitel 7 tilläggsmaterial}

⁸ I denna SPM rapporteras osäkerheten i historiska utsläpp av växthusgaser med 90 procents osäkerhetsintervall om inget annat anges. Utsläppsnivåerna för växthusgaser avrundas till två signifikanta siffror, vilket innebär att det kan förekomma små skillnader i summorna på grund av avrundning.

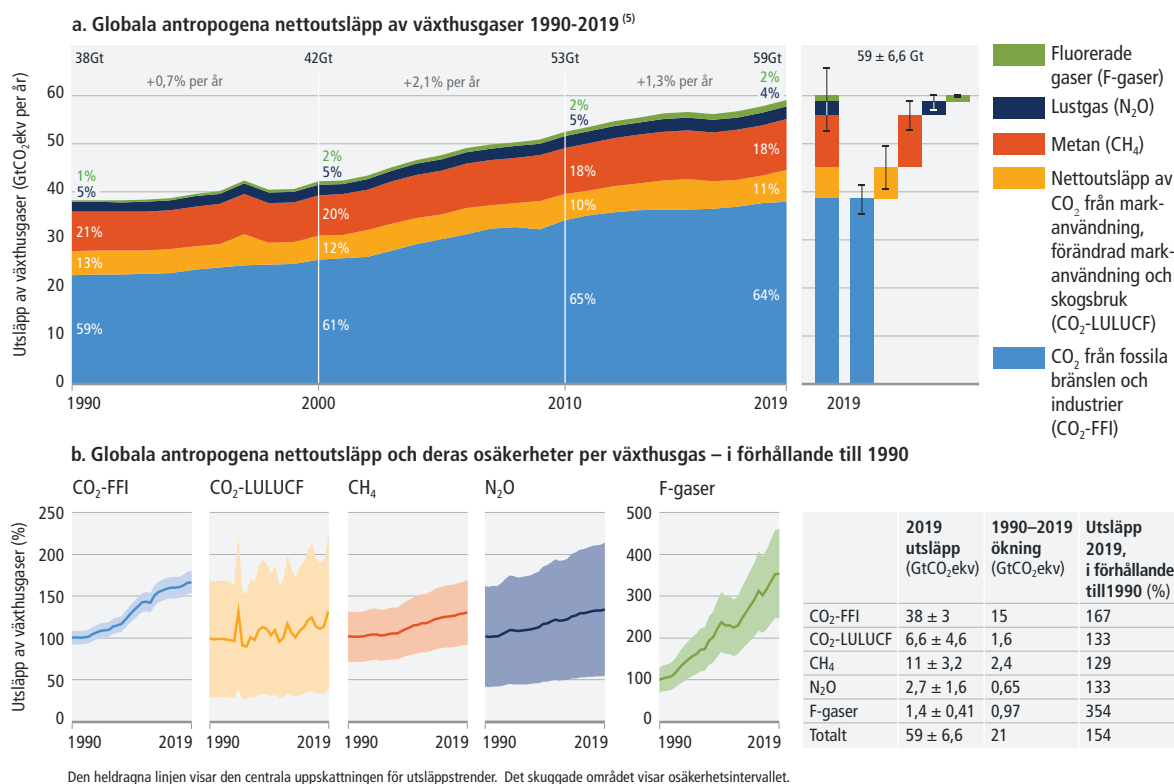
⁹ Globala databaser skiljer sig åt gällande vilka markbaserade utsläpp och upptag betraktas som antropogena. För närvarande uppskattas nettoflödena av koldioxid från markanvändning i globala bokföringsmodeller vara cirka 5,5 miljarder ton koldioxid per år högre än de sammanlagda motsvarande koldioxidflödena i de nationella växthusgasinventeringarna. Denna skillnad, som har beaktats i litteraturen, återspeglar huvudsakligen skillnader i hur antropogena kolsänkor i skogen och områden med förvaltd mark definieras. Andra orsaker till skillnaden, som är svårare att kvantifiera, kan bero på den begränsade representationen av markförvaltning i globala modeller och varierande nivåer av noggrannhet och fullständighet av uppskattade LULUCF-relaterade flöden i nationella växthusgasinventeringar. Ingen av metoderna är i sig att föredra. Även när samma metodik tillämpas kan den stora osäkerheten i kring koldioxidutsläpp från LULUCF leda till betydande revideringar av de uppskattade utsläppen. {kapitelöverskridande ruta 3 i kapitel 3, 7.2, SRCCL SPM A.3.3}

¹⁰ För att vara konsekvent med WGI rapporteras historiska kumulativa koldioxidutsläpp 1850-2019 med 68 procents konfidensintervall.

utgör de historiska utsläppen mellan 1850 och 2019 en stor del av de totala kolbudgetarna för dessa globala uppvärmningsnivåer^{11,12}. I centrala uppskattningar motsvarar de historiska kumulativa nettoutsäppen av koldioxid mellan 1850 och 2019 ungefär fyra femtedelar¹² av den totala kolbudgeten för en 50-procentig sannolikhet att kunna begränsa den globala uppvärmningen till 1,5°C (centrala uppskattningen är cirka 2900 GtCO₂) och till ungefär två tredjedelar¹² av den totala kolbudgeten för en 67-procentig sannolikhet att kunna begränsa den globala uppvärmningen till 2°C (centrala uppskattningen är cirka 3550 GtCO₂). {figur 2.7, 2.2, figur TS.3, WGI tabell SPM.2}

- B.1.4** Utsläppen av CO₂-FFI minskade tillfälligt under första halvåret 2020 på grund av responser på COVID-19-pandemin (*mycket troligt*), men återhämtade sig i slutet av året (*troligt*). Årsmedlet av CO₂-FFI-utsläppen 2020 var cirka 5,8 procent [5,1-6,3 %] lägre än 2019, vilket motsvarar 2,2 [1,9-2,4] miljarder ton koldioxid (*mycket troligt*). Den fullständiga effekten på växthusgasutsläppen av COVID-19-pandemin var inte möjligt att utvärdera i denna rapport på grund av brist på uppgifter om andra växthusgasutsläpp än av koldioxid år 2020. {kapitelöverskridande ruta 1 i kapitel 1, figur 2.6, 2.2, ruta TS.1, ruta TS.1 figur 1}

De globala antropogena nettoutsäppen har fortsatt att öka



Figur SPM.1 | Globala antropogena nettoutsäpp av växthusgaser (GtCO₂ekv per år) 1990-2019. De globala antropogena nettoutsäppen av växthusgaser omfattar koldioxid från förbränning av fossila bränslen och industriella processer (CO₂-FFI), nettoutsäpp av koldioxid från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (CO₂-LULUCF)⁹, metan (CH₄), lustgas (N₂O), fluorerade gaser (HFC, PFC, SF₆, NF₃)⁶. **Delfigur a** visar aggregerade årliga globala antropogena nettoutsäpp av växthusgaser från 1990 till 2019 i miljarder ton koldioxidekvivalenter omräknade utifrån global uppvärmningspotential med en tidshorisont på 100 år (GWP100) från IPCC:s AR6 arbetsgrupp I (kapitel 7). Andelen av de globala utsläppen för varje gas visas för 1990, 2000, 2010 och 2019, liksom den genomsnittliga årliga tillväxttakten mellan dessa årtionden. Till höger i delfigur a visas växthusgasutsläppen 2019 uppdelade i enskilda komponenter med tillhörande osäkerheter [90 procent konfidensintervall] som anges av konfidensintervall: CO₂-FFI ±8 procent, CO₂-LULUCF ±70 procent, CH₄ ±30 procent, N₂O ±60 procent, F-gaser ±30 procent, alla växthusgaser ±11 procent. Osäkerheterna i växthusgasutsläppen utvärderas i tilläggs materialet till kapitel 2. Utsläppen år 1997 var ovanligt höga jämfört med de intilliggande åren på grund av ovanligt höga CO₂-LULUCF utsläpp från skogsbränder och torvbränder i Sydostasien. **Delfigur b** visar de globala antropogena CO₂-FFI, nettoutsäppen av CO₂-LULUCF, och utsläpp av CH₄, N₂O och fluorerade gaser individuellt för perioden 1990-2019, normaliserat i förhållande till index 100 för 1990. Observera den annorlunda skalan för utsläppen av fluorerade gaser, vilket föranleds av dess snabba tillväxt från en låg utgångsnivå. Skuggade områden anger osäkerhetsintervallerna. Dessa är specifika för de olika gaserna/grupperna och kan inte jämföras. Tabellen visar den centrala uppskattningen för utsläppen år 2019, förändringen av utsläppen mellan 1990 och 2019, och utsläppen 2019 uttryckta i procent av 1990 års utsläpp. {2.2, figur 2.5, tilläggs material 2.2, figur TS.2}

¹¹ Kolbudgeten är den maximala mängden kumulativa globala antropogena nettoutsäpp av koldioxid som skulle leda till att den globala uppvärmningen begränsades till en viss nivå med en viss sannolikhet, med hänsyn tagen till effekten av andra antropogena klimatpåverkande faktorer. När kolbudgeten uttrycks från den förindustriella perioden kallas den den totala kolbudgeten. Kolbudgeten kallas den återstående kolbudgeten när den uttrycks från ett senare angivet datum. De totala kolbudgetar som rapporteras här är summan av historiska utsläpp från 1850 till 2019 och de återstående kolbudgetarna från 2020 och framåt, som sträcker sig fram till dess att globala netto nollutsläpp av koldioxid uppnås. {bilaga I: ordlista; WGI SPM}

¹² Osäkerheterna för de totala kolbudgetarna har inte utvärderats och skulle kunna påverka de specifika beräknade delmängderna.

- B.2** De antropogena nettoutsläppen av växthusgaser har ökat sedan 2010 inom alla huvudsakliga sektorer i världen. En ökande andel av utsläppen kan tillskrivas urbana områden. Utsläppsminskningarna av koldioxid från fossila bränslen och industriprocesser, till följd av förbättringar av energiintensitet i förhållande till BNP och kolintensitet av energi, har varit mindre än utsläppsökningarna till följd av ökande globala aktivitetsnivåer inom industri, energiförsörjning, transport, jordbruk och bostäder och lokaler. (*mycket troligt*) {2.2, 2.4, 6.3, 7.2, 8.3, 9.3, 10.1, 11.2}
- B.2.1** År 2019 kom cirka 34 procent [20 GtCO₂ekv] av de totala antropogena nettoutsläppen av växthusgaser från energisektorn, 24 procent [14 GtCO₂ekv] från industrin, 22 procent [13 GtCO₂ekv] från jordbruk, skogsbruk och annan markanvändning (AFOLU), 15 procent [8,7 GtCO₂ekv] från transporter och 6 procent [3,3 GtCO₂ekv] från bostäder och lokaler¹³. Om utsläppen från el- och värmeproduktion tillskrivs de sektorer som använder den slutliga energin, tilldelas 90 procent av dessa indirekta utsläpp till industrisektorn och bostäder och lokaler, vilket ökar deras relativa andel av växthusgasutsläppen från 24 till 34 procent respektive från 6 till 16 procent. Efter omfördelning av utsläpp från el- och värmeproduktion står energisektorn för 12 procent av de globala antropogena nettoutsläppen av växthusgaser. (*mycket troligt*) {figur 2.12, 2.2, 6.3, 7.2, 9.3, 10.1, 11.2, figur TS.6}
- B.2.2** Den genomsnittliga årliga ökningen av växthusgasutsläppen mellan 2010 och 2019 bromsades jämfört med det föregående decenniet på energisektorn [från 2,3 till 1,0 %] och industrin [från 3,4 till 1,4%], men förblev i stort sett konstant på cirka 2 procent per år inom transportsektorn (*mycket troligt*). Utsläppsökningen inom AFOLU, som omfattar utsläpp från jordbruk (främst metan och lustgas), skogsbruk och annan markanvändning (främst CO₂), är mer osäker än inom andra sektorer på grund av den höga andelen och osäkerheten i LULUCF-CO₂ utsläppen från (*troligt*). Ungefär hälften av de totala AFOLU-nettutsläppen handlar om CO₂-LULUCF, främst från avskogning¹⁴ (*troligt*). {figur 2.13, 2.2, 6.3, 7.2, figur 7.3, 9.3, 10.1, 11.2, TS.3}
- B.2.3** Den globala andelen av de utsläpp som kan tillskrivas urbana områden ökar. År 2015 uppskattades utsläppen från urbana områden till 25 miljarder ton koldioxidekvivalenter (cirka 62% av de globala utsläppen) och år 2020 till 29 miljarder ton koldioxidekvivalenter (67-72% av de globala utsläppen).¹⁵ Drivkrafterna bakom utsläppen av växthusgaser från urbana områden är komplexa och omfattar befolkning, inkomst, urbaniseringsgrad och urban form. (*mycket troligt*) {8.1, 8.3}
- B.2.4** Den globala energiintensiteten (total primärenergi per BNP-enhet) minskade med 2 procent per år mellan 2010 och 2019. Kolintensiteten (koldioxid från förbränning av fossila bränslen och industriella processer (CO₂-FFI) per enhet primärenergi) minskade med 0,3 procent per år, med stora regionala variationer, under samma period, främst på grund av bränslebyte från kol till gas, minskad utbyggnad av kolkapaciteten och ökad användning av förnybar energi. Detta vände den trend som observerades för 2000-2009. Som jämförelse kan nämnas att kolintensiteten i primärenergin beräknas minska globalt med cirka 3,5 procent per år mellan 2020 och 2050 i scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) och med cirka 7,7 procent per år globalt i scenarier som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande.¹⁶ (*mycket troligt*) {figur 2.16, 2.2, 2.4, tabell 3.4, 3.4, 6.3}

¹³ Definitionen av sektorer finns i bilaga II 9.1.

¹⁴ Marken utgjorde totalt sett en nettosänka på -6,6 (±4,6) miljarder ton koldioxid per år för perioden 2010-2019, vilket är skillnaden mellan en bruttosänka på -12,5 (±3,2) miljarder ton koldioxid per år till följd av alla markers responser på både antropogena miljöförändringar och naturlig klimatvariabilitet, och antropogena nettoutsläpp av LULUCF-CO₂ utsläpp på +5,7 (±4,0) miljarder ton koldioxid per år enligt bokföringsmodeller. {tabell 2.1, 7.2, tabell 7.1}

¹⁵ Denna uppskattning bygger på en konsumtionsbaserad redovisning, som omfattar både direkta utsläpp i urbana områden och indirekta utsläpp på andra håll i samband med produktion av el, varor och tjänster som konsumeras i urbana områden. Dessa uppskattningar omfattar koldioxid- och metanutsläpp i alla sektorer utom internationellt flyg och sjöfart, förändrad markanvändning, skogsbruk och jordbruk. {8.1, bilaga I: ordlista}

¹⁶ Se faktabara SPM.1 för kategorisering av beräknade långsiktiga utsläppsscenarioer som baseras på de beräknade uppvärmningsutfall och tillhörande sannolikheter som används i denna rapport.

- B.3** De regionala bidragen¹⁷ till de globala växthusgasutsläppen fortsätter att skilja sig mycket åt. Variationerna i regionala och nationella per capita utsläpp återspeglar delvis olika utvecklingsnivåer, men de varierar också kraftigt vid liknande inkomstnivåer. De 10 procent av hushållen med de högsta utsläppen per capita bidrar med en oproportionerligt stor andel av de globala hushållens utsläpp av växthusgaser. Minst 18 länder har haft en bibehållen minskning av växthusgasutsläppen i mer än 10 år. (*mycket troligt*) (figur SPM.2) {figur 1.1, figur 2.9, figur 2.10, figur 2.25, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, figur TS.4, figur TS.5}
- B.3.1** Trenderna för växthusgasutsläpp under perioden 1990-2019 varierar kraftigt mellan regioner och över tid, och mellan olika utvecklingsnivåer (se figur SPM.2). De genomsnittliga globala antropogena nettoutsläppen av växthusgaser per capita ökade under perioden från 7,7 till 7,8 ton koldioxidekvivalenter, och varierade mellan 2,6 och 19 ton koldioxidekvivalenter mellan olika regioner. De minst utvecklade länderna (LDC) och små östater under utveckling (SIDS) har mycket lägre per capita utsläpp (1,7 tCO₂ekv respektive 4,6 tCO₂ekv) än det globala genomsnittet (6,9 tCO₂ekv), exklusive CO₂-LULUCF¹⁸. (*mycket troligt*) (figur SPM.2) {figur 1.2, figur 2.9, figur 2.10, 2.2, figur TS.4}
- B.3.2** Historiska bidrag till de kumulativa antropogena nettoutsläppen av koldioxid mellan 1850 och 2019 varierar avsevärt mellan olika regioner när det gäller den totala mängden, men också när det gäller bidragen till CO₂-FFI (1650 ± 73 GtCO₂ekv) och nettoutsläppen av CO₂-LULUCF (760 ± 220 GtCO₂ekv).¹⁹ Globalt sett är den största delen av de kumulativa CO₂-FFI-utsläppen koncentrerad till ett fåtal regioner, medan de kumulativa CO₂-LULUCF-utsläppen⁹ är koncentrerade till andra regioner. De minst utvecklade länderna bidrog med mindre än 0,4 procent av de historiska kumulativa CO₂-FFI-utsläppen mellan 1850 och 2019, medan små östater under utveckling bidrog med 0,5 procent. (*mycket troligt*) (figur SPM.2) {figur 2.10, 2.2, TS.3, figur 2.7}
- B.3.3** År 2019 bodde omkring 48 procent av världens befolkning i länder som i genomsnitt släpper ut mer än 6 ton koldioxidekvivalenter per capita, exklusive CO₂-LULUCF. Omkring 35 procent bodde i länder i vilka per capita utsläpp var större än 9 ton koldioxidekvivalenter. Ytterligare 41 procent bodde i länder med per capita utsläpp som var mindre än 3 ton koldioxidekvivalenter. En betydande del av befolkningen i dessa länder med låga utsläpp saknar tillgång till moderna energitjänster.¹⁹ Att utrota extrem fattigdom och energifattigdom och ge alla i dessa regioner en anständig levnadsstandard²⁰ inom ramen för målen för hållbar utveckling kan på kort sikt uppnås utan någon betydande global utsläppsökning. (*mycket troligt*) (figur SPM.2) {figur 1.2, 2.2, 2.4, 2.6, 3.7, 4.2, 6.7, figur TS.4, figur TS.5}
- B.3.4** Globalt sett står de 10 procent av hushållen med de högsta per capita utsläppen för 34-45 procent av de globala konsumtionsbaserade hushållens utsläpp av växthusgaser²¹, medan de mellersta 40 procenten för 40-53 procent och de 50 procent med lägsta per capita utsläppen för 13-15 procent. (*mycket troligt*) {2.6, figur 2.25}
- B.3.5** Minst 18 länder har upprätthållit minskningar av produktionsbaserade växthusgasutsläpp och konsumtionsbaserade koldioxidutsläpp i över 10 år. Minskningarna var kopplade till en avkarbonisering av energiförsörjningen, energieffektivisering och minskad efterfrågan på energi, vilka berodde på både politiska åtgärder och förändringar i den ekonomiska strukturen. Vissa länder har minskat de produktionsbaserade växthusgasutsläppen med en tredjedel eller mer sedan de nådde sin högsta nivå, och vissa länder har under flera år i följd minskat utsläppen med omkring 4 procent per år, vilket är jämförbart med globala minskningar i scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre. Dessa minskningar har endast delvis kompenserat för den globala utsläppsökningen. (*mycket troligt*) (figur SPM.2) {figur TS.4, 2.2, 1.3.2}

¹⁷ Se del 1 i bilaga II för de regionala grupperingarna som använts i denna rapport.

¹⁸ År 2019 beräknas de minst utvecklade ländernas utsläpp till 3,3 procent av de globala växthusgasutsläppen och små östaters under utveckling till 0,6 procent av de globala växthusgasutsläppen, vilket är exklusive CO₂-LULUCF. Dessa grupper av länder spänner över geografiska regioner och visas inte separat i figur SPM2. {figur 2.10}

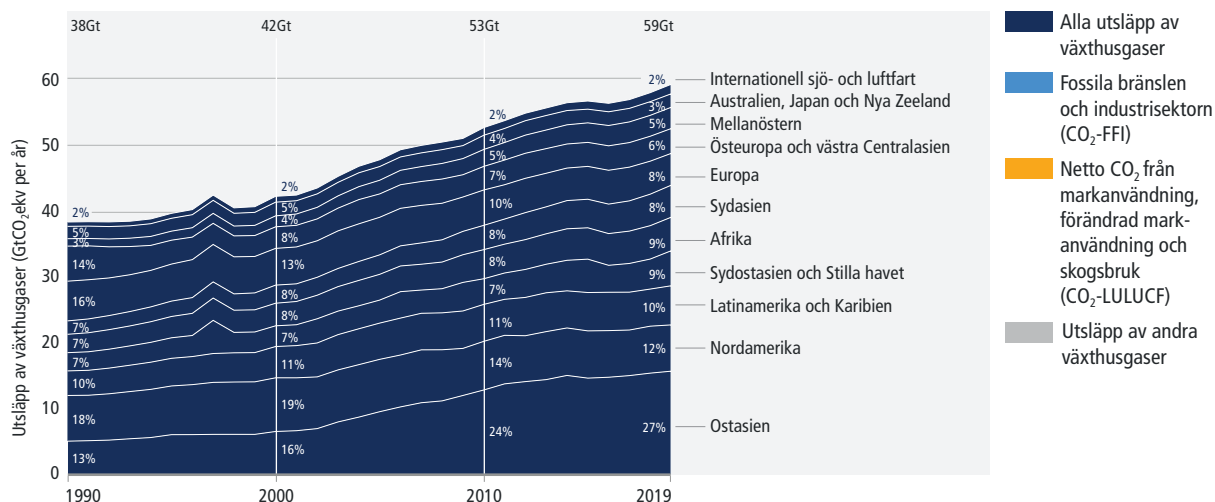
¹⁹ I denna rapport definieras tillgång till moderna energitjänster som tillgång till rena, tillförlitliga och prisvärda energitjänster för matlagning och uppvärmning, belysning, kommunikation och produktiv användning (se bilaga I: ordlista).

²⁰ I denna rapport definieras anständig levnadsstandard som en uppsättning materiella minimikrav som är nödvändiga för att uppnå grundläggande mänskligt välbefinnande, inklusive näring, tak över huvudet, grundläggande levnadsvillkor, kläder, hälsovård, utbildning och rörlighet. (Se 5.1)

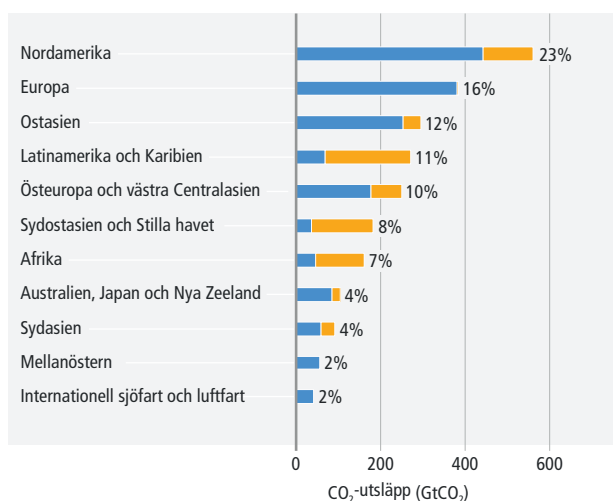
²¹ Konsumtionsbaserade utsläpp avser utsläpp från att generera de varor och tjänster som konsumeras av en viss enhet (t ex en person, ett företag, ett land eller en region). De 50 procent som har de lägsta utsläppen spenderar mindre än 3 USDPPP per capita och dag. De 10 procent som släpper ut mest (öppen kategori) spenderar mer än 23 USDPPP per capita och dag. Det stora spannet av uppskattningar av hur stora utsläpp de topp 10 procenten står för beror på att användningen av pengar varierar stort i denna kategori och också på olika metoder i den utvärderade litteraturen. {2.6, bilaga I: ordlista}

Utsläppen har ökat i de flesta regioner men är ojämnt fördelade, både i nuläget och kumulativt sedan 1850.

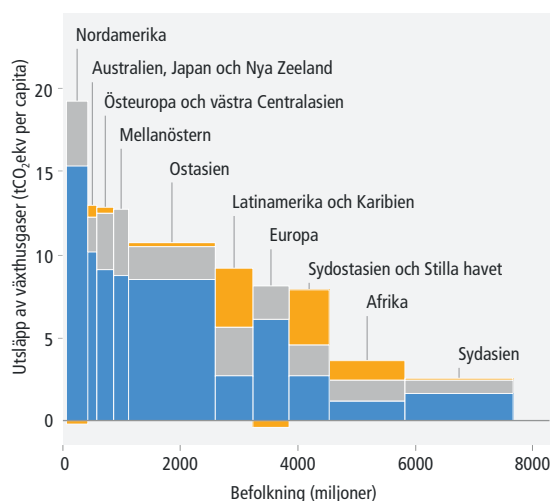
a. Globala antropogena nettoutsläpp av växthusgaser per region (1990–2019)



b. Historiska kumulativa antropogena nettoutsläpp av koldioxid per region (1850–2019)



c. Antropogena nettoutsläpp av växthusgaser per capita och för den totala befolkningen, per region (2019)



d. Regionala indikatorer (2019) och regionala produktions- vs. konsumtionsbaserade utsläpp (2018)

	Afrika	Australien, Japan, Nya Zeeland	Ostasien	Östeuropa, västra Centralasien	Europa	Latinamerika och Karibien	Mellanöstern	Nordamerika	Sydostasien och Stilla havet	Sydasien
Befolkning (miljoner personer, 2019)	1292	157	1471	291	620	646	252	366	674	1836
BNP per capita (USD1000 _{ppp} 2017 per person) ¹	5,0	43	17	20	43	15	20	61	12	6,2
Nettoutsläpp av växthusgaser 20192 (produktionsbaserade)										
% bidrag till växthusgasutsläpp	9%	3%	27%	6%	8%	10%	5%	12%	9%	8%
Växthusgasutsläppsintensitet (tCO ₂ ekv / USD1000 _{ppp} 2017)	0,78	0,30	0,62	0,64	0,18	0,61	0,64	0,31	0,65	0,42
Växthusgasutsläpp per capita (tCO ₂ ekv per person)	3,9	13	11	13	7,8	9,2	13	19	7,9	2,6
CO₂-FFI, 2018, per person										
Produktionsbaserade utsläpp (tCO ₂ -FFI per person, baserade på 2018 data)	1,2	10	8,4	9,2	6,5	2,8	8,7	16	2,6	1,6
Konsumtionsbaserade utsläpp (tCO ₂ -FFI per person, baserade på 2018 data)	0,84	11	6,7	6,2	7,8	2,8	7,6	17	2,5	1,5

¹ BNP per capita 2019, anggett i USD köpkraft 2017

² Inklusive CO₂-FFI, CO₂-LULUCF och andra utsläpp av växthusgaser, exklusive internationell sjöfart och luftfart

De regionala grupperingarna i den här figuren används enbart för statistiska ändamål och beskrivs i bilaga II, del I.

Figur SPM.2 | Regionala utsläpp av växthusgaser och den regionala andelen av de totala kumulativa produktionsbaserade koldioxidutsläppen 1850-2019.

Figure SPM.2 (fortsättning): Regionala utsläpp av växthusgaser och den regionala andelen av de totala kumulativa produktionsbaserade koldioxidutsläppen 1850-2019. Delfigur a visar globala antropogena nettoutsläpp av växthusgaser per region (i GtCO₂ekv per år, GWP100-AR6) för perioden 1990-2019.⁶ Procentandelen avser respektive regions bidrag till de totala växthusgasutsläppen under respektive tidsperiod. Utsläppen under år 1997 var högre än närliggande år på grund av utsläpp från skogsbränder och torvbränder i Sydostasien. Regionerna är grupperade enligt bilaga II. Delfigur b visar andelen historiska kumulativa antropogena nettoutsläpp av koldioxid per region från 1850 till 2019 i miljarder ton koldioxid. Detta omfattar koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen och industriella processer (CO₂-FFI) och netto koldioxidutsläpp från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (CO₂-LULUCF). Andra växthusgasutsläpp visas inte.⁶ Utsläppen av CO₂-LULUCF är behäftade med stora osäkerheter, vilket återspeglas i en global uppskattning av osäkerheten på ±70 procent (90% konfidensintervall). Delfigur c visar population 2019, fördelade på CO₂-FFI, netto CO₂-LULUCF, och andra växthusgasutsläpp (metan, dikväveoxid, fluorerade gaser, uttryckta i CO₂ekv med GWP100-AR6). Höjden på varje fyrkant visar utsläppen per capita och bredden befolkningens mängden. Respektive fyrkants yta motsvarar de totala utsläppen per region. Utsläpp från internationellt flyg och sjöfart ingår inte. För två regioner ligger arean för CO₂-LULUCF under axeln, eftersom regionerna har nettoupptag i stället för utsläpp inom denna kategori. Utsläppen av CO₂-LULUCF är behäftade med stora osäkerheter, vilket återspeglas i en global osäkerhetsuppskattning på ±70 procent (90% konfidensintervall). Delfigur d visar befolkningens mängd, BNP per person, och utsläppsindikatorer per region år 2019 för relativa bidrag till utsläppen, totala växthusgasutsläpp per person och total utsläppsintensitet, tillsammans med produktions- och konsumtionsbaserade CO₂-FFI utsläpp, som i denna rapport utvärderas fram till 2018. Konsumtionsbaserade utsläpp är utsläpp som är förknippade med de varor och tjänster som konsumeras av en viss enhet (t ex en region). Utsläpp från internationellt flyg och sjöfart ingår inte. {1.3, figur 1.2, 2.2, figur 2.9, figur 2.10, figur 2.11, bilaga II}

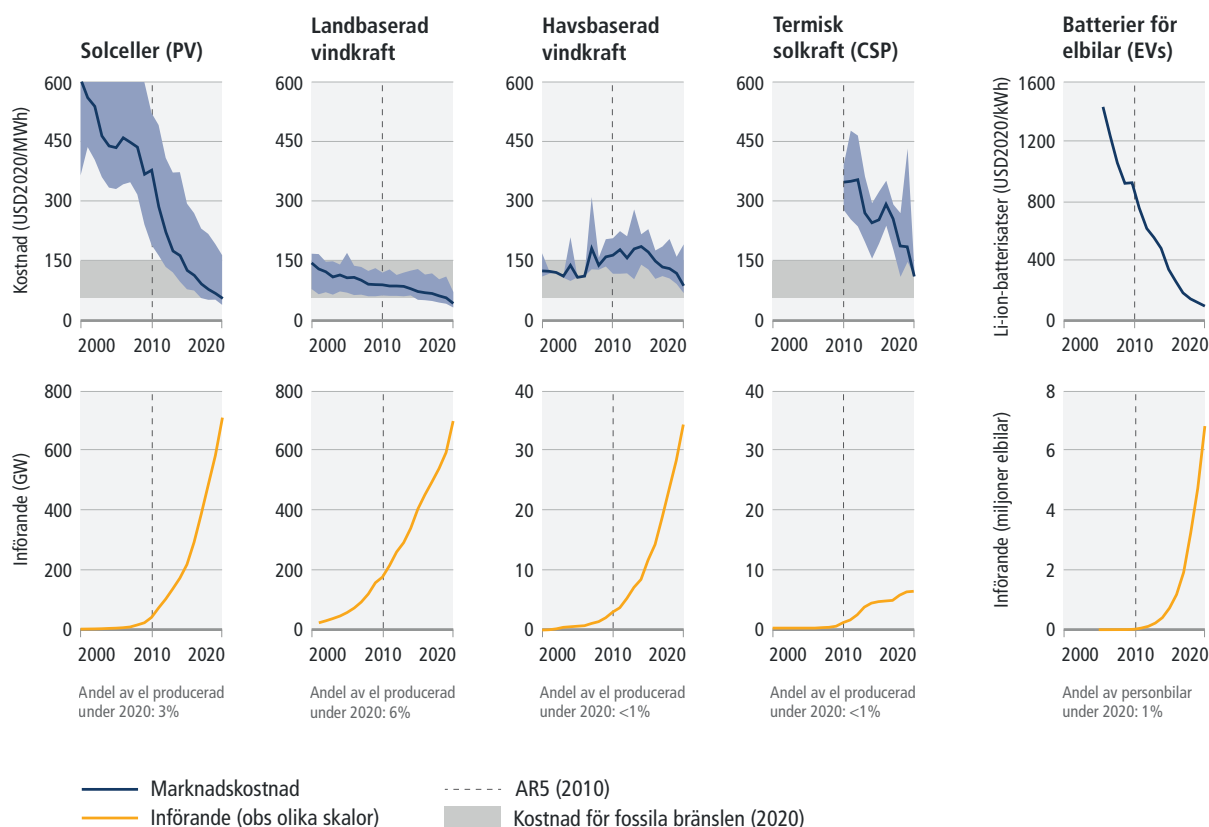
B.4 Enhetskostnaderna för flera tekniker med låga utsläpp har minskat kontinuerligt sedan 2010. Innovationspolitik har möjliggjort dessa kostnadsminskningar och stöttat globalt införande. Både skräddarsydda styrmedel och övergripande politiska åtgärder kring innovationssystem har bidragit till att övervinna de fördelningspolitiska, miljömässiga och sociala effekter som kan vara förknippade med global spridning av teknik med låga utsläpp. Innovationen har släpat efter i utvecklingsländer på grund av sämre möjliggörande förutsättningar. Digitalisering kan möjliggöra utsläppsminskningar, men kan få negativa bieffekter om den inte styrs på lämpligt sätt. (mycket troligt) (figur SPM.3) {2.2, 6.3, 6.4, 7.2, 12.2, 16.2, 16.4, 16.5, kapitelöverskridande ruta 11 i kapitel 16}

B.4.1 Mellan 2010 och 2019 har enhetskostnaderna minskat kontinuerligt för solenergi (85%), vindkraft (55%) och litiumjonbatterier (85%). Samtidigt har deras användning ökat avsevärt, t ex >10x för solenergi och >100x för elfordon, med stora skillnader mellan olika regioner. (figur SPM.3) Den kombination av olika politiska instrument som sänkt kostnaderna och stimulerat införandet inkluderar offentlig FoU, finansiering av demonstrations- och pilotprojekt och efterfrågestyrande instrument, t ex subventioner för uppskalning. I jämförelse med modulära tekniker med liten enhetsstorlek visar empirin att flera storskaliga tekniker för utsläppsminskning, med färre möjligheter till lärande, har haft minimala kostnadsminskningar och att deras användning har ökat långsamt. (mycket troligt) {1.3, 1.5, figur 2.5, 2.5, 6.3, 6.4, 7.2, 11.3, 12.2, 12.3, 12.6, 13.6, 16.3, 16.4, 16.6}

B.4.2 Styrmedelpaket som är skräddarsydda för nationella sammanhang och är tekniks specifika har varit effektiva när det gäller att stödja innovation och spridning av teknik med låga utsläpp. Lämpligt utformad politik och styrning har bidragit till att hantera fördelningseffekter och "rebound" effekter. Innovation har skapat möjligheter att minska utsläpp och minska utsläppstillväxt samt skapat sociala och miljömässiga samfördelar (mycket troligt). Införandet av teknik med låga utsläpp släpar efter i de flesta utvecklingsländer, särskilt de minst utvecklade, delvis på grund av sämre möjliggörande förutsättningar, bland annat begränsad finansiering, teknikutveckling och tekniköverföring samt kapacitet. I många länder, särskilt de med begränsad institutionell kapacitet, har flera negativa bieffekter observerats som ett resultat av spridning av teknik med låga utsläpp, t ex lågvärdig sysselsättning och beroende av utländsk kunskap och utländska leverantörer. Innovationer med låga utsläpp kan tillsammans med stärkta förutsättningar förstärka utvecklingsfördelarna, vilket i sin tur kan skapa återkopplingar till ett större offentligt stöd för politiken. (troligt) {9.9, 13.6, 13.7, 16.3, 16.4, 16.5, 16.6, kapitelöverskridande ruta 12 i kapitel 16, TS.3}

B.4.3 Digital teknik kan bidra till att begränsa klimatförändringen och till att uppnå flera av de globala målen för hållbar utveckling (mycket troligt). Exempelvis kan sensorer, internet of things, robotik och artificiell intelligens förbättra energihanteringen inom alla sektorer, öka energieffektiviteten och främja införandet av många tekniker med låga utsläpp, inklusive decentraliserad förnybar energi, samtidigt som det skapas ekonomiska möjligheter (mycket troligt). En del av dessa vinster i fråga om begränsning av klimatförändringen kan dock minskas eller motverkas av en ökad efterfrågan på varor och tjänster till följd av användningen av digitala enheter (mycket troligt). Digitalisering kan medföra kompromisser för flera av de globala målen för hållbar utveckling, t ex ökad mängd elektroniskt avfall, negativa effekter på arbetsmarknaden och förvärrande av den befintliga digitala klyftan. Digital teknik stöder avkarbonisering endast om den styrs på lämpligt sätt (mycket troligt). {5.3, 10, 12.6, 16.2, kapitelöverskridande ruta 11 i kapitel 16, TS.5, ruta TS.14}

Enhetskostnaderna för vissa former av förnybar energi samt batterier för elbilar har minskat, samtidigt som användningen ökar.



- B.5** Sedan AR5 har det skett en konsekvent utvidgning av politik och lagar som avser utsläppsminskningar. Detta har lett till att man har undvikit utsläpp som annars skulle ha inträffat och till ökade investeringar i teknik och infrastruktur med låga utsläpp av växthusgaser. Styrmedlens täckning av utsläpp är ojämn mellan olika sektorer. Framstegen när det gäller anpassningen av finansiella flöden i linje med målen i Parisavtalet går fortfarande långsamt, och de dokumenterade klimatfinansieringsflödena är ojämnt fördelade mellan regioner och sektorer. (*mycket troligt*) {5.6, 13.2, 13.4, 13.5, 13.6, 13.9, 14.3, 14.4, 14.5, kapitelöverskridande ruta 10 i kapitel 14, 15.3, 15.5}
- B.5.1** Kyotoprotokollet ledde till minskade utsläpp i vissa länder och var viktig för att uppbyggandet av nationell och internationell kapacitet för rapportering och redovisning av växthusgaser samt utsläppsmarknader (*mycket troligt*). Minst 18 länder som hade kyotomål för den första åtagandeperioden har haft varaktiga absoluta utsläppsminskningar under minst ett decennium från 2005, varav två var länder med övergångsekonomier (*högst troligt*). Parisavtalet, med nästan universellt deltagande, har lett till utveckling av politik och fastställande av mål på nationell och subnationell nivå, särskilt när det gäller utsläppsminskning, samt ökad transparens när det gäller klimatåtgärder och stöd (*troligt*). {14.3, 14.6}
- B.5.2** Tillämpningen av olika styrmedel för utsläppsminskning på nationell och subnationell nivå har ökat konsekvent inom en rad olika sektorer (*mycket troligt*). År 2020 omfattades över 20 procent av de globala växthusgasutsläppen av koldioxidskatter eller utsläppshandelssystem, även om täckning och priser har varit otillräckliga för att kunna uppnå stora minskningar (*troligt*). Vid år 2020 fanns "direkta" klimatlagar med huvudsaklig inriktning på minskning av växthusgaser i 56 länder, vilket täckte 53 procent av de globala utsläppen (*troligt*). Politiken är fortfarande begränsad när det gäller utsläpp från jordbruk och produktion av industriella material och råvaror (*mycket troligt*). {5.6, 7.6, 11.5, 11.6, 13.2, 13.6}
- B.5.3** I många länder har politiken förbättrat energieffektiviteten, minskat avskogningens takt och påskyndat teknikutvecklingen, vilket har lett till undvikna och i vissa fall minskade eller avvecklade utsläpp (*mycket troligt*). Flera bevislinjer tyder på att politiken har lett till undvikna globala utsläpp på flera miljarder ton koldioxidekvivalenter per år (*troligt*). Av dessa kan minst 1,8 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år förklaras genom att lägga ihop separata uppskattningar av effekterna av ekonomiska och lagstiftningsinstrument. Ett växande antal lagar och dekret har påverkat de globala utsläppen och har beräknats leda till 5,9 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år mindre under 2016 än vad de annars skulle ha varit. (*troligt*) (figur SPM.3) {2.2, 2.8, 6.7, 7.6, 9.9, 10.8, 13.6, kapitelöverskridande ruta 10 i kapitel 14}
- B.5.4** Årliga spårade totala finansiella flöden för utsläppsminskning och anpassning till klimatförändringen ökade med upp till 60 procent mellan 2013/14 och 2019/20 (i USD2015), men den genomsnittliga tillväxten har avtagit sedan 2018²² (*troligt*). Dessa finansiella flöden förblev starkt inriktade på utsläppsminskning, är ojämn, och har utvecklats olika mellan regioner och sektorer (*mycket troligt*). Under 2018 låg de offentliga och offentligt mobiliserade privata klimatfinansieringsflödena från utvecklade länder till utvecklingsländer under det kollektiva målet under klimatkonventionen och Parisavtalet att mobilisera 100 miljarder US-dollar per år fram till 2020 inom ramen för meningsfulla utsläppsminskningensåtgärder och transparent genomförande (*troligt*). De offentliga och privata finansieringsflödena för fossila bränslen är fortfarande större än flödena för klimatanpassning och utsläppsminskning (*mycket troligt*). Marknaderna för gröna obligationer, ESG-produkter (miljö, sociala frågor och styrning) och hållbara finansieringsprodukter har expanderat avsevärt sedan AR5. Utmaningar kvarstår, särskilt när det gäller integritet och additionalitet, liksom dessa marknaders begränsade tillämpbarhet för många utvecklingsländer. (*mycket troligt*) {ruta 15.4, 15.3, 15.5, 15.6, ruta 15.7}

²² Uppskattningar av finansiella flöden (som omfattar både privata och offentliga, inhemska och internationella flöden) baseras på en enda rapport som samlar uppgifter från flera källor och som har tillämpat olika ändringar i sin metodik under de senaste åren. Sådana uppgifter kan ge en antydning om breda trender men är behäftade med osäkerhet.

B.6 De globala växthusgasutsläppen 2030 förutsatt genomförandet av de nationellt fastställda bidragen (NDC) som tillkännagavs före COP26²³ skulle innebära att uppvärmningen sannolikt översteg 1,5°C under 2000-talet.²⁴ För att sannolikt begränsa uppvärmningen till under 2°C skulle förutsätta att utsläppsminskningen snabbt påskyndades efter 2030. Politik som var implementerad vid slutet av 2020²⁵ beräknas leda till högre globala utsläpp av växthusgaser än vad som motsvarar de nationellt fastställda bidragen. (*mycket troligt*) (figur SPM.4) {3.3, 3.5, 4.2, kapitelöverskridande ruta 4 i kapitel 4}

B.6.1 Politik som implementerats vid slutet av 2020 beräknas leda till högre globala växthusgasutsläpp än de som följer av de nationellt fastställda bidragen, vilket tyder på ett genomförandegap. Det finns fortfarande ett gap mellan de globala växthusgasutsläppen år 2030 som skulle följa från genomförandet av de nationellt fastställda bidragen som tillkännagavs före COP26 och de som är kopplade till modellerade utsläppsminskningsscenarier som förutsätter omedelbara åtgärder (för kvantifiering, se tabell SPM.1).²⁶ Storleken på utsläppsgapet beror på vilken global uppvärmningsnivå som beaktas och om endast ovillkorade eller även villkorade åtaganden i de nationellt fastställda bidragen²⁷ beaktas.²⁸ (*mycket troligt*) {3.5, 4.2, kapitelöverskridande ruta 4 i kapitel 4}

B.6.2 De globala utsläppen 2030 enligt genomförande av de nationellt fastställda bidrag som tillkännagivits före COP26 är lägre än de utsläpp som de ursprungliga nationellt fastställda bidragen hade inneburit²⁹ (*mycket troligt*). Det ursprungliga utsläppsgapet har minskat med cirka 20 procent till en tredjedel i förhållande till utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) med omedelbara åtgärder (kategori C3a i tabell SPM.2) och med cirka 15-20 procent i förhållande till utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande (kategori C1 i tabell SPM.2) (*troligt*). (figur SPM.4) {3.5, 4.2, kapitelöverskridande ruta 4 i kapitel 4}

Tabell SPM.1 | Beräknade globala utsläpp år 2030 motsvarande politik som implementerats vid slutet av 2020 och NDC:er som tillkännagivits före COP26, samt tillhörande utsläppsgap. *Utsläppen år 2030 och absoluta skillnader i utsläpp baseras på utsläpp på 52-56 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år 2019, enligt antaganden i underliggande modellstudier. (*troligt*) {4.2, tabell 4.3, kapitelöverskridande ruta 4 i kapitel 4}

	Enligt politik som implementerats vid slutet av 2020 (GtCO ₂ ekv per år)	Enligt NDC:er som tillkännagivits före COP26	
		Ovillkorade åtaganden (GtCO ₂ ekv per år)	Inklusive villkorade åtaganden (GtCO ₂ ekv per år)
Median (min–max)*	57 [52–60]	53 [50–57]	50 [47–55]
Implementeringsgap mellan beslutad politik och NDC:er (median)		4	7
Utsläppsgap mellan NDC:er och utsläppsminskning som skulle begränsa uppvärmningen till 2°C (>67%) med omedelbara åtgärder		10–16	6–14
Utsläppsgap mellan NDC:er och utsläppsminskning som skulle begränsa uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande, med omedelbara åtgärder.		19–26	16–23

²³ NDC:erna som tillkännagavs före COP26 avser de senaste nationellt fastställda bidragen som lämnats in till UNFCCC fram till den 11 oktober 2021, och reviderade NDC:er som tillkännagivits av Kina, Japan och Republiken Korea före oktober 2021 men som lämnats in först därefter. 25 uppdateringar av NDC lämnades in mellan den 12 oktober 2021 och innan COP26 inleddes.

²⁴ Detta innebär att utsläppsminskningar efter 2030 inte längre kan ge förutsättningar till utvecklingsvägar med mindre än 67 procents sannolikhet att överskrida 1,5°C under 2000-talet, vilket är ett utmärkande drag för den klass av utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande som utvärderas i denna rapport (kategori C1 i tabell SPM.1). Dessa utvecklingsvägar begränsar uppvärmningen till 1,6°C eller lägre under hela 2000-talet med en sannolikhet på 50 procent.

²⁵ Slutdatumet för implementering av politik/styrmedel i studier som används för att beräkna växthusgasutsläpp av "politik som implementerats vid slutet av 2020" varierar mellan juli 2019 och november 2020. (tabell 4.2)

²⁶ Med omedelbara åtgärder i modellerade globala scenarier avses beslut om ytterligare klimatpolitik mellan 2020 och senast före 2025 och som syftar till att begränsa den globala uppvärmningen till en viss nivå. Modellerade scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) baserat på omedelbara åtgärder sammanfattas i kategori C3a i tabell SPM.2. Alla utvärderade modellerade globala scenarier som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med ingen eller med endast begränsat överskridande förutsätter omedelbara åtgärder enligt definitionen här (kategori C1 i tabell SPM.2).

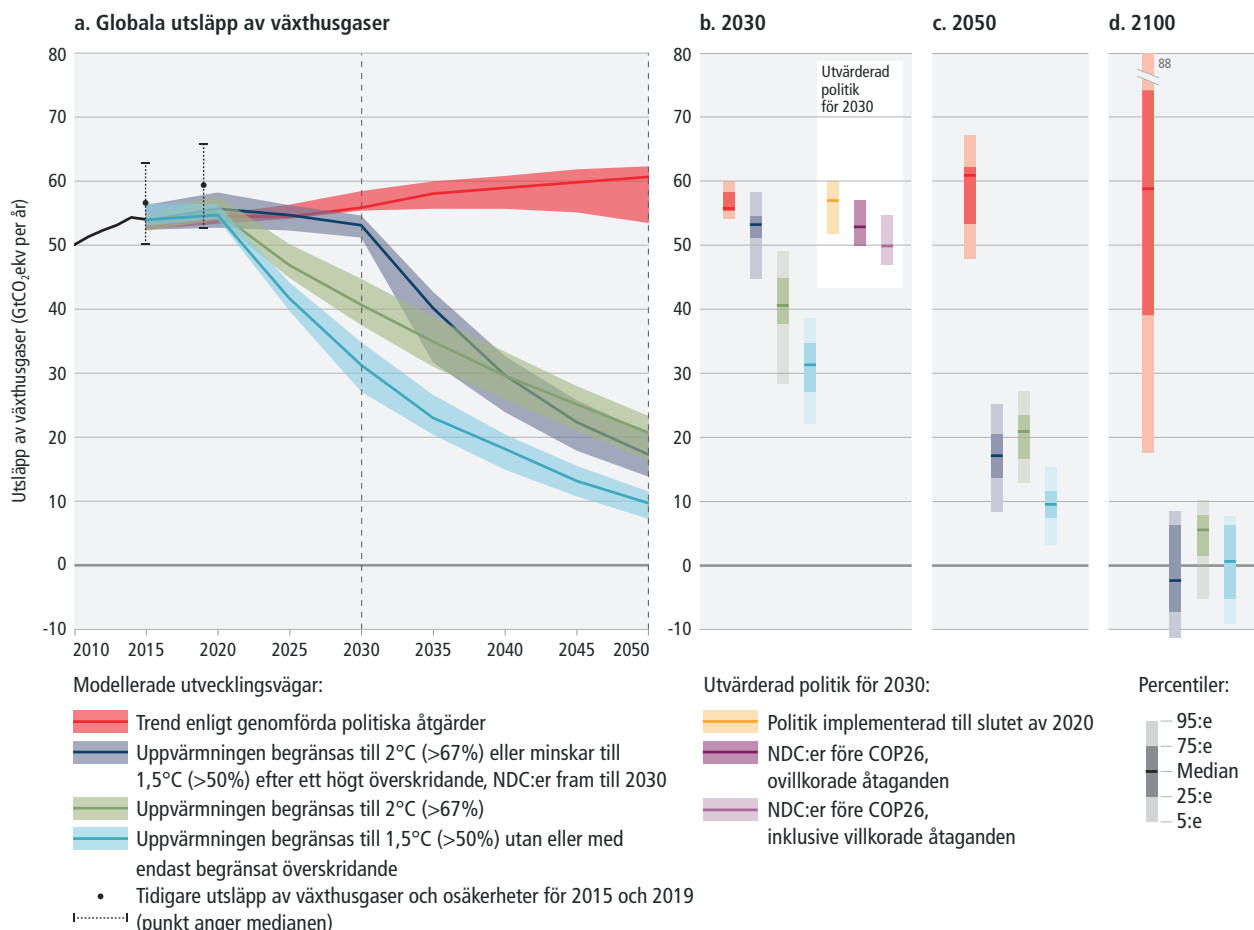
²⁷ I den här rapporten avser "ovillkorade" åtaganden i de nationellt fastställda bidragen som läggs fram utan några villkor. Med "villkorade" åtaganden avses utsläppsminskningståtgärder som är avhängiga internationellt samarbete, t ex bilaterala och multilaterala avtal, finansiering eller tekniköverföring. Denna terminologi används i litteraturen och i UNFCCC:s NDC-syntesrapporter, inte i Parisavtalet. {4.2.1, 14.3.2}

²⁸ Två typer av gap utvärderas: Genomförandegapet beräknas som skillnaden mellan medianen av de globala utsläppen 2030 som motsvarar de politiska beslut som implementerats vid slutet av 2020 och de som motsvarar av de NDC:er som tillkännagivits före COP26. Utsläppsgapet beräknas som skillnaden mellan de växthusgasutsläpp som de nationellt fastställda bidragen innebär (min/maxutsläpp 2030) och medianen av de globala växthusgasutsläppen i beräknade scenarier som begränsar uppvärmningen till specifika nivåer förutsatt omedelbara åtgärder och med sannolikheter enligt vad som anges (tabell SPM.2).

²⁹ Med ursprungliga nationellt fastställda bidrag avses de som lämnades in till UNFCCC 2015 och 2016. Ovillkorade åtaganden i NDC:er som tillkännagavs före COP26 innebär globala växthusgasutsläpp 2030 som är 3,8 [3,0-5,3] miljarder ton koldioxidekvivalenter per år lägre än vid de ursprungliga NDC:erna, och 4,5 [2,7-6,3] miljarder ton koldioxidekvivalenter per år lägre när villkorade åtaganden inkluderas. Uppdateringar av de nationella fastställda bidragen vid eller efter COP26 kan ytterligare förändra de motsvarande utsläppen.

- B.6.3** Modellerade globala utsläppsscenarioer som är förenliga med de nationellt fastställda bidrag som tillkännagavs före COP26 och som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) (kategori C3b i tabell SPM.2) innebär årliga genomsnittliga globala minskningar av växthusgasutsläppen på 0-0,7 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år under decenniet 2020-2030, med en aldrig tidigare skådad acceleration till 1,4-2,0 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år under 2030-2050 (*troligt*). Fortsatta investeringar i infrastruktur med höga utsläpp utan utsläppskontroller, och begränsad utveckling och användning av alternativ infrastruktur, med låga utsläpp, före 2030 skulle utgöra hinder för denna acceleration och öka riskerna gällande genomförbarhet (*mycket troligt*). {3.3, 3.5, 3.8, kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4}
- B.6.4** Modellerade globala utsläppsutvecklingsvägar som är förenliga med de nationellt fastställda bidrag som tillkännagivits före COP26 kommer *sannolikt* att överskrida 1,5°C under 2000-talet. De utvecklingsvägar som sedan minskar uppvärmningen till 1,5°C till år 2100 med en sannolikhet på 50 procent eller mer innebär att temperaturmålet överskrids med 0,15-0,3°C (42 scenarier i kategori C2, tabell SPM.2). I sådana utvecklingar är de globala kumulativa nettonegativa koldioxidutsläppen -380 [-860 till -200] miljarder ton koldioxid³⁰ under andra hälften av århundradet, och det sker en snabb acceleration av andra utsläppsminskningssatser inom alla sektorer efter 2030. Sådana överskridanden innebär en ökad klimatrelerad risk och ökade problem med genomförbarheten³¹, och större sociala och miljömässiga risker, jämfört med om uppvärmningen begränsades till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande. (*mycket troligt*) (figur SPM.4, tabell SPM.2) {3.3, 3.5, 3.8, 12.3; AR6 WGII SPM.B.6}

Beräknade globala utsläpp av växthusgaser från NDC:er, tillkännagivna före COP26, anger det som troligt att uppvärmningen kommer att överstiga 1,5°C och att det efter 2030 blir svårare att begränsa uppvärmningen till under 2°C.



Figur SPM.4 | Globala växthusgasutsläpp från modellerade utvecklingsvägar (trattar i delfigur a och tillhörande staplar i delfigurer b, c och d) och beräknade utsläpp enligt utvärderade policies på kort sikt, för 2030 (delfigur b).

³⁰ Median och *mycket sannolikt* intervall [5:e till 95:e percentil].

³¹ Att återgå till en temperaturökning under 1,5°C år 2100 om växthusgasutsläppsnivåer år 2030 motsvarar genomförandet av de nationellt fastställda bidragen är ogenomförbart för vissa modeller på grund av modellspecifika begränsningar av användningen av utsläppsminskningssatser och tillgången till nettonegativa koldioxidutsläpp.

Figur SPM.4 (fortsättning): Globala växthusgasutsläpp från modellerade utvecklingsvägar (trattar i delfigur a och tillhörande staplar i delfiguren b, c och d) och beräknade utsläpp enligt utvärderade policys på kort sikt, för 2030 (delfigur b). Delfigur a visar globala växthusgasutsläpp mellan 2015 och 2050 för fyra typer av utvärderade modellerade globala utvecklingsvägar:

- Trend enligt genomförda politiska åtgärder: Utvecklingsvägar med beräknade växthusgasutsläpp på kort sikt i linje med politik som implementerats vid slutet av 2020 och som förlängs med jämförbara ambitionsnivåer efter 2030 (29 scenarier i kategorierna C5-C7, tabell SPM.2)
- Uppvärmningen begränsas till 2°C (>67%) eller minskar till 1,5°C (>50%) efter ett högt överskridande, NDC:erna fram till 2030: utvecklingsvägar med växthusgasutsläpp fram till 2030 i linje med genomförandet av de NDC:er som tillkännagavs före COP26, följt av påskyndade utsläppsminskningar som sannolikt begränsar uppvärmningen till 2°C (C3b, tabell SPM.2) eller minskar uppvärmningen till 1,5°C med en sannolikhet på 50 procent eller mer efter ett kraftigt överskridande (delmängd av 42 scenarier av C2, tabell SPM.2).
- Uppvärmningen begränsas till 2°C (>67%) genom omedelbara åtgärder: utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) genom omedelbara åtgärder efter 2020²⁶ (C3a, tabell SPM.2)
- Uppvärmningen begränsas till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande: utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C utan eller med endast begränsat överskridande (C1, tabell SPM.2). Alla dessa utvecklingsvägar förutsätter omedelbara åtgärder efter 2020.

Växthusgasutsläppen för 2010-2015 används för att beräkna den globala uppvärmningen i de modellerade utvecklingsvägarna och visas med en svart linje³². De globala växthusgasutsläppen för 2015 respektive 2019 visas med vertikala linjer från utvärderingen i kapitel 2. Delfiguren b, c och d visar ögonblicksbilder av växthusgasutsläppen för de modellerade utvecklingsvägarna år 2030, 2050 respektive 2100. Delfigur b visar också beräknade utsläpp enligt utvärderade policys på kort sikt år 2030 från kapitel 4.2 (tabellerna 4.2 och 4.3; median och hela intervallet). Utsläppen av växthusgaser är uttryckta i koldioxidekvivalenter (GWP100 från AR6 WGI). {3.5, 4.2, tabell 4.2, tabell 4.3, kapitelöverskridande ruta 4 i kapitel 4}.

B.7 De beräknade kumulativa koldioxidutsläppen under den befintliga och för närvarande planerade fossilbränslerelaterade infrastrukturens livstid, om ytterligare åtgärder för att minska utsläppen inte vidtas, överstiger de totala kumulativa nettoutsläppen av koldioxid i utvecklingsvägar som skulle begränsa uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande. De är ungefär lika stora som de totala kumulativa nettoutsläppen av koldioxid i de fall då uppvärmningen begränsas till 2°C (>67%). (mycket troligt) {2.7, 3.3}

B.7.1 Om de historiska driftsmönstren bibehålls³³ och utan ytterligare åtgärder för att reducera utsläppen³⁴ skulle de beräknade kumulativa framtida koldioxidutsläppen från befintlig fossilbränslerelaterad infrastruktur, som till största delen finns inom energisektorn, från 2018 fram till slutet av dess livslängd uppgå till 660 [460 till 890] miljarder ton koldioxid. De skulle uppgå till 850 [600 till 1100] miljarder ton koldioxid om utsläppen från för närvarande planerad sådan infrastruktur inom energisektorn inkluderades. Dessa uppskattningar kan jämföras med kumulativa globala nettoutsläpp av koldioxid från alla sektorer på 510 [330 till 710] miljarder ton koldioxid fram till dess att nettonollutsläpp av koldioxid uppnås³⁵ i utvecklingsvägar som skulle begränsa den globala uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande, och 890 [640 till 1160] miljarder ton koldioxid i utvecklingsvägar som begränsade uppvärmningen till 2°C (>67%). (mycket troligt) (tabell SPM.2) {2.7, figur 2.26, figur TS.8}

B.7.2 I modellerade globala utvecklingsvägar som skulle begränsa uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre beräknas de flesta återstående koldioxidutsläppen från fossila bränslen fram till tidpunkten för globala nettonollutsläpp av koldioxid att ske utanför energisektorn, främst inom industrin och transportsektorn. Avveckling och minskad användning av befintlig fossilbränslebaserad infrastruktur inom energisektorn, eftermontering av befintliga anläggningar med CCS,³⁶ övergång till lågkol-bränslen och att ställa in nya kolkraftverk utan CCS är viktiga alternativ som kan bidra till att anpassa de framtida koldioxidutsläppen från energisektorn till utsläppen i de utvärderade globalt modellerade lägsta-kostnad utvecklingsvägarna. De lämpligaste strategierna kommer att bero på nationella och regionala omständigheter, inklusive möjliggörande förutsättningar och tillgänglighet av teknik. (mycket troligt) (faktaruta SPM.1) {tabell 2.7, 2.7, 3.4, 6.3, 6.5, 6.7}

³² En beskrivning av hur den globala uppvärmningen har beräknats för modellerade utvecklingsvägar och metodens överensstämmelse med AR6 WGI finns i faktaruta SPM.1.

³³ Historiska driftsmönster beskrivs med hjälp av belastningsfaktorer och livslängder för anläggningar för fossila bränslen som observerats tidigare (genomsnitt och intervall).

³⁴ Med reducerandet av utsläpp ("abatement") avses här ingrepp som minskar mängden växthusgaser som släpps ut i atmosfären från fossilbränslerelaterad infrastruktur.

³⁵ Totala kumulativa koldioxidutsläpp fram till dess att nettonollutsläpp av koldioxid uppnås är likartade men inte exakt samma som den kvarvarande kolbudgeten för en viss uppvärmningsnivå enligt arbetsgrupp I. Detta beror på att de modellerade utsläppsscenarioer som utvärderats av arbetsgrupp III täcker ett antal temperaturnivåer upp till en viss gräns, och uppvisar en mängd olika minskningar av andra utsläpp än av koldioxid som också bidrar till den totala uppvärmningen. {ruta 3.4}

³⁶ I detta sammanhang antas att koldioxidinfångningens verkningsgrad för nya anläggningar med CCS är 90-95 procent+ {11.3.5}. Avskiljningsgraden för eftermonterade installationer kan vara jämförbar om anläggningarna är särskilt utformade för eftermontering av CCS {11.3.6}.

C. Systemomvandlingar för att begränsa den globala uppvärmningen

- C.1** De globala utsläppen av växthusgaser beräknas kulminera mellan 2020 och senast före 2025 i globala utvecklingsvägar i vilka uppvärmningen begränsas till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande och i utvecklingsvägar i vilka uppvärmningen begränsas till 2°C (>67%) genom omedelbara åtgärder.³⁷ I båda typerna av utvecklingsvägar minskar växthusgasutsläppen snabbt och kraftigt till 2030, 2040 och 2050 (*mycket troligt*). Utan en förstärkning av politiken utöver den som hade implementerats vid slutet av 2020 beräknas växthusgasutsläppen öka även efter 2025, vilket leder till en global uppvärmning på (median) 3,2 [2,2-3,5]°C fram till 2100^{38,39} (*troligt*). (tabell SPM.2, figur SPM.4, figur SPM.5) {3.3, 3.4}
- C.1.1** De globala nettoutsläppen av växthusgaser beräknas minska från 2019 års nivåer med 27 procent [13 till 45%] fram till 2030 och 63 procent [52 till 76%]⁴⁰ fram till 2050 i globala utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) och förutsatt omedelbara åtgärder (kategori C3a, tabell SPM.2). Detta kan jämföras med minskningar på 43 procent [34 till 60%] fram till 2030 och 84 procent [73 till 98%] fram till 2050 i de fall där uppvärmningen begränsas till 1,5°C (>50%) utan eller med begränsat överskridande (C1, tabell SPM.1) (*mycket troligt*).⁴¹ I utvecklingsvägar där uppvärmningen återgår till 1,5°C (>50%) efter ett kraftigt överskridande⁴² minskar utsläppen av växthusgaser med 23 procent [0 till 44%] till 2030 och med 75 procent [62 till 91%] till år 2050 (C2, tabell SPM.2) (*mycket troligt*). Utvecklingsvägar som är förenliga med de nationellt fastställda bidragen som tillkännagavs före COP26 fram till 2030 och som inte antar någon ambitionshöjning därefter har högre utsläpp, vilket leder till en median global uppvärmning på 2,8°C [2,1 till 3,4°C] till 2100 (*troligt*).²³ (figur SPM.4). {3.3}
- C.1.2** I modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) med omedelbara åtgärder minskar de globala nettoutsläppen av koldioxid jämfört med modellerade utsläpp för 2019 med 27 procent [11 till 46%] till år 2030 och med 52 procent [36 till 70%] till år 2040, och de globala utsläppen av metan minskar med 24 procent [9 till 53%] till år 2030 och med 37 procent [20 till 60%] till år 2040. I utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande minskar de globala nettoutsläppen av koldioxid jämfört med de modellerade utsläppen för 2019 med 48 procent [36 till 69%] till år 2030 och med 80 procent [61 till 109%] till år 2040, och de globala utsläppen av metan minskar med 34 procent [21 till 57%] till år 2030 och med 44 procent [31 till 63%] till år 2040. Det finns liknande minskningar av andra utsläpp än av koldioxid fram till 2050 i båda typerna av utvecklingsvägar: metan minskar med 45 procent [25 till 70%], lustgas minskar med 20 procent [-5 till 55%] och F-gaser med 85 procent [20 till 90%].⁴³ För de flesta utvecklingsvägar är detta den maximala tekniska potentialen för antropogena utsläppsminskningar av metan i de underliggande modellerna (*mycket troligt*). Ytterligare utsläppsminskningar, som illustreras av IMP-SP-utvecklingsvägen, kan uppnås genom förändringar i aktivitetsnivåer och/eller tekniska innovationer utöver dem som representeras i majoriteten av utvecklingsvägarna (*troligt*). Större utsläppsminskningar av metan skulle ytterligare kunna minska uppvärmningstoppen. (*mycket troligt*) (figur SPM.5) {3.3}
- C.1.3** I modellerade utvecklingsvägar som är förenliga med en fortsatt politik som genomförs vid slutet av 2020 fortsätter växthusgasutsläppen att öka, vilket leder till en global uppvärmning på 3,2 [2,2 till 3,5]°C år 2100 (inom C5-C7, tabell SPM.2) (*troligt*). Utvecklingsvägar som överskrider en uppvärmning på >4°C (≥50%) (C8, SSP5-8,5, tabell SPM.2) skulle innebära en omsvängning av den nuvarande tekniska utvecklingen och/eller trenderna i politiken för utsläppsminskning (*troligt*). En sådan uppvärmning skulle kunna inträffa i utvecklingsvägar som är förenliga med politik som genomförs vid slutet av 2020 om klimatkänsligheten är högre än de centrala uppskattningarna (*mycket troligt*). (tabell SPM.2, figur SPM.4) {3.3, ruta 3.3}

³⁷ Alla rapporterade uppvärmningsnivåer är relaterade till perioden 1850-1900. Om inget annat anges har "utvecklingsvägar" beräknats med en modell. Med omedelbara åtgärder avses antagandet av klimatpolitik mellan 2020 och senast 2025 som syftar till att begränsa den globala uppvärmningen till en viss nivå.

³⁸ Alla rapporterade uppvärmningsnivåer är relaterade till perioden 1850-1900. Om inget annat anges har "utvecklingsvägar" beräknats med en modell. Med omedelbara åtgärder avses antagandet av klimatpolitik mellan 2020 och senast 2025 som syftar till att begränsa den globala uppvärmningen till en viss nivå.

³⁹ Uppvärmningssuppskattningarna avser den 50:e och [5-95:e] percentilen för alla beräknade utvecklingsvägar och medianen för temperaturförändringen i de probabilistiska WGI-klimatmodellulatorerna^a.

⁴⁰ I denna rapport rapporteras utsläppsminskningar i förhållande till 2019 års modellerade utsläppsnivåer, medan utsläppsminskningar i SR1,5 beräknades i förhållande till 2010. Mellan 2010 och 2019 har de globala utsläppen av växthusgaser och koldioxid ökat med 12 procent (6,5 GtCO₂ekv) respektive 13 procent (5,0 GtCO₂). I de globala utvecklingsvägar som utvärderas i denna rapport och som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande beräknas växthusgasutsläppen minska med 37 procent [28-57%] till år 2030 jämfört med 2010. I samma typ av utvecklingsvägar som bedömdes i SR1,5 minskar 2030 års växthusgasutsläpp med 39-51 procent (kvartilavstånd) jämfört med 2010. I absoluta tal är 2030 års växthusgasutsläppsnivåer för utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande högre i AR6 (31 [21 till 36] GtCO₂ekv) än i SR1,5 (28 (kvartilavstånd 26-31) GtCO₂ekv). (figur SPM.1, tabell SPM.2) {3.3, SR1,5}

⁴¹ Scenarier i denna kategori begränsar den högsta uppvärmningen till 2°C under hela 2000-talet med nära eller mer än 90% sannolikhet.

⁴² Denna kategori innehåller 91 scenarier med omedelbara åtgärder och 42 scenarier som är förenliga med de nationellt fastställda bidragen fram till 2030.

⁴³ Siffrorna för CH₄, N₂O och F-gaser har avrundats till närmaste 5 procent, med undantag för siffror under 5 procent.

Sammanfattning för beslutsfattare

Tabell SPM.2 | Centrala egenskaper hos de modellerade globala utvecklingsvägarna. Sammanfattning av beräknade koldioxid- och växthusgasutsläpp, beräknade tidpunkter för nettoollutsläpp och de resulterande globala uppvärmingsnivåerna. Utvecklingsvägar kategoriseras (rader) enligt sannolikheten att de begränsar den maximala uppvärmningen till olika nivåer (om uppvärmningen när sin topp före 2100) och uppvärmningen vid 2100. De värden som visas är för medianen [p50] och 5-95:e percentilerna [p5-p95]. Det kan noteras att inte alla utvecklingsvägar leder till nettoollutsläpp av koldioxid eller växthusgaser.

Kategori ^h ^{c,d} [# utvecklings- väg]	p50 [p5–p95] ^a	Utsläpp av växthusgaser (GtCO ₂ ekv per år) ^g			Minskning i växthusgasutsläpp sedan 2019 (%) ^h			Utsläppsmålsöpar ⁱ				Kumulativa CO ₂ -utsläpp (GtCO ₂) ^m		Kumulativa nettonegativa CO ₂ -utsläpp (GtCO ₂) ⁿ	Global temperaturförändring 50% sannolikhet (°C) ^o		Sannolikhet för att uppvärmningstoppen understiger (%) ^p			
		2030	2040	2050	2030	2040	2050	CO ₂ - utsläppstopp (% före 2100)	GHG- utsläppstopp (% före 2100)	Nettonoll CO ₂ - utsläppstopp (% av alla nettonollut- släppsvägar)	Nettonoll växthusgaser (% av alla nettonollut- släppsvägar) ^{k,l}	2020 till nettonoll CO ₂	2020–2100		vid uppvärm- ningstopp	2100	<1,5°C	<2,0°C	<3,0°C	
De fem illustrativa scenarierna (SSP-x-yy) som beaktats av AR6 WGI och de illustrativa (utsläppsminsknings)utvecklingsvägarna som utvärderats av WGIII har nedan organiserats enligt uppvärmingsnivå. Globala utsläppsminskningsscenarioer inkorporerar information om olika regionala utvecklingar. Denna utvärdering fokuserar på globala karakteristika.	Modellerade globala utsläppsvägar kategoriserade per beräknade globala uppvärmingsnivåer (GWL). Detaljerade sannolikhetsdefinitioner finns i faktabla SPM.1	Beräknade årliga växthusgasutsläpp (median) vid angivet år för alla scenarier. 5-95e percentilen anges i hakparenteser. Modellerade växthusgasutsläpp vid 2019: 55 [53 till 58] GtCO ₂ ekv.			Beräknade årliga växthusgasutsläpp (median) vid angivet år för alla scenarier jämfört med modellerade 2019 års utsläpp. 5-95e percentilen anges i hakparenteser. Negativa siffror indikerar ökade utsläpp jämfört med 2019.			Median 5-års intervaller för när beräknade koldioxid- och växthusgasutsläpp i denna kategori når nettonoll. 5-95e percentilen anges i hakparenteser. Andelen nettonoll utvecklingsvägar i vilka utsläppen kulminerar anges i parenteser. Tre punkter (...) anger att nettonoll inträffar inte vid percentilen i fråga. 2100 eller senare gällande percentilen i fråga.				Median kumulativa netto CO ₂ -utsläpp för de beräknade scenarierna i denna kategori fram tills nettonoll inträffar eller till 2100. 5-95e percentilen anges i hakparenteser.	Median kumulativa nettonegativa CO ₂ -utsläpp mellan året för nettonoll CO ₂ och 2100. Större nettonegativa utsläpp leder till större temperatur- minskning efter uppvärmings- topp.	Beräknad temperaturförändring i utvecklingsvägarna i denna kategori (50% sannolikhet över osäkerhet relaterat till klimatprocesser) jämfört med 1850-1900, vid uppvärmningstopp och år 2100 (median över scenarierna). 5-95e percentilen anges i hakparenteser.	Medan sannolikhet för att de beräknade utvecklingsvägarna i kategorin håller sig under angiven uppvärmingsnivå. 5-95e percentilen anges i hakparenteser.					
	C1 [97]	uppvärmning begränsas till 1,5°C (>50%) utan eller med endast begränsat överskridande	SSP1-1.9, SP LD	31 [21–36]	17 [6–23]	9 [1–15]	43 [34–60]	69 [58–90]	84 [73–98]					510 [330–710]	320 [–210 to 570]	1,6 [1,4–1,6]	1,3 [1,1–1,5]	38 [33–58]	90 [86–97]	100 [99–100]
	C1a [50]	... med nettonoll växthusgaser		33 [22–37]	18 [6–24]	8 [0–15]	41 [31–59]	66 [58–89]	85 [72–100]	2020–2025 (100%) [2020–2025]				550 [340–760]	160 [–220 to 620]	1,6 [1,4–1,6]	1,2 [1,1–1,4]	38 [34–60]	90 [85–98]	100 [99–100]
	C1b [47]	... utan nettonoll växthusgaser	Ren	29 [21–36]	16 [7–21]	9 [4–13]	48 [35–61]	70 [62–87]	84 [76–93]					460 [320–590]	360 [10–540]	1,6 [1,5–1,6]	1,4 [1,3–1,5]	37 [33–56]	89 [87–96]	100 [99–100]
C2 [133]	uppvärmningen återgår till 1,5°C (>50%) efter högt överskridande	Neg	42 [31–55]	25 [17–34]	14 [5–21]	23 [0–44]	55 [40–71]	75 [62–91]	2020–2025 (100%) [2020–2030] [2020–2025]				720 [530–930]	400 [–90 to 620]	1,7 [1,5–1,8]	1,4 [1,2–1,5]	24 [15–42]	82 [71–93]	100 [99–100]	
C3 [311]	uppvärmningen begränsas till 2°C (>67%)		44 [32–55]	29 [20–36]	20 [13–26]	21 [1–42]	46 [34–63]	64 [53–77]	2020–2025 (100%) [2020–2030] [2020–2025]				890 [640–1160]	800 [510–1140]	1,7 [1,6–1,8]	1,6 [1,5–1,8]	20 [13–41]	76 [68–91]	99 [98–100]	
C3a [204]	... genom åtgärder från och med 2020	SSP1–2,6	40 [30–49]	29 [21–36]	20 [14–27]	27 [13–45]	47 [35–63]	63 [52–76]	2020–2025 (100%) [2020–2025]				860 [640–1180]	790 [480–1150]	1,7 [1,6–1,8]	1,6 [1,5–1,8]	21 [14–42]	78 [69–91]	100 [98–100]	

Tabell SPM.2 (fortsätter):

Kategori ^h # utvecklings- väg	p50 [p5–p95] ^a	Utsläpp av växthusgaser (GtCO ₂ ekv per år) ^g			Minskning i växthusgasutsläpp sedan 2019 (%) ^h			Utsläppsmålstalpar ⁱ				Kumulativa CO ₂ utsläpp (GtCO ₂) ^m		Global temperaturförändring 50% sannolikhet (°C) ⁿ	Sannolikhet för att uppvärmningstoppen understiger (%) ^r		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050	CO ₂ utsläppstopp (% före 2100)	GHG utsläppstopp (% före 2100)	Nettonoll CO ₂ (% av alla nettonollut- släppsvägar)	Nettonoll växthusgaser (% av alla nettonollut- släppsvägar)	2020 till nettonoll CO ₂	Från året för nettonoll CO ₂ till 2100		<1,5°C	<2,0°C	<3,0°C
Modelleerade globala utsläppsvägar kategoriserade per beräknade globala uppvärmingsnivåer (GWL). Detaljerade sannolikhetsdefinitioner finns i faktabuta SPM.1 De fem illustrativa scenarierna (SSPx-yy) som beaktats av AR6 GWI och de illustrativa (utsläppsminskning)utvecklingsvägarna som utvärderats av WGII har nedan organiserats enligt uppvärmingsnivå. Globala utsläppsminskningsscenarioer inkorporerar information om olika regionala utvecklingar. Denna utvärdering fokuserar på globala karaktäristika.	C3b [97]	... NDCer fram till 2030	GS	52 [47–56]	29 [20–36]	18 [10–25]	5 [0–14]	46 [34–63]	68 [56–82]	2065–2070 (97%) [2055–2090]	...–... (41%) [2075–...]	910 [720–1150]	800 [560–1050]	1,8 [1,6–1,8]	17 [12–35]	73 [67–87]	99 [98–99]
	C4 [159]	uppvärmningen begränsas till 2°C (>50%)		50 [41–56]	38 [28–44]	28 [19–35]	10 [0–27]	31 [20–50]	49 [35–65]	2080–2085 (86%) [2065–...]	...–... (31%) [2075–...]	1210 [970–1490]	1160 [700–1490]	1,9 [1,7–2,0]	11 [7–22]	59 [50–77]	98 [95–99]
	C5 [212]	uppvärmningen begränsas till 2,5°C (>50%)		52 [46–56]	45 [37–53]	39 [30–49]	6 [–1 to 18]	18 [4–33]	29 [11–48]	...–... (41%) [2080–...]	...–... (12%) [2090–...]	1780 [1260–2360]	1780 [1260–2360]	2,2 [1,9–2,5]	4 [0–10]	37 [18–59]	91 [83–98]
	C6 [97]	uppvärmningen begränsas till 3°C (>50%)	SSP2–4,5 ModAct	54 [50–62]	53 [48–61]	52 [45–57]	2 [–10 to 11]	3 [–14 to 14]	5 [–2 to 18]	2030–2035 (96%) [2020–2090]	2020–2025 (97%) [2020–2090]						
	C7 [164]	uppvärmningen begränsas till 4°C (>50%)	SSP3–7,0 CurPol	62 [53–69]	67 [56–76]	70 [58–83]	–11 [–18 to 3]	–19 [–31 to 1]	–24 [–41 to –2]	2085–2090 (57%) [2040–...]	2090–2095 (56%) [2040–...]	ingen nettonoll	ingen nettonoll	uppvärmningen kulminerar inte fram till 2100	0 [0–0]	8 [2–18]	71 [53–88]
	C8 [29]	uppvärmningen överstiger 4°C (≥50%)	SSP5–8,5	71 [69–81]	80 [78–96]	88 [82–112]	–20 [–34 to –17]	–35 [–65 to –29]	–46 [–92 to –36]	2080–2085 (90%) [2070–...]		5600 [4910–7450]	5600 [4910–7450]	4,2 [3,7–5,0]	0 [0–0]	0 [0–0]	4 [0–11]

Tabell SPM.2 (fortsättning):

^a Värdena i tabellen avser 50:e och [5-95:e] percentilvärdena för de utvecklingsvägar som faller inom en viss kategori enligt definitionen i faktaruta SPM.1. För utsläppsrelaterade kolumner avser dessa värden fördelningen av alla utvecklingsvägar i den kategorin. Harmoniserade utsläpptsvärden anges för konsistens med beräknade global uppvärmning med hjälp av klimatmodellemulatorer. På grundval av utvärderingen av klimatmodellemulatorer i AR6 WGI (kapitel 7, ruta 7.1) används två klimatmodellemulatorer för den probabilistiska utvärderingen av den resulterande uppvärmningen av utvecklingsvägarna. För kolumnerna "Temperaturförändring" och "Sannolikhet" representerar de enskilda värdena på den övre raden den 50:e percentilen för alla utvecklingsvägar i den kategorin och medianen [50:e percentilen] för den beräknade uppvärmningen i den probabilistiska MAGICC-klimatmodellemulatorn. För intervallerna inom parentes beräknas medianen av uppvärmningen för varje utvecklingsväg i den aktuella kategorin för var och en av de två klimatmodellemulatorerna (MAGICC och FaIR). Därefter beräknas de 5:e och 95:e percentilvärdena för alla utvecklingsvägar för varje emulator. Den minsta och största uppvärmningen (dvs. den lägsta p5 för två emulatorer respektive den högsta p95) visas inom hakparentes. Dessa intervall täcker därför både osäkerheten i utsläppen och klimatmodellemulatorernas osäkerhet.

^b Utvecklingsvägskategorierna beskrivs i faktaruta SPM.1.

^c Alla globala uppvärmningsnivåer är relativa till 1850-1900. (Se fotnot n nedan och faktaruta SPM.1⁴⁶ för mer information).

^d C3-utvecklingsvägarna är underkategoriserade enligt tidpunkten för politiska åtgärder för att matcha utvecklingsvägarna i figur SPM.4. Två utvecklingsvägar som härrör sig från en kostnads-nyttoanalys har lagts till i C3a, medan 10 utvecklingsvägar med särskilt utformade åtgärder på kort sikt fram till 2030, vars utsläpp understiger de utsläpp som följer av de nationellt fastställda bidragen som tillkännagivits före COP26, ingår inte i någon av de två undergrupperna.

^e Anpassning till kategorierna för de illustrativa SSP-scenarier som utvägdes i AR6 WGI och de illustrativa (utsläppsminskning)utvecklingsvägarna (IP:er/IMP:er) i WGIII. Dessa IP:er har gemensamma drag som djup och snabb utsläppsminskning, men också olika kombinationer av sektoriella strategier. Se faktaruta SPM.1 för en introduktion av IP:er och IMP:er och kapitel 3 för fullständiga beskrivningar. {3.2, 3.3, bilaga III.II.4}

^f I den vägledande utsläppsminskningssvägen "Neg" används i stor utsträckning koldioxidborttagning ("Carbon Dioxide Removal", CDR) inom sektorerna för AFOLU, energi och industri för att uppnå nettonegativa utsläpp. Uppvärmningen kulminerar runt 2060 och minskar till under 1,5°C (50% sannolikhet) strax efter 2100. Även om "Neg" tekniskt sett är klassificerad som C3, uppvisar den i hög grad de egenskaper som kännetecknar C2-utvecklingsvägar med högt överskridande, och därför har den placerats i C2-kategorin. Se faktaruta SPM.1 för en introduktion till IP:er och IMP:er.

^g 2019 års intervall för harmoniserade växthusgasutsläpp i alla utvecklingsvägar [53 till 58 GtCO₂ekv] ligger inom osäkerhetsintervallen för 2019 års utsläpp som utvärderats i kapitel 2 [53 till 66 GtCO₂ekv].⁴⁹ (figur SPM.1, figur SPM.2, faktaruta SPM.1)

^h De globala utsläppsminskningarna i de olika utvecklingsvägarna rapporteras för varje enskild utvecklingsväg i förhållande till harmoniserade modellerade globala utsläpp 2019, snarare än de globala utsläppen som rapporteras i SPM avsnitt B och kapitel 2. Detta säkerställer intern konsistens i antagandena om utsläpsskällor och aktiviteter, samt överensstämmelse med temperaturberäkningar som bygger på den fysikaliska klimatvetenskapliga utvärderingen av arbetsgrupp I. (bilaga III.II.2.5) Negativa värden (t ex i C7 och C8) står för en ökning av utsläppen.

ⁱ Milstolparna för utsläppen anges för femårsintervall för att vara konsistenta med de underliggande femåriga intervallerna i de modellerade utvecklingsvägarna. Utsläppstopp (koldioxid och växthusgaser) utvärderas för femåriga rapporteringsintervall med början 2020. Intervallet 2020-2025 innebär att de beräknade utsläppen når sin topp så snart som möjligt mellan 2020 och senast före 2025. Det övre femårsintervallet avser det medianintervall inom vilket utsläppen når sin topp eller når nettonoll. Intervallen inom hakparenteser nedanför avser intervallet för alla utvecklingsvägar, den nedre gränsen står för det 5:e percentilen i femårsintervallet och den övre för det 95:e percentilen. Siffror inom parenteser anger hur stor andel av utvecklingsvägarna som når specifika milstolpar.

^j De percentiler som anges för alla utvecklingsvägar i den aktuella kategorin omfattar de som inte når nettonoll före 2100 (andelen utvecklingsvägar som når nettonoll anges inom parenteser). Om andelen av de utvecklingsvägar som når nettonoll före 2100 är lägre än andelen som omfattas av en percentil (t ex 0,95 för den 95:e percentilen), definieras percentilen inte utan anges med "...". Andelen utvecklingsvägar som når nettonoll omfattar alla rapporterade icke-harmoniserade och/eller harmoniserade utsläppsbånar som når nettonoll. Utvecklingsvägar räknades när minst en av de två banorna sjönk under 100 miljoner ton koldioxid per år fram till 2100.

^k Tidpunkten för nettonoll diskuteras ytterligare i SPM C2.4 och i den kapitelöverskridande rutan 3 i kapitel 3 om nettonollutsläpp av koldioxid och nettonollutsläpp av växthusgaser.

^l I de fall där modellerna inte rapporterar alla växthusgaser fylls de saknade växthusgaserna i och aggregeras till en kyotokorg av växthusgasutsläpp i CO₂ekv definierade av den globala uppvärmningspotentialen för 100 år (GWP100). För varje utvecklingsväg var rapporteringen av koldioxid-, metan- och lustgasutsläpp det minimum som krävdes för att utvärdera klimatresponsen och tilldela en klimatkategori. Utvecklingsvägar utan klimatutvärdering ingår inte i de intervall som presenteras här. Se bilaga III.II.5.

^m Kumulativa utsläpp beräknas från början av 2020 till tidpunkten för nettonoll respektive 2100. De baseras på harmoniserade nettoutsläpp av koldioxid, vilket säkerställer överensstämmelse med WGI:s utvärdering av den återstående kolbudgeten.⁵⁰ {ruta 3.4}

ⁿ Global uppvärmning för kategorin (vid topp, om högsta uppvärmningen inträffar före 2100, och år 2100) i förhållande till 1850-1900, baserat på medianen av den globala uppvärmningen för varje utvecklingsväg som utvärderats med hjälp av de probabilistiska klimatmodellemulatorer som kalibrerats motsvarande AR6 WGI, se även rutan för SPM-scenarier.¹² (se även faktaruta SPM.1) {bilaga III.II.2.5, WGI kapitelöverskridande ruta 7.1}

^o Sannolikhet att hålla sig under uppvärmningsnivåerna för utvecklingsvägarna i respektive kategori, med hänsyn tagen till osäkerhetsintervallet från klimatmodellemulatorer som är förenliga med AR6 WGIs utvärdering. Sannolikheterna avser sannolikheten vid högsta uppvärmning. Observera att i fallet med temperaturöverskridande (t ex kategori C2 och vissa utvecklingsvägar i C1) är sannolikheten för att hålla sig under uppvärmningsgränserna i slutet av århundradet högre än sannolikheten vid tidpunkter för uppvärmningstopp.

- C.1.4** Globala modellerade utvecklingsvägar som faller in i den lägsta temperaturkategorin i den utvärderade litteraturen (C1, tabell SPM.2) är i genomsnitt förknippade med en högre median toppuppvärmning i AR6 jämfört med utvecklingsvägar i samma kategori i SR1,5. I de modellerade utvecklingsvägarna i AR6 har sannolikheten för att begränsa uppvärmningen till 1,5°C i genomsnitt minskat jämfört med SR1,5. Detta beror på att utsläppen av växthusgaser har ökat sedan 2017, och att många nya utvecklingsvägar har högre beräknade utsläpp fram till 2030, högre kumulativa nettoutsläpp av koldioxid, och något senare datum för att nå nettonollutsläpp av koldioxid eller nettonollutsläpp av växthusgaser. Stora utmaningar för utsläppsminskning, till exempel på grund av antaganden om långsam teknisk förändring, höga nivåer av global befolkningstillväxt och hög fragmentering som i den gemensamma socioekonomiska utvecklingsvägen SSP3, kan göra utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre ogenomförbara. (*troligt*) (tabell SPM.2, faktaruta SPM.1) {3.3, 3.8, bilaga III figur II.1, bilaga III figur II.3}

Faktaruta SPM.1 | Utvärdering av globala utsläppsscenarier

I denna rapport utvärderas ett stort antal modellerade globala utvecklingsvägar och utsläppsscenarier från litteraturen, inklusive utvecklingsvägar och scenarier med och utan utsläppsminskningssåtgärder.⁴⁴ I utvecklingsvägar och scenarier beräknas utvecklingen av växthusgasutsläpp utifrån en uppsättning internt konsekventa antaganden om framtida socioekonomiska förhållanden och tillhörande utsläppsminskningssåtgärder.⁴⁵ Det rör sig om kvantitativa beräkningar och är varken förutsägelser eller prognoser. Ungefär hälften av alla modellerade globala utsläppsscenarier utgår från kostnadseffektiva strategier som bygger på de minst kostsamma alternativen för att minska utsläppen globalt sett. I den andra hälften av scenarierna beaktas befintlig politik och regionalt och sektoriellt differentierade åtgärder. I de flesta scenarierna görs inga uttryckliga antaganden om global rättvisa, miljörättvisa eller inkomstfördelning inom regioner. Globala utvecklingsvägar, även de som bygger på kostnadseffektiva tillvägagångssätt, innehåller regionalt differentierade antaganden och utfall och bör utvärderas med ett noggrant hänsynstagande av dessa antaganden. Den här utvärderingen är inriktad på deras globala egenskaper. Majoriteten av de bedömda scenarierna (cirka 80%) har blivit tillgängliga sedan SR1,5, men några bedömdes redan i den rapporten. Scenarier med och utan utsläppsminskning kategoriserades utifrån deras beräknade globala uppvärmning under 2000-talet, enligt samma schema som i SR1,5 för uppvärmning upp till och med 2°C. {1.5, 3.2, 3.3, bilaga III.II.2, bilaga III.II.3}

Scenariokategorierna definieras utifrån sannolikheten för att de överskrider globala uppvärmningsnivåer (vid uppvärmningstopp och år 2100) och kallas i denna rapport enligt följande:^{46,47}

- Kategori C1 omfattar modellerade scenarier som begränsar uppvärmningen till 1,5°C år 2100 med en sannolikhet på mer än 50 procent och som når eller överskrider en uppvärmning på 1,5°C under 2000-talet med en sannolikhet på 67 procent eller mindre. I den här rapporten kallas dessa scenarier för scenarier som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med i inget eller begränsat överskridande. Begränsat överskridande innebär att den globala uppvärmningen på 1,5°C överskrider med upp till 0,1°C och i upp till flera decennier.⁴⁸
- Kategori C2 omfattar modellerade scenarier som begränsar uppvärmningen till 1,5°C år 2100 med en sannolikhet på mer än 50 procent och som överskrider en uppvärmning på 1,5°C under 2000-talet med en sannolikhet på mer än 67 procent. I den här rapporten kallas dessa scenarier också för scenarier som minskar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) efter ett kraftigt överskridande. Med högt överskridande avses att den globala uppvärmningen tillfälligt överskrider 1,5°C med 0,1-0,3°C under upp till flera decennier.
- Kategori C3 omfattar modellerade scenarier som begränsar den högsta uppvärmningen till 2°C under hela 2000-talet med en sannolikhet på mer än 67 procent. I den här rapporten kallas dessa scenarier för scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%).
- Kategorierna C4-C7 omfattar modellerade scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C, 2,5°C, 3°C respektive 4°C under 2000-talet med en sannolikhet på mer än 50 procent. I vissa scenarier i C4 och många scenarier i C5-C7 fortsätter uppvärmningen efter 2000-talet.

⁴⁴ I litteraturen används termerna "utvecklingsvägar" ("pathways") och "scenarier" omväxlande, och den förstnämnda termen används oftare i samband med klimatmål. Av denna anledning används i denna SPM oftast termen (utsläpp- och utsläppsminskningss-) utvecklingsvägar. {bilaga III.II.1.1}

⁴⁵ Viktiga antaganden gäller teknikutveckling inom jordbruk och energisystem och socioekonomisk utveckling, inklusive demografiska och ekonomiska projektioner. IPCC är neutral i fråga om de antaganden som ligger till grund för scenarierna i den litteratur som utvärderas i denna rapport, vilka inte täcker alla möjliga framtider. Ytterligare scenarier kan komma att utvecklas. De underliggande befolkningsantagandena sträcker sig från 8,5 till 9,7 miljarder 2050 och 7,4 till 10,9 miljarder 2100 (5-95:e percentilen) med utgångspunkt från 7,6 miljarder 2019. De underliggande antagandena om den globala BNP-tillväxten (ppp) varierar från 2,5-3,5 procent per år under perioden 2019-2050 och 1,3-2,1 procent per år under perioden 2050-2100 (5-95:e percentilen). Många underliggande antaganden är regionalt differentierade. {1.5, 3.2, 3.3, figur 3.9, bilaga III.II.1.4, bilaga III.II.3}

⁴⁶ De scenarier som presenteras här är förenliga med den observerade ökningen av den globala medeltemperaturen mellan 1850-1900 och 1995-2014 samt till 2011-2020 (med bästa uppskattningar på 0,85 respektive 1,09°C) som utvärderats i WGI. Den största bidragande faktorn till den historiska antropogena uppvärmningen är koldioxidutsläppen, som kumulativt mellan 1850 och 2019 uppgår till 2400 ± 240 miljarder ton koldioxid. {WGI SPM A.1.2, WGI tabell SPM.2, WGI tabell 5.1, WGIII SPM avsnitt B}

⁴⁷ Om ingen sannolikhet anges uttryckligt, är uppvärmningsnivåerna förknippade med en sannolikhet på >50%.

⁴⁸ Scenarier i denna kategori har visat sig ha en samtidig sannolikhet för att begränsa den högsta globala uppvärmningen till 2°C under hela 2000-talet på nära och över 90 procent.

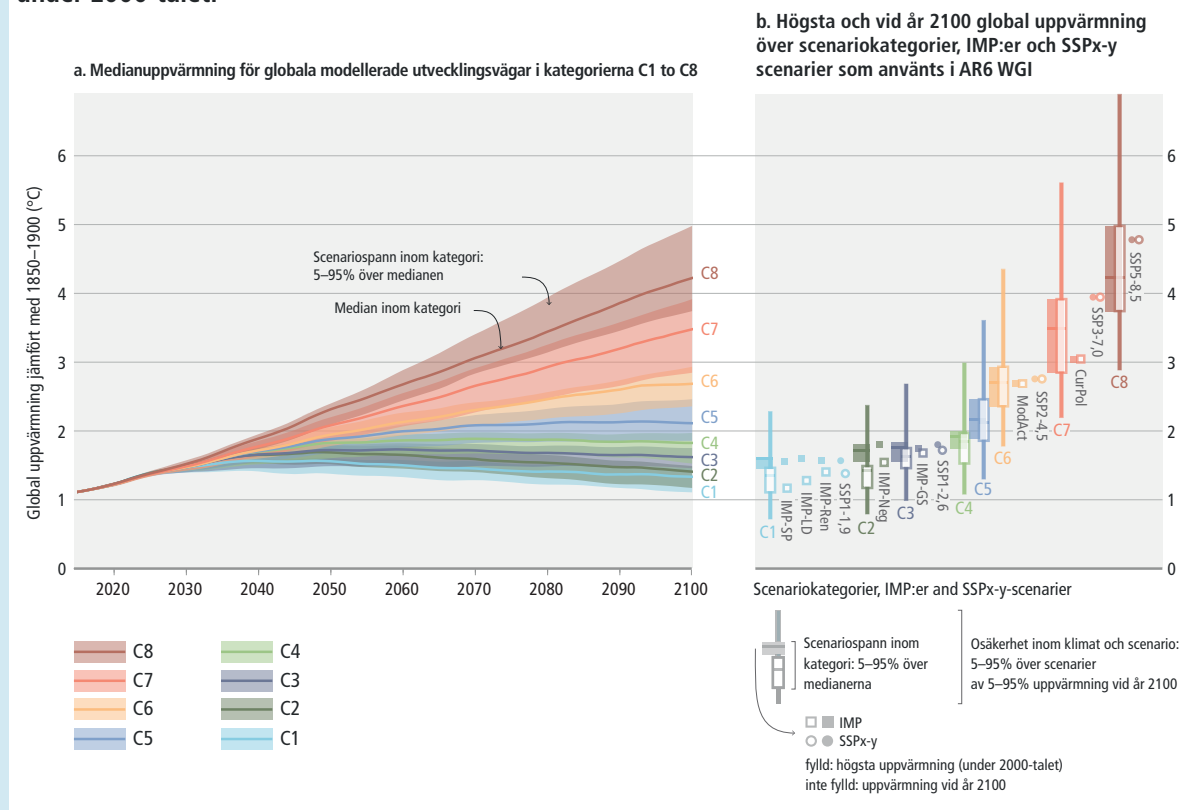
Faktaruta SPM.1 (fortsättning)

- Kategori C8 omfattar modellerade scenarier som överskrider en uppvärmning på 4°C under 2000-talet med en sannolikhet på 50 procent eller mer. I dessa scenarier fortsätter uppvärmningen att öka efter 2000-talet.

Kategorierna av modellerade scenarier är fristående och överlappar inte varandra. De innehåller inte kategorier som är förenliga med lägre nivåer av global uppvärmning, t ex omfattar kategorin C3-scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) inte C1- och C2-scenarier som begränsar eller minskar uppvärmningen till 1,5°C (>50%). När det är relevant hänvisas scenarier som tillhör gruppen av kategorierna C1-C3 i denna rapport till scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre.

Metoderna för att beräkna den globala uppvärmningen i samband med scenarierna uppdaterades för att säkerställa överensstämmelse med AR6 WGI:s utvärdering av den fysikaliska klimatforskningen.⁴⁹ {3.2, bilaga III.II.2.5, AR6 WGI kapitelöverskridande ruta 7.1}

Spannet av de utvärderade scenarierna leder till ett spann av beräknade globala uppvärmningsnivåer under 2000-talet.



Faktaruta SPM.1, figur 1 | Beräknad global uppvärmning för de modellerade scenarier som ingår i kategorierna C1-C8 och IMP:er (baserat på emulaturer som kalibrerats enligt WGI utvärderingen), samt fem illustrativa scenarier (SSPx-y) som utvärderats i AR6 WGI. Delfigur a visar p5-p95-intervallet för den beräknade medianuppvärmningen för globala modellerade utvecklingsvägar inom en kategori, med kategorins medianer (linje). **Delfigur b** visar den högsta och vid år 2100 emulerade temperaturen för kategorierna C1 till C8 och för IMP:er samt de fem illustrativa scenarierna (SSPx-y) som beaktats i AR6 WGI. Boxarna visar p5-p95-området inom varje scenariokategori som i delfigur a. Det kombinerade p5-p95-intervallet för alla scenarier och osäkerheten i klimatresponsen visas för varje kategori C1- C8 också för uppvärmningen år 2100 (tunna vertikala linjer). (tabell SPM.2) (figur 3.11; AR6 WGI figur SPM.8)

⁴⁹ Detta innebar förbättrade metoder för att använda klimatmodellemulaturer (MAGICC7 och FAIR v1.6), som utvärderades och kalibrerades till den globala uppvärmningen till följd av utsläpp enligt utvärderingen i AR6 WGI. Det innebar en harmonisering av de globala växthusgasutsläppen 2015 i modellerade scenarier (51-56 GtCO₂ekv; 5:e till 95:e percentilen) med motsvarande utsläpp som ligger till grund för CMIP6:s beräknade klimatrespons som utvärderats av arbetsgrupp I (54 GtCO₂ekv), baserat på liknande databaser för historiska utsläpp som uppdateras med tiden. Utvärderingen av tidigare utsläpp av växthusgaser i kapitel 2 i rapporten bygger på ett nyare data som ger utsläpp på 57 [±6,3] GtCO₂ekv år 2015 (B.1). Skillnaderna ligger väl inom det utvärderade osäkerhetsintervallet och beror främst på skillnader i de uppskattade CO₂-LULUCF-utsläppen, som har stora osäkerheter, varierar mellan åren och revideras över tiden. Den beräknade takten för global utsläppsminskning i relevanta scenarier rapporteras i förhållande till de modellerade globala utsläppen 2019 snarare än de globala utsläpp som rapporteras i kapitel 2. Detta säkerställer intern konsistens i antagandena om utsläppskällor och aktiviteter samt överensstämmelse med beräknad uppvärmning som bygger på den fysikaliska klimatvetenskapliga utvärderingen av arbetsgrupp I. (bilaga III.II.2.5)

Faktaruta SPM.1 (fortsättning)

Dessa uppdaterade metoder påverkar kategoriseringen av vissa scenarier. I genomsnitt för alla scenarier beräknas den globala maximala uppvärmningen vara lägre med upp till cirka $0,05[\pm 0,1]^{\circ}\text{C}$ än om samma scenarier utvärderades med metoderna i SR1,5, och den globala uppvärmningen år 2100 lägre med cirka $0,1[\pm 0,1]^{\circ}\text{C}$. {bilaga III.II.2.5.1, bilaga III, figur II.3}

De förändringar som uppstår i karakteristika av utsläppen för de scenariokategorier som beskrivs i tabell SPM.2 samverkar med förändringar i egenskaperna hos det bredare spektrumet av utsläppsscenarioer som publicerats sedan SR1,5. Proportionellt sett är fler scenarier som utvärderas i AR6 utformade för att begränsa temperaturöverskridanden och fler scenarier begränsar storskaliga negativa nettoutsläpp av koldioxid än i SR1,5. Som ett resultat når AR6-scenarier i kategorin med lägst uppvärmningsnivå (C1) i allmänhet nettoutsläpp av växthusgaser senare under 2000-talet än scenarier i samma kategori som utvärderades i SR1,5, och ungefär hälften når inte nettoutsläpp av växthusgaser år 2100. Minskningstakten för växthusgasutsläppen på kort sikt fram till 2030 i scenarier i kategori C1 är mycket lik den utvärderade takten i SR1,5, men de absoluta växthusgasutsläppen i scenarier i kategori C1 i AR6 är något högre 2030 än i SR1,5, eftersom minskningarna börjar från en högre utsläppsnivå 2020. (tabell SPM.2) {bilaga III 2.5, 3.2, 3.3}

Det stora antalet utvärderade globala utsläppsscenarioer, inklusive 1202 scenarier som följs av globala uppvärmningsutfall som beräknats med hjälp av klimatmodellemulatorer, bygger på ett brett spektrum av metoder. De omfattar de fem illustrativa scenarierna ("Shared Socioeconomic Pathways", SSP) som utvärderades av arbetsgrupp I med avseende på klimatutfall, men spänner över en större och mer varierad uppsättning när det gäller antaganden och utfall. För den här utvärderingen valdes illustrativa utsläppsminsknings/utvecklingsvägar ("Illustrative Mitigation Pathways", IMP) ut från denna större uppsättning för att illustrera en rad olika utsläppsminskningsstrategier som skulle vara förenliga med olika uppvärmningsnivåer. Dessa IMP:er illustrerar utvecklingsvägar som ger stora och snabba utsläppsminskningar genom olika kombinationer av utsläppsminskningsstrategier. De är inte avsedda att vara heltäckande och tar inte upp alla möjliga teman i den underliggande rapporten. De skiljer sig åt när det gäller fokus, t ex genom att lägga större vikt vid förnybar energi (IMP-Ren), användning av koldioxidavskiljning som resulterar i netto negativa globala växthusgasutsläpp (IMP-Neg) och effektiv resursanvändning samt förändringar i konsumtionsmönster globalt, vilket leder till en låg efterfrågan på resurser, samtidigt som en hög servicenivå och tillfredsställer grundläggande behov säkerställs (IMP-LD) (figur SPM.5). Andra IMP:er illustrerar konsekvenserna av ett mindre snabbt införande av utsläppsminskningsåtgärder följt av en efterföljande gradvis förstärkning (IMP-GS), och hur en förflyttning av globala utvecklingsvägar mot hållbar utveckling, bland annat genom att minska ojämlikheten, kan leda till utsläppsminskning (IMP-SP). Hur IMP:er leder till olika klimatmål framgår från tabell SPM.2 och figur 1 i faktaruta SPM.1. {1.5, 3.1, 3.2, 3.3, 3.6, figur 3.7, figur 3.8, ruta 3.4, bilaga III.II.2.4}

- C.2** Globala nettoutsläpp av koldioxid uppnås i början av 2050-talet i modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till $1,5^{\circ}\text{C}$ (>50%) utan eller med begränsat överskridande, och i början av 2070-talet i modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%). Många av dessa utvecklingsvägar fortsätter till netto negativa utsläpp av koldioxid efter tiden för nettonoll. De omfattar också kraftiga minskningar av andra växthusgasutsläpp. Nivån på den maximala uppvärmningen beror på de kumulativa koldioxidutsläppen fram till tidpunkten för nettoutsläpp av koldioxid och hur andra klimatutsläpp utvecklas fram till tidpunkten för uppvärmningstoppen. En kraftig minskning av växthusgasutsläppen fram till 2030 och 2040, särskilt av metanutsläppen, minskar både uppvärmningsnivån vid uppvärmningstoppen och sannolikheten för att temperaturmålen överskrids, vilket leder till ett mindre beroende av netto negativa utsläpp av koldioxid för att vända uppvärmningen under senare hälften av århundradet. Att nå och upprätthålla globala nettoutsläpp av växthusgaser resulterar i en gradvis minskning av uppvärmningen. (*mycket troligt*) (tabell SPM.2) {3.3, 3.5, ruta 3.4, kapitelöverskridande ruta 3 i kapitel 3, AR6 WGI SPM D1.8}
- C.2.1** Modellerade globala utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till $1,5^{\circ}\text{C}$ (>50%) med inget eller begränsat överskridande är förknippade med beräknade kumulativa nettoutsläpp av koldioxid⁵⁰ på 510 [330 till 710] miljarder ton koldioxid fram till tidpunkten för nettonoll koldioxid. Utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) är förknippade med 890 [640 till 1160] miljarder ton koldioxid (tabell SPM.2). (*mycket troligt*) {3.3, ruta 3.4}
- C.2.2** Modellerade globala utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till $1,5^{\circ}\text{C}$ (>50%) utan eller med begränsat överskridande innebär snabbare och djupare minskningar av växthusgasutsläppen på kort sikt fram till 2030, och beräknas ha mindre negativa

⁵⁰ De kumulativa nettoutsläppen av koldioxid från början av år 2020 fram till tidpunkten för nettonoll är i de utvärderade utvecklingsvägarna förenliga med de återstående koldioxidbudgetar som utvärderats av arbetsgrupp I, med beaktande av intervallerna i arbetsgrupp III:s temperaturkategorier och uppvärmning från andra gaser än koldioxid. {ruta 3.4}

nettoutsläpp av koldioxid och mindre koldioxidborttagning (CDR) på längre sikt än utvecklingsvägar som minskar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) efter ett kraftigt överskridande (kategori C2). Modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) har i genomsnitt lägre negativa nettoutsläpp av koldioxid jämfört med utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med begränsat överskridande och utvecklingsvägar som minskar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) efter ett kraftigt överskridande (C1- respektive C2-kategori). Modellerade utvecklingsvägar som minskar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) efter ett högt överskridande (kategori C2) visar på minskningar av växthusgasutsläppen på kort sikt som i utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) (kategori C3). För en given toppnivå för global uppvärmning är större och snabbare minskningar av växthusgasutsläppen på kort sikt förknippade med senare datum för nettonollutsläpp av koldioxid. (*mycket troligt*) (tabell SPM.2) {3.3, tabell 3.5, kapitelöverskridande ruta 3 i kapitel 3, bilaga I: ordlista}

C.2.3 Framtida icke-CO₂-relaterad uppvärmning beror på minskningar av utsläpp av andra växthusgaser än koldioxid, aerosoler och deras prekursorer samt ozonbildande ämnen. I modellerade globala utvecklingsvägar med låga utsläpp leder den beräknade minskningen av kylande och värmande aerosolutsläpp över tiden till en nettouppvärmningseffekt på kort till medellång sikt. I dessa utsläppsutvecklingsvägar beror den beräknade minskningen av kylande aerosoler främst på minskad förbränning av fossila bränslen som inte är utrustad med effektiva luftföreningskontroller. Utsläpp av andra växthusgaser än koldioxid vid tidpunkten för nettonoll koldioxidutsläpp beräknas vara av liknande storlek i modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre. Dessa utsläpp av andra växthusgaser än koldioxid är cirka 8 [5-11] miljarder ton koldioxidekvivalenter per år, med den största delen från metan (60% [55 till 80%]), följt av lustgas (30% [20 till 35%]) och F-gaser (3% [2 till 20%]).⁵¹ På grund av metanets korta livslängd i atmosfären minskar den beräknade kraftiga minskningen av metanutsläppen fram till tidpunkten för nettonoll koldioxidutsläpp effektivt den maximala globala uppvärmningen i modellerade utsläppsminskningssvägar. (*mycket troligt*) {3.3; AR6 WGI SPM D1.7}

C.2.4 Vid tidpunkten för globala nettonollutsläpp av växthusgaser, balanserar nettonegativa koldioxidutsläpp utsläpp av andra växthusgaser. Typiska utvecklingsvägar som uppnår och upprätthåller globala nettonollutsläpp av växthusgaser baserat på den globala uppvärmningspotentialen för 100 år (GWP100)⁷ beräknas leda till en gradvis minskning av den globala uppvärmningen. Ungefär hälften av de utvärderade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med begränsat överskridande (kategori C1) når nettonollutsläpp av växthusgaser under andra hälften av 2000-talet. Dessa utvecklingsvägar visar en större minskning av den globala uppvärmningen efter toppen till 1,2 [1,1 till 1,4]°C år 2100 än modellerade utvecklingsvägar i samma kategori som inte når nettonollutsläpp av växthusgaser före 2100 och som resulterar i en uppvärmning på 1,4 [1,3 till 1,5]°C år 2100. När det gäller modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) (kategori C3) finns det ingen signifikant skillnad i uppvärmning fram till 2100 mellan de utvecklingsvägar som når nettonollutsläpp av växthusgaser (cirka 30%) och de som inte gör det (*mycket troligt*). I de utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre och som når nettonoll växthusgasutsläpp, inträffar nettonoll växthusgasutsläpp cirka 10-40 år senare än nettonoll koldioxidutsläpp (*troligt*). {kapitelöverskridande ruta 2 i kapitel 2, 3.3, kapitelöverskridande ruta 3 i kapitel 3; AR6 WGI SPM D1.8}

C.3 **Alla modellerade globala utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med begränsat överskridande, och de som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%), innebär snabba, kraftiga och i de flesta fall omedelbara utsläppsminskningar av växthusgaser inom alla sektorer. Modellerade strategier för att uppnå dessa minskningar omfattar övergång från fossila bränslen utan CCS till mycket låg eller noll-kol energi, t ex förnybar energi eller fossila bränslen med CCS, åtgärder på efterfrågesidan och effektivisering, minskning av andra växthusgasutsläpp samt användning av antropogen koldioxidborttagning ("Carbon Dioxide Removal", CDR) för att kompensera för kvarvarande växthusgasutsläpp. Illustrativa utsläppsminskings/utvecklingsvägar (IMP:er) beskriver olika kombinationer av sektoriella utsläppsminskningstrategier som är förenliga med en viss uppvärmningsnivå. (*mycket troligt*) (figur SPM.5) {3.2, 3.3, 3.4, 6.4, 6.6}**

C.3.1 Det finns en variation i bidragen från olika sektorer i de modellerade utsläppsminskningssvägarna, vilket illustreras av IMP:er. De modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre har ändå gemensamma egenskaper, bland annat snabba och djupgående minskningar av växthusgasutsläppen. Att åstadkomma mindre i en sektor måste kompenseras av ytterligare minskningar i andra sektorer, om uppvärmningen ska kunna begränsas. (*mycket troligt*) (figur SPM.5) {3.2, 3.3, 3.4}

C.3.2 I modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande, beräknas den globala användningen av kol, olja och gas år 2050 minska (medianvärden) på cirka 95 procent, 60 procent respektive 45 procent jämfört med 2019. Kvartilavstånden är (80 till 100%), (40 till 75%) och (20 till 60%), och p5-p95-intervallerna är [60 till 100%], [25 till 90%] och [-30 till 85%]. I modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) har dessa beräknade

⁵¹ Alla siffror här är avrundade till närmaste 5 procent, utom värden under 5 procent (för F-gaser).

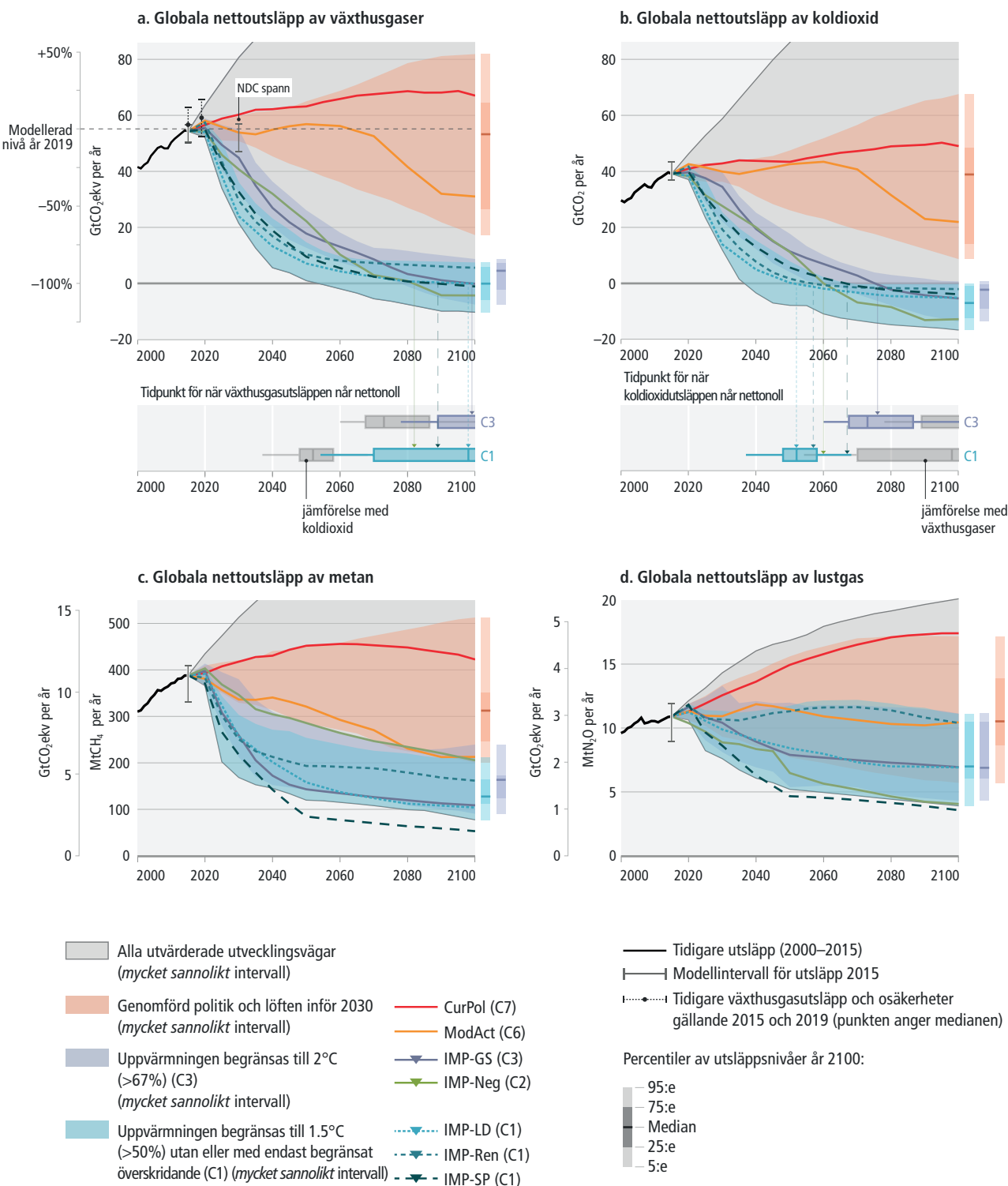
minskningar ett medianvärde och ett kvartilavstånd på 85 procent (65 till 95%), 30 procent (15 till 50%) respektive 15 procent (-10 till 40%) vid 2050. Användningen av kol, olja och gas utan CCS i modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande beräknas minska i större utsträckning, med medianvärden på cirka 100 procent, 60 procent och 70 procent 2050 jämfört med 2019. Kvartilavstånden är (95 till 100%), (45 till 75%) och (60 till 80%), och p5-p95-intervallerna cirka [85 till 100%], [25 till 90%] och [35 till 90%] för kol, olja och gas. I dessa globala modellerade utvecklingsvägar levereras 2050 nästan all el från noll-kol eller låg-kol energikällor, t ex förnybar energi eller fossila bränslen med CCS, i kombination med en ökad elektrifiering av efterfrågan på energi. Som framgår av intervallerna kan olika kombinationer av sektorsvisutveckling vara förenliga med de bedömda uppvärmningsnivåerna.⁵² (*mycket troligt*) {3.4, 3.5, tabell 3.6, figur 3.22, figur 6.35}

- C.3.3** I modellerade utvecklingsvägar som leder till globala nettonollutsläpp av koldioxid kompenseras 5-16 miljarder ton koldioxidutsläpp från vissa sektorer av nettonegativa koldioxidutsläpp i andra sektorer vid tiden för nettonoll. I de flesta globala modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre når AFOLU-sektorn, via återbeskogning och minskad avskogning, och energisektorn nettonollutsläpp av koldioxid tidigare än bygg-, industri- och transportsektorerna. (*mycket troligt*) (figur SPM.5, delfiguren e och f) {3.4}
- C.3.4** I modellerade utvecklingsvägar som når globala nettonollutsläpp av växthusgaser, uppnås vid tidpunkten för nettonoll cirka 74 procent [54 till 90%] av globala utsläppsminskningar genom utsläppsminskningar av koldioxid inom energiförsörjning och efterfrågan, 13 procent [4 till 20%] genom inom AFOLU-sektorn och 13 procent [10 till 18%] genom minskning av andra växthusgasutsläpp från markanvändning, energi och industri (*troligt*). (figur SPM.5f) {3.3, 3.4}
- C.3.5** Metoderna och nivåerna för CDR-användning i modellerade globala utsläppsminskningssvägar varierar beroende på antaganden om kostnader, tillgänglighet och begränsningar.⁵³ I modellerade utvecklingsvägar som inkluderar CDR och som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande uppgår den globala kumulativa CDR mellan 2020 och 2100 från bioenergi med avskiljning och lagring av koldioxid (BECCS) och direkt infångning från luften och lagring av koldioxid (DACCS) 30-780 respektive 0-310 miljarder ton koldioxid. I dessa modellerade utvecklingsvägar bidrar AFOLU-sektorn med 20-400 miljarder ton koldioxid netto negativa utsläpp. De totala kumulativa netto negativa utsläppen av koldioxid inklusive CDR-användning i alla alternativ som ingår i dessa modellerade utvecklingsvägar är 20-660 miljarder ton koldioxid. I modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) uppgår den globala kumulativa CDR under 2020-2100 från BECCS och DACCS till 170-650 respektive 0-250 miljarder ton koldioxid, och AFOLU-sektorn bidrar med 10-250 miljarder ton koldioxid netto negativa utsläpp och de totala kumulativa netto negativa utsläppen av koldioxid är cirka 40 [0-290] miljarder ton koldioxid. (tabell SPM.2) (*mycket troligt*) {tabell 3.2, 3.3, 3.4}
- C.3.6** Alla utsläppsminskningstrategier står inför utmaningar relaterat till genomförande, inklusive tekniska risker, uppskalning och kostnad. Många utmaningar, t ex beroendet av CDR, trycket på mark och biologisk mångfald (t ex bioenergi) och beroendet av teknik med höga initiala investeringar (t ex kärnkraft), reduceras avsevärt i modellerade utvecklingsvägar som utgår från effektivare resursanvändning (t ex IMP-LD) eller en omställning av den globala utvecklingen mot hållbarhet (t ex IMP-SP). (*mycket troligt*) (figur SPM 5) {3.2, 3.4, 3.7, 3.8, 4.3, 5.1}

⁵² De flesta men inte alla modeller inkluderar användningen av fossila bränslen som råmaterial med varierande underliggande standarder.

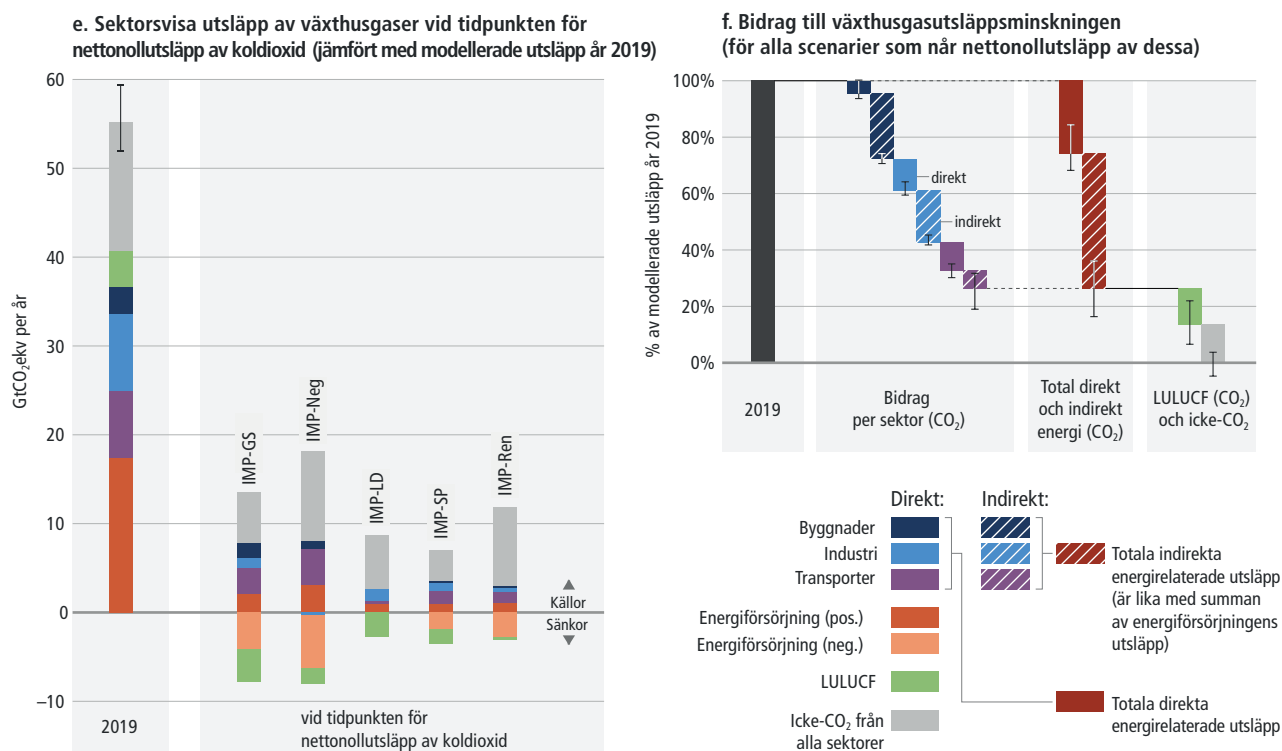
⁵³ De sammanlagda nivåerna av CDR-användning är högre än de totala netto negativa utsläppen av koldioxid, eftersom en del av CDR-användningen används för att motverka återstående bruttoutsäpp. De totala netto negativa koldioxidutsläppen i de modellerade utvecklingsvägarna motsvarar inte nödvändigtvis de sammanlagda netto negativa koldioxidutsläppen som tillskrivs enskilda CDR-metoder. Intervallen avser den 5-95:e percentilen i alla modellerade utvecklingsvägar som inkluderar den specifika CDR-metoden. De kumulativa nivåerna av CDR från AFOLU kan inte kvantifieras exakt eftersom a) vissa utvecklingsvägar bedömer CDR-användningen i förhållande till en referensnivå och b) olika modeller använder olika metoder som i vissa fall kombinerar bruttoutsäpp och upptag för AFOLU. Den totala CDR från AFOLU är lika med eller överstiger de netto negativa utsläpp som nämns.

Modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C resp 2°C innebär djupgående, snabba och kontinuerliga utsläppsminskningar.



Figur SPM.5 | Illustrativa utsläppsminskings/utvecklingsvägar (IMP) och strategier för nettonollutsläpp av koldioxid och växthusgaser.

Nettonollutsläpp av koldioxid och växthusgaser är möjliga genom olika utsläppsminskings/utvecklingsvägar.



Figur SPM.5 (fortsättning): Illustrativa utsläppsminskings/utvecklingsvägar (IMP) och strategier för nettonollutsläpp av koldioxid och växthusgaser. Delfigurerna a och b visar utvecklingen av de globala växthusgas- och koldioxidutsläppen i modellerade globala utvecklingsvägar (övre delpaneler) och motsvarande tidpunkten för när utsläppen når nettonoll (nedre delpaneler). Delfigurerna c och d visar utvecklingen av de globala metan- och lustgasutsläppen. De färgade områdena anger den 5:e till 95:e percentilen för alla utvecklingsvägar. De röda områdena motsvarar utvecklingsvägar som utgår från den politik som implementerats fram till slutet av 2020 och utvecklingsvägar som utgår från ett genomförande av NDC:er (som tillkännagavs före COP26). Intervallerna för modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande visas i ljusblått (kategori C1) och utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) visas i ljuslila (kategori C3). Det grå intervallet omfattar alla utvärderade utvecklingsvägar (C1-C8) från den 5:e percentilen av den lägsta uppvärmningskategorin (C1) till den 95:e percentilen av den högsta uppvärmningskategorin (C8). De modellerade spannen jämförs med utsläppen från två utvecklingsvägar med höga utsläpp (CurPol och ModAct) och fem illustrativa utsläppsminskings/utvecklingsvägar (IMP): IMP-LD, IMP-Ren, IMP-SP, IMP-Neg, IMP-GS. Utsläppen har harmoniserats till samma basår, 2015. De vertikala osäkerhetsintervallerna för 2015 visar 5-95:e percentilen av osäkerhetsintervallet för de icke-harmoniserade utsläppen i alla utvecklingsvägar, samt osäkerhetsintervallet och medianvärdet för uppskattade utsläpp för 2015 och 2019. De vertikala osäkerhetsintervallerna för 2030 (delfigur a) visar det utvärderade intervallet för de nationellt fastställda bidragen som tillkännagavs före COP26 (se figur SPM.4).²³

Delfigur e visar de sektorsvisa bidragen från källor och sänkor för koldioxidutsläpp och andra utsläpp vid den tidpunkt då nettonollutsläpp av koldioxid uppnås i IMP:er. Positiva och negativa utsläpp för olika IMP:er jämförs med växthusgasutsläppen från år 2019. Energiförsörjning (neg.) inkluderar BECCS och DACCS. DACCS förekommer endast i två av de fem IMP:erna (IMP-REN, IMP-GS) och bidrar med <1 procent respektive 64 procent till de netto negativa utsläppen i energiförsörjning (neg.). **Delfigur f** visar de olika sektorernas och källornas bidrag till utsläppsminskningarna jämfört med 2019 för att nå nettonollutsläpp av växthusgaser. Staplarna anger medianen av utsläppsminskningarna för alla utvecklingsvägar som når nettonollutsläpp av växthusgaser. Vertikala linjer anger intervallet p5-p95. Bidragen från tjänstesektorerna (transport, byggnader, industri) delas upp i direkta och indirekta minskningar av koldioxidutsläpp. Direkta utsläpp motsvarar utsläpp på efterfrågesidan på grund av bränsleförbrukningen i respektive efterfrågesektor. Indirekta utsläpp är uppströms utsläpp i industriella processer och energiomvandling, -överföring och -distribution. Dessutom visas bidragen från LULUCF-sektorn och minskningar från källor för andra växthusgasutsläpp än koldioxid (gröna och grå staplar). {3.3, 3.4}

C.4 För att minska växthusgasutsläppen i hela energisektorn krävs stora omställningar, bland annat en betydande minskning av den totala användningen av fossila bränslen, användning av energi med låga utsläpp, övergång till alternativa energibärare samt energieffektivitet och energibesparing. Fortsatt installation av infrastruktur för fossila bränslen utan hantering av utsläppen⁵⁴ kommer att "låsa in" växthusgasutsläpp. (mycket troligt) {2.7, 6.6, 6.7, 16.4}

C.4.1 Energisystem med nettonoll koldioxid innebär: en betydande minskning av den totala användningen av fossila bränslen, minimal användning av fossila bränslen utan hantering av utsläppen, och användning av CCS i det kvarvarande fossila systemet;⁵⁴ elsystem utan netto koldioxidutsläpp; omfattande elektrifiering av energisystemet, inklusive slutanvändning; energibärare som hållbara biobränslen, vätgas med låga utsläpp och derivat i tillämpningar som är mindre lämpade för elektrifiering; energibesparing och energieffektivitet; och större fysisk, institutionell och operativ integration i hela energisystemet. CDR kommer att behövas för att balansera kvarvarande utsläpp inom energisektorn. De lämpligaste strategierna beror på nationella och regionala omständigheter, inklusive möjliggörande förutsättningar och tillgänglighet av teknik. (mycket troligt) {3.4, 6.6, 11.3, 16.4}

C.4.2 Enhetskostnadsminskningar inom nyckeltekniker, särskilt vindkraft, solenergi och energilagring, har ökat den ekonomiska attraktionskraften hos låg-utsläppsövergångar inom energisektorn fram till 2030. Att behålla utsläppsintensiva system kan i vissa regioner och sektorer vara dyrare än att övergå till system med låga utsläpp. Övergången till en energisektor med låga utsläpp kommer att leda till flera samverkande nyttor, bland annat bättre luftkvalitet och hälsa. De långsiktiga ekonomiska fördelarna med utsläppsminskningssåtgärder inom energisektorn beror bland annat på utformning och genomförande av politiken, tillgänglighet av tekniken och dess prestanda, institutionell kapacitet, rättvisa, tillgång till finansiering samt offentligt och politiskt stöd. (mycket troligt) (figur SPM.3) {3.4, 6.4, 6.6, 6.7, 13.7}

C.4.3 Elsystem som huvudsakligen drivs av förnybar energi blir alltmer genomförbara. I vissa länder och regioner drivs elnätet redan till övervägande del av förnybar energi. Att försörja hela energisystem med förnybar energi är en större utmaning. Även om det fortfarande finns operativa, tekniska, ekonomiska, regleringsmässiga och sociala utmaningar, har en rad olika systemlösningar vuxit fram för att tillgodose stora andelar förnybar energi i energisystemet. En bred portfölj av alternativ kommer i slutändan att behövas för att stora andelar förnybar energi kan inkorporeras i energisystemen, t ex integrering av system, koppling av sektorer, energilagring, smarta nät, styrning av efterfrågan, hållbara biobränslen, elektrolytisk vätgas, derivat och andra. (mycket troligt) {ruta 6.8, 6.4, 6.6}

C.4.4 Att begränsa den globala uppvärmningen till 2°C eller lägre kommer att lämna en betydande mängd fossila bränslen oanvända och kan leda till att betydande mängd infrastruktur för fossila bränslen blir strandade tillgångar (mycket troligt). Beroende på tillgängligheten av CCS kan den göra det möjligt att använda fossila bränslen längre, vilket minskar strandade tillgångar (mycket troligt). Det kombinerade globala diskonterade värdet av oanvända fossila bränslen och strandad infrastruktur för fossila bränslen har beräknats till cirka 1-4 biljoner US-dollar från 2015 till 2050 i samband med att begränsa den globala uppvärmningen till cirka 2°C, summan kommer att vara högre om den globala uppvärmningen ska begränsas till cirka 1,5°C (troligt). I detta sammanhang beräknas koltillgångarna löpa risk att bli strandade före 2030, medan olje- och gastillgångarna beräknas löpa större risk att bli strandade mot mitten av århundradet. En övergång till en energisektor med låga utsläpp beräknas minska den internationella handeln med fossila bränslen. (mycket troligt) {6.7, figur 6.35}

C.4.5 Globala metanutsläpp från energiförsörjning, främst flyktiga utsläpp från produktion och transport av fossila bränslen, stod för cirka 18 procent [13 till 23%] av de globala växthusgasutsläppen från energiförsörjning, 32 procent [22 till 42%] av de globala metanutsläppen och 6 procent [4 till 8%] av de globala växthusgasutsläppen 2019 (mycket troligt). Omkring 50-80 procent av metanutsläppen från dessa fossila bränslen skulle kunna undvikas med hjälp av idag tillgänglig teknik till en kostnad av mindre än 50 USD per ton koldioxidekvivalenter (troligt). {6.3, 6.4, ruta 6.5, 11.3, 2.2, tabell 2.1, figur 2.5, bilaga I: ordlista}

C.4.6 CCS är ett alternativ för att minska utsläppen från storskaliga fossilbaserade energi- och industrikällor, förutsatt att geologisk lagring är tillgänglig. När koldioxid avskiljs direkt från atmosfären (DACCS) eller från biomassa (BECCS) utgör CCS lagringsdelen av dessa CDR-metoder. Avskiljning av koldioxid och injektion under markytan är en mogen teknik för naturgasbearbetning och ökad oljeutvinning. CCS är mindre mogen inom energisektorn samt inom cement- och kemiindustri, där det är ett viktigt alternativ för utsläppsminskning. Den tekniska geologiska lagringskapaciteten för koldioxid uppskattas vara i storleksordningen 1000 miljarder ton koldioxid, vilket är mer än vad som krävs fram till 2100 i utvecklingsvägar som kan begränsa den globala uppvärmningen till 1,5°C. Den regionala tillgången till geologisk lagring kan dock vara en begränsande faktor. Om den geologiska lagringsplatsen väljs ut och förvaltas på lämpligt sätt beräknas koldioxiden kunna lagras permanent. Genomförandet av CCS står för närvarande inför tekniska, ekonomiska, institutionella, ekologiska och miljömässiga samt sociokulturella hinder. För närvarande är den globala utbyggnaden av CCS långt under den nivå som gäller för modellerade utvecklingsvägar i vilka den globala uppvärmningen begränsas till 1,5°C eller 2°C. Dessa hinder skulle kunna minskas genom möjliggörande förutsättningar, t ex genom styrmedel, större offentligt stöd och teknisk innovation. (mycket troligt) {2.5, 6.3, 6.4, 6.7, 11.3, 11.4, kapitelöverskridande ruta 8 i kapitel 12, figur TS.31; SRCCS kapitel 5}

⁵⁴ I detta sammanhang avser "användning av fossila bränslen utan hantering av utsläppen" ("unabated fossil fuels") fossila bränslen som produceras och används utan åtgärder som väsentligt minskar mängden växthusgaser som släpps ut under hela livscykeln; t ex genom att fånga upp 90 procent eller mer av koldioxidutsläppen från kraftverk eller 50-80 procent av de flyktiga metanutsläppen från energiförsörjningen. {ruta 6.5, 11.3}

- C.5** Att uppnå nettonollutsläpp av koldioxid i industrisektorn är en utmaning, men möjligt. Att minska industrins utsläpp förutsätter samordnade åtgärder genom hela värdekedjor för att främja alla alternativ för att minska utsläppen, inklusive efterfrågestyrning, energi- och materialeffektivitet, cirkulära materialflöden, samt teknik för att minska utsläppen vid användning av fossila bränslen och omställning av produktionsprocesser. Framsteg mot nettonollutsläpp av växthusgaser i industrin möjliggörs genom införandet av nya produktionsprocesser som använder el, vätgas och bränslen med låga eller inga växthusgaser och hantering av koldioxidutsläpp. *(mycket troligt)* {11.2, 11.3, 11.4, ruta TS.4}
- C.5.1** Användningen av stål, cement, plast och andra material ökar globalt och i de flesta regioner. Det finns många hållbara alternativ för efterfrågestyrning, materialeffektivitet och cirkulära materialflöden som kan bidra till minskade utsläpp. Hur dessa kan tillämpas varierar mellan olika regioner och olika material. Dessa alternativ har potential att användas mer i industriell praxis och skulle behöva mer uppmärksamhet från industripolitiken. Dessa alternativ, liksom ny produktionsteknik, beaktas i allmänhet inte i de senaste globala scenarierna eller i ekonomiövergripande nationella scenarier eftersom de är förhållandevis nya. Därför underskattas utsläppsminskningspotentialen i vissa scenarier jämfört med bottom-up modeller för specifika industrier. *(mycket troligt)* {3.4, 5.3, figur 5.7, 11.2, ruta 11.2, 11.3, 11.4, 11.5.2, 11.6}
- C.5.2** För nästan alla råvaror – primära metaller,⁵⁵ byggmaterial och kemikalier – finns många produktionsprocesser med låg till noll växthusgasintensitet i pilotfas, upp till nära kommersiell fas, och i vissa fall i kommersiell fas, dock ännu inte i etablerad industriell praxis. Införandet av nya hållbara produktionsprocesser för råvaror skulle kunna öka produktionskostnaderna, men med tanke på den lilla andel av kostnaderna till konsument som utgörs av material, förväntas detta leda till minimala kostnadsökningar för slutkonsumenterna. Direktreduktion av väte för primär ståltillverkning är nära kommersiell i vissa regioner. Tills nya kemiska metoder behärskas kommer en djupgående minskning av processutsläppen från cementindustrin att vara beroende av redan kommersialiserad ersättning av cementmaterial och tillgången till CCS. För att minska utsläppen från produktion och användning av kemikalier behövs en livscykelstrategi, inklusive ökad återvinning av plast, byte av bränsle och råmaterial, kol från biogena källor och, beroende på tillgänglighet, CCU, direkt avskiljning av koldioxid i luften samt CCS. Lätt industri, gruvarbete och tillverkning har potential att minska utsläppen med hjälp av tillgänglig teknik för minskning av koldioxidutsläpp (t ex materialeffektivitet, cirkuläritet), elektrifiering (t ex elektrotermisk uppvärmning, värmepumpar) och bränslen med låga eller inga växthusgasutsläpp (t ex väte, ammoniak, biobaserade och andra syntetiska bränslen). *(mycket troligt)* {tabell 11.4, ruta 11.2, 11.3, 11.4}
- C.5.3** Åtgärder för att minska industrisektorns utsläpp kan förändra lokaliseringen av växthusgasintensiva industrier och organiseringen av värdekedjor. Regioner med rikligt med energi och råvaror med låga växthusgasutsläpp har potential att bli exportörer av vätgasbaserade kemikalier och material som bearbetas med hjälp av koldioxidsnål el och vätgas. En sådan omfördelning kommer att få globala fördelningseffekter på sysselsättningen och den ekonomiska strukturen. *(troligt)* {ruta 11.1}
- C.5.4** Utsläppsintensiva basindustrier med omfattande internationell handel är utsatta för internationell konkurrens. Internationellt samarbete och samordning kan vara särskilt viktigt för att möjliggöra förändring. För hållbara industriella omställningar krävs breda och sekventiella nationella och subnationella politiska strategier som återspeglar regionala sammanhang. Dessa kan kombinera styrmedelspaket som omfattar: transparent redovisning av utsläpp och standarder, efterfrågestyrning, material- och energieffektivitetspolitik, FoU och nischmarknader för kommersialisering av material och produkter med låga utsläpp, ekonomiska och regleringsmässiga instrument för att driva på marknadsintroduktion, högkvalitativ återvinning, energi med låga utsläpp och annan infrastruktur för minskning av utsläpp (t ex för CCS) samt socialt inkluderande planer för avveckling av utsläppsintensiva anläggningar inom ramen för rättvis omställning. Utsläppsminskningens politikens täckning skulle kunna utvidgas nationellt och subnationellt för att inkludera alla industriella utsläppskällor och både tillgängliga och nya utsläppsminskningalternativ. *(mycket troligt)* {11.6}

⁵⁵ Med primära metaller avses råmetaller som produceras från malm.

- C.6** Urbana områden kan skapa möjligheter att öka resurseffektivitet och betydande utsläppsminskningar genom en systematisk övergång av infrastruktur och urban form genom utvecklingsvägar med låga utsläpp, mot nettonollutsläpp. Ambitiösa åtgärder för etablerade, snabbt växande och framväxande städer handlar om 1) minskning eller förändring av energi- och materialförbrukningen, 2) elektrifiering och 3) ökade koldioxidupptag och kolinlagring i urban miljö. Städer kan uppnå nettonollutsläpp enbart om utsläppen minskas både inom och utanför deras administrativa gränser genom leveranskedjor, vilket kommer att få positiva kaskadverkningar inom andra sektorer. (*högst troligt*) {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, figur 8.21, 13.2}
- C.6.1** I modellerade scenarier beräknas de globala konsumtionsbaserade koldioxid- och metanutsläppen från urbana områden⁵⁶ öka från 29 miljarder ton koldioxidekvivalenter vid 2020 till 34 miljarder ton koldioxidekvivalenter vid 2050 om åtgärder för att minska utsläppen är måttliga (ett scenario med medelhöga växthusgasutsläpp, SSP2-4,5) och upp till 40 miljarder ton koldioxidekvivalenter vid 2050 om åtgärder för att minska utsläppen förblir små (ett scenario med höga växthusgasutsläpp, SSP3-7,0). Med ambitiösa och omedelbara utsläppsminskningstrategier, inklusive hög grad av elektrifiering och förbättrad energi- och materialeffektivitet, kan de globala konsumtionsbaserade koldioxid- och metanutsläppen från urbana områden minskas till 3 miljarder ton koldioxidekvivalenter vid 2050, som i det modellerade scenariot med mycket låga växthusgasutsläpp (SSP1-1,9).⁵⁶ (*troligt*) {8.3}
- C.6.2** Möjligheten att minska växthusgasutsläppen genom utsläppsminskningstrategier och hur de genomförs kommer att variera beroende på stadsplanering, urban form, utvecklingsnivå och urbaniseringsgrad (*mycket troligt*). Strategier för etablerade städer för att uppnå stora utsläppsminskningar omfattar effektiv förbättring, återanvändning eller renovering av byggnadsbeståndet, riktad förtätning och stöd till icke-motoriserade transporter (t ex gång- och cykeltrafik) och kollektivtrafik. Snabbt växande städer kan undvika framtida utsläpp genom att samlokalisera arbetsplatser och bostäder för att uppnå kompaktare städer och genom snabb teknisk utveckling, och "leapfrogging" eller övergång till teknik med låga utsläpp. Nya och framväxande städer kommer att ha stora behov av infrastrukturutveckling för att uppnå hög livskvalitet, vilket kan tillgodoses genom energieffektiv infrastruktur och energieffektiva tjänster samt en stadsplanering med människan i centrum (*mycket troligt*). Tre breda strategier för utsläppsminskning har visat sig vara effektiva för städer när de genomförs samtidigt: i) att minska eller ändra energi- och materialanvändning till förmån av mer hållbar produktion och konsumtion; ii) elektrifiering i kombination med övergång till energiförsörjning med låga utsläpp; och iii) ökat koldioxidupptag och lagring i urbana områden, till exempel genom biobaserade byggnadsmaterial, genomsläppliga ytor, gröna tak, träd, grönområden, floder, dammar och sjöar.⁵⁷ (*högst troligt*) {5.3, figur 5.7, tilläggsmaterial tabell 5.SM.2, 8.2, 8.4, 8.6, figur 8.21, 9.4, 9.6, 10.2}
- C.6.3** Samordnat genomförande av flera utsläppsminskningstrategier på stadsnivå kan ha kaskadeffekter över olika sektorer och minska växthusgasutsläppen både inom och utanför en stads administrativa gränser. Städers förmåga att utveckla och genomföra utsläppsminskningstrategier varierar med de bredare rättsliga och institutionella förutsättningarna samt med möjliggörande faktorer, inklusive tillgång till finansiella och tekniska resurser, möjligheten till styrning på lokal nivå, civilsamhällets engagemang och kommunernas finansiella befogenheter. (*högst troligt*). {figur 5.7, tilläggsmaterial tabell 5.SM.2, 8.4, 8.5, 8.6, 13.2, 13.3, 13.5, 13.7, kapitelöverskridande ruta 9 i kapitel 13}
- C.6.4** Ett växande antal städer fastställer klimatmål, inklusive mål om nettonollutsläpp av växthusgaser. Med tanke på urbana konsumtionsmönsters och leveranskedjors regionala och globala räckvidd kan den fulla potentialen för att minska de konsumtionsbaserade utsläppen från urbana områden till nettonoll endast uppnås om man också tar itu med utsläppen utanför städernas administrativa gränser. Hur effektiva dessa strategier är beror på samarbete och samordning med nationella och subnationella myndigheter, industrier och civilsamhället samt på om städerna har tillräcklig kapacitet att planera och genomföra strategier för minskning av utsläppen. Städerna kan spela en positiv roll när det gäller att minska utsläppen i leveranskedjor som sträcker sig utanför städernas administrativa gränser, t ex genom byggnormer och val av byggmaterial. (*högst troligt*) {8.4, ruta 8.4, 8.5, 9.6, 9.9, 13.5, 13.9}

⁵⁶ WGI har utvärderat att dessa scenarier motsvarar medelhöga, höga och mycket låga växthusgasutsläpp.

⁵⁷ Dessa exempel är en delmängd av naturbaserade lösningar eller ekosystembaserade lösningar.

- C.7.** I modellerade globala scenarier beräknas befintliga byggnader, om de moderniseras, och byggnader som ännu inte har byggts, närma sig nettonollutsläpp av växthusgaser 2050 om styrmedel som kombinerar ambitiösa åtgärder för tillräcklighet, effektivitet och förnybar energi genomförs på ett effektivt sätt och hinder för avkarbonisering undanröjs. Lågambitiösa strategier ökar risken för inläsningseffekter med fortsatta utsläpp från byggnader i årtionden. Väl utformade och effektivt genomförda utsläppsminskningståtgärder, både i nya och i befintliga byggnader om de moderniseras, har en betydande potential att bidra till de globala målen för hållbar utveckling i alla regioner samtidigt som byggnader anpassas till det framtida klimatet. *(mycket troligt)* {9.1, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.9}
- C.7.1** År 2019 var de globala direkta och indirekta växthusgasutsläppen från byggnader och utsläppen från cement- och stålanvändning för byggande och renovering av byggnader 12 miljarder ton koldioxidekvivalenter. Dessa utsläpp omfattar indirekta utsläpp från el- och värmeproduktion utanför anläggningen, direkta utsläpp på plats och utsläpp från cement och stål som används för byggnation och renovering. År 2019 ökade de globala direkta och indirekta utsläppen från byggnader som inte är avsedda för bostadsändamål med cirka 55 procent och utsläppen från bostäder med cirka 50 procent jämfört med 1990. Den sistnämnda ökningen drevs huvudsakligen av ökningen av bostadsytan per capita, befolkningstillväxten och den ökade användningen av utsläppsintensiv el och värme, medan effektivitetsförbättringar delvis har minskat utsläppen. Det finns stora skillnader i hur dessa olika drivkrafter bidrar till de regionala utsläppen. *(mycket troligt)* {9.3}
- C.7.2** Integrerade strategier för uppförande och modernisering av byggnader har lett till allt fler exempel på nollenergi- eller nollkolbyggnader i flera regioner. Den låga renoveringstakten och den låga ambitionen gällande moderniserade byggnader har bromsat utsläppsminskningar. Åtgärder på konstruktionsstadiet omfattar byggnadstypologi, form och multifunktionalitet för att möjliggöra att anpassa byggnadernas storlek till nya behov och att återanvända oanvända befintliga byggnader för att undvika användning av växthusgasintensiva material och ytterligare mark. Åtgärder för att minska utsläppen omfattar följande: i byggnadsfasen, byggmaterial med låga utsläpp, högeffektiva byggnadsskal, och integrering av förnybara energilösningar;⁵⁸ i användningsfasen, högeffektiva apparater/utrustning, optimering av användningen av byggnader och försörjning med energikällor med låga utsläpp; och vid rivning, återvinning och återanvändning av byggmaterial. *(mycket troligt)* {9.4, 9.5, 9.6, 9.7}
- C.7.3** Bottom-up studier visar att vid 2050 kan upp till 61 procent (8,2 miljarder ton koldioxid) av de globala byggnadsrelaterade utsläppen minskas. Tillräcklighetspolitik⁵⁹ som undviker efterfrågan på energi och material bidrar med 10 procentenheter till denna potential, styrmedel för energieffektivitet med 42 procentenheter och styrning för förnybar energi med 9 procentenheter. Den största delen av utsläppsminskningspotentialen från nya byggnader finns i utvecklingsländer, medan den största potentialen för att minska utsläppen i utvecklade länder finns i modernisering av befintliga byggnader. 2020-talet är avgörande för att påskynda kunskapsuppbyggnad, bygga upp den tekniska och institutionella kapaciteten, inrätta lämpliga styrningsstrukturer, säkerställa finansieringsflöden och utveckla den kompetens som behövs för att fullt ut ta tillvara byggnaders utsläppsminskningspotential. *(mycket troligt)* {9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.9}

⁵⁸ Integrering av förnybara energilösningar avser integrering av lösningar som solceller, små vindkraftverk, solvärmefångare och biomassapannor.

⁵⁹ "Tillräcklighetspolitik" är en uppsättning åtgärder och dagliga rutiner som undviker efterfrågan på energi, material, mark och vatten och samtidigt ger mänskligt välbefinnande för alla inom planetära gränser.

- C.8** Det finns alternativ på efterfrågesidan och teknik med låga utsläpp som kan minska utsläppen i transportsektorn i industriländerna och begränsa utsläppsökningar i utvecklingsländerna (*mycket troligt*). Efterfrågeinriktade åtgärder kan minska efterfrågan på alla transporttjänster och stödja övergången till mer energieffektiva transportsätt (*troligt*). Elfordon som drivs av el med låga utsläpp har den största potentialen för avkarbonisering av landbaserade transporter på livscykelbasis (*mycket troligt*). Hållbara biobränslen kan ge ytterligare utsläppsminskningar för landbaserade transporter på kort och medellång sikt (*troligt*). Hållbara biobränslen, vätgas med låga utsläpp och derivat (inklusive syntetiska bränslen) kan bidra till att minska koldioxidutsläppen från sjöfart, luftfart och tunga landtransporter, men förutsätter förbättringar av produktionsprocesser och kostnadsminskningar (*troligt*). Många strategier för att minska utsläppen i transportsektorn skulle ha olika sidonyttor, bland annat bättre luftkvalitet, hälsofördelar, rättvis tillgång till transporttjänster, minskad trängsel och minskad efterfrågan på material (*mycket troligt*). {10.2, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7}
- C.8.1** I scenarier som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) med inget eller begränsat överskridande minskar de globala transportrelaterade koldioxidutsläppen med 59 procent [kvartilavstånd 42 till 68%] fram till 2050 i förhållande till modellerade utsläpp för 2020, men med regionalt olika trender (*mycket troligt*). I globala modellerade scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) beräknas de transportrelaterade koldioxidutsläppen minska med 29 procent [kvartilavstånd 14 till 44%] fram till 2050 jämfört med modellerade utsläpp för 2020. I båda scenariokategorierna beräknas transportsektorn inte nå noll koldioxidutsläpp till 2100, så negativa utsläpp kan förväntas behövas för att balansera de återstående koldioxidutsläppen från sektorn (*mycket troligt*). {3.4, 10.7}
- C.8.2** Förändringar i urban utformning (t ex täthet, markanvändning, konnektivitet och tillgänglighet) i kombination med program som främjar ändrade konsumentbeteenden (t ex prissättning av transporter) skulle kunna minska transportrelaterade växthusgasutsläpp i utvecklade länder och bromsa utsläppsökningen i utvecklingsländerna (*mycket troligt*). Investeringar i kollektivtrafik mellan och inom städer och infrastruktur för aktiva transporter (t ex cykel- och gångtrafik) kan ytterligare stödja övergången till mindre växthusgasintensiva transportsätt (*mycket troligt*). Kombinationer av systemförändringar som distansarbete, digitalisering, minskad materialanvändning, "supply chain management" samt smart rörlighet och fördelningslösningar kan minska efterfrågan på passagerar- och frakttjänster på land, med flyg och till sjöss (*mycket troligt*). Vissa av dessa förändringar skulle kunna leda till ökad efterfrågan på transport- och energitjänster, vilket kan minska deras potential att minska utsläppen (*troligt*). {5.3, 10.2, 10.8}
- C.8.3** Elektriska fordon som drivs av el med låga växthusgasutsläpp har stor potential att minska växthusgasutsläppen från landbaserade transporter på livscykelbasis (*mycket troligt*). Kostnaderna för elektrifierade fordon, inklusive bilar, två- och trehjuliga fordon, och bussar minskar och användningen av dem ökar, men det krävs fortsatta investeringar i relaterad infrastruktur för uppskalning av användningen (*mycket troligt*). Framsteg inom batteritekniken skulle kunna underlätta elektrifieringen av tunga lastbilar och komplettera konventionella eldrivna spårtrafiklösningar (*troligt*). Det finns en växande oro för de material som behövs för batterier. Strategier för diversifiering av material och tillgång, förbättrad energi- och materialeffektivitet och cirkulära materialflöden kan minska det miljömässiga fotavtrycket och riskerna med materialförsörjningen för batteritillverkning (*troligt*). Biobaserade bränslen med hållbart producerade råvaror med låga utsläpp av växthusgaser, med eller utan blandning med fossila bränslen, kan bidra till utsläppsminskning, särskilt på kort och medellång sikt (*troligt*). Vätgas och vätgasderivat med låga utsläpp av växthusgaser, inklusive syntetiska bränslen, kan i vissa sammanhang och landbaserade transportsegment ha potential för utsläppsminskning (*troligt*). {3.4, 6.3, 10.3, 10.4, 10.7, 10.8, ruta 10.6}
- C.8.4** Även om effektivitetsförbättringar (t ex optimerad flygplans- och fartygsdesign, lättare farkoster och förbättrade framdrivningssystem) kan ge en viss utsläppsminskningspotential, kommer det att krävas ytterligare teknik för att minska koldioxidutsläppen inom luft- och sjöfart (*mycket troligt*). När det gäller flyg omfattar sådan teknik biobränslen med hög energitäthet (*mycket troligt*) och vätgas och syntetiska bränslen med låga utsläpp (*troligt*). Alternativa bränslen för sjöfart omfattar vätgas med låga utsläpp, ammoniak, biobränslen, och andra syntetiska bränslen (*troligt*). Elektrifiering kan spela en begränsad roll för luftfart och sjöfart för korta resor (*troligt*) och kan minska utsläppen från hamn- och flygplatsverksamhet (*mycket troligt*). Förbättringar av nationella och internationella styrningsstrukturer skulle ytterligare bidra till avkarbonisering inom sjö- och luftfart (*troligt*). Sådana förbättringar skulle till exempel kunna omfatta genomförandet av strängare standarder för effektivitet och kolintensitet för dessa sektorer (*troligt*). {10.3, 10.5, 10.6, 10.7, 10.8, ruta 10.5}
- C.8.5** En betydande potential för minskningar av både direkta och indirekta växthusgasutsläpp i transportsektorn beror till stor del på en avkarbonisering av energisektorn och på lågutsläppande råvaror och produktionskedjor (*mycket troligt*). Integrerad planering och drift av transport- och energiinfrastruktur kan möjliggöra sektoriella synergier och minska de miljömässiga, sociala och ekonomiska konsekvenserna av en avkarbonisering av transport- och energisektorerna (*mycket troligt*). Tekniköverföring och finansiering kan stödja utvecklingsländernas direkta övergång till transportsystem med låga utsläpp och därigenom leda till flera nyttor (*mycket troligt*). {10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7, 10.8}

- C.9** Alternativ för utsläppsminskning inom AFOLU kan, när de genomförs på ett hållbart sätt, leda till storskaliga minskningar av växthusgasutsläpp och ökade upptag, men kan inte fullt ut kompensera för försenade åtgärder i andra sektorer. Dessutom kan jordbruks- och skogsbruksprodukter med hållbart producerade råvaror ersätta mer växthusgasintensiva produkter i andra sektorer. Hinder för genomförande och målkonflikter kan uppstå på grund av klimatförändringens effekter, konkurrerande krav på mark, målkonflikter med livsmedelsförsörjning och försörjningsmöjligheter, komplexiteten hos markägande och förvaltningssystem, samt kulturella aspekter. Det finns många landspecifika möjligheter att skapa synergier (t ex bevarande av biologisk mångfald, ekosystemtjänster och försörjningsmöjligheter) och undvika risker (t ex genom anpassning till klimatförändringen). (*mycket troligt*) {7.4, 7.6, 7.7, 12.5, 12.6}
- C.9.1** Den beräknade ekonomiska utsläppsminskningspotentialen för AFOLU-relaterade alternativ uppgår till 8-14 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år⁶⁰ mellan 2020 och 2050, till kostnader under 100 USD per ton (*mycket troligt*). 30-50 procent av denna potential är tillgänglig till en kostnad på mindre än 20 USD per ton koldioxidekvivalenter och skulle kunna realiseras på kort sikt i de flesta regioner (*mycket troligt*). Den största delen av denna ekonomiska potential [4,2-7,4 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år] handlar om bevarande, förbättrad förvaltning och återställande av skogar och andra ekosystem (kustnära våtmarker, torvmarker, savanner och gräsmarker), där minskad avskogning i tropikerna har den högsta totala minskningen. Förbättrad och hållbar förvaltning av grödor och boskap samt kolinbindning inom jordbruket, där det sistnämnda omfattar kolinbindning på åker- och gräsmarker, skogsjordbruk och biokol, kan bidra med en utsläppsminskning på 1,8-4,1 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år. Åtgärder på efterfrågesidan och materialsubstituering, t ex övergång till balanserade, hållbara och hälsosamma matvaror,⁶¹ minskning av livsmedelsförluster och -svinn samt användning av biomaterial, kan bidra till en minskning med 2,1 [1,1 till 3,6] miljarder ton koldioxidekvivalenter per år. Dessutom kan åtgärder på efterfrågesidan tillsammans med en hållbar intensifiering av jordbruket minska omvandling av ekosystem, minska utsläppen av metan och lustgas, och frigöra mark för återbeskogning och återställande samt för produktion av förnybar energi. Förbättrad och utökad användning av träprodukter som kommer från hållbart förvaldade skogar har också potential genom att avverkat virke kan användas till produkter med längre livslängd, och ökad återvinning eller materialsubstitution. Utsläppsminskning åtgärder relaterade till AFOLU kan inte kompensera för försenade utsläppsminskningar i andra sektorer. Ihållande och regionspecifika hinder fortsätter att försvåra den ekonomiska och politiska genomförbarheten av att införa åtgärder för att minska AFOLU-relaterade utsläpp. Att hjälpa länderna att övervinna hindren kan bidra till att uppnå en betydande utsläppsminskning (*troligt*). (figur SPM.6) {7.1, 7.4, 7.5, 7.6}
- C.9.2** Alternativ för kolinbindning och minskning av växthusgasutsläpp inom AFOLU har både synergier och risker när det gäller biologisk mångfald och bevarande av ekosystem, livsmedels- och vattenförsörjning, virkesförsörjning, försörjningsmöjligheter samt markinnehav och nyttjanderätt för mark för ursprungsbefolkningar, lokala samhällen och små markägare. Många alternativ har synergier. De alternativ som konkurrerar om mark och markbaserade resurser kan innebära risker. Omfattningen av fördelarna eller riskerna beror till stor del på vilken typ av verksamhet som bedrivs, hur den tillämpas (t ex på vilken skala, med vilka metoder) och sammanhang (t ex jordmån, biom, klimat, livsmedelssystem, markägande) som varierar geografiskt och över tid. Risker kan undvikas när AFOLU-relaterade åtgärder vidtas med hänsyn till flera intressenters behov och perspektiv för att uppnå resultat som maximerar synergier samtidigt som målkonflikter minimeras. (*mycket troligt*) {7.4, 7.6, 12.3}
- C.9.3** För att förverkliga den AFOLU-relaterade potentialen krävs att man övervinser institutionella, ekonomiska och politiska begränsningar och hanterar potentiella målkonflikter (*mycket troligt*). Beslut gällande markanvändning är ofta spridda över många olika typer av markägare, och åtgärder på efterfrågesidan är beroende av miljarder konsumenter i olika sammanhang. Hinder för genomförandet av AFOLU-relaterade åtgärder inkluderar otillräckligt institutionellt och finansiellt stöd, osäkerhet om långsiktig additionalitet och målkonflikter, svag styrning, osäkra markägandeförhållanden, låga inkomster och bristande tillgång till alternativa inkomstkällor, samt risken för avgångar av inlagrad kol. Begränsad tillgång till teknik, information och know-how är ett hinder för genomförande. Forskning och utveckling är avgörande för alla åtgärder. Till exempel åtgärder för att minska jordbruksrelaterade metan- och lustgasutsläpp med hjälp av ny teknik visar lovande resultat. Minskningen av metan- och lustgasutsläpp från jordbruket begränsas dock fortfarande av kostnader, jordbrukssystemens mångfald och komplexitet, de ökande kraven på att öka skördar och den ökande efterfrågan på animalieprodukter. (*mycket troligt*) {7.4, 7.6}
- C.9.4** Nettokostnader för att åstadkomma 5-6 miljarder ton koldioxid per år av skogsrelaterad kolinbindning och utsläppsminskning uppgår enligt utvärderade beräkningar med sektorsvisa modeller till omkring 400 miljarder USD per år vid år 2050. Kostnaderna för andra åtgärder för andra AFOLU-relaterade utsläppsminskning åtgärder är mycket kontextspecifika. Finansieringsbehoven inom AFOLU, och särskilt inom skogsbruket,

⁶⁰ De globala top-down beräkningar och sektorsvisa bottom-up beräkningar som beskrivs här omfattar inte substitution av utsläpp från fossila bränslen och växthusgasintensiva material. 8-14 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år är medelvärde av uppskattningarna av den ekonomiska utsläppsminskningspotentialen relaterad till AFOLU från top-down beräkningar (nedre gränsen för intervallet) och globala sektorsvisa bottom-up beräkningar (övre gränsen för intervallet). Det fullständiga intervallet från top-down beräkningar är 4,1-17,3 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år med en referensnivå utan styrmedel. Hela intervallet från globala sektorsvisa studier är 6,7-23,4 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år med olika referensnivåer. (*mycket troligt*)

⁶¹ "Hållbara hälsosamma matvaror" främjar alla dimensioner av individers hälsa och välbefinnande, har låg miljöpåverkan, är tillgängliga, prisöverkomliga, säkra och rättvisa, och kulturellt acceptabla, som de beskrivs av FAO och WHO. Det relaterade begreppet balanserade matvaror avser kost som innehåller växtbaserade livsmedel, t ex baserade på grova spannmål, baljväxter, frukt och grönsaker, nötter och frön, och animaliska livsmedel som produceras i resilienta, hållbara system med låga utsläpp av växthusgaser, vilket beskrivs i SRCLL.

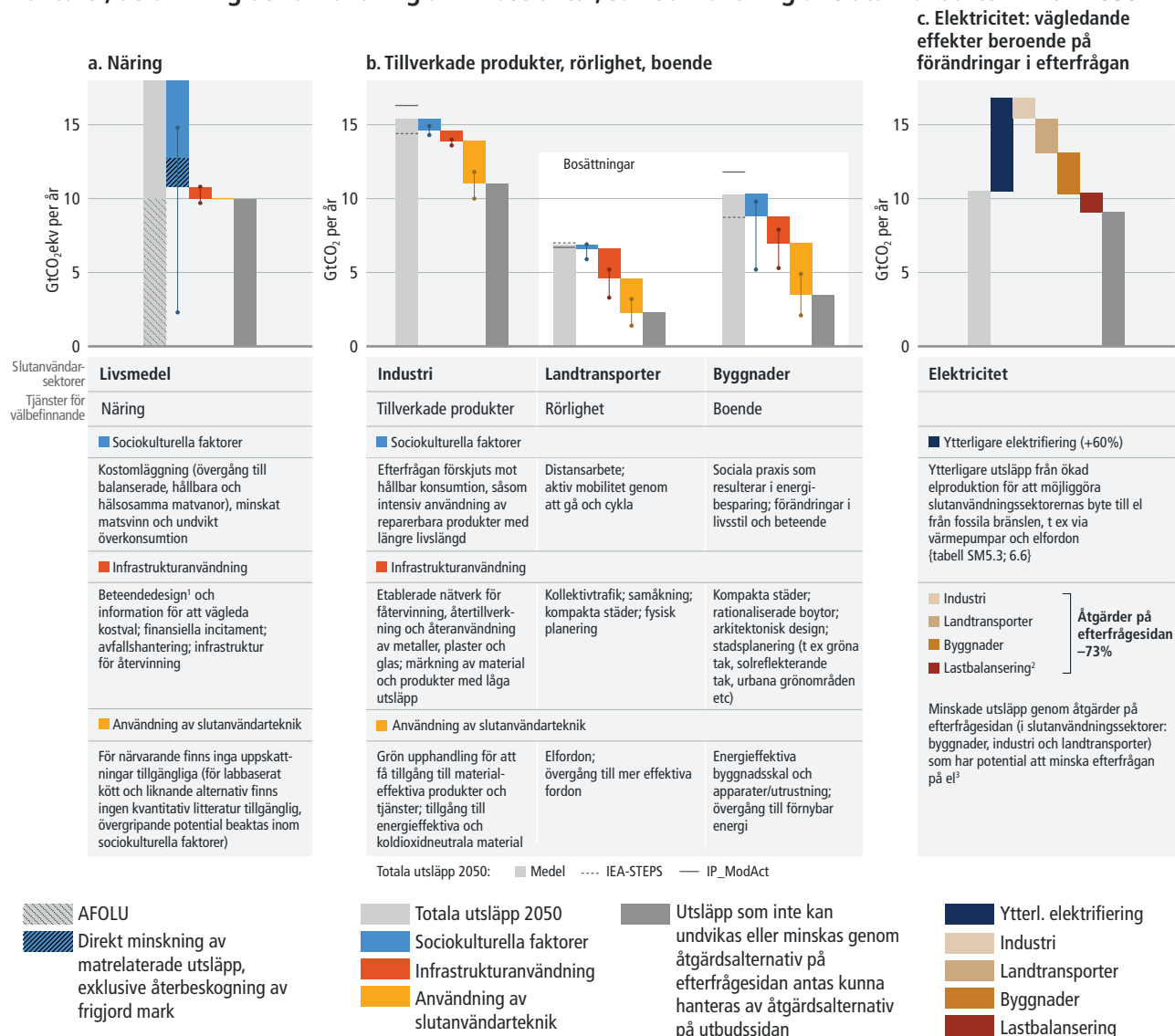
omfattar både de direkta effekterna av förändringar i verksamheter och de alternativkostnader som är förknippade med förändrad markanvändning. Förbättrad kapacitet för övervakning, rapportering och verifiering samt rättsstatsprincipen är avgörande för markbaserade åtgärder. I kombination med politik som även tar hänsyn till mer omfattande ekosystemtjänster, skulle detta kunna möjliggöra engagemang från ett bredare spektrum av aktörer, inklusive privata företag, civilsamhället, ursprungsbefolkningar och lokala samhällen. (*troligt*) {7.6, 7.7}

- C.9.5** Kontextspecifika styrmedel och åtgärder har varit effektiva när det gäller att visa att det finns möjliga åtgärder för kolinbindning och minskning av växthusgasutsläpp inom AFOLU, men de ovan nämnda hindren motverkar storskaligt genomförande (*troligt*). Vid införandet av markbaserad utsläppsminskning kan man dra lärdomar av erfarenheter från regleringar, styrmedel, ekonomiska incitament, betalningar (t ex för biobränslen, kontroll av närsalter, vattenregleringar, bevarande och kollager i skogen, ekosystemtjänster och försörjningsmöjligheter på landsbygden) och från olika former av kunskap, t ex ursprungsbefolkningars, lokal och vetenskaplig kunskap. Ursprungsbefolkningar, privata skogsägare, lokala jordbrukare och samhällen förvaltar en betydande del av världens skogar och jordbruksmark och spelar en central roll i markbaserade utsläppsminskningens alternativ. För att kunna sprida framgångsrika strategier och åtgärder krävs en styrning som betonar integrerad planering och förvaltning av markanvändning med utgångspunkt i de globala målen för hållbar utveckling (SDG), och med stöd för genomförandet. (*mycket troligt*) {7.4, ruta 7.2, 7.6}
- C.10** **Utsläppsminskande åtgärder på efterfrågesidan omfattar förändringar i infrastrukturanvändning, införande av slutanvändarteknik samt sociokulturella och beteendeförändringar. Åtgärder på efterfrågesidan och nya sätt att tillhandahålla slutanvändartjänster kan minska de globala växthusgasutsläppen i slutanvändarsektorerna med 40-70 procent fram till 2050 jämfört med referensscenarier, samtidigt som vissa regioner och socioekonomiska grupper behöver mer energi och resurser. Att minska efterfrågan på sätt som minskar utsläppen är förenligt med att förbättra det grundläggande välbefinnandet för alla. (*mycket troligt*) (figur SPM.6) {5.3, 5.4, figur 5.6, figur 5.14, 8.2, 9.4, 10.2, 11.3, 11.4, 12.4, figur TS.22}**
- C.10.1** Utformning av och tillgång till infrastruktur samt tillgång till och användning av teknik, inklusive informations- och kommunikationsteknik, påverkar efterfrågemönster och sätt att tillhandahålla tjänster, t ex rörlighet, skydd, vatten, sanitet och näring. Illustrativa globala scenarier som karakteriseras av låg efterfrågan och tar hänsyn till regionala skillnader, visar att effektivare energiomvandling i slutanvändningsled kan förbättra tjänster samtidigt som behovet av energi i tidigare led minskas med 45 procent fram till 2050, jämfört med 2020. Potentialen för att minska utsläppen genom åtgärder som avser efterfrågan skiljer sig åt mellan och inom regioner. Vissa regioner och befolkningar behöver mer energi, kapacitet och resurser för mänskligt välbefinnande. De fattigaste 25 procenten i världen, sett till inkomst, har inte fullgod tillgång till tak över huvudet, rörlighet och näring. (*mycket troligt*) {5.2, 5.3, 5.4, 5.5, figur 5.6, figur 5.10, tabell 5.2, figur TS.20, figur TS.22}
- C.10.2** Fram till 2050 kan omfattande strategier på efterfrågesidan inom alla sektorer minska koldioxidutsläppen och andra växthusgasutsläpp globalt med 40-70 procent i slutanvändarsektorer jämfört med två scenarier som utgår från den politik som världens länder hade beslutat vid utgången av 2020. Med politiska styrmedel kan sociokulturella alternativ och beteendeförändringar snabbt minska de globala växthusgasutsläppen som avser slutanvändningssektorer med minst 5 procent, med den större delen av potentialen i utvecklade länder, och mer fram till 2050, om de kombineras med förbättrad utformning av och tillgång till infrastruktur. Individer med hög socioekonomisk status orsakar en oproportionerligt stor andel av utsläppen och har den största potentialen för utsläppsminskningar, t ex som medborgare, investerare, konsumenter, förebilder och yrkesverksamma. (*mycket troligt*) (figur SPM.6) {5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, tilläggsmaterial tabell 5.SM.2, 8.4, 9.9, 13.2, 13.5, 13.8, figur TS.20}
- C.10.3** 5-30 procent av de globala årliga växthusgasutsläppen från slutanvändarsektorerna kan undvikas till 2050, jämfört med två scenarier som utgår från den politik som världens länder har beslutat vid utgången av 2020, genom förändringar i den byggda miljön, nya och omdisponerade infrastrukturer och tillhandahållande av tjänster genom kompakta städer, samlokalisering av arbetsplatser och bostäder, effektivare användning av golvytor och energi i byggnader, och omfördelning av gatuutrymme för aktiv rörlighet (*mycket troligt*). (figur SPM.6) {5.3.1, 5.3.3, 5.4, figur 5.7, figur 5.13, tabell 5.1, tabell 5.5, tilläggsmaterial tabell 5.SM.2, 8.4, 9.5, 10.2, 11.3, 11.4, tabell 11.6, ruta TS.12}
- C.10.4** Valarkitektur⁶² kan hjälpa slutanvändarna att anta, i enlighet med vad som är relevant för konsumenter, kultur och landssammanhang, alternativ som har låga växthusgasutsläpp, t ex balanserade, hållbara och hälsosamma matvanor⁶¹ som tar hänsyn till näringsbehov och minskar matsvinn, anpassningsbara uppvärmnings- och kylningsalternativ för termisk komfort, integrerade förnybara energikällor i byggnader, eldrivna lätta fordon och övergång till gång- och cykeltrafik, transportrelaterade fördelningstjänster och kollektivtrafik samt hållbar konsumtion genom intensiv användning av reparerbara produkter med längre livslängd (*mycket troligt*). Att ta itu med ojämlikhet och många former av statuskonsumtion⁶³ och fokusera på välbefinnande stödjer ansträngningarna för att minska utsläppen (*mycket troligt*). (figur SPM.6) {2.4.3, 2.6.2, 4.2.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, figur 5.4, figur 5.10, tabell 5.2, tilläggsmaterial tabell 5.SM.2, 7.4.5, 8.2, 8.4, 9.4, 10.2, 12.4, figur TS.20}

⁶² Valarkitektur beskriver hur valmöjligheterna presenteras för konsumenterna och vilken inverkan presentationen har på konsumenters beslutsfattande.

⁶³ Statuskonsumtion avser konsumtion av varor och tjänster som offentligt visar social prestige.

Åtgärder på efterfrågesidan för utsläppsminskning kan uppnås genom förändringar i sociokulturella faktorer, utformning och användning av infrastruktur, samt användning av slutanvändarteknik till 2050.



¹ Hur valmöjligheter presenteras för konsumenterna, och vilken påverkan denna presentation har på konsumenternas beslutsfattande.

² Lastbalansering avser flexibilitet på efterfrågesidan som sträcker sig över alla sektorer och som kan uppnås genom motivationsdesign såsom prissättning/övervakning av användningstid genom artificiell intelligens, diversifiering av lagring etc.

³ Den effekt som åtgärder på efterfrågesidan kan ge på elsektorns utsläpp beror på elförsörjningens basnivå för kolintensitet, vilket är scenarioberoende.

Figur SPM.6 | Indikativ potential för alternativ för utsläppsminskning på efterfrågesidan fram till 2050. Figur SPM.6 visar den indikativa potentialen för alternativ på efterfrågesidan vid år 2050. Figur SPM.7 visar kostnader och potentialer vid år 2030. Alternativ för åtgärder på efterfrågesidan för utsläppsminskning kategoriseras i tre breda grupper: "sociokulturella faktorer", som är förknippade med individuella val, beteende och livsstilsförändringar, sociala normer och kultur, "infrastrukturanvändning", som avser utformning och användning av sådan hård och mjuk infrastruktur som möjliggör förändringar i individuella val och beteenden, och "användning av slutanvändarteknik", som avser slutanvändarnas teknikanvändning. Åtgärder för utsläppsminskning på efterfrågesidan är en central del av scenarierna IMP-LD och IMP-SP (figur SPM.5). Utvärderingen av potentialen på efterfrågesidan vid 2050 i **delfigur a** (näring) bygger på bottom-up studier och uppskattas utifrån den baslinje för 2050 för livsmedelssektorn som presenteras i referensgranskad litteratur (för mer information se tilläggsmaterial 5.II och 7.4.5). **Delfigur b** (tillverkade produkter, rörlighet, bostäder) utvärderingen av potentialen för totala utsläpp vid 2050 uppskattas på grundval av cirka 500 bottom-up studier som representerar alla globala regioner (för en detaljerad förteckning, se tilläggsmaterial tabell 5.SM.2). Referensnivå utgörs av de genomsnittliga sektoriella växthusgasutsläppen vid 2050 i två scenarier som utgår från den politik som världens länder hade beslutat vid utgången av 2020. Höjden på de färgade staplarna visar potentialers respektive medianvärde. Dessa är baserade på en rad värden som finns tillgängliga i fallstudierna från den litteratur som redogörs för tilläggsmaterial 5.SM.II. Intervallet visas med prickarna som är förbundna med streckade linjer och som representerar den högsta och lägsta potentialen som rapporterats i litteraturen. **Delfigur (a)** visar potentialen på efterfrågesidan vad gäller sociokulturella faktorer och infrastrukturanvändning. Medianvärdet för minskningen av direkta utsläpp (huvudsakligen andra utsläpp än av koldioxid) genom sociokulturella faktorer är 1,9 miljarder ton koldioxidekvivalenter, hänsyn har inte tagits till effekter av återbeskogning av frigjord mark. Om man tar hänsyn till förändringar i markanvändning som möjliggörs av efterfrågan på livsmedel kan den indikativa potentialen uppgå till 7 miljarder ton koldioxidekvivalenter. **Delfigur (b)** illustrerar utsläppsminskningspotentialen inom industri, landtransporter och byggnader genom alternativ på efterfrågesidan. De viktigaste alternativen presenteras i den sammanfattande tabellen under figuren, för detaljer, se tilläggsmaterial tabell 5.SM.2. **Delfigur (c)** visar hur de sektorsvisa alternativen för utsläppsminskning på efterfrågesidan (för alternativen, se delfigur (b)) förändrar efterfrågan på el. El står för en ökande andel av den slutliga energianvändningen vid 2050 (se den ytterligare stapeln) i linje med flera bottom-up studier (se tilläggsmaterial tabell 5.SM.3) och kapitel 6 (6.6). Dessa studier används för att beräkna effekterna av elektrifiering av slutanvändningen som ökar den totala efterfrågan på el. En del av den beräknade ökningen av efterfrågan på el kan undvikas genom alternativ för att minska efterfrågan relaterad till sociokulturella faktorer och infrastrukturanvändning, när det kommer till slutanvändningen av el i byggnader, industri och landtransporter. Mörkgrå staplar visar de utsläpp som inte kan undvikas genom åtgärder på efterfrågesidan. [5.3, figur 5.7, tilläggsmaterial 5.SM.II]

- C.11 Användning av CDR för att kompensera för kvarvarande utsläpp som är särskilt svåra att minska är oundvikligt, om nettonollutsläpp av koldioxid eller växthusgaser ska åstadkommas. Omfattningen och tidpunkten för införande av CDR kommer att bero på hur utsläppsminskningar utvecklas inom olika sektorer. För att kunna öka spridningen av CDR, särskilt i stor skala, behövs utveckling av effektiva metoder för att hantera genomförbarhets- och hållbarhetsrelaterade begränsningar. (*mycket troligt*) {3.4, 7.4, 12.3, kapitelöverskridande ruta 8 i kapitel 12}**
- C.11.1** CDR avser antropogen verksamhet som tar bort koldioxid från atmosfären och lagrar den varaktigt i geologiska, markbaserade eller marina reservoarer, eller i produkter. CDR-metoderna varierar i fråga om mognad, process, varaktighet av koldioxidlagring, lagring, utsläppsminskningspotential, kostnad, synergier, effekter och risker, samt krav på styrning (*mycket troligt*). Mognadsgraden varierar från lägre mognad (t ex alkalisering av havet) till högre mognad (t ex återbeskogning), potentialen för koldioxidborttagning och lagring varierar från lägre potential (<1 miljarder ton koldioxid per år, t ex kolinlagring i marina och kustnära ekosystem, "Blue Carbon") till högre potential (>3 miljarder ton koldioxid per år, t ex skogsjordbruk); kostnaderna varierar från lägre kostnader (t ex -45 till 100 USD per ton koldioxid för kolinbindning i marken) till högre kostnader (t ex 100-300 USD per ton koldioxid för DACCS) (*troligt*). De uppskattade varaktiga lagringstiderna varierar från decennier till århundraden för alternativ som lagrar kol i vegetation och genom markkolhantering, till tiotusen år eller mer för alternativ som lagrar kol i geologiska formationer (*mycket troligt*). De processer genom vilka koldioxid avlägsnas från atmosfären kategoriseras som biologiska, geokemiska eller kemiska. Beskogning, återbeskogning, förbättrad skogsförvaltning, skogsjordbruk och kolinbindning i marken är för närvarande de enda alternativen som tillämpas i stor utsträckning (*mycket troligt*). {7.4, 7.6, 12.3, tabell 12.6, kapitelöverskridande ruta 8 i kapitel 12, tabell TS.7; WGI 5.6}
- C.11.2** CDR-användningens konsekvenser, risker och synergier för ekosystem, biologisk mångfald och människor kommer att vara mycket varierande beroende på metod, platsspecifik kontext, genomförande och skala (*mycket troligt*). Återbeskogning, förbättrad skogsförvaltning, kolinbindning i marken, återställande av torvmarker och förvaltning av kol i kustnära och marina ekosystem är exempel på metoder som kan förstärka biologisk mångfald och ekosystemfunktioner, sysselsättningen, och de lokala försörjningsmöjligheterna, beroende på sammanhanget (*mycket troligt*). Däremot kan beskogning eller produktion av biomassa för BECCS eller biokol, om det genomförs på ett dåligt sätt, få negativa socioekonomiska och miljömässiga konsekvenser, bland annat för biologisk mångfald, livsmedels- och vattenförsörjning, lokala försörjningsmöjligheter och ursprungsbefolkningarnas rättigheter, särskilt om genomförandet sker storskaligt och där markägandet är osäkert (*mycket troligt*). Om gödsling av havet genomförs kan det leda till omfördelning av näringsämnen, omstrukturering av ekosystem, ökad syreförbrukning och förorening i djupare vatten (*troligt*). {7.4, 7.6, 12.3, 12.5}
- C.11.3** Borttagning och lagring av koldioxid genom vegetation och markförvaltning kan påverkas av mänskliga eller naturliga störningar som leder till att koldioxid förs tillbaka i atmosfären; det är också känsligt för klimatförändringens effekter. Koldioxid som lagras i geologiska och marina reservoarer (via BECCS, DACCS, alkanisering av haven) och som biokol är mindre benägen att bli återinförd till atmosfären. (*mycket troligt*) {6.4, 7.4, 12.3}
- C.11.4** Utöver stora, snabba och hållbara utsläppsminskningar kan CDR fylla tre olika kompletterande roller globalt eller nationellt: minska nettoutsläppen av koldioxid eller växthusgaser på kort sikt; balansera kvarvarande utsläpp som är svåra att minska (t ex från jordbruk, flyg, sjöfart, industriella processer) för att bidra till att nå nettonollutsläpp av koldioxid eller av växthusgaser på medellång sikt; uppnå nettonegativa koldioxid- eller växthusgasutsläpp på lång sikt förutsatt att CDR används på nivåer som överstiger de årliga återstående utsläppen. (*mycket troligt*) {3.3, 7.4, 11.3, 12.3, kapitelöverskridande ruta 8 i kapitel 12}
- C.11.5** Snabba utsläppsminskningar inom alla sektorer har kopplingar med den framtida omfattningen av användningen av CDR-metoder och de risker, effekter och synergier som är förknippade med dem. Att öka spridningen av CDR-metoder beror på utvecklingen av effektiva metoder för att hantera hållbarhets- och genomförbarhetsrelaterade begränsningar, potentiella effekter, synergier och risker. Faktorer som främjar CDR inkluderar påskyndad forskning, utveckling och demonstration, förbättrade verktyg för riskutvärdering och riskhantering, riktade incitament och utveckling av överenskomna metoder för mätning, rapportering och verifiering av kolflöden. (*mycket troligt*) {3.4, 7.6, 12.3}

- C.12** Utsläppsminskningssåtgärder som kostar 100 USD per ton koldioxidekvivalenter eller mindre kan minska de globala växthusgasutsläppen med minst hälften till 2030 jämfört med 2019 (*mycket troligt*). Global BNP fortsätter att öka i modellerade utvecklingsvägar⁶⁴, men den är några procent lägre 2050 jämfört med utvecklingsvägar utan utsläppsminskning utöver nuvarande politik. I uppskattningen är inte de ekonomiska fördelarna från undvikna skador som orsakas av klimatförändringen eller från minskade anpassningskostnader medräknade. Den globala ekonomiska nyttan av att begränsa uppvärmningen till 2°C rapporteras överstiga kostnaden för utsläppsminskning i merparten av den utvärderade litteraturen. (*troligt*) (figur SPM.7) {3.6, 3.8, arbetsgruppsövergripande ruta 1 i kapitel 3, 12.2, ruta TS.7}
- C.12.1** På grundval av en detaljerad sektorsvis utvärdering av utsläppsminskningssåtgärder beräknas att alternativ som kostar 100 USD per ton koldioxidekvivalenter eller mindre skulle kunna minska de globala växthusgasutsläppen med minst hälften fram till 2030, jämfört med 2019 (alternativ som kostar mindre än 20 USD per ton koldioxidekvivalenter uppskattas stå för mer än hälften av denna potential).⁶⁵ För en mindre del av denna potential leder införandet till nettokostnadsbesparingar. Bland de alternativ som har kostnader under 20 USD per ton koldioxidekvivalenter finns särskilt sol- och vindenergi, förbättrad energieffektivitet, minskad omvandling av naturliga ekosystem och minskade metanutsläpp (kolbrytning, olja och gas, avfall). Utsläppsminskningspotentialen och kostnaden för specifika tekniker i ett specifikt sammanhang eller en specifik region kan skilja sig mycket från de angivna uppskattningarna. Utvärderingen av den underliggande litteraturen tyder på att de olika alternativens relativa bidrag kan förändras efter 2030. (*troligt*) (figur SPM.7) {12.2}
- C.12.2** De samlade effekterna av utsläppsminskning på den globala BNP är små jämfört med den beräknade globala BNP-tillväxten i utvärderade modellerade globala scenarier i vilka de makroekonomiska konsekvenserna av utsläppsminskning kvantifieras, men som inte tar hänsyn till skador till följd av klimatförändringen och inte heller till anpassningskostnader (*mycket troligt*). Jämfört med scenarier där man utgår från fortsättning av den politik som hade beslutats vid slutet av 2020, är den bedömda globala BNP som uppnås 2050 1,3-2,7 procent lägre i modellerade utvecklingsvägar i vilka man utgår från samordnade globala åtgärder från och med nu eller senast 2025 för att begränsa uppvärmningen till 2°C (>67%). Den motsvarande genomsnittliga minskningen av den årliga globala BNP-tillväxten under 2020-2050 är 0,04-0,09 procentenheter. I de utvärderade modellerade utvecklingsvägarna beräknas den globala BNP:n, oavsett nivå på utsläppsminskningen, minst fördubblas (dvs. öka med minst 100%) under 2020-2050. För modellerade globala utvecklingsvägar som leder till andra uppvärmningsnivåer är minskningarna av den globala BNP:n år 2050, jämfört med utvecklingsvägar som utgår från fortsättning av den politik som hade beslutats vid slutet av 2020, följande: 2,6-4,2 procent (C1), 1,6-2,8 procent (C2), 0,8-2,1 procent (C4), 0,5-1,2 procent (C5). Motsvarande minskningar av den genomsnittliga årliga globala BNP-tillväxten under perioden 2020-2050, i procentenheter, är följande: 0,09-0,14 (C1), 0,05-0,09 (C2), 0,03-0,07 (C4), 0,02-0,04 (C5).⁶⁶ Det finns stora variationer i de modellerade effekterna av utsläppsminskningssåtgärder på BNP mellan olika regioner, vilket framför allt beror på ekonomisk struktur, regionala utsläppsminskningar, utformning av politiken och omfattningen av det internationella samarbetet⁶⁷ (*mycket troligt*). Studier på nationell nivå visar också på stora variationer i effekten av utsläppsminskning på BNP, särskilt beroende på nivån på utsläppsminskning och hur den uppnås (*mycket troligt*). De makroekonomiska konsekvenserna av synergier och avvägningar som uppstår vid utsläppsminskning har inte kvantifierats på ett heltäckande sätt för alla ovanstående scenarier och beror i hög grad på strategier för utsläppsminskning (*mycket troligt*). {3.6, 4.2, ruta TS.7, bilaga III.I.2, III.I.9, III.I.10, III.II.3}
- C.12.3** De samlade ekonomiska fördelarna från att undvika skador till följd av klimatförändringen och av minskade anpassningskostnader uppskattas att öka med större utsläppsminskning (*mycket troligt*). Modeller som tar hänsyn till de ekonomiska skadorna från klimatförändringen visar att den globala kostnaden för att begränsa uppvärmningen till 2°C (>67%) under 2000-talet är lägre än de globala ekonomiska fördelarna av att minska uppvärmningen, såvida inte i) klimatskadorna ligger i den nedre delen av det uppskattade intervallet, eller ii) framtida skador diskonteras med hög ränta (*troligt*).⁶⁸ Modellerade utvecklingsvägar i vilka de globala utsläppen kulminerar mellan nu och senast 2025, jämfört med modellerade utvecklingsvägar med en senare kulminering, medför snabbare omställning på kort sikt och högre initiala investeringar, men ger dels långsiktiga vinster för ekonomin, dels tidigare fördelar av undvikna effekter av klimatförändringen (*mycket troligt*). Det är svårt att kvantifiera den exakta omfattningen av dessa vinster och fördelar. {1.7, 3.6, arbetsgruppsövergripande ruta 1 i kapitel 3, ruta TS.7; WGII SPM B.4}

⁶⁴ I modellerade utvecklingsvägar i vilka uppvärmningen begränsas till 2°C (>67%) eller lägre.

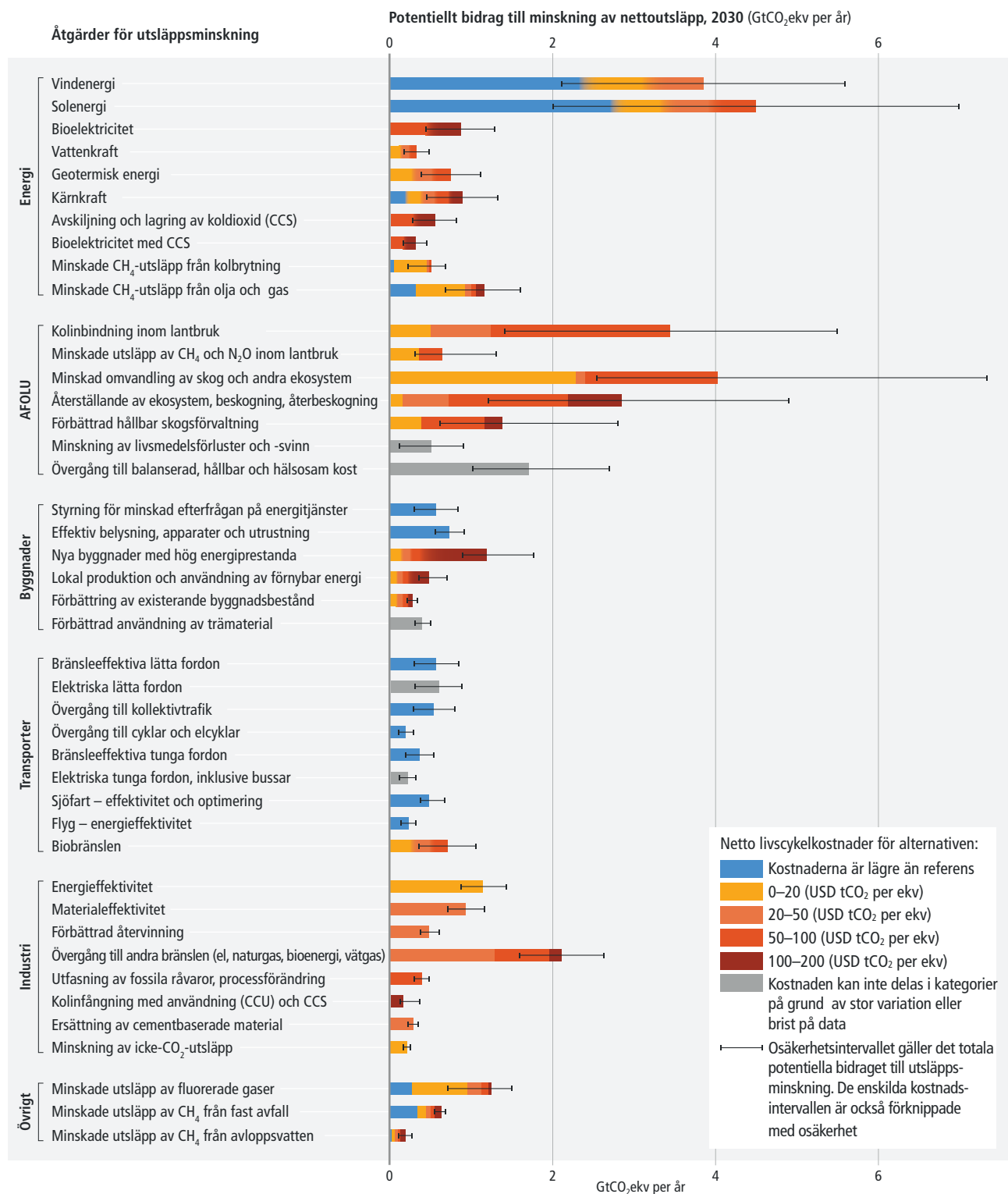
⁶⁵ Den metod som ligger till grund för utvärderingen beskrivs i bildtexten till figur SPM.7.

⁶⁶ Dessa uppskattningar bygger på 311 utvecklingsvägar i vilka effekter av utsläppsminskning på BNP har beräknats och kan klassificeras i temperaturkategorier, men som inte tar hänsyn till skador till följd av klimatförändringen eller anpassningskostnader och som oftast inte återspeglar de ekonomiska effekterna av utsläppsminskningens samfördelar och målkonflikter. De angivna intervallerna är kvartilavstånd. De kvantifierade makroekonomiska konsekvenserna varierar i hög grad beroende på teknikrelaterade antaganden, utformningen av klimat- och utsläppsmål, modellstruktur och antaganden samt i vilken utsträckning man tar hänsyn till redan existerande ineffektiviteter. De modeller som har gett upphov till de utvecklingsvägar som klassificerats i temperaturkategorier representerar inte hela mångfalden av befintliga modelleringsparadigm, och det finns modeller i litteraturen som visar på högre utsläppsminskningsskostnader, eller omvänt lägre kostnader och till och med vinster. {1.7, 3.2, 3.6, bilaga III.I.2, III.I.9, III.I.10 och III.II.3}

⁶⁷ I modellerade kostnadseffektiva utvecklingsvägar med ett globalt enhetligt koldioxidpris, utan internationella finansiella överföringar eller kompletterande åtgärder, beräknas kolintensiva och energiexporterande länder bära relativt sett högre utsläppsminskningsskostnader på grund av en djupare omvandling av deras ekonomier och förändringar på de internationella energimarknaderna. {3.6}

⁶⁸ Evidensen är för begränsad för en liknande robust slutsats om att begränsa uppvärmningen till 1,5°C.

Många av de åtgärder som nu finns tillgängliga inom alla sektorer beräknas erbjuda betydande potential för minskade nettoutsläpp till 2030. Relativa potentialer och kostnader kommer att variera mellan länder och också på längre sikt jämfört med 2030.



Figur SPM.7 | Översikt över utsläppsminskningståtgärder och deras uppskattade kostnader och potential vid år 2030.

Figur SPM.7 (fortsättning): Översikt över utsläppsminskningssåtgärder och deras uppskattade kostnader och potential vid år 2030. De kostnader som anges är netto livstidskostnader för utsläpp av växthusgaser som undviks. Kostnaderna är beräknade i förhållande till en referensteknik. Utvärderingarna per sektor är genomförda med en gemensam metod, inklusive definition av potentialer, målår, referensscenarier och kostnadsdefinitioner. Utsläppsminskningspotentialen (visas på den horisontella axeln) är den mängd nettominskningar av växthusgasutsläpp som kan uppnås med en viss åtgärd i förhållande till en viss baslinje för utsläpp. Nettominskningar av växthusgasutsläpp är summan av minskade utsläpp och/eller ökade sänkor. Den referens som används består av referensscenarier med nuvarande politik (ca 2019) från AR6-scenariodatabasen (25/75 percentilvärden). Utvärderingen bygger på cirka 175 underliggande källor som tillsammans ger en representativ bild av utsläppsminskningspotentialer i alla regioner. Utsläppsminskningspotentialen utvärderas oberoende av varandra för varje alternativ och är inte nödvändigtvis additiv. {12.2.1, 12.2.2} Längden på de heldragna staplarna representerar alternativens utsläppsminskningspotential. Konfidensintervallerna visar hela spannet för uppskattningarna av den totala utsläppsminskningspotentialen. Orsaker till osäkerhet i kostnadsberäkningarna är bland annat antaganden om den tekniska utvecklingstakten, regionala skillnader och stordriftsfördelar. Dessa osäkerheter visas inte i figuren. Potentialen är uppdelad i kostnadskategorier som anges med olika färger (se den insatta rutan i figuren). Endast diskonterade monetära livstidskostnader beaktas. En gradvis färgövergång anger att uppdelningen av potentialen i kostnadskategorier inte är väl känd eller beror i hög grad på faktorer som plats, resurstillgång och regionala förhållanden, och färgerna anger intervallet av uppskattningar. Kostnaderna är tagna direkt från de underliggande studierna (som mestadels avser perioden 2015-2020) eller från nya databaser. Ingen inflationskorrigering har tillämpats med tanke på de stora kostnadsintervall som använts. Kostnaderna för referensteknikerna hämtades också från de underliggande studierna och nya databaser. Kostnadsminskningar till följd av tekniskt lärande har beaktats.⁶⁹

- Vid tolkningen av denna figur bör följande beaktas:
- Utsläppsminskningspotentialen är osäker, eftersom den beror på vilken referensteknik (och vilka utsläpp) som ersätts, hur snabbt ny teknik införs och flera andra faktorer.
- Uppskattningar av kostnader och utsläppsminskningspotential har extrapolerats från tillgängliga sektorsvisa studier. Faktiska kostnader och potential varierar beroende på plats, sammanhang och tid.
- Bortom 2030 förväntas den relativa betydelsen av de utvärderade utsläppsminskningssåtgärderna förändras, särskilt när långsiktiga utsläppsminskningmål eftersträvas, och tyngdpunkten för specifika alternativ kommer att variera mellan olika regioner (för specifika utsläppsminskningssåtgärder se avsnitten C4.1, C5.2, C7.3, C8.3 och C9.1).
- Olika alternativ har olika genomförbarhet utöver kostnadsaspekterna, vilket inte återspeglas i figuren (se avsnitt E.1).
- Potentialen i kostnadsintervallet 100-200 USD per ton koldioxidekvivalenter kan vara underskattad för vissa åtgärder.
- Kostnaderna för att integrera intermitterande förnybar energi i elsystemen förväntas vara blygsamma fram till 2030 och är inte inkluderade på grund av att sådana kostnaders hänförande till enskilda teknikalternativ är komplext.
- Kategorierna för kostnadsintervall är ordnade från låga till höga. Denna ordning innebär inte att genomförandet skulle ske i en viss ordning.
- Externaliteter beaktas inte. {12.2, tabell 12.3, 6.4, tabell 7.3, tilläggsmaterial tabell 9.SM.2, tilläggsmaterial tabell 9.SM.3, 10.6, 11.4, figur 11.13, tilläggsmaterial 12.SM.A.2.3}

⁶⁹ För kärnkraft ingår modellerade kostnader för långtidsförvaring av radioaktivt avfall.

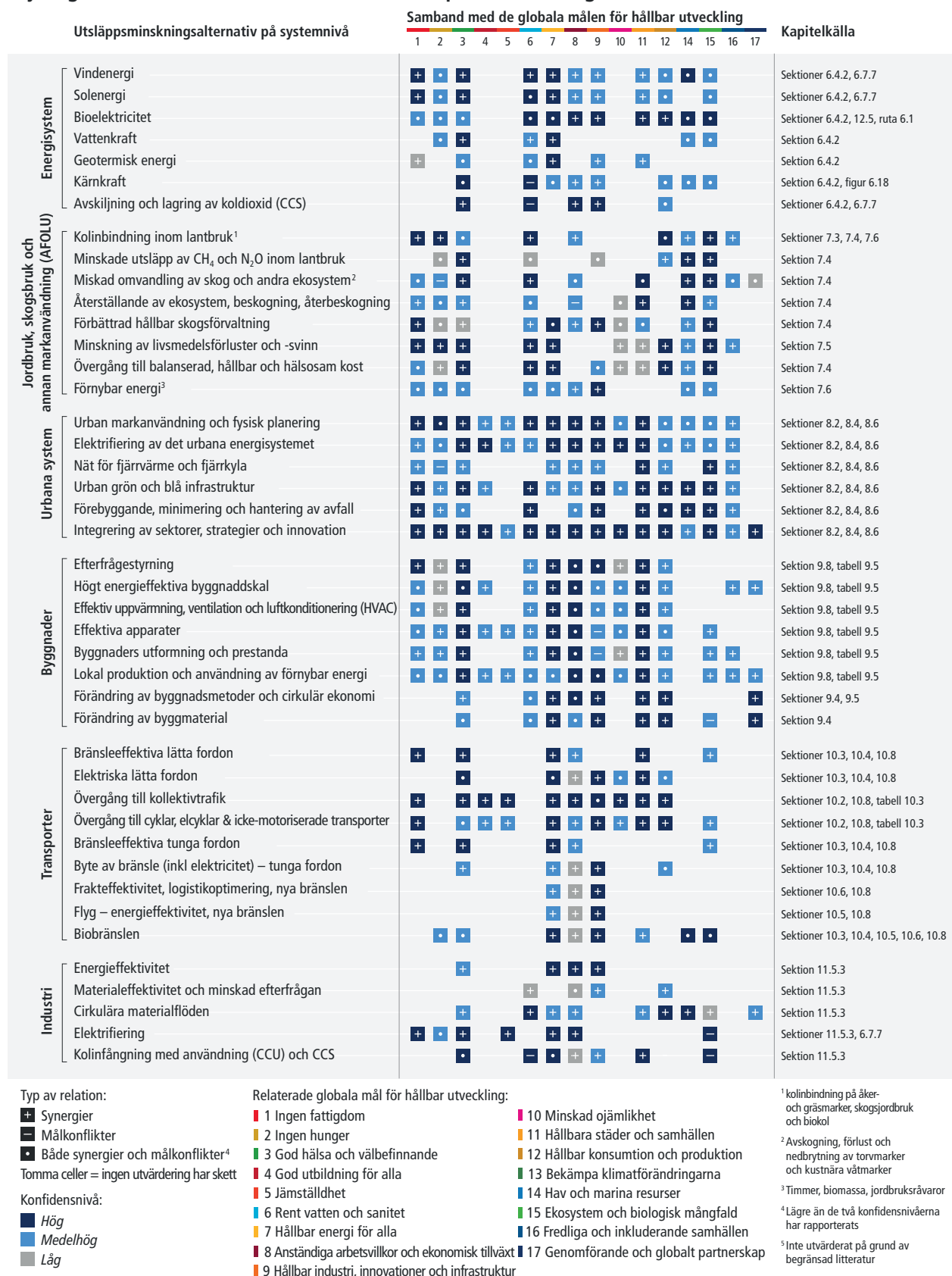
D. Utsläppsminskning, anpassning och hållbar utveckling

- D.1** Snabbare och rättvisa klimatåtgärder för att minska utsläppen och anpassning till effekterna av klimatförändringen är avgörande för hållbar utveckling. Klimatåtgärder kan också leda till vissa målkonflikter. Avvägningarna mellan enskilda åtgärdsalternativ kan hanteras genom utformning av politiken. De globala målen för hållbar utveckling som antagits inom ramen för FN:s Agenda 2030 kan användas som en grund för att utvärdera klimatåtgärder inom ramen för hållbar utveckling. (*mycket troligt*) (figur SPM.8) {1.6, 3.7, 17.3, figur TS.29}
- D.1.1** Klimatförändringen är en följd av mer än ett sekel av nettoutsläpp av växthusgaser från ohållbar energianvändning, markanvändning och förändrad markanvändning, livsstilar och konsumtions- och produktionsmönster. Utan brådskanie, effektiva och rättvisa utsläppsminskningsåtgärder blir klimatförändringen ett allt större hot för hälsan och försörjningsmöjligheterna för människor runt om i världen, ekosystemhälsan och biologisk mångfald. Det finns både synergieffekter och målkonflikter mellan klimatåtgärder och strävan efter andra globala mål för hållbar utveckling. Snabba och rättvisa klimatåtgärder för att minska utsläppen och anpassning till klimatförändringens effekter är avgörande för hållbar utveckling. (*mycket troligt*) {1.6, kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 7.2, 7.3, 17.3; AR6 WGI SPM.A, figur SPM.2; AR6 WGII SPM.B2, figur SPM.3, figur SPM.4b, figur SPM.5}
- D.1.2** Synergier och målkonflikter beror på utvecklingssammanhanget inklusive ojämlikheter, med hänsyn tagen till klimaträttvisa. De beror också på hur genomförandet går till, interaktioner inom och mellan sektorer, samarbete mellan länder och regioner, sekvensering, timing och bestämdhet i utsläppsminskningsåtgärder, styrning och politikens utformning. Att maximera synergier och undvika målkonflikter är en särskild utmaning för utvecklingsländer, sårbara befolkningar och ursprungsbefolkningar med begränsad institutionell, teknisk och finansiell kapacitet, och med begränsat socialt, mänskligt och ekonomiskt kapital. Målkonflikter kan utvärderas och minimeras genom att man lägger tonvikten på kapacitetsuppbyggnad, finansiering, styrning, tekniköverföring, investeringar och överväganden om utveckling och social jämlikhet med meningsfullt deltagande av ursprungsbefolkningar och sårbara befolkningsgrupper. (*mycket troligt*) {1.6, 1.7, 3.7, 5.2, 5.6, 7.4, 7.6, 17.4}
- D.1.3** Det finns potentiella synergier mellan hållbar utveckling och energieffektivitet, förnybar energi, stadsplanering med fler grönområden, minskade luftföroreningar och åtgärder på efterfrågesidan för utsläppsminskning inklusive övergång till balanserade, hållbara och hälsosamma matvanor (*mycket troligt*). Elektrifiering i kombination med energi med låga växthusgasutsläpp och övergång till kollektivtrafik kan bidra till bättre hälsa och sysselsättning, och bidra till att trygga energiförsörjning och rättvisa (*mycket troligt*). Inom industrin bidrar elektrifiering och cirkulära materialflöden till minskat tryck på miljön och till ökad ekonomisk aktivitet och sysselsättning. Vissa industriella alternativ kan dock medföra höga kostnader (*troligt*). (figur SPM.8) {5.2, 8.2, 11.3, 11.5, 17.3, figur TS.29}
- D.1.4** Markbaserade åtgärder som återbeskogning och bevarande av skog, undviken avskogning och återställande och bevarande av naturliga ekosystem och biologisk mångfald, förbättrad hållbar skogsförvaltning, skogsjordbruk, förvaltning av kol i jordar och alternativ som minskar metan- och lustgasutsläpp inom jordbruket från boskap och mark, kan ha flera synergier med de globala målen för hållbar utveckling. Det handlar bland annat om att öka hållbar jordbruksproduktivitet och motståndskraft, livsmedelsförsörjning, tillhandahållandet av ytterligare biomassa för mänsklig användning och att ta itu med markförsämrning. Att maximera synergier och hantera målkonflikter beror på specifika metoder, genomförandets omfattning, styrning, kapacitetsuppbyggnad, integrering med befintlig markanvändning, deltagande av lokala samhällen och ursprungsbefolkningar, och genom fördelning av vinster som stöds av ramar som t ex markförstörensneutralitet inom UNCCD. (*mycket troligt*) {3.7, 7.4, 12.5, 17.3}
- D.1.5** Målkonflikter när det gäller sysselsättning, vattenanvändning, konkurrens om markanvändning och biologisk mångfald samt tillgång till och överkomliga priser på energi, livsmedel och vatten kan undvikas genom väl genomförda markrelaterade utsläppsminskningsåtgärder, särskilt sådana som inte hotar befintlig hållbar markanvändning och markrättigheter, även om det krävs fler ramverk för ett integrerat genomförande av strategier. Hållbarheten hos bioenergi och andra biobaserade produkter påverkas av råvaror, hur marken förvaltas, klimatzon, det befintliga sammanhanget för markförvaltning samt införandets omfattning och hastighet samt tidpunkt. (*troligt*) {3.5, 3.7, 7.4, 12.4, 12.5, 17.1}
- D.1.6** CDR-metoder som kolinbindning i marken och biokol⁷⁰ kan förbättra jordkvalitet och livsmedelsproduktionskapacitet. Restaurering av ekosystem och återbeskogning binder kol i växter och mark och kan förstärka den biologiska mångfalden och tillhandahålla ytterligare biomassa, men kan också leda till att livsmedelsproduktion och försörjningsmöjligheter förskjuts, vilket kräver integrerad planering av markanvändning för att flera mål, bland annat livsmedelstrygghet, kan uppfyllas. På grund av den begränsade tillämpningen av vissa av alternativen i dag finns det dock vissa osäkerheter om potentiella nyttor. (*mycket troligt*) {3.7, 7.4, 7.6, 12.5, 17.3, tabell TS.7}.

⁷⁰ Potentiella risker, kunskapsluckor på grund av att användningen av biokol som jordförbättringsmedel är relativt omogen och okända effekter av utbredd användning, samt biokolets synergies utvärderas i 7.4.3.2.

Alternativ för utsläppsminskning har synergier med många av de globala målen för hållbar utveckling, men några alternativ kan också innebära målkonflikter.

Synergier och målkonflikter varierar beroende på sammanhang och skala.



Figur SPM.8 | Synergier och målkonflikter mellan sektoriella utsläppsminskningalternativ och utsläppsminskningalternativ på systemnivå och de globala målen för hållbar utveckling.

Figur SPM.8 (fortsättning): Synergier och målkonflikter mellan sektoriella utsläppsminskningarnas alternativ och utsläppsminskningarnas alternativ på systemnivå och de globala målen för hållbar utveckling. De sektoriella kapitlen (kapitel 6-11) innehåller kvalitativa utvärderingar av synergieffekter och målkonflikter mellan sektoriella utsläppsminskningarnas alternativ och de globala målen för hållbar utveckling. I figur SPM.8 presenteras en sammanfattning av utvärderingen på kapitelnivå för utvalda utsläppsminskningarnas alternativ (se tilläggs materialet tabell 17.SM.1 för den underliggande utvärderingen). Den sista kolumnen ger en referens till de sektorsvisa kapitlen, i vilka redogörs för detaljer om specifik kontext och hur interaktioner beror på genomförandets skala. Tomma celler anger att interaktioner inte har utvärderats på grund av begränsad litteratur. Det innebär inte att det inte skulle kunna finnas interaktioner. Konfidensnivåerna återspeglar kvaliteten på evidens och graden av samstämmighet i den underliggande litteraturen som utvärderats i de sektoriella kapitlen. Om det finns både synergier och målkonflikter anges den lägsta av konfidensnivåerna. Vissa utsläppsminskningarnas alternativ kan ha tillämpningar inom mer än en sektor eller ett system. Samspelet mellan utsläppsminskningarnas alternativ och de globala målen för hållbar utveckling kan skilja sig åt beroende på sektor eller system, och även beroende på sammanhanget och genomförandets omfattning. Genomförandets omfattning är särskilt viktig när det råder konkurrens om knappa resurser. {6.3, 6.4, 6.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.4, 8.6, figur 8.4, tilläggs material tabell 8.SM.1, tilläggs material tabell 8.SM.2, 9.4, 9.5, 9.8, tabell 9.5, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.8, tabell 10.3, 11.5, 12.5, 17.3, figur 17.1, tilläggs material tabell 17.SM.1, bilaga II.IV.12}

- D.2 Det finns en stark koppling mellan hållbar utveckling, sårbarhet och klimatrelaterade risker. Begränsade ekonomiska, sociala och institutionella resurser leder ofta till hög sårbarhet och låg anpassningsförmåga, särskilt i utvecklingsländer (*troligt*). Flera åtgärdsalternativ bidrar både till utsläppsminskning och klimatanpassning, särskilt när det gäller bosättningar, markförvaltning och i förhållande till ekosystem. Markbaserade och akvatiska ekosystem kan dock påverkas negativt av vissa utsläppsminskningarnas åtgärder, beroende på hur de genomförs (*troligt*). Samordnade sektorsövergripande strategier och planering kan maximera synergier och undvika eller minska målkonflikter mellan utsläppsminskning och anpassning (*mycket troligt*). {3.7, 4.4, 13.8, 17.3; AR6 WGII}**
- D.2.1** Hållbar urban planering och utformning av infrastruktur, inklusive gröna tak och fasader, nätverk av parker och öppna ytor, förvaltning av stadsnära skogar och våtmarker, stadsjordbruk och utformning som tar hänsyn till vatten, kan bidra till både utsläppsminskning och anpassning i bosättningar (*troligt*). Dessa alternativ kan också minska översvämningsrisker, trycket på avloppssystem i städerna, urbana värmeeffekter och ge hälsofördelar genom minskade luftföroreningar (*mycket troligt*). Det kan också finnas målkonflikter. Till exempel kan en ökad förtätning som avser att minska efterfrågan på resor medföra stor sårbarhet för värmeböljor och översvämnningar (*mycket troligt*). (figur SPM.8) {3.7, 8.2, 8.4, 12.5, 13.8, 17.3}
- D.2.2** Markrelaterade utsläppsminskningarnas alternativ med potentiella samfördelar för anpassning omfattar skogsjordbruk, täckgrödor, mellangrödor, fleråriga växter, återställande av naturlig vegetation och av försämrade mark. Dessa kan öka motståndskraften genom att upprätthålla markens produktivitet och skydda och diversifiera försörjningsmöjligheter. Återställande av mangroveträsk och kustnära våtmarker binder kol, samtidigt som det minskar kusterosionen och skyddar mot stormfloder, vilket minskar risker förknippade till havsnivåhöjning och extrema väderhändelser. (*mycket troligt*) {4.4, 7.4, 7.6, 12.5, 13.8}
- D.2.3** Vissa utsläppsminskningarnas alternativ kan öka konkurrensen om knappa resurser om bland annat mark, vatten och biomassa. Följaktligen kan de också minska anpassningskapaciteten, särskilt om de används i större skala och med hög expansionstakt, vilket förvärrar befintliga risker, särskilt där mark- och vattenresurserna är mycket knappa. Exempel på detta är storskalig eller dåligt planerad användning av bioenergi, biokol och beskogning av naturligt obevuxen mark. (*mycket troligt*) {12.5, 17.3}
- D.2.4** Samordnad politik, rättvisa partnerskap och integrering av anpassning och utsläppsminskning inom och mellan sektorer kan maximera synergier och minimera målkonflikter, och därmed öka stödet för klimatåtgärder (*troligt*). Även om omfattande globala utsläppsminskningarnas insatser genomförs kommer det att finnas ett stort behov av finansiella, tekniska och mänskliga resurser för anpassning. Avsaknad av eller begränsade resurser i sociala och institutionella system kan leda till dåligt samordnade responser, vilket minskar möjligheterna att maximera fördelarna med utsläppsminskning och anpassning, och ökar risker (*mycket troligt*). {12.6, 13.8, 17.1, 17.3}

- D.3 Ökade utsläppsminskningssåtgärder och åtgärder på bredare front för att rikta utvecklingsvägar mot hållbarhet kommer att få fördelningseffekter inom och mellan länder. Uppmärksamhet på rättvisa och ett brett och meningsfullt deltagande av alla relevanta aktörer i beslutsfattandet på alla skalor kan bygga upp socialt förtroende och både fördjupa och bredda stödet för transformativa förändringar. (*mycket troligt*) {3.6, 4.2, 4.5, 5.2, 13.2, 17.3, 17.4}**
- D.3.1** Länder i alla stadier av ekonomisk utveckling strävar efter att förbättra befolkningens välbefinnande, och deras utvecklingsprioriteringar återspeglar olika utgångspunkter och sammanhang. Olika sammanhang omfattar sociala, ekonomiska, miljömässiga, kulturella eller politiska förhållanden, resurstillgångar, kapacitet, internationell omgivning och historia. De möjliggörande förutsättningarna för att rikta utvecklingsvägar mot ökad hållbarhet kommer därför också att skilja sig åt, vilket ger upphov till olika behov. (*mycket troligt*) (figur SPM.2) {1.6, 1.7, 2.4, 2.6, kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 4.3.2, 17.4}
- D.3.2** Ambitiösa åtgärder för att minska utsläppen innebär stora och ibland disruptiva förändringar i ekonomisk struktur, med betydande fördelningskonsekvenser inom och mellan länder. Rättvisa kvarstår som en central del av FN:s klimatarbete, trots förändringar i differentieringen mellan stater över tid och utmaningar när det gäller att bedöma rättvisa åtaganden. De fördelningspolitiska konsekvenserna inom och mellan länder inbegriper en förskjutning av inkomster och sysselsättning under övergången från verksamheter och aktiviteter med höga utsläpp till låga utsläpp. Även om en del arbetstillfällen kan gå förlorade kan utvecklingen med låga utsläpp också ge fler möjligheter till att öka kompetenser och skapa fler bestående jobb, med skillnader mellan länder och sektorer. Integrerad politik kan förbättra förmågan att integrera överväganden om jämlikhet, jämställdhet (gender) och rättvisa. (*mycket troligt*) {1.4, 1.6, 3.6, 4.2, 5.2, ruta 11.1, 14.3, 15.2, 15.5, 15.6}
- D.3.3** Ojämlikhet i fördelningen av utsläpp och i effekterna av utsläppsminskningssåtgärder inom länder påverkar den sociala sammanhållningen och acceptansen av utsläppsminskningsspolitiken och annan miljöpolitik. Jämlikhet och rättvis omställning kan möjliggöra påskyndade utsläppsminskningar. Att tillämpa principer för rättvis omställning och genomföra dem genom kollektiva och deltagande beslutsprocesser är ett effektivt sätt att integrera principerna om rättvisa i politiken i alla skalor, på olika sätt beroende på nationella omständigheter (*troligt*). Detta sker redan i många länder och regioner, eftersom nationella kommissioner eller arbetsgrupper för rättvis omställning och tillhörande nationella strategier har inrättats i flera länder. En mångfald av aktörer, nätverk och rörelser är engagerade (*mycket troligt*). {1.6, 1.7, 2.4, 2.6, 4.5, 13.2, 13.9, 14.3, 14.5}
- D.3.4** Breddad rättvis tillgång till nationell och internationell finansiering, teknik som underlättar utsläppsminskning, och kapacitet, samtidigt som man uttryckligen tar hänsyn till behoven, kan ytterligare integrera jämlikhet och rättvisa i nationell och internationell politik och fungera som en katalysator för att påskynda utsläppsminskning och förändra utvecklingsvägar (*troligt*). Hänsyn till etik och rättvisa kan bidra till att hantera den ojämna fördelningen av negativa effekter i samband med 1,5°C och högre nivåer av global uppvärmning, i alla samhällen (*mycket troligt*). Beaktande av klimaträttvisa kan bidra till att underlätta att rikta utvecklingsvägar mot hållbarhet, bland annat genom en rättvis fördelning av nyttor och bördor relaterade till utsläppsminskning, ökad motståndskraft mot klimatförändringens effekter, särskilt för sårbara länders och samhällens del, och rättvist tillhandahållit stöd till dem som behöver det (*mycket troligt*). {1.4, 1.6, 1.7, 3.6, 4.2, 4.5, ruta 5.10, 13.4, 13.8, 13.9, 14.3, 14.5, 15.2, 15.5, 15.6, 16.5, 17.3, 17.4; SR1,5 SPM, AR6 WGII kap 18}

E. Förstärkning av responserna och åtgärderna

- E.1** Det finns utsläppsminskningalternativ som är möjliga⁷¹ att införa i stor skala på kort sikt. Genomförbarheten skiljer sig åt mellan olika sektorer och regioner, och beroende på kapacitet samt genomförandets takt och storlek. Hindren för genomförbarhet behöver minskas eller avlägsnas och möjliggörande förutsättningar⁷² stärkas för att utsläppsminskningens åtgärder ska kunna införas i stor skala. Dessa hinder och möjliggörande förutsättningar omfattar geofysiska, miljöekologiska, tekniska och ekonomiska faktorer, och i synnerhet institutionella och sociokulturella faktorer. Stärkta åtgärder på kort sikt utöver de nationellt fastställda bidragen (som tillkännagavs före UNFCCC COP26) kan minska och/eller undvika långsiktiga utmaningar med att genomföra globala modellerade utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 1,5°C (>50%) utan eller med begränsat överskridande. (*mycket troligt*) {3.8, 6.4, 8.5, 9.9, 10.8, 12.3, figur TS.31, bilaga II.IV.11}
- E.1.1** Flera utsläppsminskningalternativ, särskilt solenergi, vindkraft, elektrifiering av urbana system, grön infrastruktur i städerna, energieffektivitet, styrning av efterfrågan, förbättrad förvaltning av skogar, jordbruksmarker och gräsmarker samt minskade matförluster och -svinn, är tekniskt genomförbara. De blir alltmer kostnadseffektiva och också får allmänt stöd av allmänheten. Detta gör det möjligt att införa dem i många regioner (*mycket troligt*). Även om många utsläppsminskningalternativ har miljörelaterade fördelar, bland annat förbättrad luftkvalitet och minskat giftigt avfall, har många också negativa miljörelaterade effekter, till exempel minskad biologisk mångfald, när de tillämpas i mycket stor skala, till exempel mycket storskalig bioenergi eller storskalig användning av batterilager, som måste hanteras (*troligt*). Nästan alla utsläppsminskningalternativ står inför institutionella hinder som behöver åtgärdas för att de ska kunna tillämpas i stor skala (*troligt*). {6.4, figur 6.19, 7.4, 8.5, figur 8.19, 9.9, figur 9.20, 10.8, figur 10.23, 12.3, figur 12.4, figur TS.31}
- E.1.2** Genomförbarheten av utsläppsminskningalternativ varierar beroende på sammanhang och tid. Till exempel varierar den institutionella kapaciteten för att stödja tillämpning mellan olika länder, genomförbarheten för alternativ som innebär storskaliga förändringar av markanvändningen varierar mellan olika regioner, fysisk planering har en högre potential i tidiga stadier av urban utveckling, potentialen för geotermisk energi är platsspecifik. Kapacitet, kulturella och lokala förhållanden kan antingen hindra eller möjliggöra responser på efterfrågesidan. Utnyttjandet av sol- och vindenergi har utvärderats att bli alltmer genomförbart med tiden. Genomförbarheten för vissa alternativ kan öka när de kombineras eller integreras, t ex när mark används för både jordbruk och centraliserad solenergi. (*mycket troligt*) {6.4, 6.6, tilläggsmaterial tabell 6.SM, 7.4, 8.5, tilläggsmaterial tabell 8.SM.2, 9.9, tilläggsmaterial tabell 9.SM.1, 10.8, bilaga 10.3, 12.3, tabellerna 12.SM.B.1 - 12.SM.B.6}
- E.1.3** Genomförbarheten beror på omfattningen och takten i genomförandet. De flesta alternativ möter hinder när de genomförs snabbt och i stor skala, men i vilken skala hindren visar sig varierar. Stärkta och samordnade åtgärder på kort sikt i kostnadseffektiva modellerade globala utvecklingsvägar som begränsar uppvärmningen till 2°C (>67%) eller lägre, minskar de sammantagna riskerna för systemövergångars genomförbarhet, jämfört med modellerade utvecklingsvägar med relativt försenade eller icke-samordnade åtgärder.⁷³ (*mycket troligt*) {3.8, 6.4, 10.8, 12.3}

⁷¹ I denna rapport avser termen "genomförbarhet" potentialen för att genomföra en åtgärd för utsläppsminskning eller anpassning. Faktorer som påverkar genomförbarheten är kontextberoende och kan förändras med tiden. Genomförbarhet beror på geofysiska, miljöekologiska, tekniska, ekonomiska, sociokulturella och institutionella faktorer som möjliggör eller begränsar genomförandet av ett alternativ. Åtgärders genomförbarhet kan förändras när olika alternativ kombineras och öka när möjliggörande förutsättningar stärks.

⁷² I denna rapport avser termen "möjliggörande förutsättningar" villkor som ökar genomförbarheten av anpassnings- och utsläppsminskningens åtgärder. Till de möjliggörande villkor hör finansiering, teknisk innovation, förstärkning av politiska instrument, institutionell kapacitet, styrning på flera nivåer och förändringar i människors beteende och livsstil.

⁷³ De framtida utmaningar relaterade till genomförbarhet som beskrivs i de modellerade utvecklingsvägarna kan skilja sig från tidigare erfarenheter av genomförbarhet i den verkliga världen.

- E.2** I alla länder kan insatser för utsläppsminskning som är inbäddade i ett bredare utvecklingssammanhang öka takten, storleken och bredden på utsläppsminskningar (*troligt*). Politiska åtgärder som riktar utvecklingsvägar mot hållbarhet kan bredda portföljen av tillgängliga utsläppsminskningståtgärder och göra det möjligt att uppnå synergier med utvecklingsmål (*troligt*). Åtgärder kan vidtas nu för att skapa utvecklingsvägar och påskynda utsläppsminskning och övergångar i alla system (*mycket troligt*). {4.3, 4.4, kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 5.2, 5.4, 13.9, 14.5, 15.6, 16.3, 16.4, 16.5}
- E.2.1** De nuvarande utvecklingsvägarna kan skapa beteendemässiga, rumsliga, ekonomiska och sociala hinder för en snabbare utsläppsminskning på alla skalor (*mycket troligt*). De val som görs av beslutsfattare, medborgare, den privata sektorn och andra intressenter påverkar samhällets utvecklingsvägar (*mycket troligt*). Åtgärder som styr t ex omställningar av energi- och markrelaterade system, strukturella förändringar i hela ekonomin och beteendeförändringar kan skifta utvecklingsvägar mot hållbarhet⁷⁴ (*troligt*). {4.3, kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 5.4, 13.9}
- E.2.2** Genom att kombinera utsläppsminskning med politiska åtgärder för att ändra utvecklingsvägar, t ex bredare sektorsstrategier, politik som leder till livsstilsförändringar eller beteendeförändringar, finansiell reglering eller makroekonomisk politik, är det möjligt att övervinna hinder och öppna upp för ett bredare spektrum av utsläppsminskningalternativ (*mycket troligt*). Det kan också underlätta kombinationen av utsläppsminskning och andra utvecklingsmål (*mycket troligt*). Exempelvis kan åtgärder som främjar promenadvänliga städer i kombination med elektrifiering och förnybar energi skapa hälsovinster genom renare luft och fördelar av ökad rörlighet (*mycket troligt*). Samordnade bostadspolitiska åtgärder som breddar möjligheterna till omlokalisering kan göra utsläppsminskande åtgärder inom transportområdet mer effektiva (*troligt*). {3.2, 4.3, 4.4, kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 5.3, 8.2, 8.4}
- E.2.3** Institutionell och regleringsmässig kapacitet, innovation, finansiering, förbättrad styrning och samarbete mellan olika skalor samt en politik med flera mål gör möjliggör större utsläppsminskning och att ändra utvecklingsvägar. Sådana insatser kan vara ömsesidigt förstärkande och skapa positiva återkopplingsmekanismer som leder till snabbare utsläppsminskning. (*mycket troligt*) {4.4, 5.4, figur 5.14, 5.6, 9.9, 13.9, 14.5, 15.6, 16.3, 16.4, 16.5, kapitelöverskridande ruta 12 i kapitel 16}
- E.2.4** Förbättrade åtgärder vad gäller alla ovanstående möjliggörande förutsättningar kan vidtas redan nu (*mycket troligt*). I vissa situationer, t ex när det gäller teknisk innovation i ett tidigt utvecklingsstadium och vissa beteendeförändringar mot låga utsläpp, kan åtgärder på kort sikt leda till snabbare minskning på medellång sikt, eftersom det kan ta tid att skapa de möjliggörande förutsättningarna (*mycket troligt*). I andra situationer kan de möjliggörande förutsättningarna skapas och ge resultat på relativt kort tid, t ex tillhandahållande av energirelaterad information, rådgivning och återkoppling för att främja energibesparande beteende (*mycket troligt*). {4.4, 5.4, figur 5.14, 5.6, 6.7, 9.9, 13.9, 14.5, 15.6, 16.3, 16.4, 16.5, kapitelöverskridande ruta 12 i kapitel 16}
- E.3** Klimatrelaterad styrning, som verkar genom lagar, strategier och institutioner, baserat på nationella förhållanden, stödjer utsläppsminskning genom att tillhandahålla ramverk genom vilka olika aktörer interagerar, och en grund för utveckling och genomförande av politik (*troligt*). Klimatrelaterad styrning är som mest effektiv när den integrerar över flera politikområden, bidrar till synergier och att minimera målkonflikter och kopplar samman nationella och subnationella nivåer för beslutsfattande (*mycket troligt*). En effektiv och rättvis klimatrelaterad styrning bygger på samverkan med civilsamhället, politiska aktörer, företag, de unga, arbetsmarknadens parter, media, ursprungsbefolkningar och lokala samhällen (*troligt*). {5.4, 5.6, 8.5, 9.9, 13.2, 13.7, 13.9}
- E.3.1** Klimatstyrning möjliggör utsläppsminskning genom en övergripande inriktning, fastställandet av mål, integrering av klimatåtgärder i alla politikområden, ökad säkerhet i lagstiftning, skapandet av specialiserade organisationer och skapandet av förutsättningar för att mobilisera finansiering (*troligt*). Dessa funktioner kan främjas av bland annat klimatrelaterade lagar, som blir allt fler, eller av klimatstrategier, som utgår från nationella och subnationella sammanhang (*troligt*). Ramlagar utgör en övergripande rättslig grund, som antingen fungerar genom en mål- och genomförandestrategi eller genom en strategi för integrering i olika sektorer, eller båda, beroende på nationella förhållanden (*troligt*). Direkta nationella och subnationella lagar som uttryckligen är inriktade på utsläppsminskning och indirekta lagar som påverkar utsläppen genom andra politikområden har båda visat sig vara relevanta (*troligt*). {13.2}

⁷⁴ Hållbarhet kan tolkas på olika sätt i olika sammanhang eftersom samhällen strävar efter en mängd olika mål för hållbar utveckling.

- E.3.2** Effektiva nationella klimatinstitutioner tar itu med samordning mellan sektorer, skalor och aktörer, bygger upp konsensus för åtgärder bland olika intressen och informerar strategibildning (*troligt*). Dessa funktioner utförs ofta genom oberoende nationella expertorgan och samordningsorgan på hög nivå som överskrider departementens mandat. Kompletterande subnationella institutioner skräddarsyr utsläppsminskningens åtgärder till lokala sammanhang och möjliggör experiment, men kan begränsas av orättvisor och resurs- och kapacitetsbegränsningar (*mycket troligt*). Effektiv styrning kräver tillräcklig institutionell kapacitet på alla nivåer (*mycket troligt*). {4.4, 8.5, 9.9, 11.3, 11.5, 11.6, 13.2, 13.5, 13.7, 13.9}
- E.3.3** Den utsträckning i vilken civilsamhällets aktörer, politiska aktörer, företag, ungdomar, arbetsmarknadens aktörer, medier, ursprungsbefolkningar och lokala samhällen är engagerade påverkar det politiska stödet för utsläppsminskning och vilken effekt styrmedel får. Strukturella faktorer som rör nationella förhållanden och kapacitet (t ex ekonomiska och naturliga resurser, politiska system och kulturella faktorer samt hänsyn till gender) påverkar bredden och djupet i klimatrelaterad styrning. Det är lättare att anta och genomföra alternativ för utsläppsminskning som överensstämmer med rådande idéer, värderingar och uppfattningar. Klimatrelaterade tvistemål ökar, till exempel från regeringar, den privata sektorn, civilsamhället och individer, med ett stort antal fall i vissa utvecklade länder och ett mycket mindre antal i vissa utvecklingsländer, och har i vissa fall påverkat utfallet och ambitionen för klimatstyrning. (*troligt*) {5.2, 5.4, 5.5, 5.6, 9.9, 13.3, 13.4}
- E.4** **Många rättsliga och ekonomiska instrument har redan tillämpats med framgång. Instrumentens utformning kan bidra till att uppnå rättvisa och andra mål. Dessa instrument skulle kunna stödja stora utsläppsminskningar och stimulera innovation om de skalades upp och tillämpades i större utsträckning (*mycket troligt*). Politiska paket som möjliggör innovation och bygger upp kapacitet har bättre förutsättningar att stödja en övergång till en rättvis framtid med låga utsläpp än enskilda politiska åtgärder (*mycket troligt*). Paket som omfattar hela ekonomin och som är förenliga med nationella förhållanden kan uppfylla kortsiktiga ekonomiska mål samtidigt som utsläppen minskas och utvecklingsvägarna riktas mot hållbarhet (*troligt*). {kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 13.6, 13.7, 13.9, 16.3, 16.4, 16.6}**
- E.4.1** Ett stort antal regleringsinstrument på sektorsnivå har visat sig vara effektiva för att minska utsläppen. Dessa instrument, och breda strategier som inkluderar relevanta ekonomiska instrument,⁷⁵ kompletterar varandra. (*mycket troligt*) Regleringsinstrument som är utformade för att genomföras med flexibilitetsmekanismer kan minska kostnader (*troligt*). En uppskalning och ökad användning av regleringsinstrument, som är förenlig med nationella förhållanden, skulle kunna förbättra utsläppsminskningens utfallen i sektoriella tillämpningar, inklusive men inte begränsat till förnybar energi, markanvändning och fysisk planering, byggnormer, fordons- och energieffektivitet, bränslenormer, samt industriella processer och material med låga utsläpp (*mycket troligt*). {6.7, 7.6, 8.4, 9.9, 10.4, 11.5, 11.6, 13.6}
- E.4.2** Ekonomiska instrument har varit effektiva när det gäller att minska utsläppen, kompletterade med regleringsinstrument främst på nationell nivå och även på subnationell och regional nivå (*mycket troligt*). Där de har genomförts har prissättning av utsläpp gett incitament till lågkostnadsåtgärder för att minska utsläppen, men i sig själva och till de rådande priserna under utvärderingsperioden har de varit mindre effektiva för att främja de åtgärder med högre kostnad, som är nödvändiga för att åstadkomma ytterligare minskningar (*troligt*). Rättvisa och fördelningseffekter av sådana instrument för prissättning av utsläpp kan åtgärdas t ex genom att intäkter från koldioxidskatter eller handel med utsläppsrätter används för att stödja låginkomsthushåll (*mycket troligt*). Praktiska erfarenheter har gett information om instruments utformning och bidragit till att förbättra förutsägbarhet, miljöeffektivitet, ekonomisk effektivitet, fördelningsmål och social acceptans (*mycket troligt*). Ett avskaffande av subventioner för fossila bränslen skulle minska utsläppen, förbättra de offentliga inkomsterna och den makroekonomiska utvecklingen, och ge andra fördelar för miljön och en hållbar utveckling; avskaffande av subventioner kan få negativa fördelningseffekter, särskilt för de ekonomiskt mest utsatta grupperna, som i vissa fall kan mildras genom åtgärder som omfördelning av sparade intäkter, vilket allt beror på nationella omständigheter (*mycket troligt*); avskaffande av subventioner för fossila bränslen beräknas i olika studier minska globala koldioxidutsläpp med 1-4 procent, och växthusgasutsläpp med upp till 10 procent vid 2030, med en variation mellan olika regioner (*troligt*). {6.3, 13.6}
- E.4.3** Innovation som avser lågutsläppande teknik stärks genom en kombination av särskilda teknikdrivande styrmedel och investeringar (t ex för vetenskaplig utbildning, FoU, demonstration) och skräddarsydda efterfrågedrivande strategier (t ex standarder, inmatningstariffer, skatter), som skapar incitament och marknadsmöjligheter. Utvecklingsländernas förmåga att använda lågutsläppande teknik, dra nytta av socioekonomiska fördelar och hantera målkonflikter skulle förbättras genom sådana ökade finansiella resurser och innovationskapacitet, som för närvarande är koncentrerade till industriländerna, samt tekniköverföring. (*mycket troligt*) {16.2, 16.3, 16.4, 16.5}

⁷⁵ Ekonomiska instrument är utformade för att ge ett finansiellt incitament för att minska utsläppen och omfattar bland annat marknads- och prisbaserade instrument.

- E.4.4** Effektiva politiska åtgärds paket skulle ha omfattande räckvidd, vara inriktade på en tydlig vision för förändring, vara balanserade mellan olika mål, anpassas till specifika teknik- och systembehov, vara konsekventa i sin utformning och skräddarsydda för nationella förhållanden. De har bättre möjligheter att leda till synergier och undvika målkonflikter mellan klimat- och utvecklingsmålen. Exempel: utsläppsminskningar från byggnader genom en blandning av effektivitetsmål, byggnormer, prestandastandarder för apparater, tillhandahållande av information, prissättning av utsläpp, finansiering och tekniskt stöd, och minskningar av växthusgasutsläpp från industrin genom innovationsstöd, marknadsskapande och kapacitetsuppbyggnad. (*mycket troligt*) {4.4, 6.7, 9.9, 11.6, 13.7, 13.9, 16.3, 16.4}
- E.4.5** Paket som omfattar hela ekonomin och som stöder utsläppsminskning och undviker negativa miljökonsekvenser är bland annat: långsiktiga åtaganden om offentliga utgifter, reform av prissättning och investeringar i utbildning, naturkapital, FoU och infrastruktur (*mycket troligt*). De kan uppfylla kortsiktiga ekonomiska mål samtidigt som de minskar utsläppen och flyttar på utvecklingsvägar mot hållbarhet (*troligt*). Infrastrukturinvesteringar kan utformas för att främja en framtid med låga utsläpp som uppfyller utvecklingsbehoven (*troligt*). {kapitelöverskridande ruta 5 i kapitel 4, 5.4, 5.6, 8.5, 13.6, 13.9, 16.3, 16.5, 16.6}
- E.4.6** Nationella strategier för att stödja teknikutveckling och teknikspridning samt deltagande i internationella utsläppsmarknader kan ge positiva spridningseffekter för andra länder (*troligt*), även om minskad efterfrågan på fossila bränslen kan leda till kostnader för exportländerna (*mycket troligt*). Det finns ingen samstämmig evidens för att de nuvarande utsläppshandelssystemen har lett till något betydande utsläppsläckage, vilket bland annat kan tillskrivas systemens utformning för att minimera konkurrenseffekter (*troligt*). {13.6, 13.7, 13.8, 16.2, 16.3, 16.4}
- E.5** **De dokumenterade finansiella flödena har inte nått de nivåer som krävs för att uppnå utsläppsminskningens målen inom alla sektorer och regioner. Utmaningen att minska gapen är störst i utvecklingsländerna som helhet. En ökning av de finansiella flödena för utsläppsminskningens åtgärder kan stödjas genom tydliga politiska val och signaler från regeringar och det internationella samfundet (*mycket troligt*). Ett påskyndat internationellt finansiellt samarbete är en avgörande möjliggörande faktor för en övergång till låga utsläpp av växthusgaser och rättvis omställning, och kan bidra till att minska ojämlikheter i tillgången till finansiering och både kostnader och sårbarhet för klimatförändringens effekter (*mycket troligt*). {15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6}**
- E.5.1** De genomsnittliga årliga modellerade investeringsbehoven för 2020-talet i scenarier som begränsar uppvärmningen till 2°C eller 1,5°C är tre till sex gånger större än dagens nivåer, och de totala investeringarna i utsläppsminskning (offentliga, privata, inhemska och internationella) skulle behöva öka inom alla sektorer och regioner (*troligt*). Investeringsgap vad gäller utsläppsminskning är stora för alla sektorer och relativt sett störst för AFOLU-sektorn och för utvecklingsländer⁷⁶ (*mycket troligt*). Finansierings- och investeringsbehov för anpassning, minskning av förluster och skador, allmän infrastruktur, regelverk och kapacitetsuppbyggnad samt klimatresponsivt socialt skydd ökar ytterligare omfattningen av utmaningarna för utvecklingsländer när det gäller att locka till sig finansiering (*mycket troligt*). {3.2, 14.4, 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5}
- E.5.2** Det finns tillräckligt med globalt kapital och likviditet för att stänga globala investeringsgap, med tanke på det globala finansiella systemets storlek, men det finns hinder för att omfördela kapital till klimatåtgärder både inom och utanför den globala finanssektorn och i de makroekonomiska motvindarna som utvecklingsregioner står inför. Hinder för att använda kommersiell finansiering inom den finansiella sektorn samt makroekonomiska överväganden är bland annat följande: otillräcklig utvärdering av klimatrelaterade risker och investeringsmöjligheter, regional obalans mellan tillgängligt kapital och investeringsbehov, övervikt mot hemmamarknader, länders skuldsättningsnivåer, ekonomisk sårbarhet och begränsad institutionell kapacitet (*mycket troligt*). Utmaningar utanför den finansiella sektorn är bland annat: begränsade lokala kapitalmarknader, oattraktiva risk/avkastningsprofiler, särskilt på grund av att det saknas eller finns endast svaga regelverk som är förenliga med ambitionsnivåer, begränsad institutionell kapacitet för att säkerställa skyddsåtgärder, standardisering, aggregering, skalbarhet och replikerbarhet av investeringsmöjligheter och finansieringsmodeller samt en investeringskanal som är redo för kommersiella investeringar. (*mycket troligt*) {15.2, 15.3, 15.5, 15.6}
- E.5.3** Accelererat finansiellt stöd till utvecklingsländer från utvecklade länder och andra källor är en avgörande möjliggörande faktor för att öka utsläppsminskningens åtgärder och bidra till att åtgärda ojämlikheter i tillgången till finansiering, inklusive dess kostnader och villkor, och ekonomisk sårbarhet för klimatförändringen för utvecklingsländer (*mycket troligt*). Utökade offentliga bidrag för finansiering av utsläppsminskningens- och anpassningsåtgärder i sårbara regioner, särskilt i Afrika söder om Sahara, skulle vara kostnadseffektiva och ge hög social avkastning när det gäller tillgång till grundläggande energi (*mycket troligt*). Alternativen för att öka utsläppsminskningens åtgärder i utvecklingsregioner omfattar: ökade nivåer av offentlig finansiering och offentligt mobiliserade

⁷⁶ I modellerade utvecklingsvägar beräknas regionala investeringar att ske när och var de är mest kostnadseffektiva för att begränsa den globala uppvärmningen. Sådana kvantifieringar hjälper till att identifiera högprioriterade områden för kostnadseffektiva investeringar, men ger inte någon indikation på vem som skulle finansiera de regionala investeringarna.

privata finansieringsflöden från utvecklade länder till utvecklingsländer inom ramen för det internationella målet för klimatfinansiering på 100 miljarder US-dollar per år, ökad användning av offentliga garantier för att minska risker och utnyttja privata flöden till lägre kostnad, utveckling av lokala kapitalmarknader och uppbyggnad av större förtroende för internationella samarbetsprocesser (*mycket troligt*). En samordnad insats för att göra återhämtningen efter pandemin hållbar och ökade finansieringsflöden under nästa årtionde kan påskynda klimatåtgärder, även i utvecklingsregioner och länder som står inför höga skuldkostnader, skuldsättningsproblem och makroekonomisk osäkerhet (*mycket troligt*). {15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, ruta 15.6}

- E.5.4** Tydliga signaler från regeringar och det internationella samfundet, inklusive en starkare anpassning av den offentliga sektorns finansiering och politik och högre nivåer av offentlig klimatfinansiering, minskar osäkerheten och övergångsriskerna för den privata sektorn. Beroende på nationella sammanhang kan investerare och finansiella mellanhänder, centralbanker och finansiella tillsynsmyndigheter stödja klimatåtgärder och motverka den systemiska underprissättningen av klimatrelaterade risker genom att öka medvetenheten, öppenheten och beaktandet av klimatrelaterade risker och investeringsmöjligheter. Finansiella flöden kan också anpassas till finansieringsbehoven genom ökat stöd till teknikutveckling, en fortsatt roll för multilaterala och nationella klimatfonder och utvecklingsbanker, sänkta finansieringskostnader för mindre gynnade grupper genom aktörer som gröna banker som finns i vissa länder, fonder och riskdelningsmekanismer, ekonomiska instrument som tar hänsyn till ekonomisk och social jämlikhet och fördelningseffekter, program som tar hänsyn till gender och kvinnors egenmakt, samt förbättrad tillgång till finansiering för lokalsamhällen, ursprungsbefolkningar och små markägare, och ökat offentlig-privat samarbete. (*mycket troligt*) {15.2, 15.5, 15.6}
- E.6 Internationellt samarbete är en viktig möjliggörande förutsättning för att uppnå ambitiösa klimatmål. UNFCCC, Kyotoprotokollet och Parisavtalet stödjer ökande nationella ambitionsnivåer och uppmuntrar utveckling och genomförande av klimatpolitik, även om det fortfarande finns gap. Partnerskap, avtal, institutioner och initiativ som verkar på subglobala och sektoriella nivåer och som engagerar flera aktörer håller på att växa fram, med varierande effektivitet. (*mycket troligt*) {8.5, 14.2, 14.3, 14.5, 14.6, 15.6, 16.5}**
- E.6.1** Internationellt överenskomna processer och mål, t ex inom ramen för FN:s klimatkonvention, Kyotoprotokollet och Parisavtalet, inklusive krav på transparens i nationell rapportering om utsläpp, åtgärder och stöd, samt uppföljning av framsteg i att åstadkomma nationellt fastställda bidrag, ökar det internationella samarbetet, de nationella ambitionerna och utvecklingen av politiken. Internationellt finansiellt, teknikrelaterat och kapacitetssupplett stöd till utvecklingsländerna kommer att möjliggöra ett större genomförande och uppmuntra ambitiösa nationellt fastställda bidrag över tid. (*troligt*) {14.3}
- E.6.2** Internationellt samarbete om teknikutveckling och tekniköverföring tillsammans med kapacitetssupplett, kunskapsutbyte samt tekniskt och finansiellt stöd kan påskynda den globala spridningen av teknik, praxis och politik för utsläppsminskning på nationell och subnationell nivå och anpassa dessa till andra utvecklingsmål (*mycket troligt*). Det finns utmaningar och möjligheter att förbättra innovationssamarbetet, även när det gäller genomförandet av delar av FN:s klimatkonvention och Parisavtalet enligt den litteratur som utvärderats, t ex när det gäller teknikutveckling och tekniköverföring samt finansiering (*mycket troligt*). Internationellt innovationssamarbete fungerar bäst när det är anpassat till specifika institutionella sammanhang och kapaciteter, när det gynnar lokala värdekedjor, när parterna samarbetar på ett rättvist sätt och på frivilliga och ömsesidigt överenskomna villkor, när alla relevanta röster hörs och när kapacitetssupplett är en integrerad del av insatsen (*troligt*). Stöd för att stärka systemen för teknisk innovation och innovationsförmåga, bland annat genom ekonomiskt stöd i utvecklingsländer, skulle öka engagemanget i och förbättra det internationella innovationssamarbetet (*mycket troligt*). {4.4, 14.2, 14.4, 16.3, 16.5, 16.6}
- E.6.3** Transnationella partnerskap kan stimulera politikutveckling, spridning av lågutsläppande teknik och utsläppsminskningar genom att länka samman subnationella och andra aktörer, inklusive städer, regioner, icke-statliga organisationer och den privata sektorns aktörer, och genom att förbättra samspelet mellan statliga och icke-statliga aktörer. Även om denna potential hos transnationella partnerskap är uppenbar, råder det fortfarande osäkerhet om deras kostnader, genomförbarhet och effektivitet. Transnationella nätverk av städer leder till ökade ambitioner och policyutveckling och ett växande utbyte av erfarenheter och bästa praxis (*troligt*). {8.5, 11.6, 14.5, 16.5, kapitelöverskridande ruta 12 i kapitel 16}
- E.6.4** Internationella miljö- och sektoriella avtal, institutioner och initiativ bidrar, eller i vissa fall kan bidra, till att stimulera investeringar med låga växthusgasutsläpp och minska utsläppen. Avtal som avser ozonförorening och gränsöverskridande luftföroreningar bidrar till utsläppsminskning, och på andra områden, t ex utsläpp av kvicksilver i atmosfären, kan de bidra till utsläppsminskning (*mycket troligt*). Handelsregler har potential att stimulera internationellt antagande av teknik och politik för utsläppsminskning, men kan också begränsa länders förmåga att anta handelsrelaterade klimatåtgärder (*troligt*). Nuvarande ambitionsnivåer inom olika sektorer varierar, och ambitionerna att minska utsläppen inom internationell luftfart och sjöfart är lägre än inom många andra sektorer (*troligt*). {14.5, 14.6}

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	Publiseras 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. 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 utsläppsscenarier till lokal nederbörd och översvåmningsrisker
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, CSFR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSFR, 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 Hjälmaren 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 Vätern 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 Vätern, Vättern,
Mälaren och Hjälmaren.
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
nederbördsklimat
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 (2022) Klimatinformation
som stöd för klimatanpassningsarbetet
65. Översättning av Summary for Policymakers
(2022)
FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning
för beslutsfattare
Klimat i förändring 2021 Den
naturvetenskapliga grunden
66. Karin Lundgren Kownacki, Bodil Englund,
Aino Krunegård, Pontus Wallin (2022)
Myndigheters arbete med klimatanpassning
67. FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning
för beslutsfattare (2022)
Klimat i förändring 2022 Effekter,
anpassning och sårbarhet

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

