

**FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare**  
**Specialrapport om**  
**Klimatförändringar och marken**



Pärmbild:

Fotografi på specialrapportens framsida; Lantbrukslandskap mellan Ankara och Hattusha, Anatolia, Turkiet.(40°00'N–33°35'O) [www.yannarthusbertrand.org](http://www.yannarthusbertrand.org) | [www.goodplanet.org](http://www.goodplanet.org). ©Yann Arthus-Bertrand

ISSN: 1654-2258 © SMHI

**KLIMATOLOGI Nr 57, 2020**

**FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare**

## **Specialrapport om Klimatförändringar och marken**

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](http://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](mailto: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/srccl/>

Denna sida är avsiktligt blank

## Introduktion

IPCC har tagit fram tre specialrapporter<sup>1</sup> inom sitt sjätte arbetsprogram. Beslutet om specialrapporterna togs 2016, utifrån inkomna förslag från IPCC:s medlemsländer och organisationer med observatörsstatus.

Specialrapporten om Klimatförändringar och marken fokuserar på växthusgasflöden i markbundna ekosystem, markanvändning och hållbar markanvändning i förhållande till klimatanpassning, utsläppsminskningar, ökenspridning, markförstörelse och säker livsmedelsförsörjning.

Rapporten följer på andra nyligen utgivna rapporter, däribland IPCC Specialrapport om global uppvärmning på 1,5°C (SR15), IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) tematiska kunskapsutvärdering om markförsämring och återställning, IPBES globala utvärdering av biodiversitet och ekosystemtjänster, samt "the Global Land Outlook" från FN:s konvention om bekämpning av ökenspridning (UNCCD).

Rapporten ger en uppdaterad utvärdering av det aktuella kunskapsläget och den eftersträvar även samstämmighet med och att komplettera andra nyligen utgivna rapporter. Denna Sammanfattning för beslutsfattare ("Summary for Policymakers", SPM) består av fyra avsnitt:

- A) Människor, mark och klimat i en allt varmare värld;
- B) Åtgärdsalternativ för anpassnings och utsläppsminskningar;
- C) Möjliggörande av åtgärdsalternativ; och
- D) Åtgärder på kort sikt.

Konfidensnivån för varje central slutsats anges med IPCC:s standardiserade terminologi; den vetenskapliga grunden för varje slutsats anges genom referenser till huvudrapporten.

## Introduction

This Special Report on Climate Change and Land responds to the Panel decision in 2016 to prepare three Special Reports during the Sixth Assessment cycle, taking account of proposals from governments and observer organisations.

This report addresses greenhouse gas (GHG) fluxes in land-based ecosystems, land use and sustainable land management in relation to climate change adaptation and mitigation, desertification, land degradation and food security.

This report follows the publication of other recent reports, including the IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C (SR15), the thematic assessment of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) on Land Degradation and Restoration, the IPBES Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services, and the Global Land Outlook of the UN Convention to Combat Desertification (UNCCD).

This report provides an updated assessment of the current state of knowledge while striving for coherence and complementarity with other recent reports. This Summary for Policymakers (SPM) is structured in four parts:

- A) People, land and climate in a warming world;
- B) Adaptation and mitigation response options;
- C) Enabling response options; and,
- D) Action in the near-term.

Confidence in key findings is indicated using the IPCC calibrated language; the underlying scientific basis of each key finding is indicated by references to the main report.

# Klimatförändringar och marken

En specialrapport från IPCC om klimatförändringar, ökenspridning, markförstöring, hållbar markförvaltning, livsmedelsförsörjning och växthusgasflöden i markbundna ekosystem

**Sammanfattning för beslutsfattare**



WG I

WG II

WG III



# Klimatförändringar och marken

En specialrapport från IPCC om klimatförändringar, ökenspridning, markförstöring, hållbar markförvaltning, livsmedelsförsörjning och växthusgasflöden i markbundna ekosystem

## Sammanfattning för beslutsfattare

### Redigerats av

**Valérie Masson-Delmotte**

Co-Chair Working Group I

**Hans-Otto Pörtner**

Co-Chair Working Group II

**Jim Skea**

Co-Chair Working Group III

**Eduardo Calvo Buendía**

Co-Chair TFI

**Panmao Zhai**

Co-Chair Working Group I

**Debra Roberts**

Co-Chair Working Group II

**Priyadarshi R. Shukla**

Co-Chair Working Group III

**Raphael Slade**

Head of TSU (Science)

**Sarah Connors**

Senior Science Officer

**Renée van Diemen**

Scientist

**Marion Ferrat**

Head of Communications

**Eamon Haughey**

Senior Scientist

**Sigourney Luz**

Communications Manager

**Suvadip Neogi**

Scientist

**Minal Pathak**

Senior Scientist

**Jan Petzold**

Science Officer

**Joana Portugal Pereira**

Senior Scientist

**Purvi Vyas**

Science Officer

**Elizabeth Huntley**

Head of TSU (Operations)

**Katie Kissick**

Head of TSU (Operations)

**Malek Belkacemi**

IT/Web Manager

**Juliette Malley**

Senior Administrator

Bild framsida: Jordbrukslandskap mellan Ankara och Hattusha, Anatolien, Turkiet (40°00'N, 33°35'E)  
[www.yannarthusbertrand.org](http://www.yannarthusbertrand.org) | [www.goodplanet.org](http://www.goodplanet.org). ©Yann Arthus-Bertrand

Reviderats av IPCC januari 2020.

© 2020 Intergovernmental Panel on Climate Change.

# **Sammanfattning för beslutsfattare**



## Sammanfattning för beslutsfattare

### Författare:

Almut Arneth (Tyskland), Humberto Barbosa (Brasilien), Tim Benton (Storbritannien), Katherine Calvin (USA), Eduardo Calvo (Peru), Sarah Connors (Storbritannien), Annette Cowie (Australia), Edouard Davin (Frankrike/Schweiz), Fatima Denton (Gambia), Renée van Diemen (Nederländerna/Storbritannien), Fatima Driouech (Marocko), Aziz Elbehri (Marocko), Jason Evans (Australien), Marion Ferrat (Frankrike), Jordan Harold (Storbritannien), Eamon Haughey (Irland), Mario Herrero (Australien/Costa Rica), Joanna House (Storbritannien), Mark Howden (Australien), Margot Hurlbert (Kanada), Gensuo Jia (Kina), Tom Gabriel Johansen (Norge), Jagdish Krishnaswamy (Indien), Werner Kurz (Kanada), Christopher Lennard (Sydafrika), Soojeong Myeong (Republiken Korea), Nagmeldin Mahmoud (Sudan), Valérie Masson-Delmotte (Frankrike), Cheikh Mbow (Senegal), Pamela McElwee (USA), Alisher Mirzabaev (Tyskland/Uzbekistan), Angela Morelli (Norge/Italien), Wilfran Moufouma-Okia (Frankrike), Dalila Nedjraoui (Algeriet), Suvadip Neogi (Indien), Johnson Nkem (Kamerun), Nathalie De Noblet-Ducoudré (Frankrike), Lennart Olsson (Sverige), Minal Pathak (Indien), Jan Petzold (Tyskland), Ramón Pichs-Madruga (Kuba), Elvira Poloczanska (Storbritannien/Australien), Alexander Popp (Tyskland), Hans-Otto Pörtner (Tyskland), Joana Portugal Pereira (Storbritannien), Prajal Pradhan (Nepal/Tyskland), Andy Reisinger (Nya Zeeland), Debra C. Roberts (Sydafrika), Cynthia Rosenzweig (USA), Mark Rounsevell (Storbritannien/Tyskland), Elena Shevliakova (USA), Priyadarshi Shukla (Indien), Jim Skea (Storbritannien), Raphael Slade (Storbritannien), Pete Smith (Storbritannien), Youba Sokona (Mali), Denis Jean Sonwa (Kamerun), Jean-François Soussana (Frankrike), Francesco Tubiello (USA/Italien), Louis Verchot (USA/Colombia), Koko Warner (USA/Tyskland), Nora Weyer (Tyskland), Jianguo Wu (Kina), Nouredine Yassaa (Algeriet), Panmao Zhai (Kina), Zinta Zommers (Lettland).

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, 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

### Tack

Specialrapporten om Klimatförändringar och marken har varit banbrytande för IPCC. För första gången har IPCC:s alla tre arbetsgrupper och TFI (Task Force on National Greenhouse Gas Inventories) tillsammans arbetat fram en rapport. Detta var också den första IPCC-rapport där fler författare kom från utvecklingsländer än från industriländer. Rapporten kännetecknades av en inspirerande omfattning av samarbeten och tvärvetenskaplighet, vilket också återspeglar det breda uppdrag som Panelen anförtrott rapportens författare. Här sammanfördes inte bara författare från IPCC:s traditionella vetenskapliga kretsar, utan även från systerorganisationer inom FN som IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), UNCCD:s Science-Policy Interface och FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation (FAO).

Vi vill visa vår uppskattning av de 107 samordnande huvudförfattare, huvudförfattare och granskningsredaktörer från sammantaget 52 länder, vilka ansvarat för framtagningen av denna rapport. De har på frivillig basis lagt ner ett oräkneligt antal timmar och dessutom deltagit vid fyra författarmöten på vitt spridda ställen över jorden. Processen underlättades av det konstruktiva samspelet mellan författarna (som skriver rapporten) och granskningsredaktörerna (som säkerställer att alla kommentarer hanteras). Genomgående upprätthölls både vetenskaplig stringens, god stämning och en sann samarbetsanda. Samtidigt var tidsplanen mycket snäv, utan utrymme för avvikelser. Dessutom deltog 96 bidragande författare i arbetet.

Vi vill särskilt lyfta fram stödet till författare av respektive kapitel, av "Chapter Scientists" vilka avsatte tid från sina egna begynnande karriärer för att stötta framtagandet av denna rapport. Vi tackar Yuping Bai, Aliyu Barau, Erik Contreras, Abdoul Aziz Diouf, Baldur Janz, Frances Manning, Dorothy Nampanzira, Chuck Chuan Ng, Helen Paulos, Xiyan Xu och Thobekile Zikhali. Vi hoppas verkligen att denna erfarenhet kommer att hjälpa dem i deras framtida karriärer och att deras viktiga roll kommer att erkännas på lämpliga sätt.

En brett sammansatt styrgrupp som bestod av medlemmar från IPCC:s hela byrå har lett framtagandet av rapporten. Vi vill tacka våra kolleger som arbetat i denna grupp inklusive arbetsgruppernas och TFI:s medordförande: Priyadarshi Shukla, Jim Skea, Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Eduardo Calvo Buendía; Arbetsgruppsvice-ordföranden: Mark Howden, Nagmeldin Mahmoud, Ramón Pichs-Madruga, Andy Reisinger och Nouredine Yassaa, samt Youba Sokona, IPCC:s vice ordförande. Youba Sokona var rapportens förkämpe och hans insiktsfulla råd uppskattades av alla. Följande byråmedlemmar från IPCC har också bidragit: Edwin Aldrian, Fatima Driouech, Gregory Flato, Jan Fuglestvedt, Muhammad Tariq och Carolina Vera (arbetsgrupp I); Andreas Fischlin, Carlos Méndez, Joy Jacqueline Pereira, Roberto A. Sánchez-Rodríguez, Sergey Semenov, Pius Yanda och Taha M. Zafari (arbetsgrupp II); samt Amjad Abdulla, Carlo Carraro, Diriba Korecha Dadi och Diana Ürge-Vorsatz (arbetsgrupp III).

Ett stort antal regeringar och andra offentliga organisationer har stöttat och varit värdar för det inledande planeringsmötet, de fyra författarmötena och det avslutande beslutsmötet. Dessa har varit: Norges regering och Miljödirektoratet, Nya Zeelands regering och University of Canterbury, Irlands regering och Environmental Protection Agency, Colombias regering och CIAT (International Centre for Tropical Agriculture), Schweiz regering samt Världsmeteorologiska organisationen WMO.

Medarbetarna vid IPCC:s sekretariat i Genève har bidragit med ett omfattande stöd. För detta vill vi tacka IPCC:s sekreterare Abdalah Mokssit och hans kolleger: Kerstin Stendahl, Jonathan Lynn, Sophie Schlingemann, Jesbin Baidya, Laura Biagioni, Annie Courtin, Oksana Ekzarkho, Judith Ewa, Joelle Fernandez, Andrea Papucides Bach, Nina Peeva, Mxolisi Shongwe, och Werani Zabula. Vi riktar också ett tack till Elhousseine Gouaini som var konferensansvarig för IPCC:s 50:e sammanträde.

Ett antal enskilda personer har bidragit till rapportens visuella element och kommunikation. Vi vill lyfta fram Jordan Harold från University of East Anglia, Susan Escott från Escott Hunt Ltd, Angela Morelli och Tom Gabriel Johanson från Info Design Lab samt Polly Jackson, Ian Blenkinsop, Autumn Forecast, Francesca Romano och Alice Woodward från Soapbox Communications Ltd.

Rapporten hanterades av arbetsgrupp III:s tekniska supportenhet. Den fick ett generöst ekonomiskt stöd från EPSRC (UK Engineering and Physical Sciences Research Council) och den brittiska regeringen genom dess BEIS (Department of Business, Energy and Industrial Strategy). Dessutom bidrog Irlands Environmental Protection Agency med stöd till två personer inom arbetsgrupp III:s tekniska supportenhet, medan det norska Miljödirektoratet möjliggjorde utökade kommunikationsaktiviteter. Utan dessas stöd hade denna rapport inte kunnat tas fram.

Vår särskilda uppskattning går till arbetsgruppernas tekniska supportenheter vars outtröttliga hängivenhet, professionalism och entusiasm ledde till framtagandet av denna specialrapport. Rapporten skulle inte ha kunnat slutföras utan det engagemang som medlemmarna i arbetsgrupp III:s tekniska supportenhet uppvisade gentemot den oerhörda utmaning sjätte arbetsprogrammet (AR6, Sixth Assessment Report) innebar. De har varit outhärliga i alla avseenden vid framtagning av rapporten trots att de samtidigt var nya inom IPCC: Raphael Slade, Lizzie Huntley, Katie Kissick, Malek Belkacemi, Renée van Diemen, Marion Ferrat, Eamon Haughey, Bhushan Kankal, Géninha Lisboa, Sigourney Luz, Juliette Malley, Suvadip Neogi, Minal Pathak, Joana Portugal Pereira och Purvi Vyas. Våra varmaste tack för kollegialt och hjälpsamt stöd går till Sarah Connors, Melissa Gomis, Robin Matthews, Wilfran Moufouma-Okia, Clotilde Péan, Roz Pidcock, Anna Pirani, Tim Waterfield och Baiquan Zhou från arbetsgrupp I:s tekniska supportenhet samt till Jan Petzold, Bard Rama, Maike Nicolai, Elvira Poloczanska, Melinda Tignor och Nora Weyer från arbetsgrupp II:s tekniska supportenhet.

Slutligen vill vi rikta ett djupt tack till familjer och vänner som indirekt har stöttat arbetet genom att acceptera den tid författarna har varit borta från hemmet, de långa arbetspassen och deras djupa koncentration under framtagandet av denna rapport.

Undertecknat



**Valérie Masson-Delmotte**  
Co-Chair Working Group I



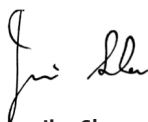
**Panmao Zhai**  
Co-Chair Working Group I



**Hans-Otto Pörtner**  
Co-Chair Working Group II



**Debra Roberts**  
Co-Chair Working Group II



**Jim Skea**  
Co-Chair Working Group III



**Eduardo Calvo Buendía**  
Co-Chair TFI



**Priyadarshi R. Shukla**  
Co-Chair Working Group III

## Inledning

IPCC har tagit fram tre specialrapporter<sup>1</sup> inom sitt sjätte arbetsprogram. Beslutet om specialrapporterna<sup>2</sup> togs 2016, utifrån inkomna förslag från IPCC:s medlemsländer och organisationer med observatörsstatus<sup>3</sup>. Specialrapporten om Klimatförändringar och marken<sup>4</sup> fokuserar på växthusgasflöden i markbundna ekosystem, markanvändning och hållbar markanvändning<sup>4</sup> i förhållande till klimatanpassning, utsläppsminskningar, ökenspridning<sup>5</sup>, markförstörelse<sup>6</sup> och säker livsmedelsförsörjning<sup>7</sup>. Rapporten följer på andra nyligen utgivna rapporter, däribland IPCC *Specialrapport om global uppvärmning på 1,5°C* (SR15), IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) tematiska kunskapsutvärdering om markförstörelse och återställning, IPBES globala utvärdering av biodiversitet och ekosystemtjänster, samt "the Global Land Outlook" från FN:s konvention om bekämpning av ökenspridning (UNCCD). Rapporten ger en uppdaterad utvärdering av det aktuella kunskapsläget<sup>8</sup> och den eftersträvar även samstämmighet med och att komplettera andra nyligen utgivna rapporter.

Denna Sammanfattning för beslutsfattare ("Summary for Policymakers", SPM) består av fyra avsnitt: A) *Människor, mark och klimat i en allt varmare värld*; B) *Åtgärdsalternativ för anpassnings och utsläppsminskningar*; C) *Möjliggörande av åtgärdsalternativ*; och D) *Åtgärder på kort sikt*.

Konfidensnivån för varje central slutsats anges med IPCC:s standardiserade terminologi<sup>9</sup>; den vetenskapliga grunden för varje slutsats anges genom referenser till huvudrapporten.

<sup>1</sup> Den markbundna delen av biosfären vilken omfattar naturresurser (jord, ytnära atmosfär, vegetation och annat biologiskt liv samt vatten), ekologiska processer, topografi, samt relevanta mänskliga samhällen och infrastrukturer inom detta system.

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

<sup>3</sup> Relaterade förslag handlade om klimatförändringar och ökenspridning, ökenspridningen och dess regionala aspekter; markförstörelse – en kunskapsutvärdering om kopplingar och integrerade strategier för utsläppsminskning och anpassning; jordbruk, skogsbruk och övrig markanvändning; mat och jordbruk; samt säker livsmedelsförsörjning och klimatförändring.

<sup>4</sup> Med hållbar markförvaltning avses i denna rapport "förvaltning och brukande av markrelaterade resurser, inklusive jord, vatten, djur och växter, för att möta mänskliga behov och förändringar i dessa, samtidigt säkerställa den långsiktiga produktionspotentialen för dessa resurser och bevara deras miljöfunktioner".

<sup>5</sup> Med ökenspridning avses i denna rapport "markförstörelse i arida, semi-arida och torra subhumida områden som följd av flera påverkansfaktorer inklusive klimatvariationer och mänskliga aktiviteter".

<sup>6</sup> Med markförstörelse avses i denna rapport "en negativ trend i markens tillstånd, som orsakas av direkt eller indirekt av människan förorsakade processer, inklusive antropogen klimatförändring, vilken leder till långsiktig minskning och förlust av minst en av följande: biologisk produktivitet, ekologisk integritet, eller värde för människan".

<sup>7</sup> Med säker livsmedelsförsörjning avses i denna rapport "förhållanden där alla människor alltid har fysisk, social och ekonomisk tillgång till tillräckligt mycket av säker och näringsrik mat som uppfyller deras behov och preferenser för aktivt och hälsosamt liv".

<sup>8</sup> I utvärderingen ingår endast litteratur som accepterats för publicering fram till den 7 april 2019.

<sup>9</sup> Varje slutsats baseras på en utvärdering av underliggande evidens och dess överensstämmelse. Konfidensnivåer beskrivs med hjälp av fem nivåer: mycket låg, låg, 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%, lika sannolikt som osannolikt 33-66%, osannolikt 0-33%, mycket osannolikt 0-10%, exceptionellt osannolikt 0-1%. Andra termer (extremt sannolikt 95-100%, mer sannolikt än osannolikt >50-100%, mer osannolikt än sannolikt 0-<50%, extremt osannolikt 0-5%) kan också förekomma. Sannolikhetsbedömningar skrivs ut i kursiv stil, till exempel: (mycket sannolikt), i överensstämmelse med AR5.

## A. Människor, mark och klimat i en allt varmare värld

- A.1 Marken ger den huvudsakliga basen för mänskligt leverne och välbefinnande genom tillgång till livsmedel, färskvatten och flera andra ekosystemtjänster såväl som biologisk mångfald. Mänsklig användning påverkar direkt mer än 70 procent (*sannolikt* spann på 69-76 procent) av den globala isfria land-ytan (*mycket troligt*). Marken är även en viktig del av klimatsystemet. (Figur SPM.1) {1.1, 1.2, 2.3, 2.4}**
- A.1.1** Människan använder idag mellan en fjärdedel och en tredjedel av markens potentiella kapacitet för nettoprimärproduktion<sup>10</sup> för mat, foder, fibrer, timmer och energi. Marken är basen för många andra ekosystemfunktioner och tjänster<sup>11</sup>, inklusive kulturella och reglerande tjänster vilka är grundläggande för mänskligheten (*mycket troligt*). I en ekonomisk uppskattning har världens markbundna ekosystemtjänster på årsbasis värderats ungefär lika högt som den årliga globala bruttonationalprodukten<sup>12</sup> (*troligt*). (Figur SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}
- A.1.2** Mark är både en källa till och en sänka när det gäller växthusgaser (GHG) och den spelar en nyckelroll vid utbytet av energi, vatten och små partiklar mellan markytan och atmosfären. Markbundna ekosystem och biologisk mångfald är i varierande omfattning sårbara för den pågående klimatförändringen samt för väder- och klimatextremer. Hållbar markförvaltning kan bidra till att minska den negativa inverkan som många olika stressfaktorer, inklusive klimatförändringen, innebär för ekosystem och samhällen (*mycket troligt*). (Figur SPM.1) {1.1, 1.2, 3.2, 4.1, 5.1, 5.5}
- A.1.3** Data som finns tillgängliga sedan 1961<sup>13</sup> visar hur den globala befolkningsökningen tillsammans med förändringar per capita gällande konsumtion av mat, foder, fibrer, timmer och energi har lett till nivåer av mark- och färskvattenanvändning som aldrig setts tidigare (*mycket hög konfidens*). Ungefär 70 procent av den globala användningen av färskvatten sker idag inom jordbruket (*troligt*). Utvidgning av områden för jordbruk och skogsbruk, inklusive kommersiell produktion, samt intensifierad produktivitet inom dessa områden har bidragit till konsumtion och mat för en växande befolkning (*mycket troligt*). Med stora regionala variationer har dessa förändringar bidragit till ökande nettoutsläpp av växthusgaser (*mycket hög konfidens*), förluster av naturliga ekosystem (till exempel skogar, savanner, naturliga gräsmarker och våtmarker) samt minskad biologisk mångfald (*mycket troligt*). (Figur SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}
- A.1.4** Data som finns tillgängliga sedan 1961 visar hur per capita utbudet av växtbaserade oljor och kött har mer än fördubblats och att utbudet av matkalorier per capita har ökat med cirka en tredjedel (*mycket troligt*). För närvarande förloras eller slängs 25-30 procent av den totala mängd livsmedel som produceras (*troligt*). Detta leder till ytterligare växthusgasutsläpp (*mycket troligt*). Förändringar i konsumtionsmönster har bidragit till att cirka 2 miljarder vuxna nu är överviktiga eller kraftigt överviktiga (*mycket troligt*). Uppskattningsvis 821 miljoner människor är fortfarande undernärda (*mycket troligt*). (Figur SPM.1) {1.1, 1.3, 5.1, 5.5}
- A.1.5** Ungefär en fjärdedel av jordens isfria landyta utsätts för försämring som är framkallad av människan (*troligt*). Jorderosion från jordbruksmarker uppskattas idag vara mellan 10-20 gånger (ingen jordbearbetning) till över 100 gånger större (konventionell jordbearbetning) jämfört med bildningen av ny jord (*troligt*). Klimatförändringen förvärrar markförstörelsen, särskilt i låglänta kustområden, floddeltan, torrmarksområden och områden med permafrost (*mycket troligt*). Under perioden 1961-2013 ökade torrmarksområdenas yta med i genomsnitt något mer än 1 procent per år, med stora variationer mellan åren. År 2015 bodde cirka 500 (380-620) miljoner människor inom områden som drabbats av ökenspridning mellan 1980-talet och 2000-talet. Flertalet av dessa människor bor i södra och östra Asien, runt Sahara-regionen inklusive Nordafrika, samt i Mellanöstern inklusive Arabiska halvön (*låg konfidens*). Andra torrmarksområden har också påverkats av ökenspridning. Människor som bor i redan påverkade eller områden som blivit till öken påverkas i ökande grad negativt av klimatförändringen (*mycket troligt*). (Figur SPM.1) {1.1, 1.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3}

<sup>10</sup> Markens potentiella netto primärproduktion (NPP) definieras i denna rapport som skillnaden mellan "den mängd kol som ackumuleras genom fotosyntes minus den mängd kol som förbrukas vid växtens cellandning, sett över en specifik tidsperiod, som skulle råda utan markanvändning".

<sup>11</sup> I sitt konceptuella ramverk hänvisar IPBES till naturnyttor ("nature's contribution to people"), i vilket man inkluderar ekosystemprodukter och nyttigheter.

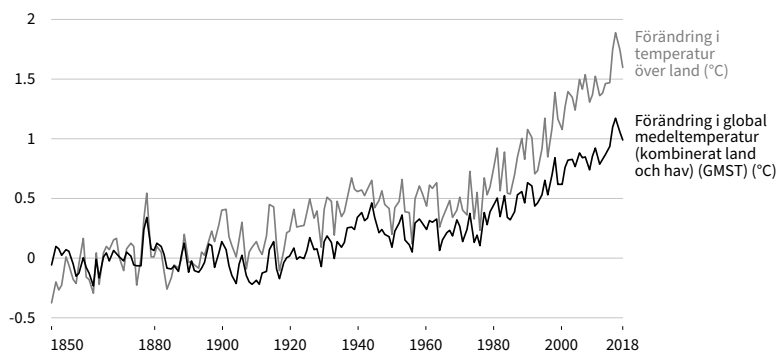
<sup>12</sup> Uppskattningsvis 75 miljarder USD år 2011, i 2007 års penningvärde.

<sup>13</sup> Detta baseras på den omfattande nationella statistik som finns inom FAOSTAT från och med 1961. Förändringar kan ha inträffat även före 1961. Förändringar i markanvändning har skett från långt före den förindustriella tiden fram till idag.

## Markanvändning och observerad klimatförändring

### A. Observerad temperaturförändring jämfört med 1850-1900

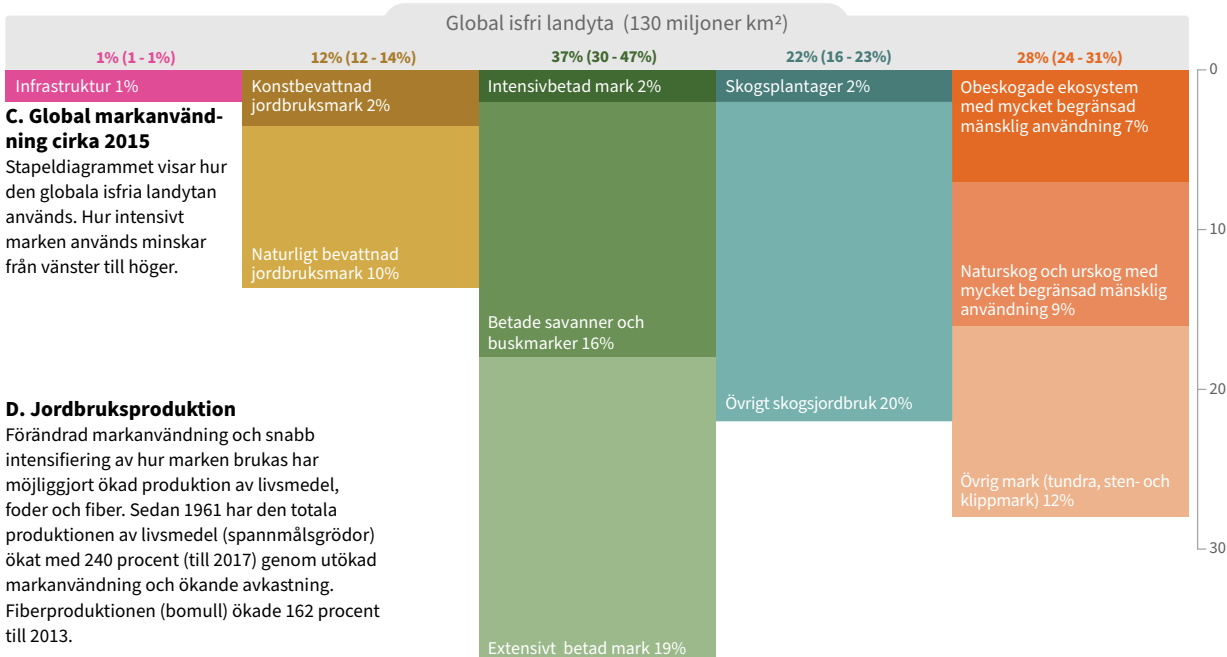
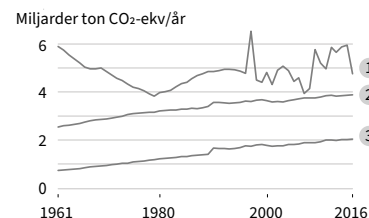
Sedan förindustriell tid (1850-1900) har den observerade globala medeltemperaturen över land stigit avsevärt mer än den globala medeltemperaturen (över land och hav, GMST).



### B. Utsläpp av växthusgaser

Ungefär 23 procent av de totala antropogena utsläppen av växthusgaser (2007-2016) kommer från jord- och skogsbruk samt annan markanvändning ("Agriculture, Forestry and Other Land Use", AFOLU).

- 1 Netto koldioxidutsläpp från FOLU (miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv/år)
- 2 Metanutsläpp från jordbruk (miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv/år)
- 3 Lustgasutsläpp från jordbruk (miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv/år)



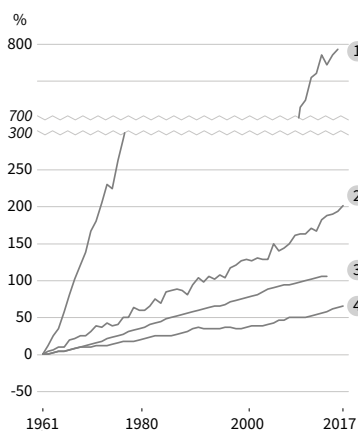
### C. Global markanvändning cirka 2015

Stapeldiagrammet visar hur den globala isfria landytan används. Hur intensivt marken används minskar från vänster till höger.

### D. Jordbruksproduktion

Förändrad markanvändning och snabb intensifiering av hur marken brukas har möjliggjort ökad produktion av livsmedel, foder och fiber. Sedan 1961 har den totala produktionen av livsmedel (spannmålsgrödor) ökat med 240 procent (till 2017) genom utökad markanvändning och ökande avkastning. Fiberproduktionen (bomull) ökade 162 procent till 2013.

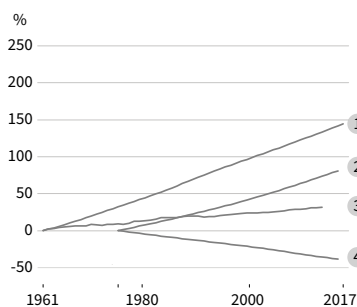
- 1 Mineralgödselanvändning (kväve)
- 2 Spannmålsavkastning
- 3 Konstbevattningsvolym
- 4 Totalt antal idisslare



### E. Efterfrågan på livsmedel

Produktionsökningar är kopplade till konsumtionsförändringar.

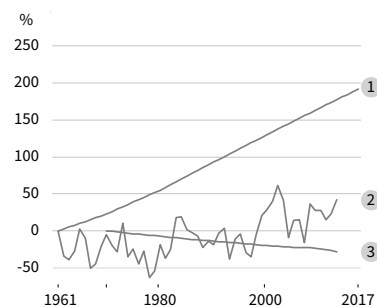
- 1 Befolkning
- 2 Förekomst av övervikt och kraftig övervikt
- 3 Totalt antal kalorier per capita
- 4 Förekomst av undervikt



### F. Ökenspridning och markförstörelse

Förändrad markanvändning, mer intensivt brukande av mark och klimatförändring har bidragit till ökenspridning och markförstörelse.

- 1 Befolkning i områden som påverkas av ökenspridning
- 2 Torra områden som årligen drabbas av torka
- 3 Utbredning av inlandsvätmarker



**Figur SPM.1: Markanvändning och observerad klimutförändring** | En representation av den markanvändning och observerad klimutförändring som behandlas i denna specialrapport. Panelerna A-F visar tillstånd och trender i ett urval av aspekter av markanvändning och klimat. Dessa återspeglar många av de centrala aspekter som ingår i rapporten. De årliga tidsserierna i B och D-F baseras på de mest omfattande tillgängliga datakällorna från nationell statistik, oftast från FAOSTAT vilken börjar 1961. Y-axlarna i panelerna D-F visar ändringar relativt till tidseriernas startår (normaliserat till noll). Datakällor och noter: **A:** Uppvärmningstrenderna baseras på medelvärden av fyra datasammanställningar {2.1, figur 2.2, tabell 2.1} **B:** N<sub>2</sub>O och CH<sub>4</sub> från jordbruket är från FAOSTAT; netto koldioxidutsläpp är från FOLU, baserat på medelvärdet av två bokföringsmodeller (inklusive utsläpp från torvmarksbränder sedan 1997). Alla värden som uttrycks i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter baseras på GWP värden med en tidshorisont på 100 år ("Global Warming Potential"), GWP100, från AR5 utan återkopplingar mellan klimatet och kolcykeln (N<sub>2</sub>O=265, CH<sub>4</sub>=28). {se tabell SPM.1, 1.1, 2.3} **C:** Visar hur stora andelar av den globala isfria landytan som används till olika syften cirka år 2015, ordnade efter minskande användningsintensitet från vänster till höger. Varje stapel representerar ett övergripande marktäckte. Ovanför kolumnerna anges den procentuella täckningen av respektive marktäckte av den isfria landytan, med osäkerhetsintervallet i parenteser. Intensivbetad mark definieras som ett betestryck större än 100 djur/km<sup>2</sup>. Arealen övrigt skogsbruk har beräknats som skillnaden mellan totala skogsytan och arealen "opåverkade skogar eller urskogar med mycket begränsad mänsklig användning". {1.2, tabell 1.1, figur 1.3} **D:** Notera att användningen av mineralgödsel visas på en bruten axel. Den stora procentuella förändringen i användning av mineralgödsel återspeglar den låga användningen omkring 1961 och förhåller sig till både ökad användning per ytenhet och expansion av gödslad odlingsmark och betade marker för att öka livsmedelsproduktionen. {1.1, figur 1.3} **E:** Överviktig befolkning definieras som personer med ett BMI (Body Mass Index) > 25 kg m<sup>-2</sup>, undervikt definieras som BMI < 18,5 kg m<sup>-2</sup>. {5.1, 5.2} **F:** Torrmarksområden avser områden med "Aridity Index" lägre än 0,65 baserat på nederbörd och potentiell avdunstning (1980-2015) från TerraClimate-databasen. Befolkningsdata är från HYDE3.2 databasen. Torrmarksområden som årligen drabbas av torka har identifierats med hjälp av 12-månaders kumulativa Global Precipitation Climatology Centre Drought Index. Utbredningen av inlandsvåtmarker (inklusive torvmarker) baseras på fler än 2000 lokala tidsserier om förändringar i lokala våtmarksarealer över tid. {3.1, 4.2, 4.6}

**A.2 Sedan förindustriell tid har temperaturen över land ökat nästan två gånger så mycket som den globala medeltemperaturen (mycket troligt). Klimatförändringen, inklusive ökningar i frekvens och intensitet av extremer, har på ett negativt sätt påverkat livsmedelsförsörjning och markbundna ekosystem, samt bidragit till ökenspridning och markförstörelse i många områden (mycket troligt). {2.2, 3.2, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, sammanfattning kapitel 7, 7.2}**

- A.2.1** Sedan den förindustriella perioden (1850-1900) har den observerade ytnära lufttemperaturen över land har stigit betydligt mer än den globala medeltemperaturen över (land och hav (Global Mean Surface Temperature, GMST) (mycket troligt). Från 1850-1900 till 2006-2015 ökade den genomsnittliga ytnära lufttemperaturen över land med 1,53°C (mycket sannolikt spann på 1,38°C till 1,68°C) medan GMST ökade med 0,87°C (sannolikt spann på 0,75°C till 0,99°C). (Figur SPM.1) {2.2.1}
- A.2.2** Uppvärmningen har lett till en ökad frekvens, intensitet och varaktighet av värmerelaterade händelser såsom värmeböljor<sup>14</sup> inom de flesta landområden (mycket troligt). I vissa regioner har frekvens och intensitet gällande torka ökat (bland annat medelhavsområdet, västra Asien, på många håll i Sydamerika, stora delar av Afrika och nordöstra Asien) (troligt). Skyfall har intensifierats globalt sett (troligt). {2.2.5, 4.2.3, 5.2}
- A.2.3** Satellitobservationer<sup>15</sup> har visat allt mer "greening"<sup>16</sup> under de tre senaste årtiondena i delar av Asien, Europa, Sydamerika, centrala Nordamerika och sydöstra Australien. Orsakerna bakom detta handlar om kombinationer av längre vegetationsperioder, kvävenedfall, koldioxidens "gödslingseffekt"<sup>17</sup> och markförvaltning (mycket troligt). "Browning"<sup>18</sup> har observerats i en del områden, bland annat norra Eurasien, delar av Nordamerika, Centralasien och Kongobäckenet, huvudsakligen som ett resultat av vattenstress (troligt). Globalt sett har "greening" observerats över en större areal än "browning" (mycket troligt). {2.2.3, faktaruta 2.3, 2.2.4, 3.2.1, 3.2.2, 4.3.1, 4.3.2, 4.6.2, 5.2.2}
- A.2.4** Sandstormars frekvens och intensitet har ökat under de senaste decennierna på grund av förändringar i markanvändning och marktäckning samt klimatrelaterade faktorer i många torrmarksområden. Detta resulterar i ökande negativa effekter på människors hälsa i regioner som Arabiska halvön och Mellanöstern med närområden samt Centralasien (mycket troligt)<sup>19</sup>. {2.4.1, 3.4.2}

<sup>14</sup> En värmebölja definieras i denna rapport som "en period av onormalt varmt väder". Värmeböljor och kortvariga värmetoppar har varierande och ibland överlappande definitioner.

<sup>15</sup> Analys av satellitmätningar kan påverkas av begränsningar i markbaserad validering och kalibrering av sensorer. Satellitmätningars rumsliga upplösning kan försvåra upptäckten av eventuella småskaliga förändringar.

<sup>16</sup> "Greening" definieras i denna rapport som ökning av mängden fotosyntetiskt aktiv vegetation enligt satellitmätningar.

<sup>17</sup> Koldioxidens gödslingseffekt ("CO<sub>2</sub> fertilization") definieras i denna rapport som den tillväxthöjande effekt som en ökning i koldioxidhalten i atmosfären har på plantor. Hur stark effekten är beror på plantors tillgång till näring och vatten.

<sup>18</sup> "Browning" definieras i denna rapport som minskning av mängden fotosyntetiskt aktiv vegetation enligt satellitmätningar.

<sup>19</sup> Det saknas underlag i litteraturen beträffande eventuella trender i sandstormar och hälsoeffekter i andra regioner.

- A.2.5** Inom vissa torrmarksområden har ökad temperatur och avdunstning tillsammans med minskad nederbörd i samspel med klimatavariabilitet och mänskliga aktiviteter bidragit till ökenspridning. Dessa områden inkluderar Subsahariska Afrika, delar av Östasien och Centralasien samt Australien (*troligt*). {2.2, 3.2.2, 4.4.1}
- A.2.6** Den globala uppvärmningen har lett till förändringar av klimatzonerna i många av världens regioner, till exempel har torra klimatzoner utvidgats och polära klimatzoner har krympt (*mycket troligt*). Detta har lett till förändringar av många växt- och djurarters utbredningsområden, populationsstorlekar och säsongsberoende beteenden (*mycket troligt*). {2.2, 3.2.2, 4.4.1}
- A.2.7** Klimatförändringen kan förstärka markförstörelseprocesser (*mycket troligt*) bland annat genom ökning av nederbördsintensitet, översvämningar, frekvens och intensitet av torka, värmestress, torrperioder, vind, havsnivåhöjning och vågor, tinande permafrost. Hur marken används spelar också roll för hur dessa processer till slut påverkar markförstörelsen. Pågående kusterosion ökar i intensitet och drabbar fler regioner, och havsnivåhöjningen ökar markanvändningstrycket i vissa regioner (*troligt*). {4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.4.1, 4.4.2, 4.9.6, tabell 4.1, 7.2.1, 7.2.2}
- A.2.8** Klimatförändringen har redan påverkat livsmedelsförsörjningen genom uppvärmning, förändrade nederbördsmönster och ökad frekvens av vissa extremer (*mycket troligt*). Studier som särskiljer klimatförändring från andra faktorer som påverkar skördar har visat att avkastningen för vissa grödor (till exempel majs och vete) har minskat i många regioner på låga breddgrader, samtidigt som avkastningen för vissa grödor (till exempel majs, vete och sockerbeta) har ökat i många områden på höga breddgrader under de senaste decennierna (*mycket troligt*). Klimatförändringen har lett till lägre tillväxttakt hos djur och lägre produktion för system med nomadiserad boskapsskötsel i Afrika (*mycket troligt*). Det finns robusta bevis på att skadedjur och sjukdomar inom jordbruket redan har påverkats av klimatförändringen, vilket har lett till både ökade och minskade angrepp (*mycket troligt*). Ursprungsfolk och lokala samhällen har upplevt klimatförändringens påverkan på livsmedelsförsörjningen i torrmarksområden, särskilt i Afrika och i höglänta bergsområden i Asien och Sydamerika<sup>20</sup>. {5.2.1, 5.2.2, 7.2.2}
- A.3** **Utsläpp från jord- och skogsbruk samt annan markanvändning ("Agriculture, Forestry and Other Land Use", AFOLU) stod för cirka 13 procent av koldioxidutsläppen (CO<sub>2</sub>), 44 procent av utsläppen av metan (CH<sub>4</sub>), och 81 procent av lustgasutsläppen (N<sub>2</sub>O) av alla antropogena utsläpp av respektive gas under perioden 2007-2016. Det motsvarar 23 procent (12,0±2,9 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år) av de totala antropogena netto växthusgasutsläppen<sup>21</sup> (*troligt*). Storleken på den markrelaterade kolsänkan som uppstår på grund av antropogena effekter på miljön uppgick till cirka 11,2 miljarder ton koldioxid per år under perioden 2007-2016 (vilket motsvarar cirka 29 procent av de totala antropogena koldioxidutsläppen) (*troligt*); klimatförändringens effekter gör att det är osäkert hur långvarig denna sänka är (*mycket troligt*). Om även utsläpp från för- och efterproduktionsaktiviteter inkluderas i det globala livsmedelssystemet<sup>22</sup> beräknas utsläppen uppgå till 21-37 procent av de totala antropogena netto växthusgasutsläppen (*troligt*). {2.3, tabell 2.2, 5.4}.**
- A.3.1** Marken är på samma gång både en källa till och en sänka av koldioxid på grund av antropogena och naturliga drivkrafter, vilket gör det svårt att skilja mellan antropogena och naturliga flöden (*mycket hög konfidens*). Globala modeller uppskattar nettoutsläppen av koldioxid från markanvändning och förändrad markanvändning under perioden 2007-2016 till 5,2±2,6 miljarder ton koldioxid per år (*sannolikt spann*). Dessa nettoutsläpp beror främst på avskogning, delvis kompenseras av beskogning/återbeskogning, samt utsläpp och upptag genom andra markrelaterade aktiviteter (*mycket hög konfidens*) (tabell SPM.1)<sup>23</sup>. Det finns ingen tydlig trend gällande årliga utsläpp sedan 1990 (*troligt*). (Figur SPM.1, tabell SPM.1). {1.1, 2.3, tabell 2.2, tabell 2.3}

<sup>20</sup> Utvärderingen omfattade studier med enkäter och intervjuer med ursprungsbefolkningar och lokala samhällen.

<sup>21</sup> Utvärderingen omfattar endast koldioxid, metan och lustgas.

<sup>22</sup> Med globala livsmedelssystemet avses i denna rapport "alla delar (miljö, människor, input, processer, infrastrukturer, institutioner osv.) och alla aktiviteter som avser produktion, bearbetning, distribution, tillagning och konsumtion av livsmedel, samt följderna av dessa aktiviteter inklusive socioekonomiska och miljömässiga konsekvenser på global nivå". Dessa utsläppsdata är inte direkt jämförbara med de nationella utsläppsinventeringarna som baseras på IPCC:s metodriktlinjer för nationella växthusgasutsläppsinventeringar från 2006.

<sup>23</sup> Nettoflödet av antropogen koldioxid av koldioxid enligt "bookkeeping" eller "carbon accounting"-modeller består av två motsatta bruttoflöden: bruttoutsläppen (cirka 20 miljarder ton koldioxid per år) från avskogning, odling av jord och oxidation av träprodukter; samt bruttoupptag (cirka 14 miljarder ton koldioxid per år) från skogstillväxt efter avverkning eller nedläggning av jordbruk (*troligt*).

- A.3.2 Markens naturliga respons på av människan framkallade miljöförändringar såsom atmosfärens ökande koldioxidhalt, kvävenedfall och klimatförändring ligger bakom ett årligt globalt netto upptag på  $11,2 \pm 2,6$  miljarder ton koldioxid (*sannolikt spann*) under perioden 2007-2016 (tabell SPM.1). Sammantaget ger detta nettoborttagande tillsammans med de AFOLU-relaterade nettoutsläppen ett totalt flöde mellan mark och atmosfär som motsvarar ett upptag på  $6,0 \pm 3,7$  miljarder ton koldioxid per år under 2007-2016 (*sannolikt spann*). Med fortsatt klimatförändring beräknas nettoavgången av koldioxid från vegetation och jordar att öka. Detta motverkar det ökade koldioxidupptag som koldioxidgödsling och längre vegetationsperioder ger upphov till (*mycket troligt*). Balansen mellan dessa processer är en betydande osäkerhet kring markens framtida möjligheter att bidra till kolsänkor. Beräknad tining av permafrost förväntas öka förlusten av markbundet kol (*mycket troligt*). Under 2000-talet kan ökad vegetation i dessa områden möjligen delvis kompensera för dessa förluster (*låg konfidens*). (Tabell SPM.1) {faktaruta 2.3, 2.3.1, 2.5.3, 2.7, tabell 2.3}
- A.3.3 Globala modeller och nationella växthusgasinventeringar använder olika metoder för att uppskatta antropogena koldioxidutsläpp och upptag vad gäller marksektorn. Vad gäller förändrad markanvändning och skogar är uppskattningarna mycket snarlika (till exempel avskogning, beskogning). Skillnaderna är däremot mer betydande för förvaltat skog där globala modeller betraktar avverkade skogar som förvaltade skogar, medan de nationella växthusgasinventeringarna använder en bredare definition som är i linje med IPCCs riktlinjer. Växthusgasinventeringarna kan också betrakta markens naturliga respons på av människan orsakade miljöförändringar som antropogena medan de globala modellerna {tabell SPM.1} behandlar denna respons som en del av den icke-antropogena sänkan. Som exempel uppgår summan av de nationella inventeringarna till netto utsläpp av växthusgaser  $0,1 \pm 1,0$  miljarder ton koldioxid per år mellan 2005-2014, medan medelvärdet av två globala bokföringsmodeller är  $5,2 \pm 2,6$  miljarder ton koldioxid per år (*sannolikt spann*). Genom att ta hänsyn till skillnader mellan olika metoder kan förståelsen för marksektorns nettoutsläppsuppskattningar och tillämpningarna av dessa förbättras. {2.4.1, 2.7.3, figur 2.5, faktaruta 2.2}

Tabell SPM.1 Netto antropogena utsläpp från jord- och skogsbruk samt annan markanvändning (AFOLU) och icke-AFOLU (panel 1), samt från globala livsmedelssystemet (medelvärden för 2007-2016)<sup>1</sup> (panel 2). Positiva värden avser utsläpp; negativa värden avser upptag. Gt=miljarder ton, Mt=miljoner ton.

| Direkta antropogena                                                |                                          |                                                                                      |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Gas                                                                | Enheter                                  | Netto antropogena utsläpp från jord- och skogsbruk samt annan markanvändning (AFOLU) | Icke-AFOLU antropogena växthusgasutsläpp <sup>6</sup> | Totala netto antropogena utsläpp (AFOLU och icke-AFOLU) per gas    | AFOLUs andel (%) av totala netto antropogena utsläppen, per gas | Markens respons till antropogena miljöförändringar <sup>7</sup> | Nettoförändring mellan marken och atmosfären, alla marker |
| Panel 1: Utsläpp relaterade till AFOLU                             |                                          |                                                                                      |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| CO <sub>2</sub> <sup>2</sup>                                       |                                          | FOLU                                                                                 |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
|                                                                    |                                          | A                                                                                    | D                                                     | E=C+D                                                              | F=(C/E)X100                                                     | G                                                               | A+G                                                       |
|                                                                    |                                          |                                                                                      |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| CH <sub>4</sub> <sup>3,8</sup>                                     | Gt CO <sub>2</sub> år <sup>-1</sup>      | 5,2 ± 2,6                                                                            | 33,9 ± 1,8                                            | 39,1 ± 3,2                                                         | 13%                                                             | -11,2 ± 2,6                                                     | -6,0 ± 3,7                                                |
|                                                                    | Mt CH <sub>4</sub> år <sup>-1</sup>      | 19,2 ± 5,8                                                                           | 201 ± 101                                             | 362 ± 109                                                          |                                                                 |                                                                 |                                                           |
|                                                                    | Gt CO <sub>2</sub> e år <sup>-1</sup>    | 0,5 ± 0,2                                                                            | 5,6 ± 2,8                                             | 10,1 ± 3,1                                                         | 44%                                                             |                                                                 |                                                           |
| N <sub>2</sub> O <sup>3,8</sup>                                    | Mt N <sub>2</sub> O år <sup>-1</sup>     | 0,3 ± 0,1                                                                            | 2,0 ± 1,0                                             | 10,6 ± 2,7                                                         |                                                                 |                                                                 |                                                           |
|                                                                    | Gt CO <sub>2</sub> e år <sup>-1</sup>    | 0,09 ± 0,03                                                                          | 0,5 ± 0,3                                             | 2,8 ± 0,7                                                          | 81%                                                             |                                                                 |                                                           |
|                                                                    | Gt CO <sub>2</sub> -ekv år <sup>-1</sup> | 5,8 ± 2,6                                                                            | 40,0 ± 3,4                                            | 52,0 ± 4,5                                                         | 23%                                                             |                                                                 |                                                           |
| Panel 2: Utsläpp relaterade till det globala livsmedelssystemet    |                                          |                                                                                      |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| CO <sub>2</sub> <sup>4</sup> förändrad markanvändning <sup>4</sup> |                                          | Förändrad markanvändning                                                             | Jordbruk                                              | Icke-AFOLU <sup>5</sup> pre- och post-produktion på andra sektorer | Totala utsläpp från globala livsmedelssystemet                  |                                                                 |                                                           |
|                                                                    | Gt CO <sub>2</sub> år <sup>-1</sup>      | 4,9 ± 2,5                                                                            |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
|                                                                    |                                          |                                                                                      |                                                       |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| CH <sub>4</sub> jordbruk <sup>2,6,9</sup>                          | Gt CO <sub>2</sub> -ekv år <sup>-1</sup> |                                                                                      | 4,0 ± 1,2                                             |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| N <sub>2</sub> O jordbruk <sup>2,6,9</sup>                         | Gt CO <sub>2</sub> -ekv år <sup>-1</sup> |                                                                                      | 2,2 ± 0,7                                             |                                                                    |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| CO <sub>2</sub> andra sektorer <sup>5</sup>                        | Gt CO <sub>2</sub> år <sup>-1</sup>      |                                                                                      |                                                       | 2,6-5,2                                                            |                                                                 |                                                                 |                                                           |
| Totalt <sup>10</sup>                                               | Gt CO <sub>2</sub> -ekv år <sup>-1</sup> | 4,9 ± 2,5                                                                            | 6,2 ± 1,4                                             | 2,6-5,2                                                            | 10,8-19,1                                                       |                                                                 |                                                           |

**Tabell SPM.1 Källor och anteckningar:**

<sup>1</sup> År 2016 är sista året med tillgängliga data för alla gaser.

<sup>2</sup> Netto antropogena koldioxidflöden från förändringar i marktäckning, exempelvis avskogning och återbeskogning, brukande inklusive avverkning och återväxt, liksom bränning av torvmark, baserat på de två bokföringsmodeller som används i "Global Carbon Budget" och i AR5. Kolförrädsändringar i jordbruksmark under oförändrad markanvändning betraktas inte i dessa modeller. {2.3.1.2.1, tabell 2.2, faktaruta 2.2}

<sup>3</sup> Uppskattningarna visar medelvärden och bedömd osäkerhet baserad på två databaser FAOSTAT och USEPA 2012 {2.3, tabell 2.2}

<sup>4</sup> Baserat på FAOSTAT. Kategorier som ingår i detta värde är netto avskogning, dränering av mulljordar (åkermark och gräsmark), förbränning av biomassa (fuktig tropisk skog, andra skogar, mulljordar). "Skogsmark" ingår inte (skogsförvaltning samt nettoexpansion av skog), vilket främst är en sänka på grund av återbeskogning. Not: De totala FOLU-utsläppen enligt FAOSTAT är 2,8 ( $\pm 1,4$ ) miljarder ton koldioxid per år för perioden 2007-2016. {tabell 2.2, tabell 5.4}

<sup>5</sup> Koldioxidutsläpp som orsakas av aktiviteter som inte ingår i AFOLU-sektorn, främst från energi (till exempel torkning av spannmål), transporter (till exempel internationell handel), och industri (till exempel framställning av mineralgödsel) i den mån de ingår i livsmedelssystemet, medräknat aktiviteter inom jordbruk (till exempel uppvärmning av växthus), förproduktion (till exempel tillverkning av resurser till jordbruket) och efterproduktion (till exempel livsmedelsförädling). Uppskattningen avser marker och inkluderar därmed inte utsläpp från fiskerier. Utsläpp från fibrer och andra jordbruksprodukter som inte är livsmedel ingår däremot eftersom de inte separeras från livsmedelsrelaterade utsläpp i databaserna. Koldioxidutsläpp som är relaterade till livsmedelssystem i andra sektorer än AFOLU utgör 6-13 procent av de totala antropogena koldioxidutsläppen. Dessa utsläpp är typiskt låga hos småskaliga självhushålls jordbruk. När dessa utsläpp läggs till AFOLU-utsläppen blir den uppskattade andelen från livsmedelssystemen till de globala antropogena utsläppen 21-37 procent. {5.4.5, tabell 5.4}

<sup>6</sup> De totala icke-AFOLU utsläppen beräknades som summan av de totala CO<sub>2</sub>-ekv utsläpp från energi, industriella källor, avfall och andra utsläpp med data från "Global Carbon Project" för koldioxidens del, inklusive internationell luft- och sjöfart, samt metan och lustgas från PRIMAP-databas över perioden med tillgängliga data, det vill säga 2007-2014. {2.3, tabell 2.2}.

<sup>7</sup> Markens naturliga respons på av människan skapade miljöförändringar handlar om vegetationens och markens respons på förändringar i miljön såsom ökande koldioxidhalt i atmosfären, kvävenedfall och klimatförändringen. Uppskattningen som visas är ett medelvärde från dynamiska globala vegetationsmodeller. {2.3.1.2.4, faktaruta 2.2, tabell 2.3}

<sup>8</sup> Alla värden som uttrycks i CO<sub>2</sub>-ekv är baserade på de GWP värden med en tidshorisont på 100 år värden från AR5 utan medräkning av effekter av återkopplingar mellan klimatförändringen och kolcykeln (N<sub>2</sub>O = 265; CH<sub>4</sub> = 28). Samma GWP används här både för metan från fossila bränslen och biogena källor. Om ett högre GWP för fossilt metan skulle ha använts (30 enligt AR5), skulle de sammanlagda antropogena metanutsläppen uttryckta som CO<sub>2</sub>-ekv vara 2 procent större.

<sup>9</sup> Uppskattningen avser landområden och inkluderar därmed inte utsläpp från fiske och akvakulturer (förutom utsläpp som härrör från foder som producerats på land för användning inom akvakulturer). I uppskattningen ingår även sådant som inte är livsmedel (till exempel fibrer och bioenergi) eftersom dessa inte separeras från livsmedel i databaserna. Uppskattningen omfattar inte andra utsläpp än koldioxid från den förändrade markanvändning som avser FOLU eftersom dessa härrör sig från skogsbränder och torvbränder.

<sup>10</sup> Utsläppen från förluster av livsmedel och svinn ingår här, eftersom utsläpp från livsmedelssystemet relateras till livsmedelsproduktion, konsumerade livsmedel samt förluster och svinn. Det sistnämnda uppskattas till 8-10 procent av de totala antropogena utsläppen uttryckta som CO<sub>2</sub>-ekv. {5.5.2.5}

<sup>11</sup> Det finns inga tillgängliga globala data för koldioxidutsläpp från jordbruk.

- A.3.4 De globala AFOLU-utsläppen av metan uppgick till 161 $\pm$ 43 miljoner ton CH<sub>4</sub> per år (4,5 $\pm$ 1,2 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år) mellan 2007 och 2016 (*troligt*). Den globala genomsnittliga metanhalt i atmosfären visar en kontinuerlig ökning från mitten av 1980-talet fram till början av 1990-talet, följt av en långsammare tillväxt fram till 1999, en period utan öknings mellan 1999 och 2006, och återupptagen ökning sedan 2007 (*mycket troligt*). En större andel av utsläppen kommer nu från biogena källor jämfört med perioden före 2000 (*mycket troligt*). Idisslare och utökade risodlingar är viktiga bidrag till metanökningen i atmosfären (*mycket troligt*). (Figur SPM.1) {tabell 2.2, 2.3.2, 5.4.2, 5.4.3}.
- A.3.5 Antropogena AFOLU-relaterade lustgasutsläpp ökar och uppgick till 8,7 $\pm$ 2,5 miljoner ton N<sub>2</sub>O per år (2,3 $\pm$ 0,7 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år) under perioden 2007-2016. Antropogena lustgasutsläpp (figur SPM.1, tabell SPM.1) från jordar beror huvudsakligen på kvävetillförsel inklusive ineffektivitet i detta (övertillförsel eller tillförsel som är dåligt synkroniserad med grödans behov) (*mycket troligt*). Utsläppen från åkerjordar uppgick till cirka 3 miljoner ton N<sub>2</sub>O per år (cirka 795 miljoner ton CO<sub>2</sub>-ekv per år) under samma period (*troligt*). Utsläppen från förvaltade betesmarker har ökat markant till följd av ökad deponering av gödsel (*troligt*). Boskap på förvaltade betesmarker och betesområden stod år 2014 för mer än hälften av de totala antropogena lustgasutsläppen från jordbruket (*troligt*). {tabell 2.1, 2.3.3, 5.4.2, 5.4.3}
- A.3.6 De totala nettoutsläppen av växthusgaser från AFOLU motsvarar 12,0 $\pm$ 2,9 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år under perioden 2007-2016. Detta motsvarar 23 procent av de totala antropogena nettoutsläppen<sup>24</sup> (tabell SPM.1). Andra sektorsindelningar, som det globala livsmedelssystemet, inkluderar jordbruksrelaterade utsläpp samt utsläpp från förändrad markanvändning (exempelvis avskogning och degradering av torvmarker), men även andra energirelaterade utsläpp och utsläpp från transporter och industrier relaterade till livsmedelsproduktionen. Utsläpp inom själva gårdarna och från expansion av jordbruksmark relaterade till det globala livsmedelssystemet motsvarar 16-27 procent av de totala antropogena utsläppen (*troligt*). Utsläpp utanför gårdarna representerar 5-10 procent av de totala antropogena utsläppen (*troligt*). Med tanke på mångfalden i livsmedelssystemet finns det stora regionala skillnader i bidrag från olika komponenter i livsmedelssystemets (*mycket hög konfidens*). Utsläppen från jordbruksproduktionen beräknas öka (*mycket troligt*), på grund av befolkningsökning, ökade inkomster och förändringar i konsumtionsmönster (*troligt*). {5.5, tabell 5.4}

<sup>24</sup> Denna utvärdering omfattar endast växthusgaserna koldioxid, metan och lustgas.

- A.4 Förändringar i markförhållanden<sup>25</sup> antingen från markanvändning eller från klimatförändring, påverkar det globala och regionala klimatet (*mycket troligt*). På regional skala kan förändringar i markförhållanden minska eller förstärka uppvärmning och påverka intensitet, frekvens och varaktighet av extremer. Storlek och riktning för dessa förändringar varierar med plats och säsong (*mycket troligt*). {sammanfattning kapitel 2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.3}**
- A.4.1 Sedan den förindustriella tiden har förändringar i marktäckning beroende på mänsklig aktivitet lett till både nettoutsläpp av koldioxid, vilket bidrar till den globala uppvärmningen (*mycket troligt*), och en global ökning av markens albedo<sup>26</sup> vilket har avkylande verkan (*troligt*). Den sammanlagda effekten på den globala medeltemperaturen över tid uppskattas till liten (*troligt*). {2.4, 2.6.1, 2.6.2}
- A.4.2 Sannolikhet, intensitet och varaktighet för många extremer kan påverkas betydligt genom förändringar i markförhållanden, inklusive värmerelaterade händelser som värmeböljor (*mycket troligt*) och skyfall (*troligt*). Förändringar i markförhållanden kan påverka temperatur och nederbörd på upp till flera hundra kilometers avstånd (*mycket troligt*). {2.5.1, 2.5.2, 2.5.4, 3.3, kapitelöverskridande faktaruta 4 i kapitel 2}
- A.4.3 Klimatförändringen beräknas påverka markförhållandena, med återverkningar på regionala klimat. När trädgränsen i boreala områden vandrar norrut och/eller vegetationsperioden blir längre, kommer uppvärmningen under vintern att förstärkas på grund av minskat snötäcke och albedo, samtidigt som uppvärmningen under vegetationsperioden kommer att minska på grund av ökad avdunstning (*mycket troligt*). I de tropiska områden där nederbörden beräknas öka, kommer ökad vegetationstillväxt att minska den regionala uppvärmningen (*troligt*). Intensiteten av värmeböljor kan öka när klimatförändringen torkar ut jordar. Där klimatförändringen orsakar fuktigare jordförhållanden, är effekten den motsatta (*mycket troligt*). {2.5.2, 2.5.3}
- A.4.4 Ökenspridning förstärker den globala uppvärmningen genom koldioxidutsläpp relaterade till minskad växtlighet (*mycket troligt*). Minskad växtlighet bidrar även till lokalt högre albedo, vilket har en avkylande verkan (*mycket troligt*). {3.3}
- A.4.5 Förändringar i skogstäcke på grund av beskogning, återbeskogning och avskogning påverkar direkt den regionala temperaturen genom utbyten av vatten och energi<sup>27</sup> (*mycket troligt*). När skogstäckningen ökar i tropiska områden blir resultatet en avkylning på grund av ökad avdunstning (*mycket troligt*). Ökad avdunstning kan leda till svalare dagar under vegetationsperioden (*mycket troligt*) och kan minska styrkan i värmerelaterade händelser (*troligt*). I regioner med säsongvis snötäcke, till exempel boreala och vissa tempererade områden, minskar albedot med ökande antal träd och buskar, vilket har en värmande effekt<sup>28</sup> (*mycket troligt*). {2.3, 2.4.3, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.4}
- A.4.6 Både global uppvärmning och urbanisering kan förstärka uppvärmningen i städer och deras närområden (värmeöffekt), särskilt under värmerelaterade händelser som värmeböljor (*mycket troligt*). Natttemperaturer påverkas mer av denna effekt än dagtemperaturer (*mycket troligt*). Ökad urbanisering kan även intensifiera skyfall över staden eller nedvinds om urbana områden (*troligt*). {2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 4.9.1, kapitelöverskridande faktaruta 4 i kapitel 2}

<sup>25</sup> Markförhållanden omfattar förändringar i marktäckningen (till exempel avskogning, beskogning, urbanisering), i markanvändning (till exempel konstbevattning), och markens tillstånd (till exempel fuktighetsgrad, grad av "greening", snömängd, omfattning av permafrost).

<sup>26</sup> Mark med högt albedo reflekterar mer av inkommande solstrålning jämfört med mark med lågt albedo.

<sup>27</sup> Den vetenskapliga litteraturen indikerar att förändringar i skogstäckning också kan påverka klimatet genom förändringar i utsläpp av reaktiva gaser och partiklar {2.4, 2.5}.

<sup>28</sup> Framväxande litteratur tyder på att aerosoler från boreala skogar åtminstone delvis kan motverka den uppvärmningseffekt som förändringar i albedot leder till {2.4.3}.

## Faktaruta SPM.1 | "Shared Socio-economic Pathways (SSPs)"

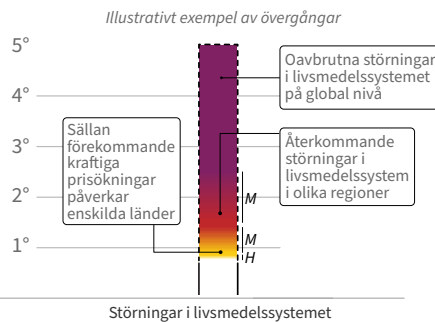
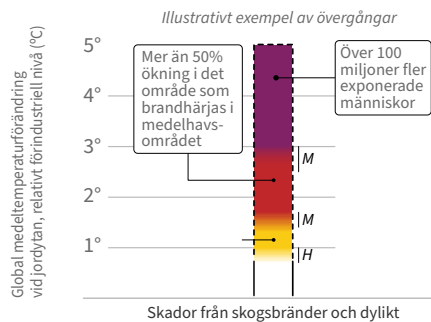
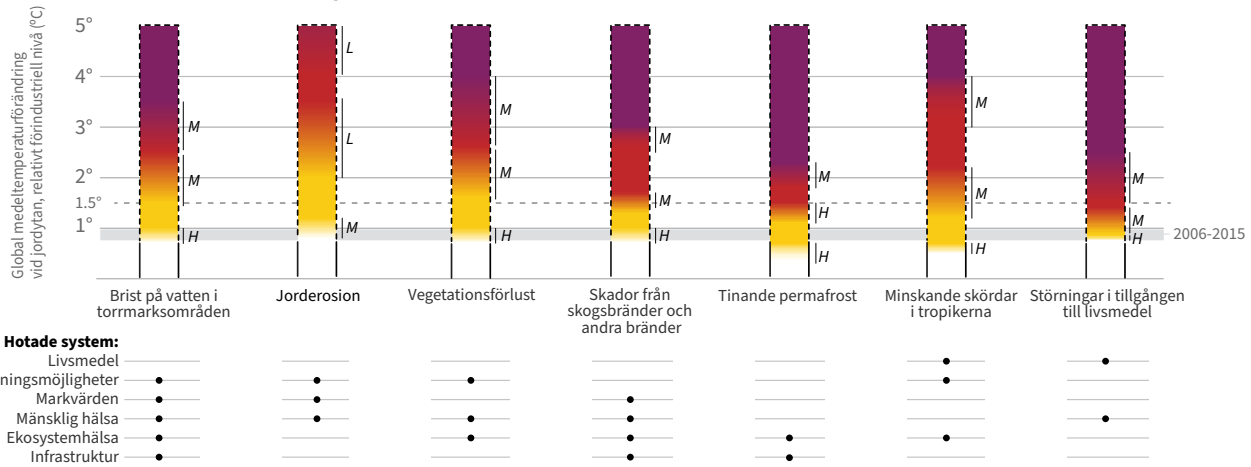
Utvärderingen av vad framtida socioekonomisk utveckling har för betydelse för utsläppsminskningar, anpassning och markanvändning utgår från scenarier som kallas "Shared Socio-economic Pathways" (SSPs). Dessa SSP:er spänner över en rad utmaningar gällande utsläppsminskningar och klimatanpassning.

- SSP1 innehåller en topp och därefter en minskning av befolkningen (cirka 7 miljarder år 2100), höga inkomstnivåer och minskade klyftor, effektiv reglering av markanvändning, mindre resursintensiv konsumtion som omfattar livsmedel som produceras i system med låga växthusgasutsläpp och minskat matsvinn, fri handel samt miljövänliga teknologier och livsstilar. Jämfört med de andra scenarierna har SSP1 låga utmaningar att minska utsläppen och låga utmaningar att genomföra anpassning (dvs. anpassningskapaciteten är hög).
- SSP2 har en måttlig befolkningsökning (cirka 9 miljarder år 2100) och medelhöga inkomstnivåer. Teknologiska framsteg, produktionsmönster och konsumtionsmönster utvecklas i linje med tidigare trender. Klyftorna minskar, men endast gradvis. Jämfört med de andra scenarierna visar SSP2 medelhöga utmaningar att minska utsläppen och medelstora utmaningar att genomföra anpassning (dvs. anpassningskapaciteten är medelgod). SSP3 har hög befolkningstillväxt (cirka 13 miljarder år 2100), låga inkomstnivåer och fortsatt ojämlikhet, materialintensiv konsumtion och produktion, det finns handelsbarriärer och den teknologiska utvecklingen är långsam. Jämfört med de andra scenarierna visar SSP3 höga utmaningar för att minska utsläppen och höga utmaningar att genomföra anpassning (dvs. anpassningskapaciteten är låg).
- SSP4 har medelstor befolkningsökning (cirka 9 miljarder år 2100) och medelhöga inkomstnivåer, men betydande ojämlikheter inom och mellan olika regioner. Jämfört med de andra scenarierna visar SSP4 små utmaningar att minska utsläppen men stora utmaningar att genomföra anpassning (dvs. anpassningskapaciteten är låg).
- SSP5 innehåller en topp och därefter en minskning av befolkningen (cirka 7 miljarder år 2100), höga inkomstnivåer, minskade ojämlikheter, och fri handel. Produktion, konsumtion och livsstilar är resursintensiva. Jämfört med de andra scenarierna visar SSP5 höga utmaningar att minska utsläppen, men låga utmaningar att genomföra anpassning (dvs. anpassningskapaciteten är hög).

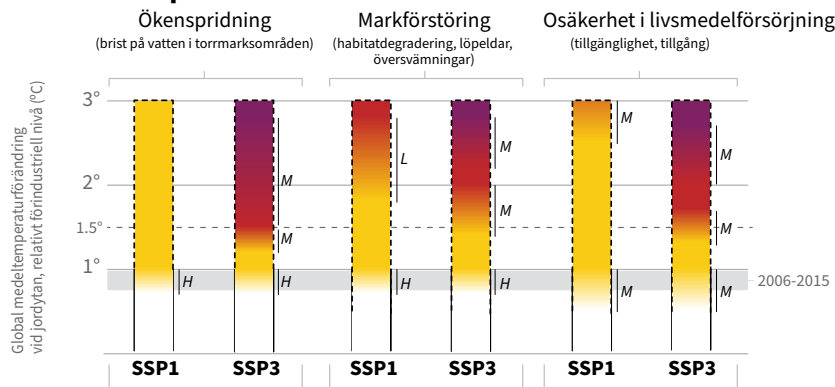
Dessa SSP:er kan kombineras med "Representative Concentration Pathways" (RCP) vilka motsvarar olika nivåer av utsläppsminskningar, vilket även har följder för anpassning. Ett visst SSP kan vara konsistent med olika stora globala uppvärmningsnivåer som uppstår i beräkningar som utgår från olika SSP-RCP par. Vissa SSP-RCP par är inte möjliga att kombinera; exempelvis är inte RCP2,6 och lägre globala uppvärmningsnivåer (till exempel 1,5°C) förenliga med SSP3. {1.2.2, kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1, 6.1.4, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}

## A. Risker för människan och ekosystem från förändringar i markrelaterade processer som orsakas av klimatförändringen

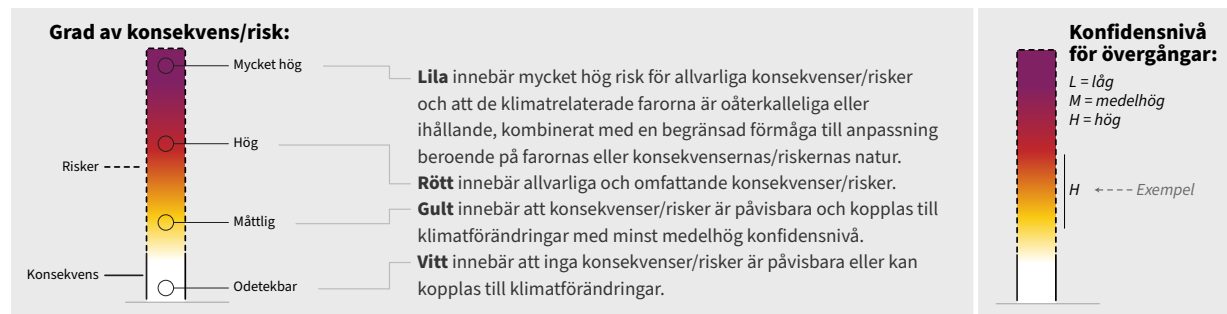
Ökningen av den globala medeltemperaturen vid jordytan (GMST) över förindustriella nivåer påverkar processer som är förknippade med ökenspridning (brist på vatten), markförstörelse (jorderosion, minskad vegetation, bränder, tinande permafrost) och instabiliteter i livsmedelsförsörjning (skördar och störningar i tillgång till livsmedel). Förändringar i dessa processer ökar riskerna inom livsmedelssystem, försörjningsmöjligheter, infrastruktur, markvärden, samt människors och ekosystems hälsa. Förändringar inom en viss process (till exempel skogsbränder, eller brist på vatten) kan leda till kaskadrisker. Riskerna varierar mellan regioner.



## B. Storleken på klimatrelaterade risker varierar mellan olika socioekonomiska scenarier



Socioekonomiska val kan minska eller förstärka klimatrelaterade risker samt påverka hur snabbt temperaturen stiger. Scenariet **SSP1** beskriver en värld med låg befolkningsökning, höga inkomstnivåer och minskade klyftor, livsmedel som produceras i system med låga växthusgasutsläpp, effektiv reglering av markanvändning och hög anpassningskapacitet. Scenariet **SSP3** präglas av motsatta trender. Riskerna är lägre med **SSP1** jämfört med **SSP3** vid samma uppvärmningsnivå.



**Figur SPM.2 | Risker för markrelaterade mänskliga system och ekosystem som orsakas av den globala klimatförändringen, socioekonomisk utveckling och val av utsläppsminskande åtgärder förknippade med markbundna ekosystem.** I linje med tidigare IPCC-rapporter, har litteraturbaserade expertbedömningar gjorts för att uppskatta på vilka nivåer av global uppvärmning riskerna är omätbara, måttliga, höga eller mycket höga, vilket beskrivs närmare i kapitel 7 och i andra delar av den underliggande rapporten. Figuren visar bedömda risker vid ungefärliga uppvärmningsnivåer. Dessa risker kan påverkas av olika faktorer, däribland anpassningsåtgärder. I bedömningen anses anpassningsförmåga vara förenlig med SSP-scenarier som beskrivs nedan. **Panel A:** Risker vid olika stor global uppvärmning för ett urval aspekter av marksystemet {2.1, faktaruta 2.1, 3.5, 3.7.1.1, 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 7.2.7.3, tabell SM7.1}. Kopplingarna med bredare system är illustrativa och är inte avsedda att vara fullständiga. Risknivåerna har uppskattats för mellanstor exponering och sårbarhet vilka påverkas av måttliga trender i socioekonomiska förhållanden, vilka i stort sett överensstämmer med scenariet SSP2. {tabell SM7.4} **Panel B:** Risker förknippade med ökenspridning, markförstöring och livsmedelsförsörjning, på grund av klimatförändring och socioekonomisk utveckling. Ökande risker förknippade med ökenspridning omfattar befolkningar som är exponerade och sårbara för vattenstress i torrområden. Risker förknippade med markförstöring omfattar försämring av livsmiljöer, befolkningar som utsätts för bränder och översvämningar samt kostnader som uppstår på grund av dessa. Risker gällande livsmedelsförsörjning omfattar tillgänglighet och tillgång till mat inklusive befolkningar med risk för hungersnöd, prisökningar på livsmedel och ökning av funktionsjusterade levnadsår (DALY, Disability Adjusted Life Years) som beror på undervikt under barndomen. Riskerna har bedömts för två kontrasterande socioekonomiska scenarier (SSP1 och SSP3 {faktaruta SPM.1}) utan medräkning av effekter av direkta policyer för utsläppsminskningar {3.5, 4.2.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 6.1.4, 7.2, tabell SM7.5}. Risker visas inte för en större uppvärmning än 3°C eftersom uppvärmningen inte överstiger den nivå vid SSP1. **Alla paneler:** Bedömningarna baseras på sammanställd litteratur från vilken information fördes till en sammanfattande tabell. Ett formellt ramverk för expertbedömning användes för att identifiera tröskelvärden mellan olika risknivåer (utifrån en modifierad Delphi teknik och "Sheffield Elicitation Framework"). En del i detta var ett flerstegs framtagande med två omgångar av oberoende anonyma bedömningar av trösklar följt av en avslutande konsensusdiskussion. Mer information om metoderna och litteraturen som bedömningarna bygger på finns i kapitel 7 tilläggsmaterial.

**A.5 Klimatförändringen skapar ytterligare påfrestningar på marken, vilket förvärrar befintliga risker för försörjningsmöjligheter, biologisk mångfald, människors och ekosystems hälsa, infrastruktur och livsmedelssystem (mycket troligt). Tilltagande effekter på mark beräknas inom samtliga utsläppsscenarier (mycket troligt). En del regioner kommer att möta högre risker, medan andra regioner kommer att uppleva tidigare oanade risker (mycket troligt). Kaskadrisker som påverkar flera system och sektorer varierar också mellan olika regioner (mycket troligt). (Figur SPM.2) {2.2, 3.5, 4.2, 4.4, 4.7, 5.1, 5.2, 5.8, 6.1, 7.2, 7.3, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}**

**A.5.1** Med ökande uppvärmning beräknas frekvens, intensitet och varaktighet av värmerelaterade händelser inklusive värmeböljor fortsätta öka under hela 2000-talet (*mycket troligt*). Frekvens och intensitet för torka beräknas öka i synnerhet i Medelhavsområdet och i södra Afrika (*troligt*). Frekvens och intensitet av skyfall beräknas öka inom många regioner (*mycket troligt*). {2.2.5, 3.5.1, 4.2.3, 5.2}

**A.5.2** Med ökande uppvärmning beräknas klimatzonerna på mellanbreddgrader och höga breddgrader att fortsätta röra sig i riktning mot polerna (*mycket troligt*). I regioner på höga breddgrader beräknas uppvärmningen leda till ökade störningar i boreala skogar, till exempel torka, bränder och skadedjursangrepp (*mycket troligt*). I tropiska områden, i scenarier med mellanstora och stora växthusgasutsläpp, beräknas uppvärmningen leda till uppkomst av klimatförhållanden utan motstycke<sup>29</sup> vid mitten av eller senare delen av 2000-talet (*troligt*). {2.2.4, 2.2.5, 2.5.3, 4.3.2}

**A.5.3** Den redan inträffade globala uppvärmningen förknippas med medelhöga risker för brist på vatten i torrmarksområden, jorderosion, vegetationsförlust, skador från bränder, tinande permafrost, förstörelse av kustområden och minskande skördar i tropiska områden (*mycket troligt*). Risker och kaskadrisker beräknas bli allt allvarigare med ökande temperaturer. Vid global uppvärmning på omkring 1,5°C beräknas riskerna relaterade till vattenbrist på torrmarksområden, skador från bränder, tinande permafrost och störningar i livsmedelstillgången bli höga (*troligt*). Vid global uppvärmning på omkring 2°C beräknas riskerna relaterade till tinande permafrost och störningar i livsmedelstillgången bli mycket höga (*troligt*). Vid global uppvärmning på omkring 3°C beräknas även riskerna relaterade till vegetationsförluster, skador från bränder, och vattenbrist i torrmarksområden bli mycket höga (*troligt*). Risker förknippade med torka, vattenstress, värmerelaterade händelser som till exempel värmeböljor och försämringar av livsmiljöer ökar samtidigt mellan en uppvärmning på 1,5°C och på 3°C (*låg konfidens*). (Figur SPM.2) {7.2.2, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6, kapitel 7 tilläggsmaterial}

<sup>29</sup> Med klimatförhållanden utan motstycke avses i denna rapport förhållanden som "inte har inträffat någonstans under 1900-talet". De kännetecknas av höga temperaturer med stora säsongsvariationer och förändringar i nederbörd. I den utvärderade litteraturen behandlas inga andra klimatvariabler än temperatur och nederbörd.

- A.5.4** Stabiliteten i livsmedelsförsörjningen<sup>30</sup> beräknas minska när omfattning och frekvens för extrema väderhändelser av det slag som stör livsmedelsproduktionskedjan blir fler (*mycket troligt*). Högre koldioxidhalter i atmosfären kan också minska grödornas näringsmässiga kvalitet (*mycket troligt*). Under SSP2 visar beräkningar med globala modeller för jordbruk och ekonomiska modeller en 7,6 procents (median) (spann: 1-23 procent) ökning av spannmålspriser år 2050 på grund av klimatförändringen (scenario RCP6,0), vilket leder till högre priser på livsmedel och ökad risk för osäkerhet i livsmedelsförsörjningen samt hungersnöd (*troligt*). De mest utsatta människorna kommer att drabbas hårdast (*mycket troligt*). {5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.1, 7.2.2.2, 7.3.1}
- A.5.5** Inom torrmarksområden beräknas klimatförändring och ökenspridning leda till minskningar i produktion av grödor och boskap (*mycket troligt*), påverka artsammansättning i växtligheten och minska den biologiska mångfalden (*troligt*). Under SSP2 beräknas antalet människor som bor i torrmarksområden och vara sårbara för vattenstress, intensiv torka och försämring av livsmiljöer att öka till 178 miljoner vid 2050 vid en uppvärmning på 1,5°C, till 220 miljoner om uppvärmningen uppgår till 2°C, och till 277 miljoner vid 3°C (*låg konfidens*). {3.5.1, 3.5.2, 3.7.3}
- A.5.6** Asien och Afrika<sup>31</sup> beräknas ha det största antalet människor som är sårbara för ökad ökenspridning. Nordamerika, Sydamerika, Medelhavsområdet, södra Afrika och Centralasien kan i ökande grad påverkas av bränder. Tropiska och subtropiska områden beräknas vara mest sårbara vad gäller minskad skördeavkastning. Markförstöring till följd av kombinationen av stigande havsnivåer och mer intensiva stormar beräknas äventyra liv och försörjning i de områden som brukar drabbas av stormar (*mycket hög konfidens*). Mest hotade inom samhällen är kvinnor, de unga, de gamla och de fattiga (*mycket troligt*). {3.5.1, 3.5.2, 4.4, tabell 4.1, 5.2.2, 7.2.2, kapitelöverskridande faktaruta 3 i kapitel 2}
- A.5.7** Klimatförändringen kan förstärka miljörelaterad migration, både inom länder och över landsgränserna (*troligt*), vilket återspeglar flera olika faktorer bakom rörlighet och tillgängliga anpassningsåtgärder (*mycket troligt*). Extrema väder- och klimathändelser samt gradvisa förändringar i klimatet kan leda till ökad förflyttning, störningar i livsmedelsproduktionskedjor, hotade livsvillkor (*mycket troligt*), och förvärra sådana spänningar som underbygger konflikter (*troligt*). {3.4.2, 4.7.3, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.8.2, 7.2.2, 7.3.1}
- A.5.8** Ohållbar förvaltning av marken har lett till negativa ekonomiska effekter (*mycket troligt*). Klimatförändringen beräknas förvärra dessa effekter (*mycket troligt*). {4.3.1, 4.4.1, 4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8, 5.2, 5.8.1, 7.3.4, 7.6.1, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- A.6 Den nivå på risker som klimatförändringen leder till beror både på uppvärmningens storlek och på hur befolkningsmängd, konsumtion, produktion, teknologisk utveckling och markförvaltning utvecklas (*mycket troligt*). Utvecklingsvägar med högre efterfrågan på livsmedel, foder och vatten, mer resursintensiv konsumtion och produktion, samt mer begränsade teknikdrivna förbättringar inom jordbruket innebär högre risker för vattenbrist i torrmarksområden, markförstöring och osäkerhet gällande livsmedelsförsörjning (*mycket troligt*). (Figur SPM.2b) {5.1.4, 5.2.3, 6.1.4, 7.2, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}**
- A.6.1** Beräknade befolkningsökningar samt högre inkomstnivåer, tillsammans med förändringar i konsumtionsmönster leder till ökad efterfrågan på livsmedel, foder och vatten vid år 2050, under alla SSPs (*mycket troligt*). Dessa förändringar, tillsammans med praxis för markförvaltning, har konsekvenser för ändringar i markanvändning, livsmedelsförsörjning, vattenbrist, växthusgasutsläpp från markbundna system, potential att binda in kol, samt biologisk mångfald (*mycket troligt*). De utvecklingsvägar där inkomsterna ökar och efterfrågan på ny jordbruksmark minskar, antingen genom minskad efterfrågan från jordbruket eller förbättrad produktivitet, kan leda till minskad osäkerhet inom livsmedelsförsörjningen (*mycket troligt*). Alla utvärderade socioekonomiska framtidsscenarioer leder till ökad efterfrågan på vatten samt vattenbrist (*mycket troligt*). SSP-scenarioer med större utvidgning av åkermarksarealer resulterar i större minskningar av biologisk mångfald (*mycket troligt*). {6.1.4}

<sup>30</sup> Livsmedelsförsörjning omfattar i denna rapport både tillgänglighet och tillgång (inklusive pris). Störningar i livsmedelsförsörjningen handlar om variationer som påverkar genom att minska tillgången.

<sup>31</sup> Ett betydande antal människor i Västafrika är utsatta för ökad ökenspridning och minskat skördeutbyte. Nordafrika är sårbart för vattenstress.

- A.6.2 Risker relaterade till vattenstress i torrområden är lägre vid utvecklingsvägar med låg befolkningstillväxt, mindre ökning av efterfrågan på vatten, och högre anpassningsförmåga, som exempelvis SSP1 (se faktaruta SPM.1). I dessa scenarier är risken för vattenbrist i torrmarksområden måttlig även vid en global uppvärmning på 3°C (*låg konfidens*). Däremot är risker relaterade till vattenbrist i torrmarksområden större vid utvecklingsvägar med hög befolkningstillväxt, hög sårbarhet, högre efterfrågan på vatten, och låg anpassningsförmåga, som i SSP3. Under SSP3 sker den beräknade övergången från medelhög till hög risk mellan 1,2°C och 1,5°C (*troligt*). (Figur SPM.2b, faktaruta SPM.1) {7.2}
- A.6.3 Risker relaterade till markförstöring orsakad av klimatförändringen är högre vid utvecklingsvägar med större befolkning, ökad markanvändningsförändring, låg anpassningsförmåga och andra barriärer för anpassning (till exempel SSP3). Dessa scenarier leder till att fler människor utsätts för ekosystemförstöring, bränder, och kustnära översvämningar (*troligt*). Vad gäller markförstöring, inträffar den beräknade övergången från medelstor risk till hög risk vid en global uppvärmning mellan 1,8°C och 2,8°C under SSP1 (*låg konfidens*) och mellan 1,4°C och 2°C under SSP3 (*troligt*). Den beräknade övergången från hög till mycket hög risk inträffar mellan 2,2°C och 2,8°C under SSP3 (*troligt*). (Figur SPM.2b) {4.4, 7.2}
- A.6.4 Risker relaterade till livsmedelsförsörjning är större vid socioekonomiska utvecklingar som karakteriseras av lägre inkomster, ökad efterfrågan på livsmedel, ökade livsmedelspriser på grund av konkurrens om mark, begränsningar i handel och andra utmaningar kring anpassning (till exempel SSP3) (*mycket troligt*). När det gäller livsmedelsförsörjning inträffar övergången från medelstor till hög risk vid en global uppvärmning mellan 2,5°C och 3,5°C under SSP1 (*troligt*) och mellan 1,3°C och 1,7°C under SSP3 (*troligt*). Övergången från hög till mycket hög risk sker mellan 2°C och 2,7°C under SSP3 (*troligt*). (Figur SPM.2b) {7.2}
- A.6.5 Städers expansion beräknas leda till omvandling av jordbruksmark vilket leder till förluster i livsmedelsproduktionen (*mycket troligt*). Detta kan orsaka ytterligare risker för livsmedelssystemet. Strategier för att minska dessa effekter kan inkludera livsmedelsproduktion i urbana och stadsnära områden, planerad expansion av urbana områden samt sådan grön infrastruktur i städer som kan minska klimatrelaterade risker i städerna<sup>32</sup> (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {4.9.1, 5.5, 5.6, 6.3, 6.4, 7.5.6}

<sup>32</sup> Markrelaterade system som avhandlas i denna rapport omfattar inte detaljerad urban ekosystemdynamik. Urbana miljöer, urban expansion och andra urbana processer och deras relation till markrelaterade processer är omfattande, dynamiska och komplexa. Många aspekter som avhandlas i denna rapport, som till exempel befolkning, tillväxt, inkomstnivåer, livsmedelsproduktion och konsumtion, livsmedelsförsörjning, och matvanor är nära kopplade till dessa urbana processer. Det finns också processer i urbana områden som är förknippade med dynamiken vid förändrad markanvändning till exempel förlust av ekosystemfunktioner och tjänster, vilket kan leda till ökad risk för naturolyckor. Några särskilda urbana frågeställningar ingår i denna rapport.

## B. Anpassning och utsläppsminskning, åtgärdsalternativ

- B.1** Många av de markrelaterade åtgärder som avser klimatanpassning och utsläppsminskning kan även bidra till att motverka ökenspridning och markförstöring samt förbättra livsmedelsförsörjningen. Potentialen för markrelaterade åtgärder och till vilken grad de avser anpassning respektive utsläppsminskning varierar med sammanhanget inklusive gemenskapers och regioners anpassningskapacitet. Även om markrelaterade åtgärdsalternativ kan ge viktiga bidrag till anpassning och utsläppsminskning, finns det även hinder för anpassning samt begränsningar i hur stora deras bidrag till global utsläppsminskning kan bli. (*mycket hög konfidens*) (Figur SPM.3) {2.6, 4.8, 5.6, 6.1, 6.3, 6.4}
- B.1.1** En del markrelaterade åtgärder som bidrar till klimatanpassning, utsläppsminskning och hållbar utveckling har redan vidtagits. Åtgärdsalternativ har utvärderats för klimatanpassning, utsläppsminskning, motverkande av ökenspridning och markförstöring, livsmedelsförsörjning och hållbar utveckling. Vissa alternativ bidrar till arbetet med alla dessa utmaningar. Bland sådana alternativ återfinns hållbar livsmedelsproduktion, förbättrad och hållbar skogsförvaltning, förvaltning av markbundet kol, bevarandet av ekosystem och restaurering av mark, minskad avskogning och förstöring samt minskad matförlust och matsvinn (*mycket troligt*). Dessa åtgärdsalternativ förutsätter en integration av biofysiska, socioekonomiska och andra möjliggörande faktorer. {6.3, 6.4.5, 7.5.6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- B.1.2** Medan vissa åtgärdsalternativ har omedelbar påverkan, kan det ta årtionden för andra att uppvisa mätbara resultat. Exempel på det förstnämnda är bevarandet av ekosystem som lagrar mycket kol såsom torvmarker, våtmarker, betesområden, mangroves och skogar. Exempel på åtgärder som tillhandahåller multipla ekosystemtjänster och funktioner, men tar längre tid för att visa resultat är återbeskogning och beskogning, samt återställande av ekosystem som lagrar mycket kol, skogsjordbruk och regenerering av förstörda jordar (*mycket troligt*). {6.4.5, 7.5.6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- B.1.3** Framgångsrikt genomförande av åtgärdsalternativ förutsätter att hänsyn tas till lokala miljörelaterade och socioekonomiska förhållanden. Vissa alternativ såsom förvaltandet av markbundet kol har potential att tillämpas vid ett brett spektrum av markanvändning. Effektiviteten av markförvaltningsmetoder vad gäller organiska jordar, torvmarker och våtmarker, inklusive när det finns kopplingar till färskvattenresurser, beror på specifika jordbruksekologiska förhållanden (*mycket troligt*). Eftersom klimatförändringens effekter på livsmedelssystemets delar är platsspecifika, och eftersom agroekosystem varierar mycket mellan olika områden, beror möjliga åtgärder för klimatanpassning och utsläppsminskning samt hinder för dessa på miljörelaterade och kulturella förhållanden på regional och lokal nivå (*mycket troligt*). Att uppnå markförstörringsneutralitet förutsätter integration av flera åtgärder på lokal, regional och nationell nivå och mellan flera sektorer inklusive jordbruk, betesmark, skog och vatten (*mycket troligt*). {4.8, 6.2, 6.3, 6.4.4, 7.5.6}
- B.1.4** Markbaserade åtgärder som kan bidra till kolupptag i jordar och växtlighet, till exempel beskogning, återbeskogning, skogsjordbruk, inbindning av kol i mineraljordar, eller kolinlagring i träprodukter kan inte i all oändlighet upprätthålla kolupptaget (*mycket troligt*). Torvmarker kan däremot fortsätta ta upp kol i århundraden (*mycket troligt*). När växter blir fullvuxna eller när kolförråden i växtligheten och jorden blir mättade, minskar det årliga koldioxidupptaget från atmosfären mot noll medan det inlagrade kolet kan bestå (*mycket troligt*). Samtidigt riskerar kol som bundits in i växtlighet och jordar att återföras till atmosfären (eller att en tidigare sänka omvandlas till källa) vid störningar som översvämning, torka, brand eller skadedjursutbrott, alternativt vid framtida undermålig förvaltning (*mycket troligt*). {6.4.1}
- B.2** De flesta av de utvärderade åtgärdsalternativen bidrar positivt till hållbar utveckling och andra samhällsmål (*mycket troligt*). Många av alternativen kan tillämpas utan att det uppstår konkurrens om mark, och kan bidra med flera sidonyttor (*mycket troligt*). Det finns även åtgärdsalternativ som har potential att minska behovet av mark, vilket därmed förstärker potentialen för andra alternativ att bidra till klimatanpassning, utsläppsminskning, att motverka ökenspridning och markförstöring samt att förbättra livsmedelsförsörjningen (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {4.8, 6.2, 6.3.6, 6.4.3}

- B.2.1 Ett antal markförvaltningsmöjligheter, som till exempel förbättrad förvaltning av åkermark och betesmark, förbättrad och hållbar skogsförvaltning och en ökning av kolhalten i jordar förutsätter inte förändrad markanvändning och orsakar därmed inte behov av ytterligare markomvandling (*mycket troligt*). Det finns ett antal åtgärdsalternativ, till exempel ökad livsmedelsproduktivitet, kostval och minskade matförluster samt minskat avfall, som kan minska behovet av markomvandling och därmed frigöra mark och skapa förutsättningar till ökad implementering av andra åtgärdsalternativ (*mycket troligt*). Sådana alternativ finns på olika nivåer, från gårdsnivåer till regionala nivåer (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {4.8, 6.3.6, 6.4}
- B.2.2 Ett flertal klimatanpassnings- och utsläppsminskningalternativ, till exempel bevarande och återställande av naturliga ekosystem såsom torvmark, kustnära marker och skogar, bevarande av biologisk mångfald, minskad konkurrens om mark, hantering av bränder, markförvaltning, samt de flesta riskhanteringsalternativ (exempelvis användning av lokalt utsäde, katastrofriskhantering, riskdelningsinstrument) har potential att ge positiva bidrag till hållbar utveckling, förstärkning av ekosystemfunktioner och tjänster, samt andra samhällsmål (*troligt*). Ekosystembaserad anpassning kan i vissa sammanhang bidra till både naturvård och fattigdomsbekämpning och kan även ge sidonyttor genom att minska växthusgaser samt trygga försörjningsmöjligheter (till exempel mangroves) (*troligt*). {6.4.3, 7.4.6.2}
- B.2.3 De flesta av de markbaserade åtgärdsalternativ som inte ökar konkurrensen om mark, och så gott som alla alternativ som handlar om förvaltning av värdekedjan (till exempel kostval, minskade förluster efter skörd, minskat matsvinn) och riskhantering, kan bidra till ingen fattigdom och ingen hunger, samtidigt som de främjar god hälsa och välbefinnande, rent vatten och sanitet, bekämpandet av klimatförändringar och ekosystem och biologisk mångfald (*troligt*). {6.4.3}
- B.3 Även om de flesta åtgärdsalternativen kan tillämpas utan att det uppstår konkurrens om tillgänglig mark kan några öka efterfrågan på markomvandling (*mycket troligt*). Vid omfattningar som motsvarar flera miljarder ton koldioxid per år, kan resultatet bli negativa sidoeffekter på anpassning, ökenspridning, markförstöring och livsmedelsförsörjning (*mycket troligt*). Om detta tillämpas på en begränsad andel av den totala marken och genomförandet integreras i hållbart förvaltade landskap kommer de negativa sidoeffekterna att begränsas samtidigt som positiva synergier kan uppstå (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {4.5, 6.2, 6.4, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}**
- B.3.1 Om beskogning, återbeskogning och användning av mark till bioenergi med eller utan koldioxidavskiljning och -lagring, eller till biokol, tillämpades i den omfattning som skulle behövas för att avlägsna koldioxid från atmosfären motsvarande flera miljarder ton per år, skulle behovet av markomvandling öka markant (*mycket troligt*). Integration med hållbart förvaltade landskap i lämplig omfattning kan mildra negativa effekter (*troligt*). Alternativ som påverkar globalt sett mindre arealer, och har mindre eller varierande effekter på förändrad markanvändning är minskad omvandling av gräsmarker till åkrar, återställande och minskad omvandling av torvmarker, och återställande och minskad omvandling av kustnära våtmarker (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6, 6.4}
- B.3.2 Även om markrelaterade åtgärder kan ge värdefulla bidrag till utsläppsminskningar finns det begränsningar gällande i vilken omfattning alternativ som bioenergigrödor eller beskogning kan börja användas. Om markanvändningen för dessa globalt skulle uppgå till flera miljoner kvadratkilometer skulle riskerna för ökenspridning, markförstöring, livsmedelsförsörjning och hållbar utveckling öka (*troligt*). Om den markareal som används till de utsläppsminskningalternativ som tar mark i anspråk begränsas kan de negativa sidoeffekterna bli färre och positiva synergier medföras gällande anpassning, ökenspridning, markförstöring eller livsmedelsförsörjning. (*mycket troligt*) (Figur SPM.3) {4.2, 4.5, 6.4, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}
- B.3.3 Produktion och användning av biomassa till bioenergi kan innebära synergier, negativa sidoeffekter och risker för markförstöring, osäker livsmedelsförsörjning, växthusgasutsläpp, andra miljömål och mål för hållbar utveckling (*mycket troligt*). Sådana konsekvenser är ofta kontextspecifika och beror på införandets omfattning, befintlig markanvändning och typ av mark som tas i anspråk, bioenergiråvara, befintlig kolinlagring, klimatförhållanden och hur dessa förvaltas samt andra markkrävande åtgärdsalternativ som kan ha en likartad rad konsekvenser (*mycket troligt*). Användning av rester och organiskt avfall till bioenergiråvara kan minska trycket på förändrad markanvändning i samband med utvecklingen av bioenergi. Mängden rester är dock begränsad och avlägsnandet av skörderester som annars skulle ha lämnats kvar kan leda till jordförstöring (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {2.6.1.5, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}

- B.3.4 För beräknade socioekonomiska scenarier med låg befolkning, effektiv reglering av markanvändning, livsmedel som produceras i system med låga växthusgasutsläpp samt minskad matförlust och matsvinn (scenario SSP1), ändras riskerna för livsmedelsförsörjning, markförstöring och vattenstress i torrområden från låga till måttliga mellan 1 och 4 miljoner kvadratkilometer bioenergi eller BECCS (*troligt*). I scenarier med hög befolkning, låga inkomstnivåer och långsam teknologisk utveckling (SSP3) ändras risker från låga till måttliga mellan 0,1 och 1 miljon kvadratkilometer (*troligt*). (Faktaruta SPM.1) {6.4; tabell SM7.6, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}
- B.4 Många aktiviteter som avser att motverka ökenspridning kan bidra till klimatanpassning med synergier gällande utsläppsminskningar samt till att hejda förluster av biologisk mångfald med samhällseliga synergier gällande hållbar utveckling (*mycket troligt*). Att undvika, minska och omvända ökenspridning skulle förbättra jordens bördighet och öka kolförrådet i jordar och biomassa, och samtidigt gynna jordbrukets produktivitet och livsmedelsförsörjningen (*mycket troligt*). Det är bättre att förebygga ökenspridning än att försöka återställa skadad mark på grund av potentiella kvarvarande risker och potentiell missanpassning (*mycket troligt*). {3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4, 3.7.1, 3.7.2}**
- B.4.1 Lösningar som bidrar till klimatanpassning och utsläppsminskningar och samtidigt motverkar ökenspridning är plats- och regionspecifika, exempel av sådana lösningar är bland andra: utvinning av vatten och mikrobevattning återställning av utarmade jordar genom torktåliga ekologiskt lämpliga växter; skogsjordbruk och andra agroekologiska och ekosystembaserade anpassningsmetoder (*mycket troligt*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5, 5.2, 5.6}
- B.4.2 Att minska sandstormar och liknande fenomen samt sanddyners förflyttningar kan minska vinderosionens negativa effekter samt förbättra luftkvalitet och hälsa (*mycket troligt*). Återbeskogning, trädplantering och återställande av ekosystem som avser att skapa vindbrytare i form av "gröna väggar" och "gröna dammar" genom att använda inhemska och andra klimathärdiga träddarter som inte behöver mycket vatten kan minska antalet sandstormar, avvärja vinderosion samt bidra till kolsänkor. Samtidigt kan detta förbättra mikroklimat, jordens näringsinnehåll och vattenförhållande förmåga, förutsatt tillgång till vatten och lämpliga jordförhållanden (*mycket troligt*). {3.3, 3.6.1, 3.7.2, 3.7.5}
- B.4.3 Åtgärder för att motverka ökenspridning kan främja kolinbindning i jordar (*mycket troligt*). Återställande av naturlig vegetation och plantering av träd på skadad mark ökar på sikt mängden kol i matjorden och underliggande jordlager (*troligt*). Hur koluttag ökar vid byte till bevarandejordbruk i torra områden beror på lokala förhållanden (*troligt*). En återhämtning efter förlust av markbunden kol kan ta lång tid. {3.1.4, 3.3, 3.6.1, 3.6.3, 3.7.1, 3.7.2}
- B.4.4 Fattigdomsbekämpning och säkerställande av livsmedelsförsörjning kan gynnas av åtgärder som främjar markförstö- ringsneutralitet (till exempel undvikande och minskande av markförstöring samt återställande av skadade jordar) i gräs- marker, åkrar och skogar, vilket bidrar till bekämpande av ökenspridning, samt till utsläppsminskning och anpassning inom ramen för hållbar utveckling. Bland sådana åtgärder finns undvikande av avskogning och användning av lokalt anpassade metoder inklusive förvaltning av betesmarker och hantering av skogsbränder (*mycket troligt*). {3.4.2, 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 4.8.5}
- B.4.5 För närvarande saknas tillräcklig kunskap om gränser för anpassning och potentiell missanpassning vad gäller kombinerade effekter av klimatförändringen och ökenspridning. Vid avsaknad av nya eller effektivare anpassningsalternativ är potentialen hög för kvarvarande risker och missanpassning (*mycket troligt*). Även när möjliga lösningar finns tillgängliga kan samhällseliga, ekonomiska och institutionella begränsningar hindra deras tillämpning (*troligt*). Vissa anpassningsalternativ kan leda till missanpassning på grund av deras effekter på miljö, exempelvis när konstbevattning orsakar markförsaltning eller sådan överanvändning som leder till minskat grundvatten (*troligt*). Extrema former av ökenspridning kan leda till total förlust av markproduktivitet, vilket antingen begränsar anpassningsalternativen eller att gränser för anpassning nås (*mycket troligt*). {sammanfattning kapitel 3, 3.6.4, 3.7.5, 7.4.9}
- B.4.6 Att utveckla, underlätta för och främja åtkomst till renare energi och teknologier kan bidra till klimatanpassning och utsläppsminskning samt motverka ökenspridning och skogsförstöring genom minskad användning av traditionell biomassa för energiändamål och samtidigt öka mångfalden i energiförsörjning (*troligt*). Detta kan ge socioekonomiska och hälsorelaterade nyttor, speciellt för kvinnor och barn (*mycket troligt*). Infrastruktur för vind och solenergi är effektiva, men effektiviteten kan i vissa områden påverkas av sandstormar och liknande fenomen (*mycket troligt*). {3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 7.5.2, kapitelöverskridande faktaruta 12 i kapitel 7}

- B.5 Hållbar markförvaltning<sup>33</sup> inklusive hållbar skogsförvaltning<sup>34</sup>, kan förebygga och minska markförstöring, bevara markens produktivitet och i vissa fall häva klimatförändringens negativa effekter på markförstöring (*mycket hög konfidens*). Hållbar markförvaltning kan även bidra till utsläppsminskning och anpassning (*mycket troligt*). Att minska och häva markförstöring på nivåer från specifika gårdar till hela avrinningsområden, kan ge kostnadseffektiva, omedelbara och långsiktiga nyttor till samhällen samt stödja flera globala hållbarhetsmål (SDGs) med sidonyttor för anpassning (*mycket hög konfidens*) och utsläppsminskning (*mycket troligt*). Även vid implementering av hållbar markförvaltning kan gränser för anpassning i vissa fall överskridas (*troligt*). {1.3.2, 4.1.5, 4.8, 7.5.6, tabell 4.2}**
- B.5.1** Hållbar markförvaltning med ekologiskt och socioekonomiskt fokus kan bidra till att minska markförstörelsen i jordbruket, med sidonyttor som klimatanpassning. Exempel på skötselalternativ som minskar sårbarheten för jorderosion och förlust av näringsämnen är odlande av gröngödsel och täckgrödor, tillförsel av skörderester, minskad/ingen plöjning samt bevarande av marktäckning genom förbättrad betesförvaltning (*mycket hög konfidens*). {4.8}
- B.5.2** Följande alternativ har även sidonyttor för utsläppsminskning. Lantbrukssystem som skogsjordbruk, perenn betesrotation och användningen av perenn spannmål, kan minska erosion och läckage av näringsämnen och samtidigt binda kol i marken (*mycket troligt*). Potentialen att med täckgrödor binda kol uppskattas till omkring 0,44±0,11 miljarder ton koldioxid per år, förutsatt att 25 procent av den globala åkermarken omfattas (*mycket troligt*). Tillförsel av vissa typer av biokol kan binda in kol (*mycket troligt*), och förbättra markförhållanden i vissa jordmåner/klimat (*troligt*). {4.8.1.1, 4.8.1.3, 4.9.2, 4.9.5, 5.5.1, 5.5.4, kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 5}
- B.5.3** Att minska avskogning och skogsförstörelse minskar växthusgasutsläppen (*mycket troligt*), med en uppskattad teknisk utsläppsminskningspotential om 0,4-5,8 miljarder ton koldioxid per år. Hållbar skogsförvaltning kan minska omvandlingen av skog till annan användning av marken (till exempel åkermark eller bosättningar) genom skapande av långsiktiga förutsättningar för samhällens livsvillkor (*mycket troligt*). Hållbar skogsförvaltning som levererar timmer, fibrer, biomassa, andra skogsprodukter samt övriga ekosystemfunktioner och tjänster kan minska växthusgasutsläpp och bidra till anpassning (*mycket troligt*). {2.6.1.2, 4.1.5, 4.3.2, 4.5.3, 4.8.1.3, 4.8.3, 4.8.4}.
- B.5.4** Hållbar skogsförvaltning kan bibehålla eller öka kolförrådet i skogar, samt bevara skogens kolsänkor, inklusive överföringen av kol till träprodukter, vilket motverkar att kolsänkan mätas (*mycket troligt*). När i träden bundet kol överförs till avverade träprodukter, kan det ge kolinlagring under en lång tid, samtidigt som utsläppsintensiva material ersätts, vilket minskar utsläpp inom andra sektorer (*mycket troligt*). Kolet återförs snabbare tillbaka till atmosfären när biomassa används till energi, till exempel som en utsläppsminskningstrategi (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {2.6.1, 2.7, 4.1.5, 4.8.4, 6.4.1, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}
- B.5.5** Klimatförändringen kan leda till markförstöring även när åtgärder vidtas för att undvika, minska eller häva markförstöring (*mycket troligt*). Sådana gränser för anpassning är dynamiska, varierar mellan platser och bestäms i en växelverkan mellan biofysiska ändringar och samhälleliga och institutionella förhållanden (*mycket hög konfidens*). I vissa fall kan överskridandet av gränser för anpassning utlösa tilltagande förluster eller leda till oönskade transformativa förändringar (*troligt*) som exempelvis påtvingad migration (*låg konfidens*), konflikter (*låg konfidens*), eller fattigdom (*troligt*). Några exempel på av klimatförändringen utlöst markförstöring som kan överskrida gränser för anpassning är kusterosion som förstärks av havsnivåhöjning och som leder till att mark försvinner (*mycket troligt*), effekter av tinande permafrost på infrastruktur och livsvillkor (*troligt*), och extrem jorderosion som orsakar minskad produktionskapacitet (*troligt*). {4.7, 4.8.5, 4.8.6, 4.9.6, 4.9.7, 4.9.8}

<sup>33</sup> Med hållbar markanvändning avses i denna rapport förvaltning och användning av markrelaterade resurser inklusive jordar, vatten, djur och växter för att möta föränderliga mänskliga behov, som samtidigt försäkras en långsiktig produktionspotential förknippad till dessa resurser samt bevarar deras miljömässiga funktioner. Några exempel är agroekologi (inklusive skogsjordbruk), bevarandjordbruk och bevarandeskogsbruk, mångfald av grödor i jordbruket och arter i skogen, tillämplig växtföljd för grödor och skog, ekologiskt lantbruk, integrerad skadedjurshantering, bevarandet av pollinatörer, utvinning av regnvatten, betesförvaltning och system för precisionslantbruk.

<sup>34</sup> Med hållbar skogsförvaltning avses i denna rapport förvaltandet och användningen av skogar och skogsmarker på sätt och i den takt som upprätthåller dessa systems biologiska mångfald, produktivitet, förnyingsförmåga, vitalitet och potential för att uppfylla både dagens och framtidens relevanta ekologiska, ekonomiska och sociala funktioner på lokala, nationella och globala skalor, och som inte orsakar skador på andra ekosystem.

- B.6** Det finns möjligheter till åtgärder inom hela livsmedelssystemet från produktion till konsumtion inklusive matförluster och matsvinn, som kan utvecklas och uppskalas som ett led i att främja klimatanpassning och utsläppsminskning (*mycket troligt*). Den totala tekniska potentialen för utsläppsminskning från åkerbruk och boskapsskötsel samt skogsjordbruk uppskattas till 2,3-9,6 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år vid år 2050 (*troligt*). Den totala tekniska potentialen för utsläppsminskning genom ändrade matvanor uppskattas till 0,7-8 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år vid år 2050 (*troligt*). {5.3, 5.5, 5.6}
- B.6.1** Bland åkermarksrelaterade tillämpningar som bidrar till klimatanpassning och uppsläppsminskning finns ökande av mängden organiskt material i jorden, erosionskontroll, förbättrad gödningshantering, förbättrade odlingsystem, till exempel hantering av risfält och användning av olika sorter samt genetiska förbättringar gällande tolerans för värme och torka. För boskapsskötseln del finns alternativ som förbättrad betesmarksförvaltning, förbättrad gödselhantering, foder av högre kvalitet, och användning av olika raser och genetisk förbättring. Olika system för lantbruk och boskapsskötsel kan uppnå minskningar i utsläppsintensitet när det gäller animalieprodukter. Beroende på vilket system för lantbruk och boskapsskötsel som används och utvecklingsnivå, kan minskningar av utsläppsintensitet leda till absoluta minskningar av växthusgasutsläpp (*troligt*). Många boskapsrelaterade alternativ kan förstärka anpassningskapaciteten hos landsbygdsamhällen, i synnerhet för småbrukare och nomader. Betydande synergier finns mellan klimatanpassning och utsläppsminskning, exempelvis genom tillämpningar för hållbar markanvändning (*mycket troligt*). {4.8, 5.3.3, 5.5.1, 5.6}
- B.6.2** Diversifiering inom livsmedelssystemet (till exempel implementering av integrerade produktionssystem, brett baserade genetiska resurser, och matvanor) kan minska risker som föranleds av klimatförändringen (*troligt*). Balanserade matvanor med växtbaserad kost (med fullkorn, baljväxter, frukt och grönsaker, nötter och frön, samt animaliebaserad kost som produceras i resilianta och hållbara system som även har låga växthusgasutsläpp), innebär betydande möjligheter för klimatanpassning och utsläppsminskning samtidigt som de skapar betydande sidonyttor vad gäller mänsklig hälsa (*mycket troligt*). Ändrade matvanor skulle kunna frigöra flera miljoner kvadratkilometer mark vid år 2050, och tillhandahålla en teknisk utsläppsminskningspotential på 0,7-8,0 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år jämfört med "business as usual" scenarier (*mycket troligt*). Lokala produktionsmetoder, tekniska och finansiella hinder samt relaterade livsvillkor och kulturella sedvänjor kan påverka övergången till matvanor som medför låga växthusgasutsläpp (*mycket troligt*). {5.3, 5.5.2, 5.5, 5.6}
- B.6.3** Att minska matförluster och matsvinn kan minska växthusgasutsläppen och bidra till anpassning genom att minska mängden mark som behövs för livsmedelsproduktion (*troligt*). Under perioden 2010-2016 motsvarade globala matförluster och matsvinn 8-10 procent av de sammanlagda antropogena växthusgasutsläppen (*troligt*). För närvarande försvinner 25-30 procent av all producerad mat i förluster eller svinn (*troligt*). Detta kan motverkas genom tekniska lösningar såsom bättre skördemetoder, lagring på gårdsnivå, infrastruktur, transporter, förpackningar, återförsäljning och utbildning genom hela distributionskedjan. Det finns stora skillnader i orsaker bakom matförluster och matsvinn mellan dels utvecklade och utvecklingsländer, dels mellan olika regioner (*troligt*). {5.5.2} Minskade matförluster och minskat matsvinn kan frigöra flera miljoner kvadratkilometer mark vid år 2050 (*låg konfidens*). {5.5.2, 6.3.6}
- B.7** Framtida markanvändning beror delvis på klimatmål och vilken portfölj av åtgärder som vidtas (*mycket troligt*). Alla utvärderade scenarier som begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C eller långt under 2°C förutsätter markbaserad utsläppsminskning och förändrad markanvändning, där de flesta inkluderar olika kombinationer av återbeskogning, beskogning, minskad avskogning och bioenergi (*mycket troligt*). Ett fåtal av de modellerade scenarierna begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C med reducerad omvandling av mark (*mycket troligt*) vilket också reducerar konsekvenserna för ökenspridning, markförstörelse och livsmedelsförsörjning (*troligt*). (Figur SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, 7.6, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}
- B.7.1** Modellerade scenarier som begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C<sup>35</sup> karakteriseras av mer markbaserad utsläppsminskning jämfört med scenarier som leder till högre uppvärmning (*mycket troligt*). Klimatförändringens effekter på markbaserade system är mindre i 1,5°C-scenarier än i scenarier med större uppvärmning (*troligt*). (Figur SPM.2, figur SPM.4) {2.6, 6.4, 7.4, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}

<sup>35</sup> I denna rapport avser hänvisningar till scenarier som begränsar den globala uppvärmningen till en viss temperaturökning 66 procents sannolikhet för att temperaturökningen inte överskrider vid år 2100, enligt beräkningar med MAGICC-modellen.

- B.7.2 I modellerade scenarier som begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C och 2°C beräknas förändringen av skogsareal till mellan en minskning på 2 miljoner km<sup>2</sup> och en ökning på 12 miljoner km<sup>2</sup> vid år 2050 jämfört med 2010 (*troligt*). I 3°C-scenarier är skogsarealen mindre och förändringen beräknas ligga mellan en minskning på 4 miljoner km<sup>2</sup> och en ökning på 6 miljoner km<sup>2</sup> (*troligt*). (Figur SPM.3, figur SPM.4) {2.5, 6.3, 7.3, 7.5, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}
- B.7.3 Hur mycket mark som behövs för bioenergi i modellerade scenarier varierar betydligt med den socioekonomiska utvecklingen, uppvärmningens storlek, samt vilka råmaterial och produktionssystem som används (*mycket troligt*). I modellerade scenarier som begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C används upp till 7 miljoner km<sup>2</sup> för bioenergi år 2050; den motsvarande arealen är mindre i 2°C scenarier (0,4-5 miljoner km<sup>2</sup>) och 3°C scenarier (0,1-3 miljoner km<sup>2</sup>) (*troligt*). I scenarier med omfattande omvandling av mark kan ogynnsamma sidoeffekter uppstå, vilka påverkar brist på vatten, biologisk mångfald, markförstöring, ökenspridning, och livsmedelsförsörjning, om de inte omhändertas adekvat och omsorgsfullt, medan en tillämpning av best practice på relevanta nivåer kan ge sidovinster såsom hantering av salthalt i torra områden, förbättrad biokontroll och biologisk mångfald, samt ökat upptag av kol i marken (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {2.6, 6.1, 6.4, 7.2, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}
- B.7.4 De flesta utsläppsminskningsscenarier innehåller en betydande användning av bioenergiteknologier. Ett fåtal modellerade scenarier begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C med mindre omfattande behov av bioenergi och BECCS (markareal under <1 miljon km<sup>2</sup> år 2050) och av andra tekniker för avlägsnande av koldioxid från atmosfären ("Carbon Dioxide Removal", CDR) (*mycket troligt*). Dessa scenarier är särskilt beroende av snabba och långtgående förändringar i energi, mark, urbana system och infrastruktur, samt ändringar i beteende och livsstilar, jämfört med andra scenarier för 1,5°C. {2.6.2, 5.5.1, 6.4, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 6}
- B.7.5 Dessa modellerade scenarier tar inte hänsyn till klimatförändringens effekter på mark eller koldioxidens gödslingseffekt. Därtill gäller att endast en delmängd av de olika åtgärdsalternativen ingår i scenarierna som utvärderats i denna rapport (*mycket troligt*); inkluderandet av ytterligare åtgärdsalternativ i modellerna skulle kunna minska det beräknade behovet av bioenergi eller CDR som förutsätter ökad markanvändning. {6.4.4, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}

## Potentiella globala bidrag av åtgärdsalternativ till utsläppsminskning, anpassning, bekämpandet av ökenspridning och markförstöring samt betryggad livsmedelsförsörjning

**Panel A** visar åtgärdsalternativ som kan tillämpas antingen utan eller endast begränsad konkurrens om tillgänglig mark. Vissa av alternativen kan potentiellt minska efterfrågan på mark. Sidonyttor och negativa målkonflikter visas kvantitativt utifrån övre delar av spannen av de utvärderade potentialerna. Storleksordningar kategoriseras efter markörnivåer för positiva eller negativa effekter. Bokstäver i de olika cellerna indikerar konfidens på storleksordningen av effekter i förhållande till dessa markörnivåer (se förklaring). Konfidensen är generellt högre för förändringarnas riktning.

| Markförvaltningsrelaterade åtgärdsalternativ |                                                           | Utsläpps-<br>minskning | Anpassning | Ökenspridning | Markförstöring | Livsmedel-<br>försörjning | Kostnad |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------|------------|---------------|----------------|---------------------------|---------|
| Jordbruk                                     | Ökad livsmedelsproduktivitet                              | L                      | M          | L             | M              | H                         | —       |
|                                              | Skogsjordbruk                                             | M                      | M          | M             | M              | L                         | ●       |
|                                              | Förbättrad förvaltning av åkermark                        | M                      | L          | L             | L              | L                         | ●●      |
|                                              | Förbättrad förvaltning av boskap                          | M                      | L          | L             | L              | L                         | ●●●     |
|                                              | Diversifiering i jordbruket                               | L                      | L          | L             | M              | L                         | ●       |
|                                              | Förbättrad förvaltning av betesmark                       | M                      | L          | L             | L              | L                         | —       |
|                                              | Integrerad vattenförvaltning                              | L                      | L          | L             | L              | L                         | ●●      |
|                                              | Minskad omvandling av gräsbevuxen mark till åkermark      | L                      | —          | L             | L              | -                         | ●       |
| Skogar                                       | Skogsförvaltning                                          | M                      | L          | L             | L              | L                         | ●●      |
|                                              | Minskad avskogning och skogsförsämring                    | H                      | L          | L             | L              | L                         | ●●      |
| Jordar                                       | Ökad halt av organiskt kol                                | H                      | L          | M             | M              | L                         | ●●      |
|                                              | Minskad jorderosion                                       | ↔ L                    | L          | M             | M              | L                         | ●●      |
|                                              | Minskad försaltning av jordar                             | —                      | L          | L             | L              | L                         | ●●      |
|                                              | Minskad markkompaktering                                  | —                      | L          | —             | L              | L                         | ●       |
| Andra ekosystem                              | Förvaltning av bränder                                    | M                      | M          | M             | M              | L                         | ●       |
|                                              | Minskade jordskred och naturolyckor                       | L                      | L          | L             | L              | L                         | —       |
|                                              | Minskad förorening inklusive försurning                   | ↔ M                    | M          | L             | L              | L                         | —       |
|                                              | Restaurering och minskad omvandling av kustnära våtmarker | M                      | L          | M             | M              | ↔ L                       | —       |
|                                              | Restaurering och minskad omvandling av torvmarker         | M                      | —          | na            | M              | -                         | ●       |
| Efterfrågan                                  | Minskade förluster efter skörd                            | H                      | M          | L             | L              | H                         | —       |
|                                              | Förändrade matvanor                                       | H                      | —          | L             | H              | H                         | —       |
|                                              | Minskat matsvinn (konsument, återförsäljare)              | H                      | —          | L             | M              | M                         | —       |
| Tillförsel                                   | Hållbara råvaror och inköp                                | —                      | L          | —             | L              | L                         | —       |
|                                              | Förbättrade livsmedelsprocesser och återförsäljning       | L                      | L          | —             | —              | L                         | —       |
|                                              | Bättre energianvändning i livsmedelssystem                | L                      | L          | —             | —              | L                         | —       |
| Risk                                         | Diversifiering av försörjning                             | —                      | L          | —             | L              | L                         | —       |
|                                              | Förvaltning av stadsutvidgning                            | —                      | L          | L             | M              | L                         | —       |
|                                              | Risikofördelningsinstrument                               | ↔ L                    | L          | —             | ↔ L            | L                         | ●●      |

För att inkludera ett alternativ i sammanställningen ovan var förutsättningen att det finns underlag till att kunna utvärdera en global potential för tre eller fler markrelaterade utmaningar. Storleksordningarna har utvärderats för varje alternativ för sig och de kan inte summeras ihop.

| Kriterier för definition av storleksordning av varje integrerat åtgärdsalternativs effekt            |                                                            |                                  |                                           |                                            |                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                                                                      | Utsläppsminskning<br>miljarder ton CO <sub>2</sub> -ekv/år | Anpassning<br>miljoner människor | Ökenspridning<br>miljoner km <sup>2</sup> | Markförstöring<br>miljoner km <sup>2</sup> | Livsmedelsförsörjning<br>miljoner människor |
| Positiv                                                                                              | Mer än 3                                                   | Positiv för fler än 25           | Positivt för mer än 3                     | Positivt för mer än 3                      | Positivt för mer än 100                     |
|                                                                                                      | 0,3-3                                                      | 1-25                             | 0,5-3                                     | 0,5-3                                      | 1-100                                       |
|                                                                                                      | Mindre än 0,3                                              | Mindre än 1                      | Mindre än 0,5                             | Mindre än 0,5                              | Mindre än 1                                 |
|                                                                                                      | Ingen effekt                                               | Ingen effekt                     | Ingen effekt                              | Ingen effekt                               | Ingen effekt                                |
|                                                                                                      | Mindre än -0,3                                             | Mindre än 1                      | Mindre än 0,5                             | Mindre än 0,5                              | Mindre än 1                                 |
|                                                                                                      | -0,3- -3                                                   | 1-25                             | 0,5-3                                     | 0,5-3                                      | 1-100                                       |
| Negativ                                                                                              | Mer än -3                                                  | Negativ för mer än 25            | Negativ för mer än 3                      | Negativ för mer än 3                       | Negativ för fler än 100                     |
| <div>↔ : kan vara positiv eller negativ</div> <div>— data saknas</div> <div>na inte tillämplig</div> |                                                            |                                  |                                           |                                            |                                             |

**Konfidensnivå**  
Indikerar konfidens i uppskattningen av storleksordningen.

H Mycket troligt  
M Troligt  
L Låg konfidens

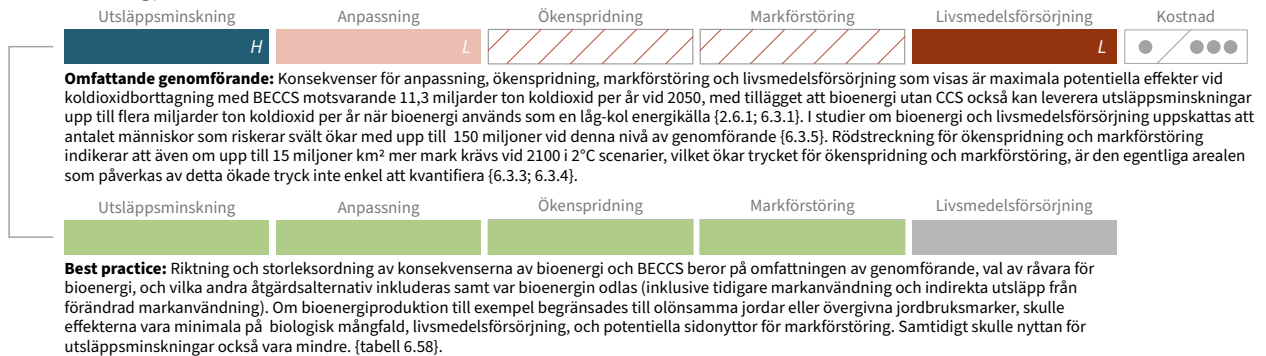
**Kostnadsspann**  
Se figurtext för kostnadsspann i USD per ton CO<sub>2</sub>-ekv eller per ha.

●●● Hög kostnad  
●● Mellankostnad  
● Låg kostnad  
— Data saknas

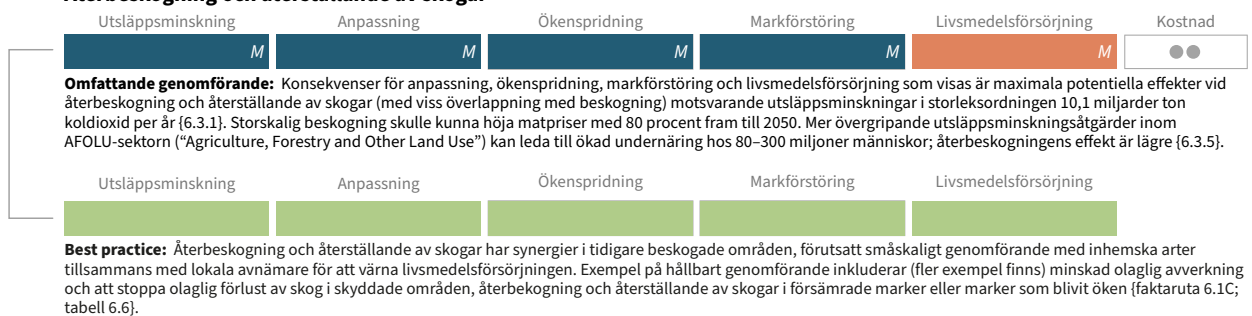
## Potentiella globala bidrag av åtgärdsalternativ till utsläppsminskning, anpassning, bekämpandet av ökenspridning och markförstöring samt betryggad livsmedelsförsörjning

**Panel B** visar åtgärdsalternativ som förutsätter ytterligare förändrad markanvändning och skulle kunna ha konsekvenser för tre eller fler markrelaterade utmaningar vid olika förutsättningar för genomförande. För varje alternativ visar den första raden (omfattande genomförande) en kvantitativ uppskattning (som Panel A) av konsekvenserna av global implementering i omfattningar som leder till större upptag av koldioxid än 3 miljarder ton koldioxid per år. Samma markörnivåer som i Panel A används. Rödsträckade celler betecknar ett ökande tryck effekten är inte kvantifierad. För varje alternativ visar den andra raden (best practice genomförande) kvalitativa effektoppskattningar om implementeringen sker med best practices i på lämpligt sätt förvaldade landskapssystem som möjliggör effektiv och hållbar resursanvändning och som stöds av lämpliga styrningsmekanismer. I dessa kvalitativa uppskattningar indikerar grönt en positiv effekt och grått en neutral växelverkan.

### Bioenergi och BECCS



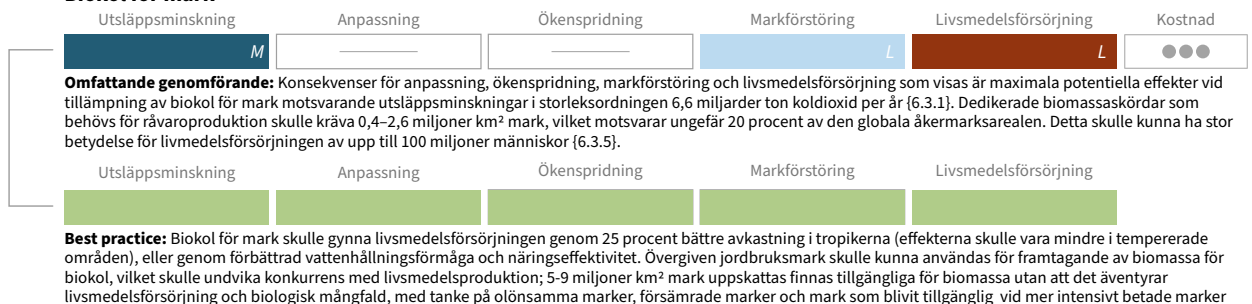
### Återbeskogning och återställande av skogar



### Beskogning



### Biokol för mark



**Figur SPM.3 Potentiell global påverkan av åtgärdsalternativ på utsläppsminskning, anpassning, ökenspridning och markförstöring samt betryggad livsmedelsförsörjning.** | Denna figur baseras på samlad information från studier som tillsammans spänner över ett stort antal olika antaganden om hur åtgärdsalternativ genomförs och i vilka sammanhang. Åtgärdsalternativ som genomförs på olika sätt kan leda till olika utfall på lokala, regionala och globala skalor. **Storleksordning av potential:** storleksordningarna i panel A avser den globala tekniska potentialen. För respektive markrelaterad utmaning anges storleksordningarna i relation till en markörnivå. För utsläppsminskning är potentialerna angivna relativt till ungefärliga potentialer för de åtgärdsalternativ som har de största enskilda effekterna (~3 miljarder ton CO<sub>2</sub>-ekv per år). Gränsen för kategorin "stor" har satts vid denna nivå. För anpassningens del har storleksordningarna satts i relation till de 100 miljoner som uppskattats påverkade av klimattförändringen och en kolbaserad ekonomi mellan 2010 och 2030. Markörnivån för kategorin "stor" går vid 25 procent av denna total. Vad gäller ökenspridning och markförstöring har storleksordningarna satts relativt till den nedre gränsen av befintliga uppskattningar av markförstörelsens omfattning, 10-60 miljoner km<sup>2</sup>. Markörnivån för "stor" är satt till 30 procent av den lägre gränsen av intervallet. För livsmedelsförsörjningens del är storleksordningarna relativa till de cirka 800 miljoner människor som för närvarande är undernärda. Kategorin "stor" utgår från 12,5 procent av denna total. I panel B är storleksordningarna och markörnivåerna desamma som i panel A vad gäller första raden (avser omfattande implementering) under respektive åtgärdsalternativ. I den kvalitativa utvärderingen som visas på andra raden under respektive åtgärdsalternativ (avser bäst praxis-genomförande) indikerar grönt potentiella positiva effekter, och grått att varken positiva eller negativa effekter förutses. Det antas att ökad matproduktion åstadkoms genom hållbar intensifiering i stället för omdömeslös användning av ytterligare tillförsel av exempelvis jordbrukskemikalier. **Konfidensnivåer:** Konfidens till den uppskattade storleksordningen (hög, måttlig, låg) som de olika alternativen faller inom vad gäller utsläppsminskning, anpassning, motverkandet av ökenspridning och markförstöring samt förbättrad livsmedelssäkerhet. *Mycket troligt* innebär att det finns stor överensstämmelse och underlag i litteraturen som underbygger kategoriseringen som hög, måttlig eller låg storleksordning. *Låg konfidens* anger att kategoriseringen av storleksordningen bygger på få studier. *Troligt* återspeglar måttligt med belägg och överensstämmelse. **Kostnadsspann:** Kostnadsuppskattningarna baseras generellt på samlade resultat från regionala studier och varierar med hänsyn till vilka kostnadslag som är medräknade. Kostnadsuppskattningar anges inte i panel B för best practice genomförande. Ett mynt indikerar låg kostnad (<USD 10 per ton CO<sub>2</sub>-ekv eller <USD 20 per ha), två mynt måttlig kostnad (USD 10-USD 100 per ton CO<sub>2</sub>-ekv eller USD 20-USD 200 per ha), och tre mynt hög kostnad (>USD 100 per ton CO<sub>2</sub>-ekv eller >USD 200 per ha). Tröskelvärden i USD per ha är jämförbara, men mer precisa konverteringar beror på respektive åtgärdsalternativ. **Stödande information:** Underlag till storleksordningen av de kvantitativa potentialerna av markbaserade åtgärdsalternativen finns tillgängligt enligt följande: För utsläppsminskning, i tabellerna 6.13-6.20, med ytterligare information i avsnitt 2.7.1; för anpassning, i tabellerna 6.21-6.28; för motverkandet av ökenspridning, i tabellerna 6.29-6.36, med ytterligare information i kapitel 3; för motverkande av försämring, i tabellerna 6.37-6.44, med ytterligare information i kapitel 4; för ökad livsmedelsförsörjning, i tabellerna 6.45-6.52, med ytterligare information i kapitel 5. Andra synergier och målkonflikter än de som visas här diskuteras i kapitel 6. Ytterligare underlag till de kvalitativa utvärderingarna i andra raden för respektive åtgärdsalternativ i panel B återfinns i tabellerna 6.6, 6.55, 6.56 och 6.58, avsnitt 6.3.5.1.3, och faktaruta 6.1c.

## C. Möjliggörande av åtgärdsalternativ

- C.1 Ändamålsenlig utformning av policys, institutioner och system för styrning på alla nivåer kan bidra till markrelaterad anpassning och utsläppsminskning samtidigt som strävan efter klimat-adaptiva utvecklingsvägar underlättas (*mycket troligt*). Ömsesidigt stödjande policys för klimat och mark har potential att spara resurser, förstärka samhällets motståndskraft, stödja ekologisk återställning, samt främja engagemang och samarbete mellan olika intressenter (*mycket troligt*). (Figur SPM.1, figur SPM.2, figur SPM.3) {3.6.2, 3.6.3, 4.8, 4.9.4, 5.7, 6.3, 6.4, 7.2.2, 7.3, 7.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}**
- C.1.1** Detaljplanering gällande markanvändning, fysisk planering, integrerad landskapsplanering, förordningar, incitament (till exempel betalning för ekosystemtjänster), och frivilliga eller övertygande styrmedel (till exempel miljöplanering inom lantbruk, standarder och certifiering för hållbar produktion, användning av vetenskaplig, lokal och ursprungsfolks kunskap samt kollektiva åtgärder) (*troligt*) kan leda till positiva resultat för klimatanpassning och utsläppsminskning. Dessa kan även bidra till intäkter och ge incitament för att återställa förstörda marker samt klimatanpassning och utsläppsminskningar i vissa sammanhang (*troligt*). Policys som främjar målet om markförstöretsneutralitet kan även bidra till livsmedelsförsörjning, mänskligt välbefinnande och klimatanpassning samt utsläppsminskningar (*mycket troligt*). (Figur SPM.2) {3.4.2, 4.1.6, 4.7, 4.8.5, 5.1.2, 5.7.3, 7.3, 7.4.6, 7.4.7, 7.5}
- C.1.2** Osäkert markinnehav påverkar människors, samhällens och organisationers möjlighet till att utföra åtgärder som kan främja klimatanpassning och utsläppsminskningar (*troligt*). Begränsat erkännande av traditionell tillgång till mark och ägande av mark kan öka sårbarheten och minska anpassningsförmågan (*troligt*). Markrelaterade policys (bland annat erkännande av traditionell besittningsrätt, kartläggning av gemensamhet, omfördelning, decentralisering, gemensamt förvaltande, reglering av hyresmarknader) kan leda till både säkerhet och flexibla åtgärder gällande klimatförändringen (*troligt*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3, 7.2.4, 7.6.4, kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 5}
- C.1.3** Att uppnå markförstöretsneutralitet förutsätter en balans mellan åtgärder som undviker och minskar markförstöring, genom införande av hållbar markförvaltning och med hjälp av rehabilitering och återställande av förstörd mark som vänder försämringen. Många insatser för att uppnå markförstöretsneutralitet har sidonyttor inom klimatanpassning och utsläppsminskningar. Att sträva efter markförstöretsneutralitet ger drivkraft för att hantera markförstöring och klimatförändringen på samma gång (*mycket troligt*). {4.5.3, 4.8.5, 4.8.7, 7.4.5}
- C.1.4** Med tanke på de komplexa utmaningarna och mångfalden av aktörer som är involverade i arbetet med markrelaterade utmaningar, kan kombinationer av policys leda till bättre resultat än enskilda policys, vad gäller hållbar markförvaltning och klimatförändringen (*mycket troligt*). Kombinationer av policys kan kraftigt minska sårbarheten och exponeringen hos mänskliga och naturliga system för klimatförändringen (*mycket troligt*). Sådana kombinationer av policys kan innehålla väder- och sjukförsäkringar, socialt skydd och adaptiva sociala skyddsnät, villkorad finans och reservfonder, allmän tillgång till system för tidig varning tillsammans med effektiva beredskapsplaner (*mycket troligt*). (Figur SPM.4) {1.2, 4.8, 4.9.2, 5.3.2, 5.6, 5.6.6, 5.7.2, 7.3.2, 7.4, 7.4.2, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.5, 7.5.6, 7.6.4}
- C.2 Policys som avser hela livsmedelssystemet, till exempel sådana som minskar förluster och svinn samt påverkar kostval, möjliggör en mer hållbar markförvaltning, förbättrad livsmedelsförsörjning och utvecklingsvägar med låga utsläpp (*mycket troligt*). Sådana policys kan bidra till klimatanpassning och utsläppsminskningar, minska markförstöring, ökenspridning och fattigdom samt förbättra folkhälsan (*mycket troligt*). Införandet av hållbar markförvaltning och utrotning av fattigdom kan möjliggöras genom att förbättra tillgången till marknader, säkerställa besittningsrätt, låta livsmedel bära sina miljökostnader, betalning för ekosystemtjänster, samt förbättra lokala och samhällsövergripande kollektiva åtgärder (*mycket troligt*). {1.1.2, 1.2.1, 3.6.3, 4.7.1, 4.7.2, 4.8, 5.5, 6.4, 7.4.6, 7.6.5}**
- C.2.1** Hållbar markförvaltning för klimatanpassning och utsläppsminskning kan möjliggöras och stimuleras med policys som förbättrar tillgång till marknader för insatsvaror, produkter och finansiella tjänster, stärker kvinnors och ursprungsbefolkningars inflytande och rättigheter, stärker lokala och samhällsövergripande kollektiva åtgärder, reformerar subventioner och främjar ett möjliggörande handelssystem (*mycket troligt*). Insatser för återställning och restaurering av mark kan bli mer effektiva med policys som stödjer den lokala förvaltningen av naturresurser, samtidigt som samarbetet mellan aktörer och institutioner stärks, även på internationell nivå. {3.6.3, 4.1.6, 4.5.4, 4.8.2, 4.8.4, 5.7, 7.2, 7.3}

- C.2.2 Genom att uppmärksamma miljökostnaderna för markförstörande jordbruksmetoder kan en mer hållbar markförvaltning stimuleras (*mycket troligt*). Tekniska svårigheter med att uppskatta miljökostnader, och miljökostnader inbäddade i livsmedel, utgör hinder för sådan återspeglning. {3.6.3, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.6, 5.7, 7.4.4, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- C.2.3 Anpassning och förbättrad motståndskraft mot extremer som påverkar livsmedelssystem kan underlättas genom omfattande riskhantering, inklusive riskdelnings- och överföringsmekanismer (*mycket troligt*). Diversifiering inom jordbruket, utökad tillgång till marknader, och beredskap gentemot allt fler störningar inom leveranskedjor kan stödja en uppskalning av anpassningar inom livsmedelssystemen (*mycket troligt*). {5.3.2, 5.3.3, 5.3.5}
- C.2.4 Folkhälsopolitik i syfte att förbättra tillgång till näring, exempelvis genom att öka mångfalden av livsmedelskällor inom offentlig upphandling, sjukförsäkring, finansiella incitament och informationskampanjer, kan ha en effekt på efterfrågan på livsmedel, minska sjukvårdskostnader, bidra till lägre växthusgasutsläpp och förbättra anpassningsförmågan (*mycket troligt*). Att påverka efterfrågan på livsmedel genom främjande av kostval som bygger på riktlinjer för folkhälsa kan möjliggöra en mer hållbar markförvaltning och bidra till att uppnå flera av de globala hållbarhetsmålen (*mycket troligt*). {3.4.2, 4.7.2, 5.1, 5.7, 6.3, 6.4}
- C.3 Genom att uppmärksamma sidonyttor och målnkonflikter vid utformning av policys för markanvändning och livsmedel kan hinder för genomförande övervinnas (*troligt*). Stärkt styrning på flera nivåer, hybrid- och tvärspektoriell styrning, liksom policys som utvecklats och antagits på ett iterativt, sammanhängande, anpassningsbart och flexibelt sätt kan maximera sidonyttor och minimera målnkonflikter eftersom beslut om markförvaltning då fattas på flera nivåer, från gårdsnivå till nationell nivå, samt att policys för såväl klimat som mark ofta spänner över flera sektorer, departement och myndigheter (*mycket troligt*). (Figur SPM.3) {4.8.5, 4.9, 5.6, 6.4, 7.3, 7.4.6, 7.4.8, 7.4.9, 7.5.6, 7.6.2}**
- C.3.1 Uppmärksamhet på ökenspridning, markförstörelse och livsmedelsförsörjning på ett integrerat, koordinerat och sammanhängande sätt kan bidra till en klimateresilient utveckling och innebär många möjliga sidonyttor (*mycket troligt*). {3.7.5, 4.8, 5.6, 5.7, 6.4, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.4, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, 7.5.5}
- C.3.2 Teknologiska, biofysiska, socioekonomiska, finansiella och kulturella hinder samt osäkerhet om nyttor kan motverka antagandet av många markbaserade åtgärdsalternativ (*mycket troligt*). Många metoder för hållbar markförvaltning tillämpas inte i större utsträckning på grund av osäker besittningsrätt, bristande tillgång till resurser och rådgivningstjänster för jordbruk, otillräckliga och ojämlika privata och offentliga incitament, samt brist på kunskap och praktisk erfarenhet (*mycket troligt*). Offentlig debatt samt omsorgsfullt utformade politiska åtgärder, införlivandet av socialt lärande och marknadsförändringar kan sammantaget bidra till att minska hinder för genomförande (*troligt*). {3.6.1, 3.6.2, 5.3.5, 5.5.2, 5.6, 6.2, 6.4, 7.4, 7.5, 7.6}
- C.3.3 Mark- och livsmedelssektorn möter särskilda utmaningar vad gäller institutionell fragmentering och drabbas ofta av bristande engagemang mellan intressenter på olika nivåer samt snävt fokuserade politiska målsättningar (*troligt*). Samordning med andra sektorer som folkhälsa, transport, miljö, vatten, energi och infrastruktur kan öka sidonyttor såsom riskminskning och förbättrad hälsa (*troligt*). {5.6.3, 5.7, 6.2, 6.4.4, 7.1, 7.3, 7.4.8, 7.6.2, 7.6.3}
- C.3.4 Vissa åtgärdsalternativ och policys kan leda till målnkonflikter som exempelvis samhälleliga konsekvenser, skador på ekosystemfunktioner och tjänster, vattenbrist, eller höga kostnader, som kan inte hanteras på bra sätt, ens med bästa institutionella praxis (*troligt*). Hänsyn till sådana målnkonflikter kan bidra till att undvika missanpassning (*troligt*). Att förutse och utvärdera potentiella målnkonflikter och kunskapsluckor underlättar evidensbaserat beslutsfattande i syfte att jämföra hur kostnader och nyttor som följd av specifika åtgärder fördelas mellan olika intressenter (*troligt*). Framgångsrik hantering av målnkonflikter handlar ofta om att maximera intaget av synpunkter från intressenter genom strukturerade processer för återkoppling, särskilt i samhällsbaserade modeller, användning av sådana innovativa arenor som faciliterade dialoger eller rumsligt explicit kartläggning, och iterativ justerbar styrning som möjliggör en kontinuerlig justering av policy när ny evidens blir tillgänglig (*troligt*). {5.3.5, 6.4.2, 6.4.4, 6.4.5, 7.5.6, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 7}
- C.4 Beslutsfattande och styrning blir effektivare om lokala intressenter involveras (särskilt de som är mest sårbara för klimatförändringen, inte minst ursprungsbefolkningar och lokala samhällen, kvinnor samt fattiga och marginaliserade) i urval, utvärdering, genomförande och uppföljning av styrmedel för markbaserad klimatanpassning och utsläppsminskning (*mycket troligt*). Integration över såväl sektorer som nivåer ökar möjligheterna att maximera sidonyttor och att minimera målnkonflikter (*troligt*). {1.4, 3.1, 3.6, 3.7, 4.8, 4.9, 5.1.3, faktaruta 5.1, 7.4, 7.6}**

- C.4.1 Ett framgångsrikt genomförande av metoder för hållbar markförvaltning förutsätter att hänsyn tas till lokala miljö- och socioekonomiska förhållanden (*mycket hög konfidens*). Hållbar markförvaltning i klimatförändringssammanhang främjas vanligen genom att alla relevanta intressenter involveras i att identifiera markanvändningens påfrestningar och effekter (till exempel minskad biologisk mångfald, förlust av jord, överutnyttjande av grundvatten, förlust av livsmiljöer, förändrad markanvändning inom jordbruk, livsmedelsproduktion och skogsbruk) samt förhindra, minska och återställa förstörd mark (*troligt*). {1.4.1, 4.1.6, 4.8.7, 5.2.5, 7.2.4, 7.6.2, 7.6.4}
- C.4.2 Ett inkluderande förhållningssätt vid mätning, rapportering och verifiering av styrmedels genomslagskraft kan bidra till hållbar markförvaltning (*troligt*). Genom att involvera intressenter i urvalet av indikatorer, insamling av klimatinformation, markmodellering och planering av markanvändning, förmedlas och underlättas en integrerad landskapsplanering och val av policy (*troligt*). {3.7.5, 5.7.4, 7.4.1, 7.4.4, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, 7.6.6}
- C.4.3 Jordbruksmetoder som tar hänsyn till kunskap hos ursprungsbefolkningar och lokal kunskap kan bidra till att övervinna de kombinerade utmaningar som klimatförändringen, livsmedelsförsörjning, bevarandet av biologisk mångfald och ökenspridning och markförstörelse utgör (*mycket troligt*). Samordnade åtgärder mellan olika aktörer inklusive företag, producenter, konsumenter, markägare och beslutsfattare, i samarbete med ursprungsbefolkningar och lokala samhällen skapar förutsättningar för införandet av åtgärdsalternativ (*mycket troligt*). {3.1.3, 3.6.1, 3.6.2, 4.8.2, 5.5.1, 5.6.4, 5.7.1, 5.7.4, 6.2, 7.3, 7.4.6, 7.6.4}
- C.4.4 Att främja kvinnors inflytande kan medföra synergier och sidonyttor vad gäller hushållens livsmedelsförsörjning och hållbara markförvaltning (*mycket troligt*). Med tanke på kvinnors oproportionellt stora sårbarhet för klimatförändringens effekter är deras involvering i markförvaltning och besittningsrätt begränsad. Policies som kan beakta markrättigheter och hinder för kvinnors deltagande i hållbar markförvaltning inkluderar finansiella överföringar till kvinnor inom ramen för fattigdomsbekämpningsprogram, offentliga utgifter för hälsovård, utbildning, fortbildning och kapacitetsutbyggnad för kvinnor, subventionerade krediter samt spridning av program genom befintliga lokala kvinnoorganisationer (*troligt*). {1.4.1, 4.8.2, 5.1.3, kapitelöverskridande faktaruta 11 i kapitel 7}.

## A. Utvecklingsvägar som länkar socioekonomisk utveckling, utsläppsminskningssåtgärder och mark

Socioekonomisk utveckling och markförvaltning påverkar hur marksystemet utvecklas inklusive andelen ÅKERMARK (C), BETESMARK (P), ÅKERMARK FÖR BIOENERGI (BC), SKOG (F), respektive NATURLIG MARK (NL). Linjerna visar medianresultat från integrerade bedömningsmodeller ("Integrated Assessment Models", IAMs) för tre olika "shared socioeconomic pathways" (SSP1, SSP2 och SSP5, alla med RCP1,9); skuggningen visar modellresultatens spann. Märk att resultaten belyser effekterna av utsläppsminskningar, men inte av klimateffekter eller anpassningsåtgärder.

### A. "Sustainability-focused (SSP1)"

Hållbart förvaltnad mark, hållbar intensifiering av jordbruk, produktions- och konsumtionsmönster leder till minskat behov av åkermark, trots att livsmedelskonsumtion per capita ökar. Den tillgängliggjorda marken kan användas för återbeskogning, beskogning och bioenergi.

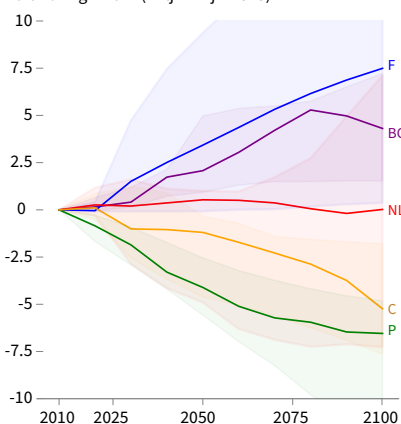
### B. "Middle of the road (SSP2)"

Samhällets och den teknologiska utvecklingen följer historiska mönster. Ökad efterfrågan på markbaserad utsläppsminskning såsom bioenergi, minskad avskogning, eller återbeskogning minskar tillgänglig jordbruksmark för livsmedel, foder och fibrer.

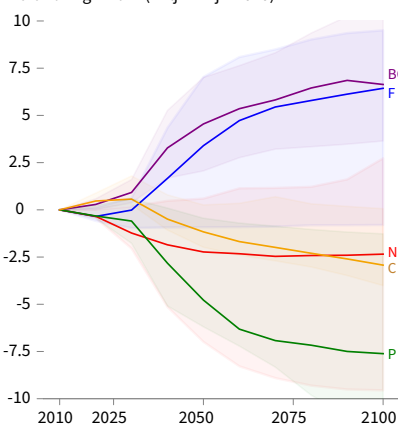
### C. "Resource intensive (SSP5)"

Resursintensiva produktions- och konsumtionsmönster innebär höga referensnivå-utsläpp. Utsläppsminskningar bygger på teknologiska lösningar, bland annat betydande bioenergi och BECCS. Intensifiering och konkurrerande markanvändningar bidrar till minskningar av jordbruksmark.

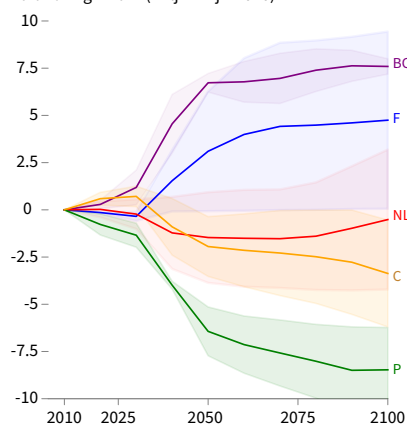
**SSP1 Sustainability-focused**  
Förändring i mark (milj km<sup>2</sup> jfr 2010)



**SSP2 Middle of the road**  
Förändring i mark (milj km<sup>2</sup> jfr 2010)



**SSP5 Resource intensive**  
Förändring i mark (milj km<sup>2</sup> jfr 2010)



ÅKERMARK BETESMARK ÅKERMARK FÖR BIOENERGI SKOG NATURLIG MARK

## B. Markanvändning och förändring i marktäckning i SSPs

|      | Kvantitativa indikatorer för SSPs | Antal modeller som ingår*                                                    | Förändring i naturlig mark (milj km <sup>2</sup> jfr 2010) | Förändring i bioenergi åkermark (milj km <sup>2</sup> jfr 2010) | Förändring i åkermark (milj km <sup>2</sup> jfr 2010) | Förändring i skog (milj km <sup>2</sup> jfr 2010) | Förändring i betesmark (milj km <sup>2</sup> jfr 2010) |
|------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| SSP1 | RCP1,9 2050                       | 5/5                                                                          | 0,5 (-4,9, 1)                                              | 2,1 (0,9, 5)                                                    | -1,2 (-4,6, -0,3)                                     | 3,4 (-0,1, 9,4)                                   | -4,1 (-5,6, -2,5)                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | 0 (-7,3, 7,1)                                              | 4,3 (1,5, 7,2)                                                  | -5,2 (-7,6, -1,8)                                     | 7,5 (0,4, 15,8)                                   | -6,5 (-12,2, -4,8)                                     |
|      | RCP2,6 2050                       | 5/5                                                                          | -0,9 (-2,2, 1,5)                                           | 1,3 (0,4, 1,9)                                                  | -1 (-4,7, 1)                                          | 2,6 (-0,1, 8,4)                                   | -3 (-4, -2,4)                                          |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | 0,2 (-3,5, 1,1)                                            | 5,1 (1,6, 6,3)                                                  | -3,2 (-7,7, -1,8)                                     | 6,6 (-0,1, 10,5)                                  | -5,5 (-9,9, -4,2)                                      |
|      | RCP4,5 2050                       | 5/5                                                                          | 0,5 (-1, 1,7)                                              | 0,8 (0,5, 1,3)                                                  | 0,1 (-3,2, 1,5)                                       | 0,6 (-0,7, 4,2)                                   | -2,4 (-3,3, -0,9)                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | 1,8 (-1,7, 6)                                              | 1,9 (1,4, 3,7)                                                  | -2,3 (-6,4, -1,6)                                     | 3,9 (0,2, 8,8)                                    | -4,6 (-7,3, -2,7)                                      |
| SSP2 | Referensnivå 2050                 | 5/5                                                                          | 0,3 (-1,1, 1,8)                                            | 0,5 (0,2, 1,4)                                                  | 0,2 (-1,6, 1,9)                                       | -0,1 (-0,8, 1,1)                                  | -1,5 (-2,9, -0,2)                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | 3,3 (-0,3, 5,9)                                            | 1,8 (1,4, 2,4)                                                  | -1,5 (-5,7, -0,9)                                     | 0,9 (0,3, 3)                                      | -2,1 (-7, 0)                                           |
|      | RCP1,9 2050                       | 4/5                                                                          | -2,2 (-7, 0,6)                                             | 4,5 (2,1, 7)                                                    | -1,2 (-2, 0,3)                                        | 3,4 (-0,9, 7)                                     | -4,8 (-6,2, -0,4)                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -2,3 (-9,6, 2,7)                                           | 6,6 (3,6, 11)                                                   | -2,9 (-4, 0,1)                                        | 6,4 (-0,8, 9,5)                                   | -7,6 (-11,7, -1,3)                                     |
|      | RCP2,6 2050                       | 5/5                                                                          | -3,2 (-4,2, 0,1)                                           | 2,2 (1,7, 4,7)                                                  | 0,6 (-1,9, 1,9)                                       | 1,6 (-0,9, 4,2)                                   | -1,4 (-3,7, 0,4)                                       |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -5,2 (-7,2, 0,5)                                           | 6,9 (2,3, 10,8)                                                 | -1,4 (-4, 0,8)                                        | 5,6 (-0,9, 5,9)                                   | -7,2 (-8, 0,5)                                         |
| SSP3 | RCP4,5 2050                       | 5/5                                                                          | -2,2 (-2,2, 0,7)                                           | 1,5 (0,1, 2,1)                                                  | 1,2 (-0,9, 2,7)                                       | -0,9 (-2,5, 2,9)                                  | -0,1 (-2,5, 1,6)                                       |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -3,4 (-4,7, 1,5)                                           | 4,1 (0,4, 6,3)                                                  | 0,7 (-2,6, 3,1)                                       | -0,5 (-3,1, 5,9)                                  | -2,8 (-5,3, 1,9)                                       |
|      | Referensnivå 2050                 | 5/5                                                                          | -1,5 (-2,6, -0,2)                                          | 0,7 (0, 1,5)                                                    | 1,3 (1, 2,7)                                          | -1,3 (-2,5, -0,4)                                 | -0,1 (-1,2, 1,6)                                       |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -2,1 (-5,9, 0,3)                                           | 1,2 (0,1, 2,4)                                                  | 1,9 (0,8, 2,8)                                        | -1,3 (-2,7, -0,2)                                 | -0,2 (-1,9, 2,1)                                       |
|      | RCP1,9 2050                       | SSP3 och RCP1,9 var inte möjliga att kombinera i de utvärderade modellerna   |                                                            |                                                                 |                                                       |                                                   | -                                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              |                                                            |                                                                 |                                                       |                                                   | -                                                      |
| SSP4 | RCP2,6 2050                       | SSP3 och RCP2,6 var inte möjliga att kombinera i de utvärderade modellerna   |                                                            |                                                                 |                                                       |                                                   | -                                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              |                                                            |                                                                 |                                                       |                                                   | -                                                      |
|      | RCP4,5 2050                       | 3/3                                                                          | -3,4 (-4,4, -2)                                            | 1,3 (1,3, 2)                                                    | 2,3 (1,2, 3)                                          | -2,4 (-4, -1)                                     | 2,1 (-0,1, 3,8)                                        |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -6,2 (-6,8, -5,4)                                          | 4,6 (1,5, 7,1)                                                  | 3,4 (1,9, 4,5)                                        | -3,1 (-5,5, -0,3)                                 | 2 (-2,5, 4,4)                                          |
|      | Referensnivå 2050                 | 4/4                                                                          | -3 (-4,6, -1,7)                                            | 1 (0,2, 1,5)                                                    | 2,5 (1,5, 3)                                          | -2,5 (-4, -1,5)                                   | 2,4 (0,6, 3,8)                                         |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -5 (-7,1, -4,2)                                            | 1,1 (0,9, 2,5)                                                  | 5,1 (3,8, 6,1)                                        | -5,3 (-6, -2,6)                                   | 3,4 (0,9, 6,4)                                         |
| SSP5 | RCP1,9 2050                       | SSP4 och RCP1,9 var inte möjliga att kombinera i de utvärderade modellerna** |                                                            |                                                                 |                                                       |                                                   | -                                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              |                                                            |                                                                 |                                                       |                                                   | -                                                      |
|      | RCP2,6 2050                       | 3/3                                                                          | -4,5 (-6, -2,1)                                            | 3,3 (1,5, 4,5)                                                  | 0,5 (-0,1, 0,9)                                       | 0,7 (-0,3, 2,2)                                   | -0,6 (-0,7, 0,1)                                       |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -5,8 (-10,2, -4,7)                                         | 2,5 (2,3, 15,2)                                                 | -0,8 (-0,8, 1,8)                                      | 1,4 (-1,7, 4,1)                                   | -1,2 (-2,5, -0,2)                                      |
|      | RCP4,5 2050                       | 3/3                                                                          | -2,7 (-4,4, -0,4)                                          | 1,7 (1, 1,9)                                                    | 1,1 (-0,1, 1,7)                                       | -1,8 (-2,3, 2,1)                                  | 0,8 (-0,5, 1,5)                                        |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -2,8 (-7,8, -2)                                            | 2,7 (2,3, 4,7)                                                  | 1,1 (0,2, 1,2)                                        | -0,7 (-2,6, 1)                                    | 1,4 (-1, 1,8)                                          |
| SSP5 | Referensnivå 2050                 | 3/3                                                                          | -2,8 (-2,9, -0,2)                                          | 1,1 (0,7, 2)                                                    | 1,1 (0,7, 1,8)                                        | -1,8 (-2,3, -1)                                   | 1,5 (-0,5, 2,1)                                        |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -2,4 (-5, -1)                                              | 1,7 (1,4, 2,6)                                                  | 1,2 (1,2, 1,9)                                        | -2,4 (-2,5, -2)                                   | 1,3 (-1, 4,4)                                          |
|      | RCP1,9 2050                       | 2/4                                                                          | -1,5 (-3,9, 0,9)                                           | 6,7 (6,2, 7,2)                                                  | -1,9 (-3,5, -0,4)                                     | 3,1 (-0,1, 6,3)                                   | -6,4 (-7,7, -5,1)                                      |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -0,5 (-4,2, 3,2)                                           | 7,6 (7,2, 8)                                                    | -3,4 (-6,2, -0,5)                                     | 4,7 (0,1, 9,4)                                    | -8,5 (-10,7, -6,2)                                     |
|      | RCP2,6 2050                       | 4/4                                                                          | -3,4 (-6,9, 0,3)                                           | 4,8 (3,8, 5,1)                                                  | -2,1 (-4, 1)                                          | 3,9 (-0,1, 6,7)                                   | -4,4 (-5, 0,2)                                         |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -4,3 (-8,4, 0,5)                                           | 9,1 (7,7, 9,2)                                                  | -3,3 (-6,5, -0,5)                                     | 3,9 (-0,1, 9,3)                                   | -6,3 (-9,1, -1,4)                                      |
| SSP5 | RCP4,5 2050                       | 4/4                                                                          | -2,5 (-3,7, 0,2)                                           | 1,7 (0,6, 2,9)                                                  | 0,6 (-3,3, 1,9)                                       | -0,1 (-1,7, 6)                                    | -1,2 (-2,6, 2,3)                                       |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -4,1 (-4,6, 0,7)                                           | 4,8 (2, 8)                                                      | -1 (-5,5, 1)                                          | -0,2 (-1,4, 9,1)                                  | -3 (-5,2, 2,1)                                         |
|      | Referensnivå 2050                 | 4/4                                                                          | -0,6 (-3,8, 0,4)                                           | 0,8 (0, 2,1)                                                    | 1,5 (-0,7, 3,3)                                       | -1,9 (-3,4, 0,5)                                  | -0,1 (-1,5, 2,9)                                       |
|      | ↳ 2100                            |                                                                              | -0,2 (-2,4, 1,8)                                           | 1 (0,2, 2,3)                                                    | 1 (-2, 2,5)                                           | -2,1 (-3,4, 1,1)                                  | -0,4 (-2,4, 2,8)                                       |

\* Avser antalet modeller som bidragit till resultatet/modeller som undersöktes. En modell levererade inga markrelaterade data och har därmed inte inkluderats i tabellen.

\*\* En modell kunde kombinera RCP1,9 med SSP4, men levererade inga markrelaterade data.

**Figur SPM.4 Utvecklingsvägar för socioekonomisk utveckling, utsläppsminskning och mark** | Framtidsscenarier ger ett ramverk till att förstå konsekvenserna för mark gällande utsläppsminskning och socioekonomi. "Shared Socioeconomic Pathways" (SSPs) spänner över olika socioekonomiska antaganden (faktaruta SPM.1). De kombineras med "Representative Concentration Pathways" (RCPs)<sup>36</sup> som sammanfaller med olika omfattningar av utsläppsminskning. Förändringar i åkermark, betesmark, åkermark för bioenergi, skog och naturlig mark visas jämfört med 2010. I denna figur avser åkermark all mark för livsmedel, biobränslen och foder samt annan odlingsbar mark (odlad areal). Denna kategori inkluderar första generationens icke-skogsbaserade bioenergigrödor (till exempel majs för etanol, sockerrör för etanol, sojabönor för biodiesel), men inte andra generationens bioenergigrödor. Betesmark avser högkvalitativ betesmark och andra betesmarker, utifrån FAO:s definition för permanent ängs- och betesmark. Åkermark för bioenergi avser all mark som tillägnas andra generationens energigrödor (till exempel switchgrass, elefantgräs (miskantus), snabbväxande trädsorter). Skog avser förvaltd och icke-förvaltd skog. Naturlig mark avser andra gräsmarker, savanner, och buskmarker. **Panel A:** Panelen visar resultat från integrerade bedömningsmodeller ("integrated assessment model", IAM)<sup>37</sup> för SSP1, SSP2 och SSP5 vid RCP1,9<sup>38</sup>. Skuggningen spänner över alla IAMs, och linjen visar modellernas medianresultat. För RCP1,9, SSP1, SSP2 och SSP5 inkluderas resultat från fem, fyra respektive två IAMs. **Panel B:** Markanvändning och förändrad marktäckning visas för olika kombinationer av SSPs och RCPs, med multimodell medianer och spann (min, max). (Faktaruta SPM.1) {1.3.2, 2.7.2, 6.1, 6.4.4, 7.4.2, 7.4.4, 7.4.5, 7.4.6, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.3, 7.5.6, kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}

<sup>36</sup> "Representative Concentration Pathways" (RCPs) är scenarier för utsläpp och koncentrationer av växthusgaser, aerosoler och kemiskt aktiva gaser, samt markanvändning och marktäcke.

<sup>37</sup> "Integrated Assessment Models" (IAMs) kombinerar kunskap från två eller flera områden till ett ramverk. I denna figur används IAMs för att utvärdera kopplingar mellan ekonomisk, samhälls- och teknisk utveckling och klimatutvecklingen.

<sup>38</sup> RCP1,9 scenariet som utvärderas i denna rapport ger en sannolikhet på 66 procent att begränsa uppvärmningen till 1,5°C vid 2100, men några av dessa utvecklingsvägar leder till ett överskridande av 1,5°C under 2000-talet med mer än 0,1°C.

## D. Åtgärder på kort sikt

- D.1** Det finns möjliga åtgärder som kan vidtas på kort sikt och utifrån befintlig kunskap för att hantera ökenspridning, markförstöring och livsmedelsförsörjning samtidigt som de stöder långsiktiga åtgärder som möjliggör klimatanpassning och utsläppsminskningar. Det handlar bland annat om att bygga upp både individuell och institutionell kapacitet, påskynda kunskapsspridning, förbättra överföring och spridning av teknik, möjliggöra finansiella mekanismer, implementera system för tidiga varningar, utföra riskhantering samt ta itu med gap i implementering och uppskalning (*mycket troligt*). {3.6.1, 3.6.2, 3.7.2, 4.8, 5.3.3, 5.5, 5.6.4, 5.7, 6.2, 6.4, 7.3, 7.4, 7.6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- D.1.1** Kapacitetsuppbyggnad på kort sikt, överföring och spridning av teknik, och möjliggörande av finansiella mekanismer kan förstärka klimatanpassning och utsläppsminskningar inom marksektorn. Överföring av kunskap och teknik kan bidra till att förbättra den hållbara användningen av naturresurser för livsmedelsförsörjning när klimatet förändras (*troligt*). Genom ökad medvetenhet, kapacitetsuppbyggnad och utbildning i hållbara metoder för markförvaltning, jordbruksrelaterade fortbildnings- och rådgivningstjänster, samt utvidgad tillgång till jordbrukstjänster för producenter och markanvändare kan markförstöringen adresseras på ett effektivt sätt (*troligt*). {3.1, 5.7.4, 7.2, 7.3.4, 7.5.4}
- D.1.2** Mätning och övervakning av förändringar i markanvändning, inklusive markförstöring och ökenspridning, underlättas av den utökade användningen av ny informations- och kommunikationsteknik (mobiltelefonbaserade applikationer, molnbaserade tjänster, markbaserade sensorer, drönbilder), användning av klimattjänster samt fjärranalys för att samla in mark- och klimatinformation gällande markresurser (*troligt*). System för tidig varning gällande extrema väder- och klimathändelser är avgörande både för att kunna skydda liv och egendom, och för att främja riskminimering och riskhantering (*mycket troligt*). Säsongsprognoser och system för tidig varning är avgörande för livsmedelsförsörjning (hungersnöd) och övervakning av biologisk mångfald inklusive skadedjur och patogener samt flexibel hantering av klimatrisker (*mycket troligt*). Investeringar i mänsklig och institutionell kapacitet ger hög avkastning. Dessa investeringar inkluderar tillgång till observationssystem och system för tidig varning samt andra tjänster baserade på in-situ hydrometeorologiska och fjärranalysbaserade övervakningssystem och data, fältobservationer, inventeringar och undersökningar, samt utökad användning av digitala teknologier (*mycket troligt*). {1.2, 3.6.2, 4.2.2, 4.2.4, 5.3.1, 5.3.6, 6.4, 7.3.4, 7.4.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6.4, kapitelöverskridande faktaruta 5 i kapitel 3}
- D.1.3** Att utforma markförvaltning i för mark specifika termer av riskhantering, kan spela en viktig roll i anpassningsarbetet genom landskapsstrategier, biologisk kontroll av utbrott av skadedjur och patogener samt förbättrade riskdelnings- och överföringsmekanismer (*mycket troligt*). Genom att tillhandahålla information om klimatrelaterade risker kan markförvaltarnas kapacitet förbättras, vilket kan möjliggöra att beslut fattas i rätt tid (*mycket troligt*). {5.3.2, 5.3.5, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.7.1, 5.7.2, 7.2.4, kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 5}
- D.1.4** Hållbar markförvaltning kan förbättras genom ökad tillgänglighet och tillgång till data och information relaterad till effektivitet, sidonyttor och risker förknippade med framväxande åtgärdsalternativ och genom mer effektiv markanvändning (*mycket troligt*). Vissa åtgärdsalternativ (till exempel förbättrad förvaltning av markbundet kol) har implementerats endast vid småskaliga demonstrationsanläggningar, det finns kunskapsluckor, finansiella och institutionella gap och utmaningar förknippade med uppskalning och utbredd spridning av dessa alternativ (*troligt*). {4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.6.1, 5.6.5, 5.7.5, 6.2, 6.4}
- D.2** Åtgärder på kort sikt för att ta itu med klimatanpassning och utsläppsminskningar, ökenspridning, markförstöring och livsmedelsförsörjning kan ge sociala, ekologiska, ekonomiska och utvecklingsmässiga positiva sidoeffekter (*mycket troligt*). Sådana sidoeffekter kan bidra till fattigdomsutrotning och till mer motståndskraftiga livsvillkor för dem som är sårbara (*mycket troligt*). {3.4.2, 5.7, 7.5}
- D.2.1** Åtgärder på kort sikt för att främja hållbar markförvaltning kommer att bidra till att minska mark- och livsmedelsrelaterade sårbarheter och kan skapa mer motståndskraftiga försörjningsmöjligheter, minska markförstöring och ökenspridning samt förlust av biologisk mångfald (*mycket troligt*). Det finns synergier mellan hållbar markförvaltning, strävande efter fattigdomsutrotning, tillgång till marknader, icke-marknadsbaserade mekanismer och eliminering av lågproduktiva metoder. Maximering av dessa synergier kan leda till positiva sidoeffekter inom klimatanpassning, utsläppsminskning och utveckling genom bevarandet av ekosystemfunktioner och tjänster (*troligt*). {3.4.2, 3.6.3, tabell 4.2, 4.7, 4.9, 4.10, 5.6, 5.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, kapitelöverskridande faktaruta 12 i kapitel 7}

- D.2.2** Investeringar i återställandet av mark kan leda till fördelar på en global nivå och på torrmarksområden kan förhållandet mellan nytta och kostnad uppgå till 3-6 i termer av det uppskattade ekonomiska värdet av återställda ekosystemtjänster (*troligt*). Många tekniker och metoder för hållbar förvaltning av mark är lönsamma inom 3-10 år (*troligt*). Åtgärder för att säkerställa hållbar förvaltning av mark kan kräva initiala investeringar, men kan förbättra skördeavkastning och öka betesmarkers ekonomiska värde. Att återställa och rehabilitera mark förbättrar försörjningssystem och ger både positiv ekonomisk avkastning på kort sikt och långsiktiga nyttor när det gäller klimatanpassning, utsläppsminskningar, biologisk mångfald och förstärkta ekosystemfunktioner och tjänster (*mycket troligt*). {3.6.1, 3.6.3, 4.8.1, 7.2.4, 7.2.3, 7.3.1, 7.4.6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- D.2.3** Initiala investeringar i metoder och teknik för hållbar markförvaltning kan variera mellan cirka 20 USD per hektar och 5000 USD per hektar, där medianvärdet beräknas ligga på cirka 500 USD per hektar. Statligt stöd och bättre tillgång till krediter kan bidra till att övervinna anpassningshinder, speciellt för fattiga småbrukare (*mycket troligt*). Byte i närtid till balanserade kostval (SPM B6.2.) kan minska trycket på marken och skapa betydande hälsorelaterade positiva sideeffekter genom bättre näringsintag (*troligt*). {3.6.3, 4.8, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 6.4, 7.4.7, 7.5.5, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6}
- D.3** **Snabba minskningar av antropogena växthusgasutsläpp inom alla sektorer via ambitiösa utsläppsminskningssvågar minskar de negativa konsekvenserna av klimatiförändringen för markbaserade ekosystem och livsmedelssystem (*troligt*). Att vänta med utsläppsminskningssvågar och anpassningsåtgärder över olika sektorer skulle leda till allt större negativa konsekvenser för marken och minskade möjligheter till hållbar utveckling (*troligt*). (Faktaruta SPM.1, figur SPM.2) {2.5, 2.7, 5.2, 6.2, 6.4, 7.2, 7.3.1, 7.4.7, 7.4.8, 7.5.6, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}**
- D.3.1** Fördröjda åtgärder över sektorer leder till allt större behov av storskalig användning av markbaserade anpassnings- och utsläppsminskningssvågar, och kan leda till en minskande potential för dessa alternativ i de flesta områden i världen samt begränsa deras nuvarande och framtida effektivitet (*mycket troligt*). Genom att agera nu kan risker och förluster undvikas eller reduceras, samt nyttor genereras till samhället (*troligt*). Omedelbara åtgärder gällande utsläppsminskning och klimatanpassning i linje med hållbar markförvaltning och hållbar utveckling kan beroende på region minska risken för miljontals människor att drabbas av klimatrexer, ökenspridning, markförstörelse, osäkerhet inom livsmedelsförsörjning och övrig försörjning (*mycket troligt*). {1.3.5, 3.4.2, 3.5.2, 4.1.6, 4.7.1, 4.7.2, 5.2.3, 5.3.1, 6.3, 6.5, 7.3.1}
- D.3.2** Framtidsscenarioer visar att om minskningar av växthusgasutsläpp skjuts upp leder det till målkonflikter och betydligt högre kostnader och risker förknippade med ökande temperaturer (*troligt*). Potentialen för vissa åtgärdsalternativ, till exempel ökad inbindning av organiskt kol i marken, minskar när klimatiförändringen tilltar eftersom jordars kapacitet att fungera som kolsänkor minskar vid högre temperatur (*mycket troligt*). Förseningar i att undvika eller minska markförstörelse samt i att främja positivt återställande av ekosystem innebär risker på lång sikt, till exempel snabba minskningar av produktivitet i åkermark och betesmark, degradering av permafrost och svårigheter med återställande av torvmarker (*troligt*). {1.3.1, 3.6.2, 4.8, 4.9, 4.9.1, 5.5.2, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}
- D.3.3** Senareläggning av växthusgasutsläppsminskning på alla sektorer innebär målkonflikter som exempelvis oåterkalleliga förluster av markbaserade ekosystemfunktioner och ekosystemtjänster som är viktiga för livsmedel, hälsa, beboeliga samhällen och produktion, vilket leder till allt större ekonomiska konsekvenser för många länder i många delar av världen (*mycket troligt*). Sådan senareläggning av åtgärder som antas i höga utsläppsscenarioer kan leda till en irreversibel påverkan på vissa ekosystem, vilket i förlängningen kan leda till betydande ytterligare växthusgasutsläpp från dessa ekosystem, med påskyndad global uppvärmning som följd (*troligt*). {1.3.1, 2.5.3, 2.7, 3.6.2, 4.9, 4.10.1, 5.4.2.4, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, kapitelöverskridande faktaruta 9 i kapitel 6, kapitelöverskridande faktaruta 10 i kapitel 7}



