

FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare
**Specialrapport om Havet och kryosfären
i ett förändrat klimat**



Pärmbild:

Konstverk och layout till specialrapportens fram- och baksida är skapade av Stefanie Langsdorf.

© 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC

ISSN: 1654-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 58, 2020

FN:s klimatpanel IPCC – Sammanfattning för beslutsfattare

Specialrapport om Havet och kryosfären i ett förändrat klimat

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

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

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

Denna sida är avsiktligt blank

Introduktion

Denna specialrapport om Havet och kryosfären i ett förändrat klimat (SROCC) togs fram efter ett beslut av IPCC under 2016 att sammanställa tre specialrapporter under IPCC:s sjätte arbetsprogram.

Genom att utvärdera ny vetenskaplig litteratur svarar SROCC på förslag från regeringar och observatörsorganisationer. SROCC kommer efter de två tidigare specialrapporterna från IPCC "Global uppvärmning på 1,5°C" (SR1,5) respektive "Klimatförändringar och marken" (SRCCL) samt IPBES ("Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services") globala rapport om biologisk mångfald och ekosystemtjänster.

I denna Sammanfattning för beslutsfattare ("Summary for Policy Makers", SPM) presenteras specialrapportens centrala slutsatser uppdelade i tre avsnitt, som handlar om:

SPM A: Observerade förändringar och konsekvenser,

SPM B: Framtida förändringar och risker, och

SPM C: Införandet av åtgärder som svar på förändringar i havet och kryosfären.

För att underlätta läsning av denna SPM finns symboler som anger var olika innehåll kan hittas. Konfidensnivån för varje central slutsats anges med IPCC:s standardiserade terminologi och den vetenskapliga grunden anges genom referenser till avsnitt i respektive kapitel.

Introduction

This Special Report on the Ocean and Cryosphere¹ in a Changing Climate (SROCC) was prepared following an IPCC Panel decision in 2016 to prepare three Special Reports during the Sixth Assessment Cycle.

By assessing new scientific literature, the SROCC⁴ responds to government and observer organization proposals. The SROCC follows the other two Special Reports on Global Warming of 1.5°C (SR1.5) and on Climate Change and Land (SRCCL) and the Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.

This Summary for Policymakers (SPM) compiles key findings of the report and is structured in three parts:

SPM.A: Observed Changes and Impacts,

SPM.B: Projected Changes and Risks, and

SPM.C: Implementing Responses to Ocean and Cryosphere Change.

To assist navigation of the SPM, icons indicate where content can be found. Confidence in key findings is reported using IPCC calibrated language⁶ and the underlying scientific basis for each key finding is indicated by references to sections of the underlying report.

Denna sida är avsiktligt blank

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Havet och kryosfären i ett förändrat klimat

En specialrapport från IPCC

Sammanfattning för beslutsfattare



WG I WG II



Konstverk och layout för fram- och baksida är skapade av Stefanie Langsdorf.

© 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change

Havet och kryosfären i ett förändrat klimat

En specialrapport från
FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC

Sammanfattning för beslutsfattare

Sammanställd av

Hans-Otto Pörtner

Working Group II Co-Chair

Valérie Masson-Delmotte

Working Group I Co-Chair

Debra C. Roberts

Working Group II Co-Chair

Panmao Zhai

Working Group I Co-Chair

Melinda Tignor

Head of WGII TSU

Elvira Poloczanska

Science Advisor to the WGII
Co-Chairs and TSU

Katja Mintenbeck

Director of Science

Andrés Alegría

Graphics Officer

Maike Nicolai

Communications Officer

Andrew Okem

Science Officer

Jan Petzold

Science Officer

Bardhyl Rama

Director of Operations

Nora M. Weyer

Science Officer

Working Group II Technical Support Unit

Konstverk och layout för fram- och baksida är skapade av Stefanie Langsdorf.

© 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change



Sammanfattning för beslutsfattare

Sammanfattning för beslutsfattare

Författare:

Nerilie Abram (Australien), Carolina Adler (Schweiz/Australien), Nathaniel L. Bindoff (Australien), Lijing Cheng (Kina), So-Min Cheong (Republiken Korea), William W.L. Cheung (Kanada), Matthew Collins (Storbritannien), Chris Derksen (Kanada), Alexey Ekaykin (Ryssland), Thomas Frölicher (Schweiz), Matthias Garschagen (Tyskland), Jean-Pierre Gattuso (Frankrike), Bruce Glavovic (Nya Zeeland), Stephan Gruber (Kanada/Tyskland), Valeria Guinder (Argentina), Robert Hallberg (USA), Sherilee Harper (Kanada), Nathalie Hilmi (Monaco/Frankrike), Jochen Hinkel (Tyskland), Yukiko Hirabayashi (Japan), Regine Hock (USA), Anne Hollowed (USA), Helene Jacot Des Combes (Fiji), James Kairo (Kenya), Alexandre K. Magnan (Frankrike), Valérie Masson-Delmotte (Frankrike), J.B. Robin Matthews (Storbritannien), Kathleen McInnes (Australien), Michael Meredith (Storbritannien), Katja Mintenbeck (Tyskland), Samuel Morin (Frankrike), Andrew Okem (Sydafrika/Nigeria), Michael Oppenheimer (USA), Ben Orlove (USA), Jan Petzold (Tyskland), Anna Pirani (Italien), Elvira Poloczanska (Storbritannien/Australien), Hans-Otto Pörtner (Tyskland), Anjal Prakash (Nepal/Indien), Golam Rasul (Nepal), Evelia Rivera-Arriaga (Mexiko), Debra C. Roberts (Sydafrika), Edward A.G. Schuur (USA), Zita Sebesvari (Ungern/Tyskland), Martin Sommerkorn (Norge/Tyskland), Michael Sutherland (Trinidad och Tobago), Alessandro Tagliabue (Storbritannien), Roderik Van De Wal (Nederländerna), Phil Williamson (Storbritannien), Rong Yu (Kina), Panmao Zhai (Kina)

Bidragande författare:

Andrés Alegria (Honduras), Robert M. DeConto (USA), Andreas Fischlin (Schweiz), Shengping He (Norge/Kina), Miriam Jackson (Norge), Martin Künsting (Tyskland), Erwin Lambert (Nederländerna), Pierre-Marie Lefeuve (Norge/Frankrike), Alexander Milner (Storbritannien), Jess Melbourne-Thomas (Australien), Benoit Meyssignac (Frankrike), Maike Nicolai (Tyskland), Hamish Pritchard (Storbritannien), Heidi Steltzer (USA), Nora M. Weyer (Tyskland)

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: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (Eds.)]. In press.

Inledning

Denna specialrapport om havet och kryosfären¹ i ett förändrat klimat (SROCC) togs fram efter ett beslut av IPCC under 2016 att sammanställa tre specialrapporter under IPCCs sjätte arbetsprogram². Genom att utvärdera ny vetenskaplig litteratur³ svarar SROCC⁴ på förslag från regeringar och observatörsorganisationer. SROCC kommer efter de två tidigare specialrapporterna från IPCC "Global uppvärmning på 1,5°C" (SR1,5) respektive "Klimatförändringar och marken" (SRCCL)⁵ samt IPBES ("Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services") globala rapport om biologisk mångfald och ekosystemtjänster.

I denna Sammanfattning för beslutsfattare ("Summary for Policy Makers", SPM) presenteras specialrapportens centrala slutsatser uppdelade i tre avsnitt, som handlar om: SPM A: Observerade förändringar och konsekvenser, SPM B: Framtida förändringar och risker, och SPM C: Införandet av åtgärder som svar på förändringar i havet och kryosfären. För att underlätta läsning av SPM finns symboler som anger var olika innehåll kan hittas. Konfidensnivån för varje central slutsats anges med IPCC:s standardiserade terminologi⁶ och den vetenskapliga grunden anges genom referenser till avsnitt i respektive kapitel.

Förklaring till symboler som anger innehåll

	Höga bergsområden
	Polarregioner
	Kuster och havsnivåhöjning
	Hav

¹ Kryosfären definieras i denna rapport (bilaga I: ordlista) som komponenterna i jordsystemet på och under mark- och havsytan som är frusna, inklusive snötäckta områden, glaciärer, inlandsisar, shelfisar, isberg, havsis, is på sjöar och floder, permafrost och mark som fryser säsongvis.

² Beslutet att sammanställa en specialrapport om klimatförändringar och hav och kryosfären fattades vid IPCC:s fyrtiotredje möte i Nairobi, Kenya, 11–13 april 2016.

³ Tidsgränser: 15 oktober 2018 för inlämnande av manuskript, 15 maj 2019 för godkännande för publicering.

⁴ SROCC producerades under vetenskaplig ledning av arbetsgrupp I och arbetsgrupp II. I överensstämmelse med den godkända dispositionen bedömdes inte alternativ för begränsning av klimatpåverkan (arbetsgrupp III) med undantag för kollagring i kustnära och marina ekosystem (så kallad "blue carbon").

⁵ De fullständiga titlarna på dessa två specialrapporter 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, markförstöring, hållbar markanvändning, livsmedelsförsörjning samt flöden av växthusgaser i terrestra ekosystem".

⁶ Varje slutsats baseras på en utvärdering av underliggande evidens och dess överensstämmelse. Konfidensnivåer beskrivs med hjälp av fem nivåer: mycket låg (dvs. högst otroligt), låg (dvs. mindre troligt), medelhög (dvs. troligt), hög (dvs. mycket troligt) och mycket hög (dvs. högst troligt), och skrivs ut i kursiv stil, till exempel: *troligt*. Följande termer används för att beskriva bedömd sannolikhet för ett utfall eller ett resultat: nästan helt säkert 99-100 procent sannolikhet, mycket sannolikt 90-100 procent, sannolikt 66-100 procent, lika sannolikt som osannolikt 33-66 procent, osannolikt 0-33 procent, mycket osannolikt 0-10 procent, exceptionellt osannolikt 0-1 procent. Andra termer (extremt sannolikt 95-100 procent, mer sannolikt än osannolikt >50-100 procent, mer osannolikt än sannolikt 0-50 procent, extremt osannolikt 0-5 procent) kan också förekomma. Sannolikhetsbedömningar skrivs ut i kursiv stil, till exempel: *sannolikt*, i överensstämmelse med AR5 och andra specialrapporter under AR6. Denna rapport använder också termerna *sannolikt* intervall och *mycket sannolikt* intervall för att indikera att den uppskattade sannolikheten för ett utfall ligger inom sannolikhetsintervallet 17-83 procent respektive 5-95 procent. {1.9.2, figur 1.4}

Inledande faktaruta | Betydelsen av havet och kryosfären för människan

Alla människor på jorden är direkt eller indirekt beroende av havet och kryosfären. Havet täcker 71 procent av jordens yta och innehåller cirka 97 procent av allt vatten på jorden. Kryosfären är den del av jordens yta och atmosfären som består av is och snö¹. Cirka 10 procent av jordens landområde täcks av glaciärer eller inlandsisar. Havet och kryosfären innehåller unika livsmiljöer som är sammankopplade med andra komponenter i klimatsystemet genom ett globalt utbyte av vatten, energi och kol. Den beräknade responsen från havet och kryosfären på tidigare och pågående utsläpp av växthusgaser från mänskliga aktiviteter, samt pågående global uppvärmning inkluderar klimatåterkopplingar, förändringar över årtionden till årtusenden som inte kan undvikas, tröskelpunkter för plötsliga förändringar och oåterkalleliga förlopp. {faktaruta 1.1, 1.2}

Samhällen i nära anslutning till kustmiljöer, små öar (inklusive små önationer under utveckling, SIDS), polarområden och höga bergsområden⁷ är särskilt utsatta för förändringar i havet och kryosfären, såsom havsnivåhöjning, extrema högvattenhändelser och en krympande kryosfär. Andra samhällen längre från kusten är också utsatta för förändringar i havet, till exempel genom extrema väderhändelser. Idag bor cirka 4 miljoner människor permanent i den arktiska regionen, varav 10 procent tillhör ursprungsbefolkningar. Den lågt liggande kustzonen⁸ är för närvarande hem för cirka 680 miljoner människor (nästan 10 procent av jordens befolkning 2010). Antalet människor som bor i dessa områden beräknas öka till mer än en miljard år 2050. SIDS är hem för 65 miljoner människor. Cirka 670 miljoner människor (nästan 10 procent av jordens befolkning 2010), inklusive ursprungsbefolkningar, bor i höga bergsområden på alla kontinenter utom Antarktis. I höga bergsområden beräknas befolkningen öka till mellan 740 och 840 miljoner år 2050 (cirka 8,4–8,7 procent av beräknad världsbefolkning vid 2050). {1.1, 2.1, 3.1, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur 2.1}

Förutom havets roll inom klimatsystemet, till exempel upptag och omfördelning av naturlig och antropogen koldioxid (CO₂) och värme, samt ekosystemstöd, tillhandahåller havet och/eller kryosfären tjänster för mänskligheten såsom mat- och vattenförsörjning, förnybar energi och nyttor för hälsa och välbefinnande, kulturella värden, turism, handel och transport. Tillståndet för havet och kryosfären samspelar med varje aspekt av hållbarhet som återspeglas i FN:s globala mål för hållbar utveckling (SDGs). {1.1, 1.2, 1.5}

⁷ Höga bergsområden inkluderar alla bergsområden där glaciärer, snö eller permafrost är framträdande drag i landskapet. För en lista över höga bergsområden som omfattas av denna rapport, se kapitel 2. Befolkningen i höga bergsområden beräknas för områden mindre än 100 kilometer ifrån glaciärer eller permafrost i de höga bergsområden som bedöms i denna rapport. {2.1} Beräkningar som avser 2050 ger ett befolkningsintervall i dessa regioner som spänner över alla fem gemensamma socioekonomiska utvecklingsvägar ("Shared Socioeconomic Pathways", SSP). {kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1}

⁸ Befolkningen i den låglänta kustzonen beräknas för landområden i anslutning till kusten, inklusive små önationer, som ligger mindre än 10 meter över havet. {kapitelöverskridande faktaruta 9} Beräkningar som avser 2050 ger ett befolkningsintervall i dessa regioner som spänner över alla fem gemensamma socioekonomiska utvecklingsvägar. {kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1}

A. Observerade förändringar och konsekvenser

Observerade fysikaliska förändringar

A.1 Under de senaste decennierna har den globala uppvärmningen lett till omfattande minskning av kryosfären, med massförlust från landisar och glaciärer (*högst troligt*), minskning av snötäcken (*mycket troligt*), minskning av utbredning och tjocklek av Arktis havsis (*högst troligt*) och ökande permafrosttemperatur (*högst troligt*). {2.2, 3.2, 3.3, 3.4, figur SPM.1, figur SPM.2}

A.1.1  Landisar och glaciärer över hela världen har förlorat massa (*högst troligt*). Mellan 2006 och 2015 var hastigheten på massförlust från den Grönländska landisen⁹ i genomsnitt 278 ± 11 miljarder ton per år (motsvarar en global havsnivåhöjning på $0,77 \pm 0,03$ mm per år)¹⁰, mest på grund av ytavsmältning (*mycket troligt*). Under perioden 2006-2015 förlorade den Antarktiska landisen massa med en genomsnittlig hastighet av 155 ± 19 miljarder ton per år ($0,43 \pm 0,05$ mm per år), främst på grund av att den Västantarktiska landisens utloppsglaciärer i snabb takt blev tunnare och drog sig tillbaka (*högst troligt*). Glaciärer över hela världen utanför Grönland och Antarktis förlorade massa med en genomsnittlig hastighet av 220 ± 30 miljarder ton per år (motsvarar en havsnivåhöjning på $0,61 \pm 0,08$ mm per år) under 2006-2015. {3.3.1, 4.2.3, bilaga 2.A, figur SPM.1}

A.1.2  Utbredningen av snötäcket på land i Arktis i juni månad minskade med $13,4 \pm 5,4$ procent per årtionde från 1967 till 2018, en total förlust på cirka 2,5 miljoner km², främst på grund av ökning av lufttemperaturen nära marken (*mycket troligt*). I nästan alla höga bergsområden har djup, utbredning och varaktighet av snötäcket minskat under de senaste årtiondena, särskilt vid lägre höjd (*mycket troligt*). {2.2.2, 3.4.1, figur SPM.1}

A.1.3  Permafrostens temperaturer har ökat till rekordhöga nivåer (1980-talet - idag) (*högst troligt*). Från 2007 till 2016 var höjningen i genomsnitt $0,29^\circ\text{C} \pm 0,12^\circ\text{C}$ för polarområden och höga bergsområden världen över. Arktisk och boreal permafrost innehåller 1460–1600 miljarder ton organiskt kol, nästan dubbelt så mycket kol som i atmosfären (*troligt*). Evidensgraden är *medel* med *låg överensstämmelse* huruvida de norra permafrostregionerna för närvarande släpper ut ytterligare metan och koldioxid på grund av upptining. Upptinande permafrost och reträtt av glaciärer har minskat stabiliteten på sluttningar på höga berg (*mycket troligt*). {2.2.4, 2.3.2, 3.4.1, 3.4.3, figur SPM.1}

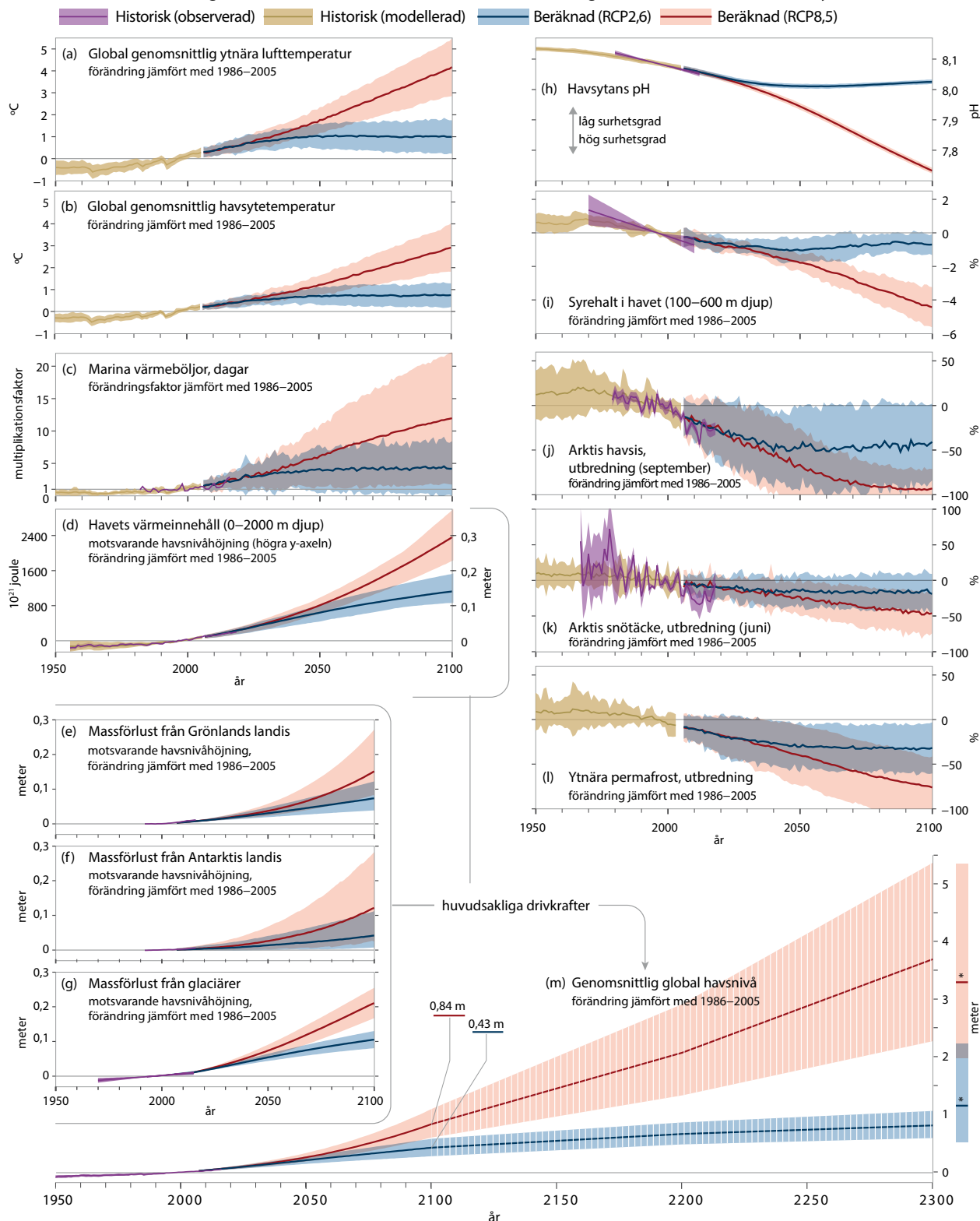
A.1.4  Mellan 1979 och 2018 har utbredningen av havsis i Arktis *mycket sannolikt* minskat under alla månader av året. Minskningen i utbredningen i september uppgår *mycket sannolikt* till $12,8 \pm 2,3$ procent per årtionde. Dessa förändringar av havsisen i september saknar *sannolikt* motstycke under de senaste 1000 åren. Arktis havsis har blivit tunnare och samtidigt har andelen yngre is ökat, mellan 1979 och 2018 har andelen av havsisytan med flerårig is som är minst fem år gammal minskat med cirka 90 procent (*högst troligt*). Återkopplingsmekanismer orsakade av förlust av havsis på sommaren och snötäcke på land på våren har bidragit till en förstärkt uppvärmning i Arktis (*mycket troligt*) där lufttemperaturen nära marken *sannolikt* ökade med mer än dubbelt så mycket som det globala genomsnittet under de senaste två årtiondena. Förändringar av havsis i Arktis kan eventuellt påverka vädret på medelhöga breddgrader (*troligt*), men det är *låg konfidensnivå* för att kunna konstatera vilket inflytande detta har på specifika vädertyper. Utbredningen av havsis runt Antarktis uppvisar ingen statistiskt signifikant trend (1979–2018), detta beror på kontrasterande regionala signaler och stor variation mellan olika år (*mycket troligt*). {3.2.1, 6.3.1, faktaruta 3.1, faktaruta 3.2, SPM A.1.2, figur SPM.1, figur SPM.2}

⁹ Inklusive perifer glaciärer.

¹⁰ 360 miljarder ton is motsvarar en global genomsnittlig havsnivåhöjning på 1 mm.

Historiska och framtida förändringar i havet och i kryosfären

Historiska förändringar (observerade och modellerade) samt beräkningar för RCP2,6 och RCP8,5 för nyckelindikatorer



Figur SPM.1 | Observerade och modellerade förändringar i havet och kryosfären sedan 1950¹¹ och beräknade framtida förändringar för låga (RCP2,6) och höga (RCP8,5) scenarier för växthusgasutsläpp {faktaruta SPM.1}

¹¹ Detta innebär inte att förändringarna började 1950. Förändringar av vissa variabler har pågått sedan den förindustriella perioden.

Figur SPM.1 (fortsättning): Förändringar visas för (a) global genomsnittlig ytnära lufttemperatur med *sannolikt* intervall. {faktaruta SPM.1, kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1} **Havsrelaterade förändringar** med *mycket sannolika* intervaller för (b) förändring av global genomsnittlig havsytetemperatur {faktaruta 5.1, 5.2.2}; (c) förändringsfaktor för dagar med marina värmeböljor i ythavet {6.4.1}; (d) förändring av det globala havets värmeinnehåll (0–2000 m djup). Motsvarande ungefärlig sterisk havsnivåhöjning visas på högra axeln genom att multiplicera havets värmeinnehåll med det globala medelvärdet av värmeutvidgningskoefficienten ($\epsilon \approx 0,125$ m per 1024 joule)¹² för observerad uppvärmning sedan 1970 {figur 5.1}; (h) global genomsnittlig pH (i den totala skalan) vid havsytan. Utvärderade observerade trender bygger på tidsserier som är längre än 15 år från platser i öppet hav {faktaruta 5.1, figur 5.6, 5.2.2}; och (i) globalt medelvärde av förändring av syrehalt i havet (100–600 m djup). Utvärderade observerade trender spänner över 1970–2010, centrerat runt 1996 {figur 5.8, 5.2.2}. **Förändringar av havsnivå** med *sannolika* intervall för (m) global genomsnittlig havsnivåhöjning. De intervall som markerats med ränder visar att *konfidensnivån är låg* för beräknade havsnivåhöjningar bortom 2100. Staplarna vid 2300 återspeglar expertbedömning av möjliga intervall för havsnivåhöjning {4.2.3, figur 4.2}; och bidrag från massförlust från (e, f) Grönlands och Antarktislandisar {3.3.1}; och (g) massförlust från glaciärer {kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 2, tabell 4.1}. Ytterligare **förändringar relaterade till kryosfären** med *mycket sannolika* intervall för (j) utbredning av havsis för Arktis i september¹³ {3.2.1, 3.2.2 figur 3.3}; (k) förändring av Arktis snötäcke i juni (landområden norr om 60°N) {3.4.1, 3.4.2, figur 3.10}; och (l) förändring i utbredning av ytnära (inom 3–4 meters djup) permafrost på norra halvklotet {3.4.1, 3.4.2, figur 3.10}. Utvärderingar av beräknade förändringar för mellanscenarioerna RCP4,5 och RCP6,0 är inte tillgängliga för alla variabler som beaktas här. Där de finns tillgängliga kan de hittas i den underliggande rapporten. {För RCP4,5 se: 2.2.2, kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 2, 3.2.2, 3.4.2, 4.2.3. För RCP6,0, se kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1}

Faktaruta SPM.1 | Användning av klimatscenarier i SROCC

Analysen av beräknade framtida förändringar i denna rapport baseras till stor del på beräkningar med klimatmodeller inom CMIP5¹⁴ och så kallade RCP-scenarier. RCP:er är scenarier som inkluderar tidsserier för utsläpp och koncentrationer av växthusgaser, partiklar och kemiskt aktiva gaser, samt markanvändning/marktäckning. RCP:erna är endast en uppsättning av många möjliga scenarier som skulle kunna leda till olika nivåer av global uppvärmning. {bilaga I: ordlista}

Denna rapport utgår huvudsakligen från RCP2,6 och RCP8,5, vilket återspeglar den tillgängliga litteraturen. RCP2,6 representerar ett scenario med låga utsläpp av växthusgaser och stora utsläppsminskningar framgent, som i CMIP5-simuleringar ger en chans på två av tre att begränsa den globala uppvärmningen till under 2°C fram till 2100¹⁵. RCP8,5 är ett scenario med höga utsläpp av växthusgaser och en frånvaro av politik som motverkar klimatförändring, vilket leder till fortsatt ökning av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. Av alla RCP:er är RCP8,5 den utvecklingsväg som har de högsta utsläppen av växthusgaser. De underliggande kapitlen hänvisar också till andra scenarier, inklusive RCP4,5 och RCP6,0 med mellanliggande nivåer av växthusgasutsläpp, dessa resulterar i mellanliggande uppvärmningsnivåer. {bilaga I: ordlista, kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1}

Tabell SPM.1 redogör för uppskattningar av den totala uppvärmningen sedan den förindustriella perioden för fyra olika RCP:er, till centrala tidsperioder som används i SROCC. Uppvärmningen från perioden 1850–1900 fram till 1986–2005 uppgår till 0,63°C (0,57°C till 0,69°C, *sannolikt* intervall) baserat på observationer av ytnära lufttemperaturer över hav och över land.¹⁶ I överensstämmelse med tillvägagångssättet i AR5 så läggs beräknade framtida förändringar i global genomsnittlig lufttemperatur nära marken, relativt 1986–2005, till denna observerade uppvärmning. {faktaruta kapitel 1}

Tabell SPM.1 | Beräknad förändring av global medeltemperatur relativt 1850–1900 för två tidsperioder under fyra RCP:er¹⁵ {kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1}

Scenario	Närtid: 2031–2050		Slutet av 2000-talet: 2081–2100	
	Genomsnitt (°C)	<i>Sannolikt</i> intervall (°C)	Genomsnitt (°C)	
RCP2,6	1,6	1,1 till 2,0	1,6	0,9 till 2,4
RCP4,5	1,7	1,3 till 2,2	2,5	1,7 till 3,3
RCP6,0	1,6	1,2 till 2,0	2,9	2,0 till 3,8
RCP8,5	2,0	1,5 till 2,4	4,3	3,2 till 5,4

¹² Denna skalfaktor (globalt medel av havets expansion som havsnivåhöjning i meter per enhet värme) varierar med cirka 10 procent mellan olika modeller, och den kommer systematiskt att öka med cirka 10 procent till 2100 för RCP8,5 på grund av att havets uppvärmning ökar den genomsnittliga värmeutvidgningskoefficienten. {4.2.1, 4.2.2, 5.2.2}

¹³ Antarktis havsis visas inte här på grund av att *konfidensnivån är låg* för beräknade ändringar för dess del. {3.2.2}

¹⁴ "Coupled Model Intercomparison Project" CMIP5, är fas 5 av ett internationellt samarbetsprojekt för koordinerade globala klimatmodellexperiment. {bilaga I: ordlista}.

¹⁵ En utvecklingsväg med lägre utsläpp (RCP1,9), som skulle motsvara en lägre nivå av beräknad uppvärmning än RCP2,6, ingick inte i CMIP5.

¹⁶ Denna rapport utvärderar i vissa fall förändringar i förhållande till 2006–2015. Den observerade uppvärmningen från perioden 1850–1900 fram till 2006–2015 uppgår till 0,87°C (0,75 till 0,99°C, *sannolikt* intervall). {kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1}

A.2 Det är *praktiskt taget säkert* att det globala havet har värmts upp i oförminskad takt sedan 1970 och att havet har tagit upp mer än 90 procent av överskottsvärmen i klimatsystemet (*mycket troligt*). Sedan 1993 har uppvärmningens hastighet mer än fördubblats (*sannolikt*). Marina värmeböljor är mycket troligt dubbelt så vanliga nu jämfört med 1982 och de ökar i intensitet (*högst troligt*). Upptag av mer koldioxid har bidragit till en ökande försurning av havets ytlager (*praktiskt taget säkert*). Förlust av syre har inträffat från ytan ner till 1000 m (*troligt*). {1.4, 3.2, 5.2, 6.4, 6.7, figur SPM.1, figur SPM.2}

A.2.1.  En pågående uppvärmning av havet som dokumenterades i IPCC:s femte utvärderingsrapport (AR5) har fortsatt. Sedan 1993 har havens uppvärmning och därmed värmeupptag mer än fördubblats (*sannolikt*) från $3,22 \pm 1,61$ ZJ per år (0–700 m djup) och $0,97 \pm 0,64$ ZJ per år (700–2000 m) mellan 1969 och 1993, till $6,28 \pm 0,48$ ZJ per år (0–700 m) och $3,86 \pm 2,09$ ZJ per år (700–2000 m) mellan 1993 och 2017¹⁷, vilket beror på mänsklig påverkan (*mycket sannolikt*). {1.4.1, 5.2.2, tabell 5.1, figur SPM.1}

A.2.2.  Södra ishavet stod för 35–43 procent av den totala värmeökningen i de översta 2000 metrarna i det globala havet mellan 1970 och 2017 (*mycket troligt*). Dess andel ökade till 45–62 procent mellan 2005 och 2017 (*mycket troligt*). Djuphavet under 2000 m har värmts upp sedan 1992 (*sannolikt*), särskilt i Södra ishavet. {1.4, 3.2.1, 5.2.2, tabell 5.1, figur SPM.2}

A.2.3.  Globalt sett har marina värmerelaterade händelser ökat; marina värmeböljor¹⁸, som definieras som en daglig ytvattentemperatur överstigande den lokala 99:e percentilen under perioden 1982 till 2016, har fördubblats i förekomst och de har blivit mer varaktiga, mer intensiva och mer utbredda (*mycket sannolikt*). Det är *mycket sannolikt* att mellan 84–90 procent av de marina värmeböljorna som inträffade mellan 2006 och 2015 beror på den antropogena temperaturökningen. {tabell 6.2, 6.4, figur SPM.1, figur SPM.2}

A.2.4.  Densitetsskiktningen¹⁹ i havet har ökat i de övre 200 metrarna sedan 1970 (*mycket sannolikt*). Observerad uppvärmning av havsytan och tillförsel av sötvatten vid höga latituder gör ytvattnet lättare i förhållande till djupare delar av havet (*mycket troligt*), vilket hämmar blandningen i vertikal led (*mycket troligt*). Den genomsnittliga skiktningen av de övre 200 metrarna har ökat med $2,3 \pm 0,1$ procent (*mycket sannolikt* intervall) från genomsnittet för 1971–1990 till genomsnittet för 1998–2017. {5.2.2}

A.2.5.  Havet har tagit upp mellan 20–30 procent (*mycket sannolikt*) av de totala antropogena koldioxidutsläppen sedan 1980-talet, vilket har orsakat ytterligare havsförsurning. Det öppna havets pH har sjunkit med ett *mycket sannolikt* intervall på 0,017–0,027 pH-enheter per årtioende sedan slutet av 1980-talet²⁰. Minskningen av ythavets pH går *mycket sannolikt* redan att urskilja från den naturliga bakgrundsvariationen för mer än 95 procent av havets yta. {3.2.1, 5.2.2, faktaruta 5.1, figur SPM.1, figur SPM.2}

¹⁷ ZJ betyder zettajoule och är lika med 10^{21} joule. Att värma upp hela havet 1°C kräver ungefär 5500 ZJ; 144 ZJ skulle kunna värma upp de översta 100 metrarna med cirka 1 grad.

¹⁸ En marin värmebölja är en period med extremt varma vattentemperaturer nära havsytan som håller i sig från flera dagar upp till månader och kan sträcka sig över tusentals kilometer (bilaga I: ordlista).

¹⁹ I denna rapport definieras densitetsskiktning som skillnad i densitet mellan grundare och djupare lager. Ökad skiktning minskar det vertikala utbytet av värme, salthalt, syre, kol och näringsämnen.

²⁰ Baserat på in-situ mätserier som är längre än femton år.

A.2.6  Mätserier från 1970–2010 visar att syrehalten i det öppna havets övre 1000 metrarna har minskat med ett *mycket sannolikt* intervall på 0,5–3,3 procent, tillsammans med en *sannolik* ökning av volymen för områden med lägst syrehalt ("oxygen minimum zones") med 3–8 procent (*troligt*). Syreförlust beror främst på ökad skiktning samt förändrad ventilering och biogeokemi (*mycket troligt*). {5.2.2, figur SPM.1, figur SPM.2}

A.2.7  Mätningar, både in situ (2004–2017) och baserade på rekonstruktioner av havsytans temperatur, indikerar att den storskaliga medelcirkulationen i Atlanten ("Atlantic Meridional Overturning Circulation", AMOC)²¹ har försvagats relativt 1850–1900 (*troligt*). Tillgängliga data är inte tillräckliga för att kvantifiera storleksordningen på minskningen eller för att fastställa om den orsakats av antropogen påverkan. Även om det för närvarande inte kan tillräckligt väl fastslås att antropogen påverkan står bakom försvagningen av AMOC, uppvisar CMIP5-modellsimuleringar för perioden 1850–2015 i genomsnitt en försvagad AMOC när antropogen klimatpåverkan inkluderas i modellerna. {6.7}

A.3 Den genomsnittliga globala havsnivån stiger, och stigningens takt har ökat de senaste årtiondena på grund av förlust av massa i snabbare takt från landisar på Grönland och Antarktis (högst troligt) samt fortsatt massförlust för glaciärer och termisk expansion i havet. Intensifiering av tropiska cyklonvindar och nederbörd samt ökningar i extrema våghöjder i kombination med höjning av den relativa havsnivån förvärrar extrema högvattenhändelser och andra risker längs kusterna (mycket troligt) {3.3, 4.2, 6.2, 6.3, 6.8, figurer SPM.1, SPM.2, SPM.4, SPM.5}

A.3.1  Den totala ökningen av den genomsnittliga globala havsnivån för 1902–2010 är 0,16 m (*sannolikt* intervall 0,12–0,21 m). Hastigheten på höjningen under perioden 2006–2015 var 3,6 mm per år (3,1–4,1 mm per år, *mycket sannolikt* intervall), vilket saknar motstycke under förra seklet (*mycket troligt*), och är ungefär 2,5 gånger hastigheten under 1901–1990 som var 1,4 mm per år (0,8–2,0 mm per år, *mycket sannolikt* intervall). Under perioden 2006–2015 var summan av bidrag från landisar och glaciärer (1,8 mm per år, *mycket sannolikt* intervall 1,7–1,9 mm per år) till havsnivåhöjningen större än effekten av termisk expansion av havsvatten (1,4 mm per år, *mycket sannolikt* intervall 1,1–1,7 mm per år)²² (*högst troligt*). Den dominerande orsaken till höjningen av den genomsnittliga globala havsnivån sedan 1970 är antropogen klimatpåverkan (*mycket troligt*). {4.2.1, 4.2.2, figur SPM.1}

A.3.2  Havsnivåhöjningens hastighet har ökat (*ytterst sannolikt*) på grund av den av den kombinerade ökade isförlusten från landisarna på Grönland och Antarktis (*högst troligt*). Massförlust från det Antarktiska istäcket under perioden 2007–2016 tredubblades relativt 1997–2006. För Grönland fördubblades massförlusten under samma period (*sannolikt, troligt*). {3.3.1, figur SPM.1, figur SPM.2, SPM A.1.1}

A.3.3  Acceleration av isflödet på och reträtt av utloppsglaciärerna på Antarktis observeras nu i Amundsenhavet på Västantarktis och i Wilkes Land, Östantarktis, detta ger potential till havsnivåhöjning på flera meter inom några århundraden, (*högst troligt*). Dessa förändringar kan vara början av en oåterkallelig²³ instabilitet i de marina delarna av istäcket. Osäkerhet gällande när instabilitet utlöses beror på begränsade observationer, ofullständig representation av istäckets processer i modeller samt begränsad förståelse för de komplexa interaktionerna mellan atmosfären, havet och istäcket. {3.3.1, kapitelöverskridande faktaruta 8 i kapitel 3, 4.2.3}

A.3.4  Havsnivåhöjningen är inte jämnt fördelad globalt utan varierar på regional skala. Regionala skillnader, inom ± 30 procent av den genomsnittliga globala höjningen av havsnivån, beror på förluster av landbaserade isar och variationer i havets uppvärmning och cirkulation. Avvikelse från det globala medelvärde kan vara större i områden med snabba vertikala jordrörelser, som även kan uppstå på grund av lokala mänskliga aktiviteter (till exempel utvinning av grundvatten). (*mycket troligt*) {4.2.2, 5.2.2, 6.2.2, 6.3.1, 6.8.2, figur SPM.2}

²¹ AMOC är det dominerande havsströmssystemet i södra och norra Atlanten (bilaga I: ordlista).

²² Den totala hastigheten på höjningen av havsnivån är större än summan av bidrag från kryosfären och havet på grund av osäkerheter i uppskattningen av förändring av lagring av vatten på land.

²³ Tidsskalen för återhämtning av denna process är hundratals till tusentals år (bilaga I: ordlista).

- A.3.5  Extrema våghöjder som bidrar till extrema högvattenhändelser, kusterosion och översvämningar, har ökat i Södra ishavet och Nordatlanten med cirka 1,0 cm per år respektive 0,8 cm per år under perioden 1985–2018 (*troligt*). Förlust av havsis i Arktis har också medfört ökade våghöjder under perioden 1992–2014 (*troligt*). {4.2.2, 6.2, 6.3, 6.8, faktaruta 6.1}
- A.3.6  Antropogen klimatförändring har ökat den observerade nederbörden (*troligt*), vindar (*mindre troligt*) och extrema högvattenhändelser (*mycket troligt*) förknippade med vissa tropiska cykloner, vilket har ökat intensiteten för kopplade extrema händelser och tillhörande kaskadeffekter (*mycket troligt*). Antropogen klimatförändring kan ha bidragit till att den maximala intensiteten för tropiska cykloner i västra Norra Stilla havet har förskjutits norrut under de senaste decennierna, vilket är kopplat till en utbredning av tropikerna på grund av antropogen klimatpåverkan (*mindre troligt*). Det finns framväxande evidens för en ökning av den årliga globala andelen tropiska cykloner i kategori 4 eller 5 under de senaste decennierna (*mindre troligt*). {6.2, tabell 6.2, 6.3, 6.8, faktaruta 6.1}

Observerade konsekvenser för ekosystem

A.4 Förändringar i kryosfären med tillhörande hydrologiska förändringar har påverkat land- och sötvattenslevande arter och ekosystem i höga bergsområden och i polarregioner genom tillkomst av barmark som tidigare täckts av is, förändringar av snötäckan och tinande permafrost. Dessa förändringar har bidragit till förändrade säsongsvisa aktiviteter, förekomst och fördelning av ekologiskt, kulturellt och ekonomiskt viktiga växter och djurarter, ekologiska störningar och ekosystemens funktion. (*mycket troligt*) {2.3.2, 2.3.3, 3.4.1, 3.4.3, faktaruta 3.4, figur SPM.2}

- A.4.1  Under det senaste århundradet har vissa arter av växter och djur ökat i förekomst, förändrat sitt utbredningsområde och etablerat sig i nya områden när glaciärer försvunnit och den snöfria säsongen förlängts (*mycket troligt*). Tillsammans med uppvärmningen har dessa förändringar lokalt ökat antalet arter i höga bergsområden, eftersom arter från lägre höjd migrerar uppför sluttningen (*högst troligt*). En del arter anpassade för kyla eller beroende av snö har minskat i förekomst, vilket ökar risken för deras utrotning, särskilt på bergstoppar (*mycket troligt*). I polar- och bergsområden har många arter förändrat sina säsongsberoende aktiviteter, speciellt på senvinter och vår (*mycket troligt*). {2.3.3, faktaruta 3.4}
- A.4.2  Ökade bränder och abrupt upptining av permafrost, samt förändringar av hydrologi i Arktis och bergsområden har förändrat förekomsten och intensiteten av störningar i ekosystem (*mycket troligt*). Detta har medfört både positiva och negativa konsekvenser på växtlighet och på djurliv som exempelvis renar och lax (*mycket troligt*). {2.3.3, 3.4.1, 3.4.3}
- A.4.3  Satellitobservationer visar att tundraområden blir grönare, vilket ofta tyder på ökad produktivitet hos växter (*mycket troligt*). Vissa områden på tundran och i boreala skogar har blivit brunare, vilket tyder på att produktiviteten har minskat (*mycket troligt*). Dessa förändringar har haft negativ påverkan på försörjande, reglerande och kulturella ekosystemtjänster, men också gett vissa övergående positiva konsekvenser för försörjande tjänster, både i höga bergsområden (*troligt*) och polarområden (*mycket troligt*). {2.3.1, 2.3.3, 3.4.1, 3.4.3, bilaga I: ordlista}

A.5 Sedan omkring 1950 har många marina arter i olika grupper genomgått förskjutningar av geografiskt utbredningsområde och säsongrelaterade aktiviteter på grund av uppvärmning av havet, förändring av havsis, och biogeokemiska förändringar, såsom syrebrist, i sina livsmiljöer (*mycket troligt*). Detta har lett till förskjutningar av arters sammansättning, förekomst och biomassaproduktion i ekosystem från ekvatorn till polerna. Förändrade interaktioner mellan arter har orsakat kaskadeffekter på ekosystemens struktur och funktion (*troligt*). I vissa marina ekosystem påverkas arter både av effekterna av fiske och av klimatförändringar (*troligt*). {3.2.3, 3.2.4, faktaruta 3.4, 5.2.3, 5.3, 5.4.1, figur SPM.2}

A.5.1  Hastigheten på förskjutning mot polerna i spridning av olika marina arter är 52 ± 33 km per årtionde för organismer i epipelagiska zonen (från havsytan ner till 200 m), respektive 29 ± 16 km per årtionde i ekosystem på havsbotten (*mycket sannolikt* intervall). Hastigheten och riktningen för observerade förskjutningar i spridning påverkas av lokal temperatur, syrehalt, havsströmmar vid olika djup samt latitudinella och longitudinella gradienter (*mycket troligt*). Arternas utökade utbredningsområden på grund av uppvärmning har lett till förändringar i ekosystemens strukturer och funktioner till exempel i Nordatlanten, nordöstra Stilla havet och Arktis (*troligt*). {5.2.3, 5.3.2, 5.3.6, faktaruta 3.4, figur SPM.2}

A.5.2  Under de senaste årtiondena har netto primärproduktionen i Arktis ökat i isfria vatten (*mycket troligt*). Vårblomningar av fytoplankton förekommer nu tidigare på året som svar på havisens förändring och tillgången på näringsämnen, med positiva och negativa konsekvenser för marina ekosystem som varierar geografiskt (*troligt*). I Antarktis är sådana förändringar geografiskt olikartade och förknippas med snabba lokala miljöförändringar, inklusive reträtt av glaciärer och förändring av havsis (*troligt*). Förändringar i säsongrelaterade aktiviteter, produktion och spridning av vissa arktiska djurplankton samt en förskjutning söderut i spridningen av den antarktiska krillpopulationen i Sydatlanten är förknippade med miljöförändringar kopplade till klimatet (*troligt*). I polarregionerna har marina däggdjur och sjöfåglar knutna till ismiljöer drabbats av minskad tillgång av lämpliga livsmiljöer, beroende på förändringar av havsisen (*mycket troligt*), och effekter på födotillgången till följd av klimatpåverkan på spridningen av bytesdjur (*troligt*). Kaskadeffekter på grund av klimatrelaterad påverkan på djurplankton i polarhaven har påverkat näringskedjans struktur och funktion, biologisk mångfald och fiske (*mycket troligt*). {3.2.3, 3.2.4, faktaruta 3.4, 5.2.3, figur SPM.2}

A.5.3  Storskaliga strömsystem med uppvällning längs de östra sidorna av havsbassängerna ("Eastern Boundary Upwelling Systems", EBUS) är bland de mest produktiva marina ekosystemen. Ökande havsförsurning och minskning av syrehalten påverkar negativt två av de fyra stora uppvällningsströmsystemen: Kalifornienströmmen och Humboldtströmmen (*mycket troligt*). Havsförsurning och minskning av syrehalten i Kalifornienströmmen har förändrat ekosystemens struktur, med direkta negativa konsekvenser på produktionen av biomassa och artsammansättningen (*troligt*). {faktaruta 5.3, figur SPM.2}

A.5.4  Havets uppvärmning under 1900-talet och därefter har bidragit till en total minskning av den maximala fångstpotentialen (*troligt*), och förstärkt konsekvenserna av överfiske för vissa fiskbestånd (*mycket troligt*). I många regioner har minskningar av förekomst av fisk- och skaldjursbestånd till följd av direkta och indirekta effekter av den globala uppvärmningen och biogeokemiska förändringar redan bidragit till minskade fiskerifångster (*mycket troligt*). I vissa områden har förändrade förhållanden i havet bidragit till utvidgningen av lämpliga habitat och/eller öknings av förekomst av vissa arter (*mycket troligt*). Dessa förändringar har åtföljts av förändringar i artsammansättningen för fiskerifångster sedan 1970-talet i många ekosystem (*troligt*). {3.2.3, 5.4.1, figur SPM.2}

A.6 Kustnära ekosystem påverkas av uppvärmningen av havet, inklusive intensifiering av marina värmeböljor, försurning, minskning av syrgashalten, saltvatteninträngning och havsnivåhöjning, i kombination med negativa effekter från mänskliga aktiviteter på hav och land (*mycket troligt*). Konsekvenser har redan observerats gällande storlek på livsmiljöarealer och biologisk mångfald, samt ekosystemens sätt att fungera och ekosystemtjänster (*mycket troligt*). {4.3.2, 4.3.3, 5.3, 5.4.1, 6.4.2, figur SPM.2}

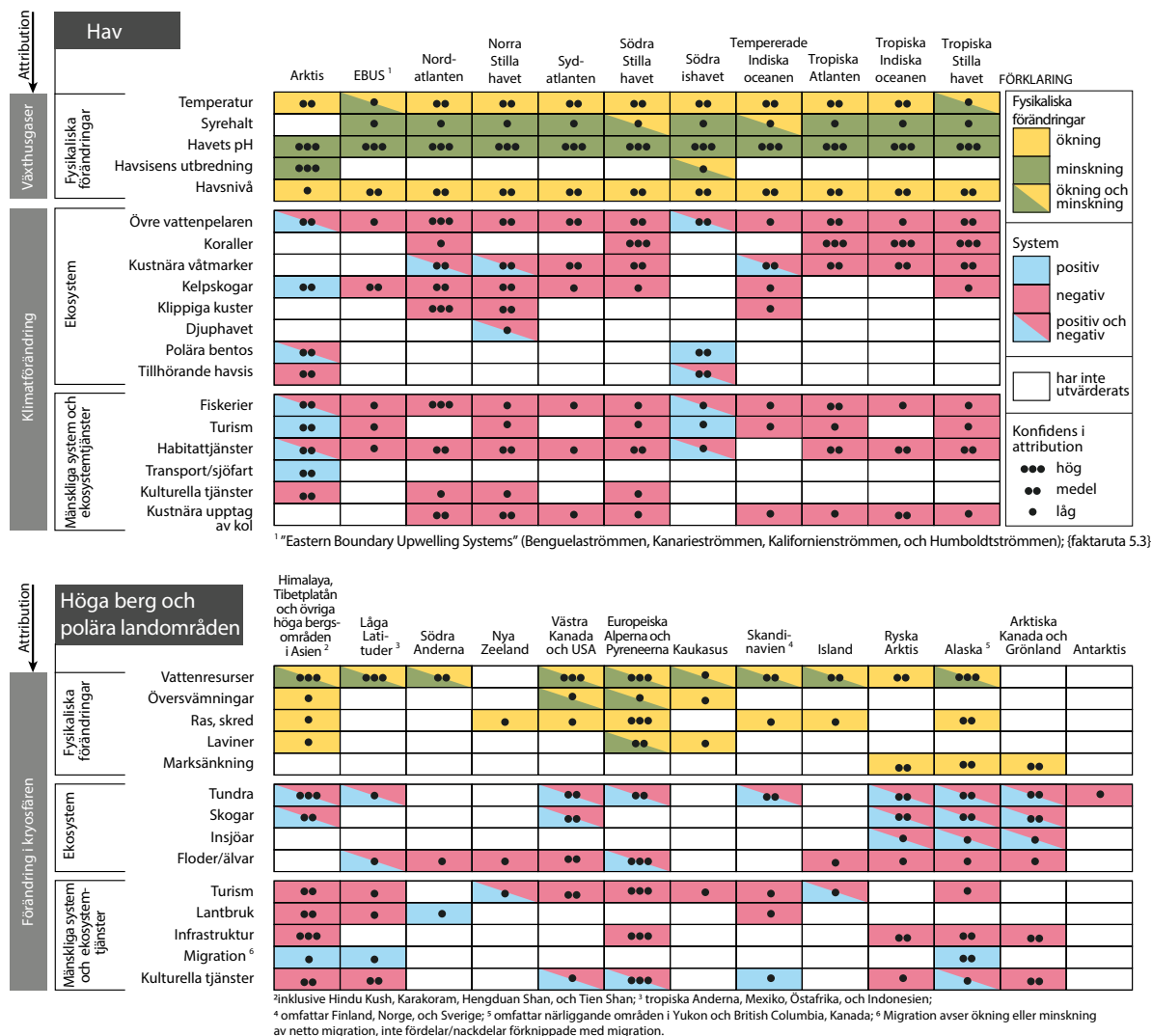
A.6.1  Vegetationsbevuxna kustekosystem skyddar kustlinjen från stormar och erosion och hjälper till att motverka konsekvenserna av havsnivåhöjningen. Nästan 50 procent av de kustnära våtmarkerna har försvunnit under de senaste 100 åren, till följd av de kombinerade effekterna av lokal mänsklig belastning, havsnivåhöjning, uppvärmning och extrema klimathändelser (*mycket troligt*). Vegetationsbevuxna kustekosystemen är viktiga som kolförråd; deras minskning orsakar för närvarande utsläpp av 0,04–1,46 miljarder ton kol per år (*troligt*). Som svar på uppvärmningen expanderar spridningsområden för sjögräsängar och kelpskogar på höga breddgrader och minskar på låga breddgrader sedan slutet av 1970-talet (*mycket troligt*), och i vissa områden sker episodiska förluster vid marina värmeböljor (*troligt*). Storskalig dödlighet av mangroveskogar som är relaterad till uppvärmningen sedan 1960-talet har delvis kompenseras av deras intrång i subtropiska salta våtmarker på grund av temperaturökning, vilket orsakar förlust av öppna områden med örtartade växter som är viktiga för mat och livsmiljö för beroende fauna (*mycket troligt*). {4.3.3, 5.3.2, 5.3.6, 5.4.1, 5.5.1, figur SPM.2}

A.6.2  Ökad saltvatteninträngning i flodmynningar på grund av havsnivåhöjning har drivit en uppströms omfördelning av marina arter (*troligt*) och orsakat en minskning av lämpliga livsmiljöer för artsamhällen i anslutning till flodmynningar (*troligt*). Ökade mängder näringsämnen och organiskt material i flodmynningar från intensiv mänsklig exploatering och älvbelastning har sedan 1970-talet förvärrat de förstärkande effekterna som uppvärmningen av havet har på bakteriell respiration, vilket har lett till expansion av områden med låg syrehalt (*mycket troligt*). {5.3.1}

A.6.3  Konsekvenserna av havsnivåhöjning på kustekosystemen inkluderar krympning av livsmiljöer, geografisk förskjutning av arter och förlust av biologisk mångfald och ekosystemfunktionalitet. Konsekvenserna förvärras av direkta mänskliga störningar, och där hinder som skapats av människan förhindrar förskjutning av kustnära våtmarker och mangroveskogar mot land (*mycket troligt*). Beroende på lokal geomorfologi och sedimenttillförsel kan våtmarker och mangroveskogar växa i höjd med hastigheter som är lika med eller större än den nuvarande havsnivåhöjningen (*mycket troligt*). {4.3.2, 4.3.3, 5.3.2, 5.3.7, 5.4.1}

A.6.4  Korallrev i varma vatten och steniga kuster som domineras av orörliga, kalkbildande (till exempel skal- och skelettproducerande) organismer som koraller, arter som havstulpaner och musslor, påverkas för närvarande av extremtemperaturer och havsförsurning (*mycket troligt*). Marina värmeböljor har redan resulterat i att storskaliga händelser av korallblekning har ökat i frekvens (*högst troligt*), vilket orsakat världsomspännande nedbrytning av rev sedan 1997, och återhämtningen är långsam (mer än 15 år) om den inträffar (*mycket troligt*). Långvariga perioder med hög temperatur och uttorkning av organismerna utgör en hög risk för ekosystem vid steniga kuster (*mycket troligt*). {SR.1.5; 5.3.4, 5.3.5, 6.4.2, figur SPM.2}

Observerade regionala konsekvenser av förändringar i havet och kryosfären



Figur SPM.2 | Syntes av observerade regionala faror och konsekvenser i havsområden²⁴ (övre panel), höga bergsområden och landområden vid polerna (nedre panel) som utvärderats i denna rapport. För varje region visas fysikaliska förändringar, påverkan på viktiga ekosystem, påverkan på mänskliga system och ekosystemfunktioner och -tjänster. För fysikaliska förändringar avser gul grön en ökning/minskning i mängd eller frekvens för den uppmätta variabeln. För påverkan på ekosystem, mänskliga system och ekosystemtjänster visar blå respektive röd huruvida en observerad påverkan är positiv (gynnsam) eller negativ (ogynnsam) för systemet eller tjänsten i fråga. Celler markerade med 'ökar' och 'minskar' indikerar att inom den regionen finns både ökning och minskning av fysikaliska förändringar, men inte att de nödvändigtvis är likvärdiga; detsamma gäller för celler som visar positiva och negativa konsekvenser som kunnat härledas till klimatförändring. För havsområden avser konfidensnivån förtroendet att tillskriva observerade förändringar till förändringar i växthusgasers påverkan för fysikaliska förändringar och till klimatförändring för ekosystem, mänskliga system och ekosystemtjänster. För höga bergsområden och landområden vid polerna visas konfidensnivån att tillskriva fysikaliska förändringar och konsekvenser åtminstone delvis till förändringar i kryosfären. Ingen utvärdering betyder: inte tillämpbar, inte utvärderad i regional skala, eller bevisen är otillräckliga för utvärdering. De fysikaliska förändringarna i havet definieras som: temperaturförändring i havets översta 0–700 m med undantag för Södra ishavet (0–2000 m) och Norra ishavet (det övre välblandade skiktet och större inflödande förgreningar); syre i skiktet 0–1200 m eller lagret med minsta syrehalt; havets pH som pH i ytan (sjunkande pH motsvarar ökande havsförsurning). Ekosystem i havet: koraller avser korallrev i varma vatten och kallvattenskoraller. Kategorin 'övre vattenpelaren' avser epipelagisk zon för alla havsområden utom polarområden, där konsekvenserna på vissa pelagiska organismer i öppet vatten djupare än de övre 200 metrarna inkluderades. Kustnära våtmarker innehåller salta våtmarker, mangrove och sjögräs. Kelpskogar är livsmiljöer för en specifik grupp makroalger. Steniga kuster är kustområde som domineras av stationära kalkbildande organismer som musslor och arter som havstulpaner. Djuphavet är ekosystem på havsbotten som är 3000–6000 m djupa. Tillhörande havsis inkluderar ekosystem i, på och under havsisen. Habitattjänster avser stödstrukturer och tjänster (till exempel livsmiljö, biologisk mångfald, primärproduktion). Kustnära upptag av kol avser upptag och lagring av kol i kustnära ekosystem såsom salta våtmarker, mangrove, sjögräsängar (så kallad "blue carbon"). Ekosystem på land: tundra avser tundra och alpina ängar och inkluderar landekosystem på Antarktis.

²⁴ Bihav bedöms inte individuellt som havsområden i denna rapport.

Figur SPM.2 (forts): Migration avser en ökning eller minskning av nettomigrationen, utan någon värdering om det är fördelaktigt eller negativt. Påverkan på turismen avser driftsvillkoren för turismsektorn. Kulturella tjänster inkluderar kulturell identitet, känsla av hemhörighet och andliga, inneboende och estetiska värden, samt bidrag från glaciärarkeologi. Den underliggande informationen ges för regioner på land i tabellerna SM2.6, SM2.7, SM2.8, SM3.8, SM3.9, och SM3.10, och för havsområden i tabellerna SM5.10, SM5.11, SM3.8, SM3.9, och SM3.10. {2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, figur 2.1, 3.2.1, 3.2.3, 3.2.4, 3.3.3, 3.4.1, 3.4.3, 3.5.2, faktaruta 3.4, 4.2.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.3, 5.4, 5.6, figur 5.24, faktaruta 5.3}

Observerade konsekvenser på människor och ekosystemtjänster

A.7 Sedan mitten av 1900-talet har den krympande kryosfären i Arktis och i höga bergsområden lett till övervägande negativa konsekvenser på livsmedelsförsörjning, vattenresurser, vattenkvalitet, försörjning, hälsa och välbefinnande, infrastruktur, transport, turism och rekreation, samt de mänskliga samhällenas kultur, särskilt för ursprungsbefolkningar (*mycket troligt*). Kostnader och fördelar har varit ojämnt fördelade över befolkningar och regioner. Att ta hänsyn till urfolkens kunskap och lokal kunskap har gynnat anpassningsåtgärder (*mycket troligt*). {1.1, 1.5, 1.6.2, 2.3, 2.4, 3.4, 3.5, figur SPM.2}

A.7.1   I många arktiska regioner har säkerheten för livsmedels- och dricksvattenförsörjning påverkats negativt av förändringar i snötäckets utbredning, samt förändrade förhållanden för permafrost samt is på sjöar och floder (*mycket troligt*). Dessa förändringar har stört åtkomst till, och tillgång på mat inom områden som jakt, fiske, renskötsel och samling, vilket har skadat försörjningsmöjligheter och kulturell identitet för invånare i Arktis, inklusive ursprungsbefolkningar (*mycket troligt*). Reträtt av glaciärer och förändringar av snötäcken har i vissa höga bergsområden, inklusive Hindukush i Himalaya och de tropiska Anderna bidragit till lokala minskningar av jordbrukets avkastning (*troligt*). {2.3.1, 2.3.7, faktaruta 2.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5.2, figur SPM.2}

A.7.2   I Arktis har förändringar i kryosfären haft negativa konsekvenser på människors hälsa, däribland ökad risk för livsmedels- och vattenburna sjukdomar, undernäring, skada och utmaningar rörande mental hälsa, särskilt bland ursprungsbefolkningar (*mycket troligt*). I vissa höga bergsområden har vattenkvaliteten påverkats av föroreningar, särskilt kvicksilver, som frigjorts från smältande glaciärer och tinande permafrost (*troligt*). Hälsorelaterade anpassningsåtgärder i Arktis sträcker sig från lokal till internationell nivå, och åtgärderna har gynnats av ursprungsbefolkningens kunskap (*mycket troligt*). {1.8, kapitelöverskridande faktaruta 4 i kapitel 1, 2.3.1, 3.4.3}

A.7.3   Invånare i Arktis, särskilt ursprungsbefolkningar, har ändrat tidpunkter för sina aktiviteter för att anpassa sig till förändringar i säsongsberoende och säkerhetsmässiga förhållanden för transporter på land, is och snö. Kommuner och näringsliv börjar ta itu med brister i infrastruktur relaterat till översvämningar och tinande permafrost och vissa kustsamhällen har planerat för omlokalisering (*mycket troligt*). Begränsad finansiering, kompetens, kapacitet och institutionellt stöd för meningsfullt engagemang i planeringsprocesser har medfört utmaningar för anpassningen (*mycket troligt*). {3.5.2, 3.5.4, kapitelöverskridande faktaruta 9}

A.7.4   Fartygstransporter i Arktis under sommartid (inklusive turism) har ökat de senaste två decennierna parallellt med minskande havsis (*mycket troligt*). Detta har konsekvenser för global handel och ekonomier kopplade till traditionella sjöfartskorridorer och utgör risker för arktiska marina ekosystem och kustsamhällen (*mycket troligt*), till exempel från invasiva arter och lokala föroreningar. {3.2.1, 3.2.4, 3.5.4, 5.4.2, figur SPM.2}

A.7.5   Under de senaste decennierna har exponering för naturkatastrofer för människor och infrastruktur ökat på grund av växande befolkning, turism och socioekonomisk utveckling (*mycket troligt*). Vissa naturkatastrofer har kopplats till förändringar i kryosfären, till exempel i Anderna, höga bergsområden i Asien, Kaukasus och de europeiska Alperna (*troligt*). {2.3.2, figur SPM.2}

A.7.6   Förändringar i snö och glaciärer har förändrat mängderna av och säsongerna för avrinning och vattenresurser i snödominerade och glaciärmatade avrinningsområden (*högst troligt*). Vattenkraftsanläggningar har upplevt förändringar i säsongsvariation och både ökning och minskningar av tillrinning från höga bergsområden, **13**

till exempel i Centraleuropa, Island, Västra USA / Kanada och tropiska Anderna (*troligt*). Det finns emellertid endast begränsade belägg för att konsekvenserna har påverkat drift och energiproduktion. {SPM B.1.4, 2.3.1}

- A.7.7     Estetiska och kulturella aspekter av höga bergsområden har påverkats negativt av minskningen av glaciärer och snötäcke (till exempel i Himalaya, östra Afrika, de tropiska Anderna) (*troligt*). Turism och rekreation, inklusive skid- och glaciärturism, vandring och bergsbestigning, har också påverkats negativt i många bergsområden (*troligt*). På vissa platser har snötilverkning minskat negativa konsekvenser på skidturismen (*troligt*). {2.3.5, 2.3.6, figur SPM.2}

- A.8 Förändringar i havet har påverkat marina ekosystem och ekosystemtjänster på olika sätt beroende på region, vilket medfört utmaningar för marin förvaltning (*mycket troligt*). Både positiva och negativa effekter har påverkat livsmedelsförsörjningen genom fiske (*troligt*), lokala kulturer och försörjning (*troligt*) samt turism och rekreation (*troligt*). Påverkan på ekosystemtjänster har negativa konsekvenser för hälsa och välbefinnande (*troligt*) och för ursprungsbefolkningar och lokala samhällen som är beroende av fiske (*mycket troligt*). {1.1, 1.5, 3.2.1, 5.4.1, 5.4.2, figur SPM.2}**

- A.8.1    Geografisk spridning och förekomst av vissa fisk- och skaldjursbestånd har förändrats på grund av uppvärmningen, vilket har gett både positiva och negativa konsekvenser på fångster, ekonomiska fördelar, försörjning och lokal kultur (*mycket troligt*). Det finns negativa konsekvenser för ursprungsbefolkningar och lokala samhällen som är beroende av fiske (*mycket troligt*). Förändringar i spridning- och förekomst av arter har visat sig vara en utmaning för internationell och nationell förvaltning av havet och fiskerinäringen, bland annat i Arktis, Nordatlanten och Stilla havet, i fråga om reglering av fiske för att säkerställa ekosystemens integritet och resursdelning mellan olika fiskeenheter (*mycket troligt*). {3.2.4, 3.5.3, 5.4.2, 5.5.2, figur SPM.2}

- A.8.2     Skadliga algbloomningar har ökat i utbredning och frekvens i kustområden sedan 1980-talet, detta har orsakats både av klimatförändring och av annan påverkan såsom ökad näringstillförsel via tillrinning (*mycket troligt*). De observerade trenderna i skadliga algbloomningar kan delvis kopplas till havets uppvärmning, marina värmeböljor, förlust av syre, övergödning och föroreningar (*mycket troligt*). Skadliga algbloomningar har haft negativa konsekvenser på livsmedelsförsörjning, turism, lokal ekonomi och mänsklig hälsa (*mycket troligt*). De samhällen som är mest sårbara för dessa biologiska faror finns i områden utan kontinuerliga övervakningsprogram och särskilda tidiga varningssystem för skadliga algbloomningar (*troligt*). {faktaruta 5.4, 5.4.2, 6.4.2}

- A.9 Kustsamhällen utsätts för flera klimatrelaterade faror, inklusive tropiska cykloner, extrema havsnivåhändelser och översvämningar, marina värmeböljor, förlust av havsis och upptinande permafrost (*mycket troligt*). En mångfald av åtgärder har implementerats världen över, mestadels efter att extrema händelser inträffat, men i vissa fall också i väntan på framtida havsnivåhöjning, till exempel när det gäller omfattande infrastruktur. {3.2.4, 3.4.3, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.4.2, 5.4.2, 6.2, 6.4.2, 6.8, faktaruta 6.1, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}**

- A.9.1     Att härleda de pågående konsekvenserna för människor vid kuster till havsnivåhöjning är fortsatt komplicerat på de flesta platser eftersom konsekvenserna förvärras av mänskliga icke-klimatrelaterade aktiviteter, såsom landsänkning (till exempel på grund av utvinning av grundvatten), förorening, försämring av livsmiljöer, brytning av korall och sandtäckter (*mycket troligt*). {4.3.2, 4.3.3}

- A.9.2    Kustskydd genom hårda åtgärder, som vallar, havsvallar och översvämningsbarriärer, är utbredd i många kuststäder och deltan. Ekosystembaserade och hybrida strategier som kombinerar ekosystem och byggd infrastruktur håller på att bli mer populära världen över. Kustavancemang, som innebär skapandet av nytt land genom att bygga ut mot havet (till exempel landåtervinning), har en lång historia i de flesta områden med

tätbefolkade kustområden och brist på land. Planerad reträtt, som innebär avlägsnande av mänsklig bosättning i kustområden förekommer också, men är i allmänhet begränsad till små samhällen eller sker för att skapa kustnära våtmarksområden. Effektiviteten av responser på havsnivåhöjningen bedöms i figur SPM.5. {3.5.3, 4.3.3, 4.4.2, 6.3.3, 6.9.1, kapitelöverskridande faktaruta 9}

B. Beräknade framtida förändringar och risker

Beräknade framtida fysikaliska förändringar²⁵

B.1 Förlust av glaciärmassa på global skala, upptining av permafrost, minskad utbredning av snötäcket och av havsis i Arktis beräknas fortsätta under de närmaste årtiondena (2031–2050) på grund av ökning av den ytnära lufttemperaturen (*mycket troligt*), vilket får oundvikliga konsekvenser för flodavrinning och lokala faror (*mycket troligt*). Landisarna på Grönland och Antarktis beräknas minska i ökande takt under hela 2000-talet och därefter (*mycket troligt*). Hastigheten och storleken på dessa förändringar av kryosfären beräknas öka ytterligare under andra hälften av 2000-talet i ett scenario med höga utsläpp av växthusgaser (*mycket troligt*). Kraftiga minskningar av växthusgasutsläpp under de kommande årtiondena beräknas minska ytterligare förändringar efter 2050 (*mycket troligt*). {2.2, 2.3, kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 2, 3.3, 3.4, figur SPM.1, SPM faktaruta SPM.1}

B.1.1  Beräknade minskningar av glaciärs massa mellan 2015 och 2100 (exklusive Grönlands och Antarktis landisar) sträcker sig mellan 18 ± 7 procent (*sannolikt* intervall) för RCP2,6 till 36 ± 11 procent (*sannolikt* intervall) för RCP8,5, motsvarande ett bidrag till havsnivåhöjningen på 94 ± 25 mm (*sannolikt* intervall) för RCP2,6 och 200 ± 44 mm (*sannolikt* intervall) för RCP8,5 (*troligt*). I regioner med mestadels mindre glaciärer (till exempel Centraleuropa, Kaukasus, Norra Asien, Skandinavien, tropiska Anderna, Mexiko, östra Afrika och Indonesien) beräknas mer än 80 procent av den nuvarande ismassan ha gått förlorad vid 2100 för RCP8,5 (*troligt*) och många glaciärer beräknas försvinna oavsett framtida utsläpp (*högst troligt*). {kapitelöverskridande faktaruta 6 i kapitel 2, figur SPM.1}

B.1.2  Den grönländska landisens beräknade bidrag till höjningen av den globala genomsnittliga havsnivån vid år 2100 uppgår till 0,07 m (0,04–0,12 m, *sannolikt* intervall) för RCP2,6 och 0,15 m (0,08–0,27 m, *sannolikt* intervall) för RCP8,5. År 2100 beräknas den antarktiska landisen bidra med 0,04 m (0,01–0,11 m, *sannolikt* intervall) för RCP2,6 och 0,12 m (0,03–0,28 m, *sannolikt* intervall) för RCP8,5. Den grönländska landisen bidrar för närvarande mer till havsnivåhöjningen än den antarktiska (*mycket troligt*), men bidraget från Antarktis kan bli störst av de två i slutet av 2000-talet på grund av snabb reträtt (*mindre troligt*). Bortom år 2100 har ökande skillnader mellan Grönlands och Antarktis relativa bidrag till höjningen av den globala genomsnittliga havsnivån för RCP8,5 viktiga konsekvenser för taktens på ökningen av den relativa havsnivåhöjningen på norra halvklotet. {3.3.1, 4.2.3, 4.2.5, 4.3.3, kapitelöverskridande faktaruta 8 i kapitel 3, figur SPM.1}

B.1.3  Snötäcket i Arktis under höst och vår beräknas under de närmaste årtiondena (2031–2050) minska med 5–10 procent jämfört med 1986–2005, därefter beräknas inga ytterligare förluster för RCP2,6, men ytterligare 15–25 procents förlust vid slutet av seklet för RCP8,5 (*mycket troligt*). I höga bergsområden beräknas genomsnittligt snödjup på låga höjder under vintern *sannolikt* minska med 10–40 procent fram till 2031–2050 (jämfört med 1986–2005) oavsett utsläppsscenario (*mycket troligt*). För 2081–2100 uppgår denna beräknade minskning sannolikt till 10–40 procent för RCP2,6 och 50–90 procent för RCP8,5. {2.2.2, 3.3.2, 3.4.2, figur SPM.1}

²⁵ Denna rapport använder främst RCP2,6 och RCP8,5 av följande skäl: dessa scenarier representerar till stor del det uppskattade intervallet för aspekter som behandlas i denna rapport; de representerar till stor del vad som behandlas i den utvärderade litteraturen baserat på CMIP5; och de möjliggör en konsekvent berättelse om beräknade förändringar. Resultat baserade på RCP4,5 och RCP6,0 är inte tillgängliga för alla aspekter som tas upp i rapporten. {faktaruta SPM.1}

B.1.4  För innevarande århundrade och tiden därefter beräknas en utbredd upptining av permafrost (*högst troligt*). Fram till år 2100 beräknas arealen av det ytnära (inom 3–4 m) permafrostområdet minska med 24 ± 16 procent (*sannolikt* intervall) för RCP2,6 och 69 ± 20 procent (*sannolikt* intervall) för RCP8,5. Fram till 2100 beräknas RCP8,5-scenariot leda till kumulativa utsläpp av totalt till hundratals miljarder ton kol från permafrost i form av koldioxid²⁶ och metan till atmosfären med potential att öka klimatförändringen (*troligt*). Lägre utsläppsscenarioer visar mindre kolutsläpp från permafrostregionen (*mycket troligt*). Metan utgör en liten del av de totala ytterligare kolutsläppen men dess bidrag är ändå betydande på grund av att metan har högre uppvärmningspotential. Ökad vegetationstillväxt beräknas delvis öka mängden markbundet kol men inte i samma utsträckning som kolutsläppen på lång sikt (*troligt*). {2.2.4, 3.4.2, 3.4.3, figur SPM.1, kapitelöverskridande faktaruta 5 i kapitel 1}

B.1.5  I många höga bergsområden beräknas reträtt av glaciärer och tinande permafrost ytterligare minska stabiliteten i sluttningarna, och både total areal och antal glaciärsjöar beräknas att fortsätta öka (*mycket troligt*). Översvämningar på grund av störtfloder vid glaciärsjöar eller regn ovanpå snö, jordskred och laviner beräknas ske även på nya platser eller olika årstider (*mycket troligt*). {2.3.2}

B.1.6  Avrinning i snödominerade eller glaciärmatade höglänta avrinningsområden beräknas förändras oavsett utsläppsscenario (*högst troligt*), med öknings i medelavrinning under vintern (*mycket troligt*) och tidigare vårflostoppar (*högst troligt*). I alla utsläppsscenarioer beräknas avrinningen från glaciärer under sommaren och även för helåret nå sin topp före eller mot slutet av 2000-talet (*mycket troligt*), till exempel runt mitten av århundradet för höga bergsområden i Asien, följt av en minskning av glaciärravrinning. I regioner med litet glaciärtäcke (till exempel tropiska Anderna, europeiska Alperna) har de flesta glaciärer nu redan passerat denna topp (*mycket troligt*). Beräknade nedgångar i glaciärravrinningen vid 2100 (RCP8,5) kan innebära minskad avrinning från avrinningsområden med 10 procent eller mer under minst en månad av smältperioden i flera stora avrinningsområden, särskilt i höga bergsområden i Asien under torrperioden (*mindre troligt*). {2.3.1}

B.1.7  Förlust av havsis i Arktis beräknas fortsätta förbi mitten av århundradet, och under seklets andra hälft beroende på storleken av den globala uppvärmningen: för en stabiliserad global uppvärmning på $1,5^{\circ}\text{C}$ är den årliga sannolikheten för september utan havsis cirka 1 procent i slutet av århundradet, vilket stiger till 10–35 procent för stabiliserad global uppvärmning på 2°C (*mycket troligt*). Beräkningar för havsis runt Antarktis har *låg konfidensnivå*. {3.2.2, figur SPM.1}

B.2 Under 2000-talet beräknas havet övergå till förhållanden utan historiskt motstycke med högre temperaturer (*praktiskt taget säkert*), större skiktning av övre lagret (*mycket sannolikt*), ytterligare förurning (*praktiskt taget säkert*), minskande syrehalt (*troligt*) och förändrad primärproduktion (*mindre troligt*). Marina värmeböljor (*högst troligt*) och extrema El Niño- och La Niña-händelser (*troligt*) beräknas bli vanligare. Den storskaliga medelcirkulationen i Atlanten (AMOC) beräknas bli svagare (*mycket sannolikt*). Hastigheterna och storleken på dessa förändringar blir mindre under scenarier med låga utsläpp av växthusgaser (*mycket sannolikt*). {3.2, 5.2, 6.4, 6.5, 6.7, faktaruta 5.1, figur SPM.1, figur SPM.3}

B.2.1  Havet kommer fortsätta att bli varmare under hela 2000-talet (*praktiskt taget säkert*). År 2100 beräknas de översta 2000 metrarna ta upp 5–7 gånger mer värme för RCP8,5 (eller 2–4 gånger mer för RCP2,6) än det observerade totala värmeupptaget i havet sedan 1970 (*mycket sannolikt*). Den årliga genomsnittliga densitetsskiktningen¹⁹ för de översta 200 metrarna, i genomsnitt mellan 60°S och 60°N , beräknas öka med 12–30 procent vid perioden 2081–2100 relativt 1986–2005 för RCP8,5 och 1–9 procent för RCP2,6 (*mycket sannolikt*), vilket hämmar vertikala utbyten av näringsämnen, kol och syre. {5.2.2, figur SPM.1}

²⁶ Detta kan jämföras med att de totala årliga antropogena koldioxidutsläppen var $10,8 \pm 0,8$ miljarder ton kol per år- ($39,6 \pm 2,9$ miljarder ton koldioxid per år) i genomsnitt under perioden 2008–2017. Totala årliga antropogena metanutsläpp var $0,35 \pm 0,01$ miljarder ton metan per år, i genomsnitt under perioden 2003–2012. {5.5.1}

- B.2.2**  Vid jämförelse av perioden 2081-2100 med 2006-2015, för scenario RCP8,5 beräknas havets syreinhåll (*troligt*), nitratinnehåll i övre lagret (*troligt*), netto primärproduktion (*mindre troligt*) och transport av kol till djuphavet (*troligt*) globalt minska med mycket sannolika intervall av 3–4 procent, 9–14 procent, 4–11 procent, respektive 9–16 procent. För RCP2,6 är de beräknade globala förändringarna mindre jämfört med RCP8,5 för syreförlust (*mycket sannolikt*), tillgång till näringsämnen (*ungefär lika sannolikt som osannolikt*) och netto primärproduktion (*mycket troligt*). {5.2.2, faktaruta 5.1, figur SPM.1, figur SPM.3}
- B.2.3**  Fortsatt koluttag i havet fram till 2100 kommer *praktiskt taget säkert* att öka havets försurning. pH-värden i havsytan på öppet hav beräknas minska med cirka 0,3 pH-enheter fram till 2081–2100, relativt till 2006-2015, för RCP8,5 (*praktiskt taget säkert*). För RCP8,5 finns det förhöjda risker för aragonit-skalbildande nyckelarter på grund av att ett tröskelvärde för stabiliteten för aragonit överskrider året runt i polarhaven samt angränsande havsområden till år 2081–2100 (*mycket sannolikt*). För RCP2,6 kommer dessa förhållanden att undvikas detta århundrade (*mycket sannolikt*), men vissa strömsystem med uppvällning längs de östra sidorna av havsbassängerna beräknas förbli sårbara (*mycket troligt*). {3.2.3, 5.2.2, faktaruta 5.1, faktaruta 5.3, figur SPM.1}
- B.2.4**  Klimatförhållanden som saknar motstycke sedan den förindustriella perioden håller på att utvecklas i havet, vilket ökar riskerna för ekosystem i det öppna havet. Förloppet med försurning vid ytan och uppvärmning började redan under den historiska perioden (*mycket sannolikt*). Syreförlust mellan 100 och 600 meters djup beräknas uppstå i över 59–80 procent av havets areal vid 2031–2050 för RCP8,5 (*mycket sannolikt*). Ytuppvärmning och -försurning, syregasförlust, förändrat nitratinnehåll och förändring av netto primärproduktion är fem primära drivkrafter för marin ekosystemförändring. Var och en av dem beräknas tydligt avvika från de värden som ligger inom den naturliga variabilitet som uppmäts under den historiska perioden. Förändringen beräknas bli synlig/påtaglig för över 60 procent av havsområdet för RCP8,5 och för över 30 procent av havsområdet för RCP2,6 innan 2100 (*mycket sannolikt*). {bilaga I: ordlista, faktaruta 5.1, faktaruta 5.1 figur 1}
- B.2.5**  Marina värmeböljor beräknas öka ytterligare i frekvens, varaktighet, geografisk utbredning och intensitet (relaterat till maximal temperatur) (*högst troligt*). Klimatmodellberäkningar anger att frekvensen för marina värmeböljor ökar med cirka 50 gånger för RCP8,5 till perioden 2081–2100, relativt 1850–1900, och 20 gånger för RCP2,6 (*troligt*). De största ökningarna i frekvens beräknas för Arktis och tropiska hav (*troligt*). Marina värmeböljors intensitet beräknas öka ungefär tiofaldigt för RCP8,5 år 2081–2100, relativt 1850–1900 (*troligt*). {6.4, figur SPM.1}
- B.2.6**  Extrema El Niño- och La Niña-händelser kommer *sannolikt* att öka i frekvens under 2000-talet och medför *sannolikt* en intensifiering av befintliga faror, med torrare eller våtare händelser i flera regioner världen över. Extrema El Niño-händelser beräknas inträffa ungefär dubbelt så ofta för både RCP2,6 och RCP8,5 under 2000-talet jämfört med 1900-talet (*troligt*). Beräkningar indikerar att extrema händelser förknippade med klimatfenomenet "Indian Ocean Dipole" (ett återkommande havs- och väderfenomen i Indiska oceanen) också ökar i frekvens (*mindre troligt*). {6.5, figur 6.5, figur 6.6}
- B.2.7**  AMOC beräknas försvagas under 2000-talet för samtliga RCP-scenarier (*mycket sannolikt*), även om en kollaps är *mycket osannolik* (*troligt*). Baserat på CMIP5-beräkningar är en kollaps av AMOC *ungefär lika sannolik som osannolik* fram till 2300 för scenarier med höga utsläpp och *mycket osannolik* för lägre utsläpp (*troligt*). En betydande försvagning av AMOC beräknas orsaka en minskning av den marina produktiviteten i Nordatlanten (*troligt*), öka antalet stormar i Nordeuropa (*troligt*), minska sommarregnen i Sahel-området (*mycket troligt*), minska sommarregnen i södra Asien (*troligt*), minska antalet tropiska cykloner i Atlanten (*troligt*) och höja den regionala havsnivån längs Nordamerikas nordöstra kust (*troligt*). Sådana förändringar skulle vara utöver den mer direkta påverkan från global uppvärmning. {6.7, figur 6.8–6.10}

Översättarens not: En marin värmebölja är definierad som en händelse när ytemperaturen i havet överstiger den lokala 99:e percentilen, bestämd från dagliga data från modeller under den förindustriella perioden eller från satellitbaserade observationer och modeller under perioden 1982–2016. Intensiteten av värmeböljan bestäms av hur mycket den överskrider den 99:e percentilen i grader. Den maximala intensiteten är det högsta överskridandet mätt i grader.

B.3 Havsnivån fortsätter att stiga i ökande takt. Extrema högvattenhändelser som historiskt är sällsynta (händelser som har 100 års återkomsttid) beräknas förekomma ofta (minst en gång per år) på många platser fram till 2050 i alla RCP-scenarier, särskilt i tropiska regioner (*mycket troligt*). Den ökande förekomsten av högvattenhändelser kan få allvarliga konsekvenser på många platser beroende på exponering (*mycket troligt*). Havsnivåhöjningen beräknas fortsätta bortom 2100 i alla RCP-scenarier. För ett scenario med höga utsläpp (RCP8,5) beräknas den globala havsnivån år 2100 stiga mer än i AR5 på grund av ett större bidrag från det Antarktiska istäcket (*troligt*). Under kommande århundraden beräknas höjningen av havsnivån för RCP8,5 överstiga hastigheter på flera centimeter per år, vilket leder till en höjning av flera meter (*troligt*), medan höjningen för RCP2,6 beräknas begränsas till cirka 1 meter år 2300 (*mindre troligt*). Extrema havsnivåer och faror längs kusterna kommer att förvärras av beräknad framtida intensifiering av tropiska cykloner och nederbörd (*mycket troligt*). Beräknade förändringar av vågor och tidvatten varierar lokalt med avseende på om de förstärker eller förminskar dessa faror (*troligt*). {kapitelöverskridande faktaruta 5 i kapitel 1, kapitelöverskridande faktaruta 8 i kapitel 3, 4.1, 4.2, 5.2.2, 6.3.1, figur SPM.1, figur SPM.4, figur SPM.5}

B.3.1  Höjningen av den globala genomsnittliga havsnivån ("Global Mean Sea Level", GMSL) för RCP2,6 beräknas bli 0,39 m (0,26–0,53 m, *sannolikt* intervall) för perioden 2081–2100 och 0,43 m (0,29–0,59 m, *sannolikt* intervall) år 2100, relativt 1986–2005. För RCP8,5 är motsvarande höjning av GMSL 0,71 m (0,51–0,92 m, *sannolikt* intervall) för 2081–2100 och 0,84 m (0,61–1,10 m, *sannolikt* intervall) år 2100. Resultaten för år 2100 och RCP8,5 är 0,1 m högre jämfört med AR5, och det *sannolika* intervallet sträcker sig över 1 m på grund av en större beräknad isförlust från det antarktiska istäcket (*troligt*). Osäkerheten i slutet av århundradet beror huvudsakligen på responsen hos inlandsisarna, särskilt på Antarktis. {4.2.3, figur SPM.1, figur SPM.5}

B.3.2  Beräkningar för havsnivåhöjning visar regionala skillnader jämfört med den globala genomsnittliga havsnivåns höjning. Processer som inte beror på klimatförändringar, såsom lokal landsänkning orsakad av naturliga processer och mänskliga aktiviteter, är viktiga för relativa havsnivåförändringar vid kusten (*mycket troligt*). Även om havsnivåhöjningen på grund av klimatförändring beräknas öka med tiden i förhållande till lokala processer, behöver även dessa beaktas vid beräkningar och uppskattningar av konsekvenser av höjningen (*mycket troligt*). {SPM A.3.4, 4.2.1, 4.2.2, figur SPM.5}

B.3.3  Hastigheten på den globala genomsnittliga havsnivåhöjningen beräknas uppgå till 15 mm per år (10–20 mm per år, *sannolikt* intervall) för RCP8,5 år 2100 och överskrida flera centimeter per år under 2100-talet. För RCP2,6 beräknas hastigheten uppgå till 4 mm per år (2–6 mm per år, *sannolikt* intervall) år 2100. Modellstudier indikerar en höjning av havsnivån på flera meter till år 2300 (2,3–5,4 m för RCP8,5 och 0,6–1,07 m för RCP2,6) (*mindre troligt*), vilket understryker vikten av utsläppsminskningar för att begränsa havsnivåhöjningen. Processer som kontrollerar tidsförloppen för framtida massförluster och utbredning av instabiliteter i Antarktis landis skulle kunna öka bidraget från Antarktis till havsnivåhöjningen till väsentligt högre än det *sannolika* intervallet över tidsskalor på ett århundrade och längre (*mindre troligt*). Med tanke på de konsekvenser som en kollaps av delar av den antarktiska landisen skulle få för havsnivåhöjning är det viktigt att denna risk med hög påverkan uppmärksammas. {kapitelöverskridande faktaruta 5 i kapitel 1, kapitelöverskridande faktaruta 8 i kapitel 3, 4.1, 4.2.3}

B.3.4  Den globala genomsnittliga havsnivåhöjningen kommer att öka frekvensen för extrema högvattenhändelser på de flesta platser. Lokala havsnivåer som historiskt inträffade en gång per hundra år (historiska hundraårshändelser) beräknas inträffa minst årligen på de flesta platser fram till år 2100 för alla RCP-scenarier (*mycket troligt*). Många lågt liggande megastäder och små öar (inklusive Små önationer under utveckling, SIDS) beräknas bli utsatta för historiska hundraårshändelser minst årligen till år 2050 för RCP2,6, RCP4,5 och RCP8,5. Året då den historiska hundraårshändelsen blir en årlig händelse vid mellanlatituder inträffar tidigast för RCP8,5, därefter för RCP4,5 och sist för RCP2,6. Den ökande förekomsten av höga vattennivåer kommer att kunna få allvarliga konsekvenser på många platser beroende på nivån av exponering (*mycket troligt*). {4.2.3, 6.3, figur SPM.4, figur SPM.5}

- B.3.5**  Signifikanta våghöjder (medelhöjden från dalen till toppen av den högsta tredjedelen av vågorna) beräknas öka i Södra ishavet, den östra delen av tropiska Stilla havet (*mycket troligt*) och Östersjön (*troligt*) och minska i Nordatlanten och Medelhavet för RCP8,5 (*mycket troligt*). Vid kusterna beräknas amplituder och mönster hos tidvatten förändras på grund av havsnivåhöjning och åtgärder för kustanpassning (*mycket sannolikt*). Beräknade förändringar av våghöjder som beror på förändringar i vädermönster och förändringar av tidvatten på grund av havsnivåhöjning kan lokalt förstärka eller lindra farorna längs kusten (*troligt*). {6.3.1, 5.2.2}
- B.3.6**  Medelintensiteten för tropiska cykloner, andelen tropiska cykloner av kategori 4 och 5 med tillhörande genomsnittliga nederbördsnivåer beräknas öka för en global temperaturökning med 2°C jämfört med alla referensperioder (*troligt*). Stigande genomsnittliga havsnivåer kommer att bidra till högre extrema högvattenhändelser förknippade med tropiska cykloner (*högst troligt*). Faror vid kusterna kommer att förvärras av en ökning av den genomsnittliga intensiteten, storleken på stormfloder och nederbörds mängden kopplade till tropiska cykloner. Större ökningar beräknas för RCP8,5 än för RCP2,6 från mitten av seklet till 2100 (*troligt*). Det är *långt ifrån säkert* för förändringar av framtida frekvens av tropiska cykloner på global skala. {6.3.1}

Beräknade risker för ekosystem

B.4 Framtida förändringar i kryosfären på land kommer att fortsätta påverka land- och sötvattens ekosystem i höga bergsområden och polarområden, med stora förändringar i artsammansättningar, vilket resulterar i störningar i ekosystemens struktur och funktionsätt, samt eventuellt förluster av globalt unik biologisk mångfald (*troligt*). Bränder beräknas öka avsevärt under resten av detta århundrade i de flesta tundra- och boreala regioner, och även i vissa bergsområden (*troligt*). {2.3.3, faktaruta 3.4, 3.4.3}

B.4.1  I höga bergsområden kommer ytterligare förflyttningar uppåt för arter på lägre höjd, minskning av utbredningsområde och ökad dödlighet att leda till minskningar i populationer för många alpina arter, särskilt glaciär- eller snöberoende arter (*mycket troligt*), med lokal och eventuell global förlust av arter (*troligt*). Uthålligheten hos alpina arter och upprätthållandet av ekosystemtjänster är beroende av lämpliga åtgärder för bevarande och anpassning (*mycket troligt*). {2.3.3}

B.4.2  För Arktis landområden beräknas en förlust av den globalt unika biologiska mångfalden på grund av begränsat antal tillflyktsorter för vissa högarktiska arter, vilket gör att de kommer att konkurreras ut av mer tempererade arter (*troligt*). Träartade buskar och träd beräknas expandera till att täcka 24–52 procent av arktisk tundra till år 2050 (*troligt*). Den boreala skogen beräknas breda ut sig vid sin norra gräns, medan en minskning sker vid dess södra gräns, där skogen ersätts av skogspartier/buskar med lägre biomassa (*troligt*). {3.4.3, faktaruta 3.4}

B.4.3  Upptining av permafrost och minskning av snö kommer att påverka hydrologin i Arktis och bergsområden, med konsekvenser för bränder och djurliv (*troligt*). Cirka 20 procent av permafrosten i Arktis landområden är sårbar för abrupt upptining och marksättningar, vilket beräknas öka arealen för mindre sjöar med över 50 procent till 2100 för RCP8,5 (*troligt*). Trots att den övergripande regionala vattencykeln beräknas bli intensivare, inklusive ökad nederbörd, evapotranspiration och flodavrinning till Norra ishavet, kan minskningar av snö och permafrost leda till uttorkning av marken med störningar i ekosystem och deras produktivitet som följd (*troligt*). En ökning av bränder beräknas under resten av detta århundrade för de flesta tundraområden, boreala områden, och i vissa bergsområden, medan växelspel mellan klimat och förändrad vegetation kommer att påverka framtida intensitet och frekvens av bränder (*troligt*). {2.3.3, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, SPM B.1}

B.5 En minskning av den globala biomassan i marina djursamhällen, deras produktion och fångstpotential för fiske, samt en förskjutning av artsammansättningen beräknas under 2000-talet i havens ekosystem från ytan till havsbotten under alla utsläppsscenarioer (*troligt*). Nedgångens hastighet och storlek beräknas vara högst i tropikerna (*mycket troligt*), medan konsekvenserna blir mer varierande i polarområdena (*troligt*) och ökar för scenarioer med höga utsläpp. Havsförurning (*troligt*), förlust av syre (*troligt*) och minskad utbredning av havsis (*troligt*) såväl som mänsklig aktivitet utan påverkan på klimatet (*troligt*) kan förvärra dessa konsekvenser för ekosystem som orsakas av uppvärmningen. {3.2.3, 3.3.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.4.1, figur SPM.3}

B.5.1  Beräknad uppvärmning av havet och förändringar i nettoprimärproduktion kommer att påverka biomassa, produktion och sammansättning av marina ekosystem. Den globala biomassan av marina djur i näringsväven beräknas minska med $15,0 \pm 5,9$ procent (*mycket sannolikt* intervall) och den maximala fångstpotentialen för fiske med 20,5–24,1 procent till slutet av 2000-talet relativt 1986–2005 för RCP8,5 (*troligt*). Dessa förändringar beräknas mycket sannolikt bli tre till fyra gånger större för RCP8,5 än RCP2,6. {3.2.3, 3.3.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.4.1, figur SPM.3}

B.5.2  När skiktningen i havet förstärks beräknas minskad näringsförsörjning orsaka en minskning av netto primärproduktion i tropiska hav med 7–16 procent (*mycket sannolikt* intervall) för RCP8,5 fram till 2081–2100 (*troligt*). I tropiska regioner beräknas biomassan av marina djur och produktion minska mer än det globala genomsnittet, för alla utsläppsscenarioer under 2000-talet (*mycket troligt*). Uppvärmning och förändringar av havsis beräknas öka den marina netto primärproduktionen i Arktis (*troligt*) och runt Antarktis (*mindre troligt*), detta påverkas också av förändrad näringsförsörjning på grund av förändringar av uppvällning och skiktning. Globalt beräknas det sjunkande flödet av organiskt material från övre delen av havet minska, främst kopplat till förändringar av netto primärproduktion (*mycket troligt*). På grund av detta beräknas 95 procent eller mer av områden på havsbotten i djuphaven (3000–6000 m djup) och korallekosystem i kalla vatten uppleva minskningar av bentisk biomassa för RCP8,5 (*troligt*). {3.2.3, 5.2.2, 5.2.4, figur SPM.1}

B.5.3  Beroende på påverkan från uppvärmning, havsförurning, minskad säsongvis utbredning av havsis samt fortsatt förlust av flerårig havsis beräknas marina ekosystem i polarområden påverkas genom direkta och indirekta effekter på dess livsmiljöer, populationer och deras livskraft (*troligt*). Den geografiska spridningen av arktiska marina arter, inklusive marina däggdjur, fåglar och fiskar, beräknas minska, medan spridningen av vissa sub-arktiska fiskar beräknas expandera, vilket ytterligare ökar trycket på högarktiska arter (*troligt*). I Södra ishavet beräknas livsmiljön för Antarktisk krill, som är en viktig bytesart för pingviner, sälar och valar, att krympa söderut under för RCP2,6 och RCP8,5 (*troligt*). {3.2.2, 3.2.3, 5.2.3}

B.5.4  Habitatsbildande kallvattenskoraller beräknas skadas på grund av uppvärmning av havet, syreförlust, förurning och ett minskat flöde av organiskt kol från ytan till djuphavet, dessa koraller möjliggör en hög biologisk mångfald, genom bland annat minskad kalkbildning, ökad upplösning av skelett och bioerosion (*troligt*). Sårbarheten och riskerna är högst där och när temperatur- och syreförhållandena båda når värden som ligger utanför arternas toleransintervall (*troligt*). {faktaruta 5.2, figur SPM.3}

Beräknade förändringar, konsekvenser och risker för havsekosystem på grund av klimatförändring

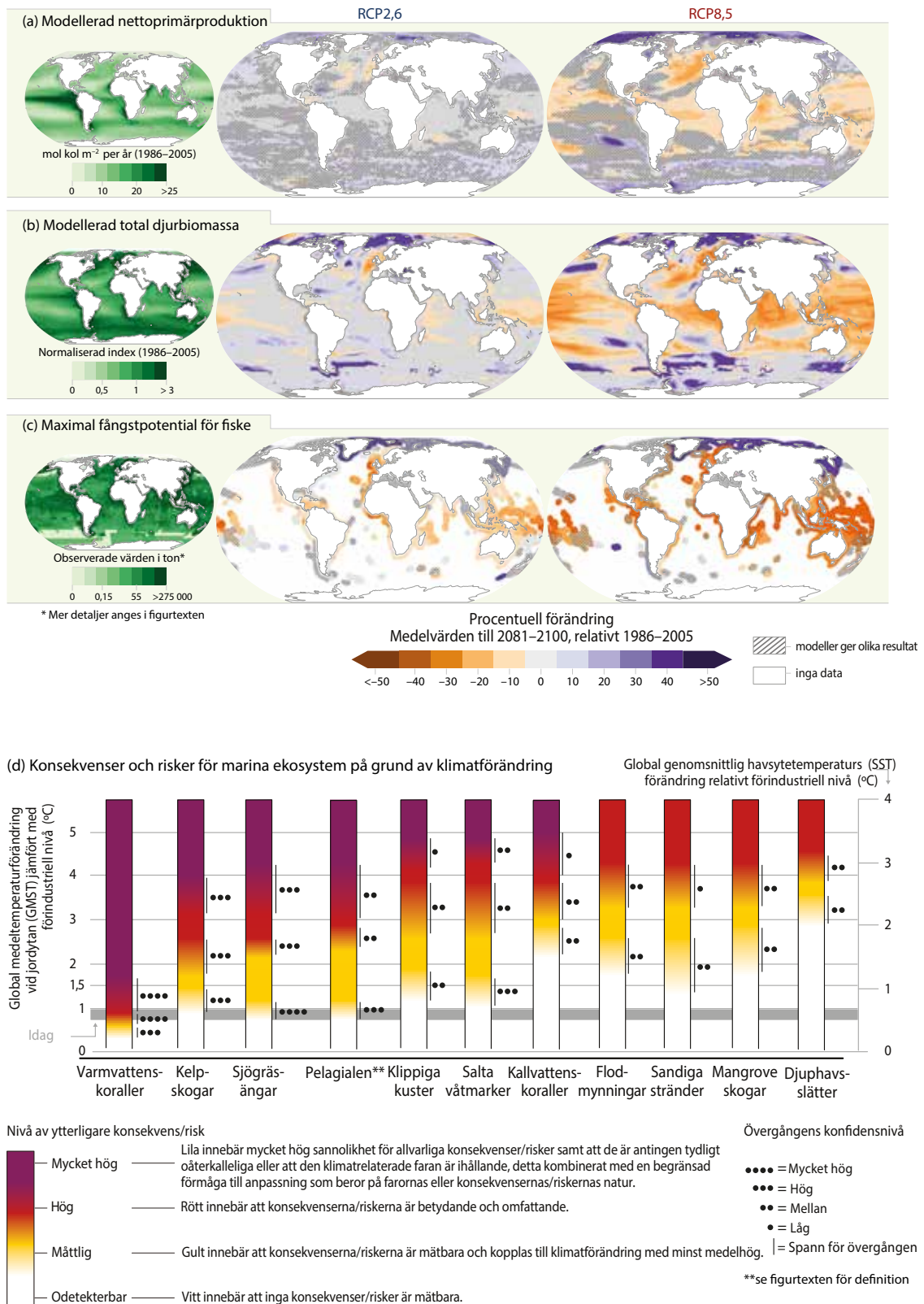


Figure SPM.3 | Beräknade förändringar, konsekvenser och risker för havsregioner och ekosystem

Figure SPM.3 (fortsättning): **(a)** djupintegrerad nettoprimärproduktion ("Net Primary Production", NPP från CMIP5²⁷), **(b)** total biomassa från djur (integrerat över djup, inklusive fiskar och ryggradslösa djur från FISHMIP²⁸), **(c)** maximal fångstpotential för fiske och **(d)** konsekvenser och risker för ekosystem vid kusten och öppet hav. De tre vänstra panelerna representerar beräknade (a, b) och observerade (c) medelvärden för perioden 1986–2005, de mellersta och högra panelerna visar beräknade förändringar (procent) fram till 2081–2100 relativt 1986–2005 under ett lågt (RCP2,6) respektive högt (RCP8,5) scenario för utsläpp av växthusgaser (faktaruta SPM.1). Total djurbiomassa för 1986–2005 (b, vänsterpanel) representerar den beräknade totala djurbiomassan relativt det globala genomsnittet. (c) *Genomsnittligt observerad fiskefångst 1986–2005 (baserat på data från "Sea Around Us" globala fiskeridatabas); beräknade förändringar i maximal fångstpotential för fiske i kontinentalsockelhav är baserade på genomsnittliga resultat från två fiskeri- och marina ekosystemmodeller. För att indikera områden för vilka modeller ger olika resultat används skuggning där modellerna är oense om riktningen på förändring i mer än: (a) och (b) 3 av 10 modellberäkningar, och (c) 1 av 2 modellberäkningar. Även om det inte visas genom skuggning har den beräknade förändringen i Arktis och Antarktis av (b) total djurbiomassa och (c) fångstpotential för fiske lågt förtroende på grund av osäkerheter i modellering av flera samverkande drivkrafter och ekosystemrespons. Beräkningar som presenteras i (b) och (c) drivs av förändringar i fysikaliska och biogeokemiska havsförhållanden, till exempel temperatur, syrehalt och netto primärproduktion beräknad från jordsystemmodeller i CMIP5. **Pelagialen hänvisar till den översta delen av havet med djup <200 m från ytan där det finns tillräckligt med solljus för fotosyntes. (d) Utvärdering av riskerna för kust- och öppna havsekosystem baserat på observerade och beräknade klimatrelaterade konsekvenser på ekosystemets struktur, funktion och biologisk mångfald. Konsekvenser och risker visas i förhållande till förändringar i global medeltemperatur vid jordytan ("Global Mean Surface Temperature", GMST) i förhållande till förindustriell nivå. Eftersom utvärderingar av risker och konsekvenser är baserade på globalt medelvärde av havsytetemperatur ("Sea Surface Temperature", SST) visas motsvarande SST-nivåer²⁹. Utvärderingen av övergångar mellan risknivåer beskrivs i kapitel 5 avsnitt 5.2, 5.3, 5.2.5 och 5.3.7 och kompletterande material SM5.3, tabell SM5.6, tabell SM5.8 och andra delar av den underliggande rapporten. Figuren visar utvärderade risker vid ungefärliga uppvärmningsnivåer och ökande klimatrelaterade faror i havet: uppvärmning, försurning, förlust av syre, ökad densitetsskiktning, förändringar i kolföden, havsnivåhöjning och ökad frekvens och/eller intensitet av extrema händelser. I utvärderingen beaktas ekosystemens naturliga anpassningsförmåga, deras exponering och sårbarhet. Nivåer av konsekvenser och risker beaktar inte strategier för riskminskning som mänskliga ingripanden eller framtida förändringar av icke-klimatrelaterade konsekvenser. Riskerna för ekosystem utvärderades utifrån biologiska, biogeokemiska, geomorfologiska och fysikaliska aspekter. Högre risker förknippade med sammansatta effekter av klimatfaror inkluderar förlust av livsmiljöer och biologisk mångfald, förändringar av artsammansättning och arters utbredningsområden, konsekvenser/risker på ekosystemets struktur och sätt att fungera, inklusive förändringar av; biomassa, förekomst av djur/växter, produktivitet, kolföden och sedimenttransport. Som en del av utvärderingen sammanställdes litteratur och data extraherades till en sammanfattande tabell. En expertbedömning i flera omgångar genomfördes med oberoende utvärdering av bedömningen av tröskelvärden och en slutlig konsensusdiskussion. Mer information om metoder och underliggande litteratur finns i kapitel 5, avsnitt 5.2 och 5.3 och kompletterande material. {3.2.3, 3.2.4, 5.2, 5.3, 5.2.5, 5.3.7, SM5.6, SM5.8, figur 5.16, kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1 tabell CCB1}

B.6 Riskerna för allvarliga konsekvenser för biologisk mångfald samt struktur och funktion hos kustekosystem beräknas bli högre vid temperaturhöjningar i scenarier som har höga utsläpp jämfört med scenarier som har låga utsläpp under 2000-talet och därefter. För ekosystem beräknas förändringarna innebära förluster av livsmiljöer och minskad mångfald samt försämring av ekosystemfunktioner. Anpassningsförmågan hos organismer och ekosystem är bättre vid lägre utsläppsscenarier (*mycket troligt*). Kombinationen av en global uppvärmning som överstiger 2°C över den förindustriella nivån och andra klimatrelaterade faror beräknas medföra stora risker för känsliga ekosystem som sjögräsängar och kelpskogar (*mycket troligt*). Varmvattenskoraller är redan utsatta för hög risk som beräknas övergå till mycket hög risk även om den globala uppvärmningen begränsades till 1,5°C (*mycket troligt*). {4.3.3, 5.3, 5.5, figur SPM.3}

B.6.1  Risknivån beräknas öka för alla utvärderade kustekosystem från måttlig till hög risk för RCP2,6 till hög till mycket hög risk för RCP8,5 fram till år 2100. Ekosystem i steniga kuster i tidvattenszonen beräknas bli utsatta för mycket hög risk vid 2100 för RCP8,5 (*troligt*) på grund av exponering för uppvärmning, särskilt under marina värmeböljor, men även på grund av försurning, havsnivåhöjning samt förlust av kalkbildande arter och biologisk mångfald (*mycket troligt*). Havsförsurningen är en utmaning för dessa ekosystem och begränsar deras lämplighet som habitat (*troligt*) ytterligare genom att återhämtningen hämmas på grund av minskad kalkbildning och högre bioerosion. Minskningen av kelpskogar beräknas fortsätta i tempererade regioner på grund av uppvärmning, särskilt på grund av den beräknade intensifieringen av marina värmeböljor, vilket innebär hög risk för lokala utrotningar för RCP8,5 (*troligt*). {5.3, 5.3.5, 5.3.6, 5.3.7, 6.4.2, figur SPM.3}

B.6.2  Sjögräsängar och salta våtmarker med tillhörande kollagring utsätts för måttlig risk vid 1,5°C global uppvärmning, risken ökar med ytterligare uppvärmning (*troligt*). Globalt beräknas 20–90 procent av de nuvarande kustnära våtmarkerna gå förlorade till 2100, beroende på beräknad havsnivåhöjning, regionala skillnader och våtmarkstyper, särskilt där vertikal tillväxt redan begränsas av minskad tillförsel av sediment och där migration mot land begränsas av brant topografi eller mänsklig modifiering av strandlinjer (*mycket troligt*). {4.3.3, 5.3.2, figur SPM.3, SPM A.6.1}

²⁷ NPP uppskattas från "Coupled Model Intercomparison Project 5" (CMIP5).

²⁸ Total biomassa från djur är hämtad från "Fisheries and Marine Ecosystem Models Intercomparison Project" (FISHMIP).

²⁹ Konverteringen mellan GMST och SST är baserad på en skalfaktor på 1,44 härrörande från förändringar i en uppsättning av RCP8,5-simuleringar; denna skalfaktor har en osäkerhet på cirka 4 procent på grund av skillnader mellan scenarierna RCP2,6 och RCP8,5. {tabell SPM.1}

- B.6.3  Uppvärmning av havet, havsnivåhöjning och förändringar av tidvattnet på grund av havsnivårelaterade förändringar i topografin beräknas ge ökad försaltning och syrebrist i estuarier (*mycket troligt*) med stora risker för viss biota, detta leder till migration, minskad överlevnad och lokal utrotning för scenarier med höga utsläpp (*troligt*). Dessa konsekvenser beräknas bli mer uttalade i mer sårbara eutrofa och grunda estuarier med liten tidvattenamplitud i tempererade regioner och höga latituder (*troligt*). {5.2.2, 5.3.1, figur SPM.3}
- B.6.4  Nästan alla korallrev i varma vatten beräknas drabbas av betydande förluster i areal och lokala utrotningar, även om den globala uppvärmningen begränsades till 1,5°C (*mycket troligt*). Arternas sammansättning och mångfald i kvarvarande revsamhällen beräknas skilja sig från dagens rev (*högst troligt*). {5.3.4, 5.4.1, figur SPM.3}

Beräknade risker för människor och ekosystemtjänster

- B.7 Framtida förändringar i kryosfären på land beräknas påverka vattenresurser och dess användningsområden, såsom vattenkraft (*mycket troligt*), bevattnat jordbruk i och nedströms från höga bergsområden (*troligt*) samt försörjningsmöjligheterna i Arktis (*troligt*). Förändringar gällande översvämningar, laviner, jordskred och markstabilitet beräknas öka risken för tillgångar inom infrastruktur, kultur, turism och fritidsaktiviteter (*troligt*). {2.3, 2.3.1, 3.4.3}**
- B.7.1  Risker för katastrofer som berör samhällen och möjligheter för försörjning i höga bergsområden och Arktis förväntas öka (*troligt*) på grund av framtida förändringar av faror som översvämningar, bränder, skred, laviner, opålitliga is- och snöförhållanden och ökad exponering av människor och infrastruktur (*mycket troligt*). De metoder för riskminskning som designats för nutida förhållanden beräknas bli mindre effektiva när farorna ändrar karaktär (*troligt*). Strategier för riskminskning och anpassning har stor betydelse för att undvika ökade konsekvenser på grund av jordskred och störtfloder, eftersom exponering och sårbarhet ökar i många bergsområden under innevarande århundrade (*mycket troligt*). {2.3.2, 3.4.3, 3.5.2}
- B.7.2  Upptinande permafrost kan medföra marksättning, i Arktis och i höga bergsområden beräknas detta påverka kommunikations- och transportinfrastruktur både i urbana områden och på landsbygden (*troligt*). Huvuddelen av infrastrukturen i Arktis ligger i regioner där upptining av permafrost beräknas öka till mitten av seklet. Att planera om och bygga om infrastruktur har potential att halvera kostnaderna som uppstår på grund av tinande permafrost och relaterade klimateffekter till år 2100 (*troligt*). {2.3.4, 3.4.1, 3.4.3}
- B.7.3  Turism, rekreation och kulturella tillgångar i höga bergsområden beräknas påverkas negativt av framtida förändringar i kryosfären (*mycket troligt*). Nuvarande tekniker för snöotillverkning beräknas vara mindre effektiva för att minska riskerna för skidturism i ett varmare klimat i de flesta delar av Europa, Nordamerika och Japan, särskilt vid 2°C global uppvärmning och däröver (*mycket troligt*). {2.3.5, 2.3.6}

B.8 Framtida förskjutningar av utbredningsområde för fiskar och minskningar av deras förekomst och fångstpotential på grund av klimatförändringen beräknas påverka inkomst, försörjning och livsmedelsförsörjning för samhällen som är beroende av marina resurser (*troligt*). Långsiktig förlust och försämring av marina ekosystem minskar havets roll i kulturella, rekreations- och inneboende värden som är viktiga för människans identitet och välbefinnande (*troligt*). {3.2.4, 3.4.3, 5.4.1, 5.4.2, 6.4}

B.8.1   Beräknade geografiska förskjutningar och minskningar av de marina djurens globala biomassa och fångstpotential är större för RCP8,5 än för RCP2,6 och ökar riskerna kopplade till inkomst och försörjning för mänskliga samhällen som är beroende av marina resurser, särskilt i områden som är ekonomiskt sårbara (*troligt*). Den beräknade omfördelningen av resurser och förekomst ökar risken för konflikter mellan fiskerinäring, myndigheter eller samhällen (*troligt*). Utmaningar för fiskeriförvaltning blir utbredda för RCP8,5, speciellt i vissa områden såsom Arktis och tropiska Stilla havet (*troligt*). {3.5.2, 5.4.1, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 6.4.2, figur SPM.3}

B.8.2    Minskningar av korallrev i varma vatten beräknas urholka de tjänster de förser samhället med, såsom tillhandahållande av mat (*mycket troligt*), kustskydd (*mycket troligt*) och turism (*troligt*). Ökade risker gällande livsmedelsförsörjning kopplad till fisk och skaldjur (*troligt*) på grund av minskande tillgång beräknas öka risker inom kostrelaterad hälsa i vissa samhällen som i hög grad är beroende av fisk- och skaldjur (*troligt*), såsom i Arktis, Västafrika, och Små önationer under utveckling. Sådan påverkan förvärrar eventuella risker från andra förändringar i dieter och livsmedelssystem orsakade av sociala och ekonomiska förändringar och klimatförändringar på land (*troligt*). {3.4.3, 5.4.2, 6.4.2}

B.8.3    Global uppvärmning äventyrar livsmedelssäkerhet kopplad till fisk och skaldjur (*troligt*) genom exponering för förhöjd bioackumulering av beständiga organiska föroreningar och kvicksilver i marina växter och djur (*troligt*), ökad förekomst av vattenburna patogena vibriobakterier (*troligt*) och ökad sannolikhet för skadliga algblomningar (*troligt*). Dessa risker beräknas vara särskilt stora för mänskliga samhällen med hög konsumtion av fisk och skaldjur, inklusive ursprungsbefolkningar vid kusten (*troligt*), och för ekonomiska sektorer som fiskeri, vattenbruk och turism (*mycket troligt*). {3.4.3, 5.4.2, faktaruta 5.3}

B.8.4    Klimatförändringen påverkar marina ekosystem och deras tjänster, vilket ökar riskerna för viktiga kulturella dimensioner av liv och försörjning (*troligt*), bland annat genom förskjutningar i utbredning eller förekomst av skördade arter och minskad tillgång till fiske- eller jaktområden. Detta inkluderar potentiellt snabb och oåterkallelig förlust av kultur, kunskap hos lokal- och ursprungsbefolkning, samt negativa konsekvenser för traditionella matvanor och livsmedelsförsörjning, estetiska aspekter och marina fritidsaktiviteter (*troligt*). {3.4.3, 3.5.3, 5.4.2}

B.9 **Höjning av havets medelnivåer och extremnivåer tillsammans med uppvärmning och försurning av havet, beräknas öka riskerna för mänskliga samhällen i lågt liggande kustområden (*mycket troligt*). I arktiska samhällen utan snabb landhöjning och på urbana atollöar beräknas riskerna vara måttliga till höga även för ett scenario med låga utsläpp (RCP2,6) (*troligt*) och skulle även kunna nå gränsen för om anpassning är möjlig (*mycket troligt*). Under ett scenario med höga utsläpp (RCP8,5) beräknas delaregioner och resursrika kuststäder uppleva måttliga till höga risknivåer efter 2050 vid befintlig anpassning (*troligt*). Ambitiös anpassning, inklusive transformativ styrning, förväntas minska risken (*mycket troligt*), men nyttorna varierar med specifika sammanhang. {4.3.3, 4.3.4, SM4.3, 6.9.2, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}**

B.9.1  Om inte ambitionsnivån inom anpassningsåtgärder höjs jämfört med idag och med nuvarande trender för ökad exponering och sårbarhet i kustsamhällen, beräknas risker som erosion och landförlust, översvämningar, försaltning och kaskadeffekter på grund av höjning av havsnivån och extrema händelser, öka avsevärt under detta århundrade för alla scenarier för utsläpp av växthusgaser (*högst troligt*). Med samma antaganden beräknas årliga översvämningsskador vid kusterna öka med 2–3 storleksordningar till år 2100 jämfört med idag (*mycket troligt*). {4.3.3, 4.3.4, faktaruta 6.1, 6.8, SM.4.3, figur SPM.4, figur SPM.5}

B.9.2  Samhällen i korallrevsmiljöer, urbana atollöar och på lågt liggande platser i Arktis blir utsatta för höga till mycket höga risker på grund av stigande havsnivåer långt före slutet av detta århundrade för scenarier med höga utsläpp. Detta medför att gränser för möjlig anpassning uppnås, det vill säga de nivåer där en aktörs mål (eller systembehov) inte längre kan säkras från oacceptabla risker genom anpassningsåtgärder (*mycket troligt*). Huruvida anpassningsgränser uppnås (till exempel biofysiska, geografiska, finansiella, tekniska, sociala, politiska och institutionella) är beroende av utsläppsscenario och kontextspecifik risktolerans, och beräknas expandera till fler områden efter år 2100 på grund av oundviklig långsiktig havsnivåhöjning (*troligt*). Vissa önationer kommer sannolikt att bli obeboeliga på grund av klimatrelaterade förändringar i havet och kryosfären (*troligt*), men tröskelvärden för beboelighet är fortfarande extremt svåra att bedöma. {4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 5.5.2, kapitelöverskridande faktaruta 9, SM.4.3, SPM C.1, bilaga 1: ordlista, figur SPM.5}

B.9.3  Globalt innebär en långsammare klimatrelaterad förändring av havet och kryosfären större anpassningsmöjligheter (*mycket troligt*). Det är *mycket troligt* att ambitiös anpassning, inklusive styrning för transformativ förändring, har potential att minska riskerna på många håll, men sådana fördelar kan variera mellan platser. På global skala kan kustskydd minska översvämningsskador under 2000-talet, i storleksordningen 2-3 gånger men detta är beroende av investeringar i storleksordningen tiotals till flera hundratals miljarder US-dollar per år (*mycket troligt*). Medan sådana investeringar i allmänhet är kostnadseffektiva för tätbefolkade urbana områden, kan det vara utmanande för landsbygden och fattigare områden att finansiera sådana investeringar med relativa årliga kostnader, för vissa små önationer kan dessa uppgå till flera procent av BNP (*mycket troligt*). Även med stora anpassningsåtgärder beräknas kvarvarande risker och tillhörande förluster uppstå (*troligt*), men kontextspecifika gränser för anpassning och återstående risker är svåra att bedöma. {4.1.3, 4.2.2.4, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.4, 4.4.3, 6.9.1, 6.9.2, kapitelöverskridande faktarutor 1–2 i kapitel 1, SM.4.3, figur SPM.5}

Extrema högvattenhändelser

På grund av den beräknade höjningen av den globala genomsnittliga havsnivån ("global mean sea level", GMSL) förväntas lokala högvattenhändelser som historiskt inträffade en gång per sekel, så kallade historiska hundraårshändelser ("historical centennial events", HCE), inträffa minst årligen på de flesta platser under 2000-talet. Höjden på en HCE varierar mycket, och beroende på graden av exponering kan de redan idag orsaka allvarliga konsekvenser. Konsekvenserna kan fortsätta att öka med ökande förekomst av HCEs.

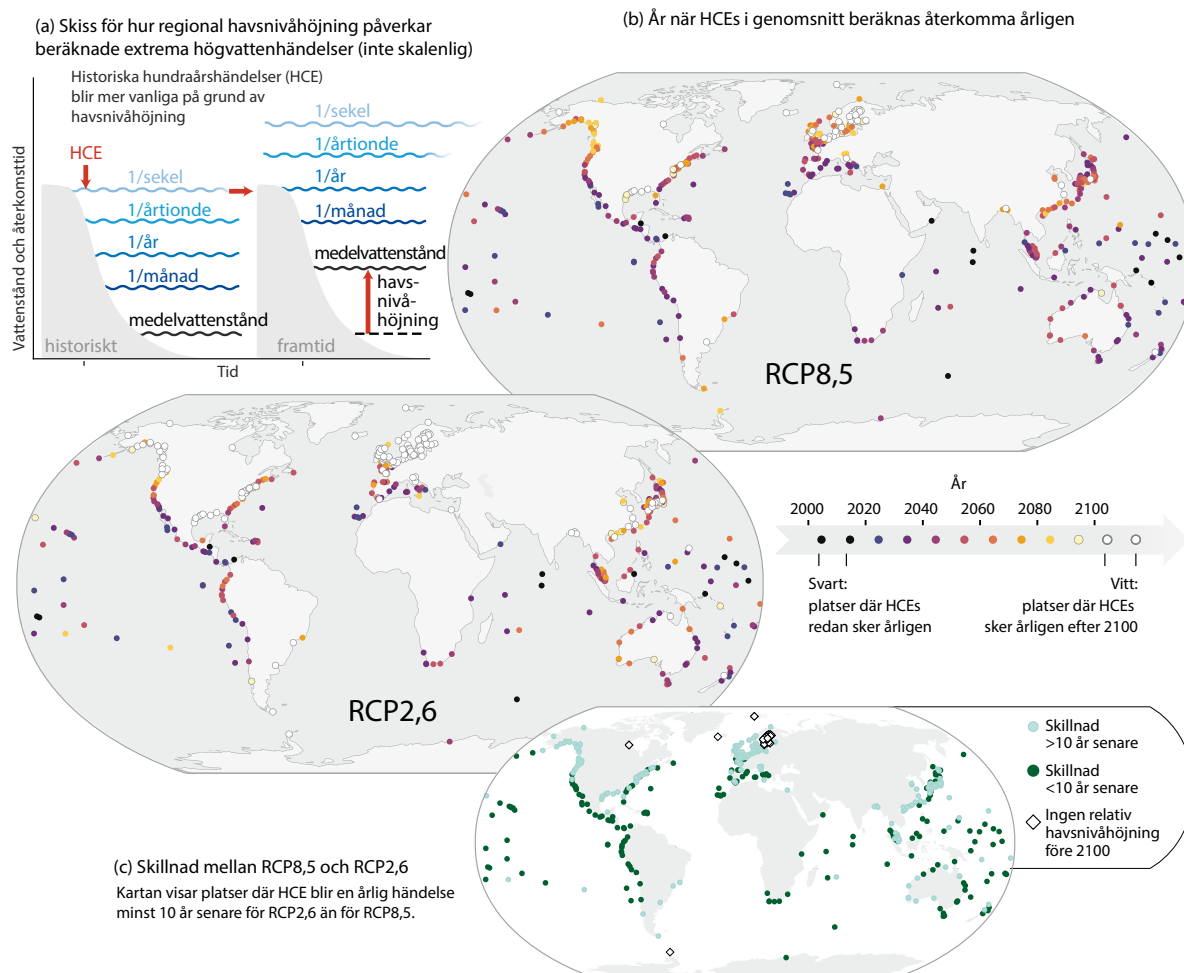


Figure SPM.4 | Effekt av regional havsnivåhöjning på extrema högvattenhändelser vid kuster. **(a)** Schematisk illustration av extrema högvattenhändelser och deras genomsnittliga återkomsttid under 1986–2005 och i framtiden. Som en konsekvens av den genomsnittliga höjningen av havsnivån beräknas lokala havsnivåer som historiskt inträffat en gång per sekel (historiska hundraårshändelser, HCE) återkomma oftare i framtiden. **(b)** Året då HCE förväntas återkomma en gång per år i genomsnitt för RCP8,5 och RCP2,6 på de 439 olika platser vid kusterna där mätserien är tillräcklig för denna analys. Frånvaron av en cirkel indikerar att utvärdering inte kunnat göras på grund av brist på data, men indikerar inte avsaknad av exponering och risk. Ju mörkare cirkel, desto tidigare förväntas förändringen inträffa. Det sannolika intervallet är ± 10 år för platser där denna förändring förväntas före år 2100. Vita cirklar (33 procent av platserna för RCP2,6 och 10 procent för RCP8,5) indikerar att HCE inte förväntas återkomma en gång per år före 2100. **(c)** En indikation av på vilka platser tidpunkten när HCE blir till årlig händelse beräknas ske mer än 10 år senare för RCP2,6 jämfört med RCP8,5. Eftersom scenarierna visar små skillnader fram till 2050 på många platser visas inte resultat för RCP4,5 här, men de finns tillgängliga i kapitel 4. {4.2.3, figur 4.10, figur 4.12}

C. Införande av åtgärder mot förändring av havet och kryosfären

Utmaningar

- C.1 Konsekvenserna av klimatrelaterade förändringar i havet och kryosfären utmanar i allt högre grad de nuvarande förvaltningsinsatserna för att utveckla och genomföra anpassningar från lokal till global skala och i kan vissa fall pressa dem till sina gränser. Människor med högst exponering och sårbarhet är ofta de som har den lägsta kapaciteten till respons (*mycket troligt*). {1.5, 1.7, kapitelöverskridande faktarutor 2–3 i kapitel 1, 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.4, 3.2.4, 3.4.3, 3.5.2, 3.5.3, 4.1, 4.3.3, 4.4.3, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}**

- C.1.1**  Tidsskalorna för klimatförändringens konsekvenser på havet och kryosfären och deras påverkan på samhället, spänner över tidshorisonter som är längre än de för styrning och förvaltning av samhället (till exempel cykler för planering och beslut för företag och offentlig verksamhet samt finansiella instrument). Sådana skillnader i tidsperspektiv utmanar samhällens förmåga att i tillräcklig utsträckning förbereda sig för och reagera på långsiktiga förändringar, inklusive förändringar i förekomst och intensitet av extrema händelser (*mycket troligt*). Exempel inkluderar förändring av jordskred och översvämningar i höga bergsområden och risker för viktiga arter och ekosystem i Arktis, liksom risker för lågt liggande nationer och öar, små önationer, andra kustregioner och för korallrevens ekosystem. {2.3.2, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.3, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

- C.1.2**  System för styrning (till exempel skyddade havsområden, fysisk planering och system för vattenförvaltning) är i många sammanhang alltför fragmenterade över administrativa gränser och sektorer för att kunna leverera integrerade åtgärder på de ökande och kopplade riskerna på grund av klimatrelaterade förändringar i havet och/eller kryosfären (*mycket troligt*). I polar- och havsområden har förvaltningssystemens kapacitet att svara på konsekvenserna av klimatförändringarna nyligen stärkts, men denna utveckling är inte tillräckligt snabb eller robust för att i tillräcklig omfattning kunna hantera omfattningen av beräknade ökade risker (*mycket troligt*). I höga bergsområden, kustregioner och på små öar förekommer också svårigheter att samordna insatser för klimatanpassning på grund av de många interaktionerna mellan klimatrelaterade och icke-klimatrelaterade risker (till exempel otillgänglighet, demografiska trender, förändringar i bosättning eller landsänkning orsakad av lokala aktiviteter) över olika skalor, sektorer och policyområden (*mycket troligt*). {2.3.1, 3.5.3, 4.4.3, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, faktaruta 5.6, 6.9, kapitelöverskridande faktaruta 3 i kapitel 1}

- C.1.3**  Det finns ett brett spektrum av identifierade hinder och gränser för anpassning till klimatförändring i ekosystemen (*mycket troligt*). Begränsningar inkluderar det utrymme som ekosystem kräver, icke-klimatrelaterade drivkrafter och mänskliga effekter som behöver hanteras som en del av anpassning, sänkning av anpassningsförmågan hos ekosystem på grund av klimatförändring och ekosystemens långsammare återhämtning relativt återkomsttider för climateffekter, tillgänglighet till teknik, kunskap, ekonomiskt stöd, och befintliga system för styrning (*troligt*). {3.5.4, 5.5.2}

- C.1.4**  Det finns finansiella, tekniska, institutionella och andra hinder för att genomföra åtgärder mot pågående och framtida negativa konsekvenser av klimatrelaterade förändringar i havet och kryosfären, vilket försvårar uppbyggnad av motståndskraft och åtgärder för att riskminskning (*mycket troligt*). Huruvida sådana hinder minskar effektiviteten av anpassning eller motsvarar gränserna för anpassning beror på specifika omständigheter, hastigheten och omfattningen av klimatförändringen och av samhällens förmåga att utnyttja sin anpassningskapacitet till effektiv respons. Anpassningskapaciteten fortsätter att variera både mellan och inom samhällen (*mycket troligt*). Människor med den högsta exponeringen och sårbarheten för nuvarande och framtida faror orsakade av förändringar i hav och kryosfär är ofta också de med den lägsta anpassningskapaciteten, särskilt på lågt liggande öar och kuster, områden i Arktis och höga bergsområden med utvecklingsrelaterade utmaningar (*mycket troligt*). {2.3.1, 2.3.2, 2.3.7, faktaruta 2.4, 3.5.2, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 5.5.2, 6.9, kapitelöverskridande faktarutor 2 och 3 i kapitel 1, kapitelöverskridande faktaruta 9}

Att stärka möjligheterna till respons

C.2 De omfattande tjänster och alternativ som ekosystem relaterade till havet och kryosfären tillhandahåller kan stödjas genom bevarande, återställande och ekosystembaserad förvaltning av förnybara resurser baserat på försiktighetsprincipen samt genom minskning av föroreningar och andra stressfaktorer (*mycket troligt*). Integrerad vattenförvaltning (*troligt*) och ekosystembaserad anpassning (*mycket troligt*) innebär lägre klimatrisker lokalt och ger flera samhällsnyttor. Det finns ekologiska, finansiella, institutionella och förvaltningsrelaterade begränsningar för sådana åtgärder (*mycket troligt*), och i många sammanhang kommer ekosystembaserad anpassning att vara effektiv endast för de lägsta nivåerna av uppvärmning (*mycket troligt*). {2.3.1, 2.3.3, 3.2.4, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.2, 5.2.2, 5.4.2, 5.5.1, 5.5.2, figur SPM.5}

C.2.1  Nätverk av skyddade områden kan hjälpa till att upprätthålla ekosystemtjänster, inklusive upptag och lagring av kol, och möjliggöra framtida ekosystembaserade anpassningsalternativ genom att underlätta arters, populationers och ekosystems förflyttning mot polerna och mot högre höjder som respons på uppvärmning och havsnivåhöjning (*troligt*). Geografiska barriärer, försämring av ekosystem, fragmentering av livsmiljöer och hinder för regionalt samarbete begränsar möjligheterna för sådana nätverk att underlätta framtida förändring av arters utbredning i havet, i i höga bergsområden samt landområden vid polerna (*mycket troligt*). {2.3.3, 3.2.3, 3.3.2, 3.5.4, 5.5.2, faktaruta 3.4}

C.2.2  Återställning av livsmiljöer i havet och på land samt verktyg för ekosystemförvaltning, som till exempel assisterad förflyttning av arter och korallodling kan vara lokalt effektiva för att främja ekosystembaserad anpassning (*mycket troligt*). Sådana åtgärder är mest framgångsrika när de stöds av lokalsamhället, är vetenskapsbaserade samtidigt som de använder kunskap från lokal- och ursprungsbefolkning, har långsiktigt stöd som inkluderar minskning eller borttagning av icke-klimatrelaterade stressfaktorer, för de lägsta nivåerna av uppvärmning (*mycket troligt*). Till exempel kan alternativ för återställning av korallrev vara ineffektiva om den globala uppvärmningen överstiger 1,5°C, eftersom koraller redan är utsatta för hög risk (*högst troligt*) vid nuvarande uppvärmningsnivåer. {2.3.3, 4.4.2, 5.3.7, 5.5.1, 5.5.2, faktaruta 5.5, figur SPM.3}

C.2.3  Att stärka tillämpningen av försiktighetsprincipen, till exempel genom återuppbyggnad av överutnyttjat eller utarmat fiske samt anpassning av befintliga strategier för fiskeriförvaltning, minskar negativa konsekvenser av klimatförändring på fisket och ger samtidigt fördelar för regional ekonomi och försörjning (*troligt*). Fiskeriförvaltning som regelbundet utvärderar och uppdaterar åtgärder över tid, vägled av bedömningar av framtida utveckling av ekosystem, minskar riskerna för fisket (*troligt*) men har begränsad förmåga att svara mot ekosystemförändringar. {3.2.4, 3.5.2, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, figur SPM.5}

C.2.4  Återställande av vegetationsbevuxna ekosystem vid kusten, såsom mangroveskogar, tidvattenräsk och sjögräsängar (kustnära och marina ekosystem med så kallat "blått kol"), kan bidra till åtgärder för att begränsa klimatförändringen genom ökat kolupptag och lagring motsvarande cirka 0,5 procent av dagens globala utsläpp årligen (*troligt*). Förbättrat skydd och förvaltning kan minska kolutsläppen från dessa ekosystem. Tillsammans har dessa åtgärder också flera andra fördelar, till exempel skydd mot stormar, förbättrad vattenkvalitet och gynnsamma effekter på den biologiska mångfalden och fisket (*mycket troligt*). Att förbättra kvantifieringen av kollager och växthusgasflöden i dessa kustekosystem kommer att minska nuvarande osäkerheter kring mätning, rapportering och verifiering (*mycket troligt*). {faktaruta 4.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, bilaga I: ordlista}

C.2.5  Havsbaserad förnybar energi kan bidra till att begränsa klimatförändringen, till exempel genom åtgärder som energiutvinning från vind, tidvatten, vågor, termiska gradienter, salthaltsgradienter samt biobränsle baserat på alger. Den växande efterfrågan på alternativa energikällor förväntas ge ekonomiska möjligheter för den marina förnybara energisektorn (*mycket troligt*), även om dess potential också kan påverkas av klimatförändringen (*mindre troligt*). {5.4.2, 5.5.1, figur 5.23}

- C.2.6    Integrerade metoder för vattenförvaltning över flera skalor kan vara effektiva för att hantera konsekvenser och utnyttja möjligheter förknippade med förändringar i kryosfären i höga bergsområden. Integrerade metoder stöder också vattenresursförvaltning genom utveckling och optimering av multifunktionell lagring och utsläpp av vatten från dammar (*troligt*), samtidigt som potentiellt negativa konsekvenser för ekosystem och samhällen beaktas. Diversifiering av turismaktiviteter året runt underlättar anpassning av ekonomier i höga bergsområden (*troligt*). {2.3.1, 2.3.5}

C.3 Kustsamhällen står inför utmanande val när det gäller att möta en havsnivåhöjning genom att skapa kontextspecifika och integrerade åtgärder som balanserar kostnader, fördelar och målkonflikter mellan tillgängliga alternativ och som kan justeras över tid (*mycket troligt*). Alla typer av alternativ, inklusive skydd, anpassning, ekosystembaserad anpassning, avancemang och reträtt vid kusten kan vara viktiga i sådan integrerad respons (*mycket troligt*). {4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 6.9.1, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}

- C.3.1.    Ju mer havsnivån stiger, desto större kommer utmaningarna bli för kustskydd, främst på grund av ekonomiska, finansiella och sociala hinder snarare än på grund av tekniska begränsningar (*mycket troligt*). Reducering av lokala drivkrafter för exponering och sårbarhet, som till exempel urbanisering vid kusten och antropogent orsakad landsänkning, kommer att vara effektiva åtgärder de kommande decennierna (*mycket troligt*). Där utrymmet är begränsat och värdet på exponerade tillgångar är högt (till exempel i städer), kommer hårda skydd (till exempel vallar) sannolikt att vara en kostnadseffektiv lösning under 2000-talet med hänsyn tagen till specifika sammanhang (*mycket troligt*), men områden med begränsade resurser kan få svårt att finansiera sådana investeringar. Där utrymme finns, kan ekosystembaserad anpassning minska kustrelaterade risker och ge flera andra fördelar som till exempel kollagring, förbättrad vattenkvalitet, bevarande av biologisk mångfald och stöd för försörjning (*troligt*). {4.3.2, 4.4.2, faktaruta 4.1, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}

- C.3.2    Vissa åtgärder vid kuster, till exempel system för tidiga varningar och översvämningssäkring av byggnader, har ofta både låg kostnad och hög kostnadseffektivitet vid nuvarande havsnivåer (*mycket troligt*). För den beräknade havsnivåhöjningen och ökningen av kustnära faror blir vissa av dessa åtgärder mindre effektiva om de inte kombineras med andra åtgärder (*mycket troligt*). Alla typer av alternativ, inklusive skydd, anpassning, ekosystembaserad anpassning, kustavancemang och planerad omlokalisering, kan vara viktiga i sådan integrerad respons om alternativa områden finns (*mycket troligt*). Om det berörda samhället är litet, eller i efterdyningarna av en katastrof, är det värt att överväga att minska risken genom planerad förflyttning förutsatt att det finns säkra alternativa områden. Det kan finnas sociala, kulturella, ekonomiska och politiska hinder för en sådan planerad omlokalisering (*högt troligt*). {4.4.2, faktaruta 4.1, kapitelöverskridande faktaruta 9, SPM B.3}

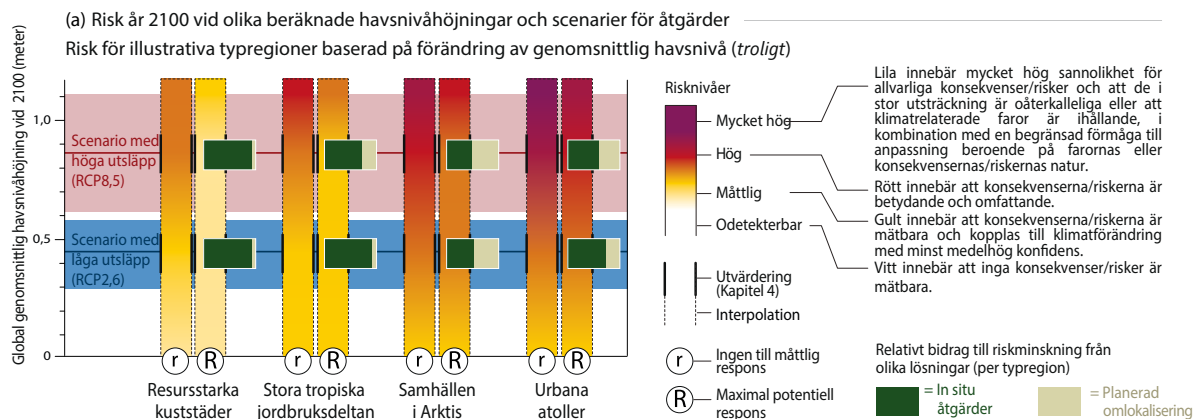
- C.3.3    Åtgärder för att möta havsnivåhöjning och tillhörande behov av riskminskning innebär stora utmaningar för styrning av samhället, beroende på osäkerheter gällande nivå av och hastighet på framtida havsnivåhöjning. Detta leder till besvärliga avvägningar mellan olika mål i samhället (till exempel säkerhet, bevarande, ekonomisk utveckling och jämlikhet inom och mellan generationer), begränsade resurser, motstridiga intressen och värderingar bland olika intressenter (*mycket troligt*). Hantering av dessa utmaningar kan underlättas med hjälp av lokalt lämpliga kombinationer av beslutsanalys, fysisk planering, allmänhetens deltagande, olika kunskapssystem och konfliktlösningsstrategier som justeras över tiden när omständigheterna förändras (*mycket troligt*). {kapitelöverskridande faktaruta 5 i kapitel 1, 4.4.3, 4.4.4, 6.9}

- C.3.4    Trots de stora osäkerheterna om storleken och hastigheten av havsnivåhöjning efter 2050 fattas det idag många kustrelaterade beslut, med tidshorisonter från årtionden till över ett sekel (till exempel kritiskt viktig infrastruktur, kustskydd och stadsplanering), dessa beslut kan förbättras genom att ta hänsyn till relativ havsnivåhöjning och genom att gynna flexibla lösningar (det vill säga lösningar som kan anpassas över tid) tillsammans med system för tidiga varningar, och att regelbundet se över tagna beslut (det vill säga adaptivt beslutsfattande) med hjälp av robusta beslutsmetoder, expertbedömning, scenarier och multipla kunskapssystem (*mycket troligt*). Intervallet av havsnivåhöjning som behöver beaktas i planering och genomförande av kustnära

lösningar beror på risktoleransen hos olika aktörer. De med högre risktolerans (till exempel aktörer som planerar för investeringar som mycket lätt kan anpassas till oförutsedda förhållanden) föredrar ofta att använda det *sannolika* intervallet från beräkningar, medan aktörer med en lägre risktolerans (till exempel de som beslutar om kritisk infrastruktur) också överväger globala och lokala havsnivåer ovanför den övre gränsen av det *sannolika* intervallet (globalt 1,1 m under RCP8,5 till 2100) och även tar hänsyn till metoder som kännetecknas av lägre konfidens, exempelvis från expertbedömningar. {1.8.1, 1.9.2, 4.2.3, 4.4.4, figur 4.2, kapitelöverskridande faktaruta 5 i kapitel 1, figur SPM.5, SPM B.3}

Risker och åtgärder förknippade med havsnivåhöjning

Termen lösning används här istället för anpassning eftersom viss lösning, såsom planerad reträtt, inte alltid anses vara en anpassning.

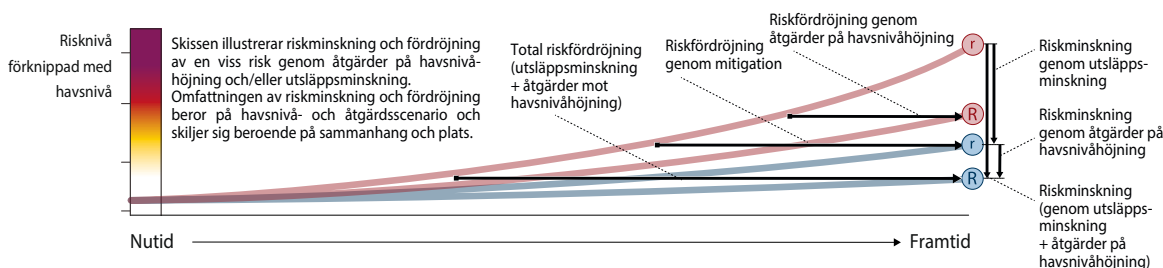


Termen åtgärd avser här lokala åtgärder mot höjning av havsnivån (hårda kustskydd, återställande av skadade ekosystem, begränsningar av landsänkning) och planerad omlokalisering. Planerad omlokalisering i denna utvärdering avser proaktivt styrd reträtt eller omlokalisering endast på lokal skala, och med hänsyn tagen till sammanhanget (till exempel urbana atoller: på ön, på en angränsande ö eller på konstgjorda öar). Tvångsförflyttning och internationell migration beaktas inte i denna utvärdering.

De illustrativa typregionerna är baserade på ett begränsat antal fallstudier som är väl täckta av den granskade litteraturen. Om risken kommer inträffa beror på kontextspecifika sammanhang.

Scenarier för havsnivåhöjning: RCP4,5 och RCP6,0 beaktas inte i denna riskutvärdering eftersom den litteratur som ligger till grund för denna utvärdering endast är tillgänglig för RCP2,6 och RCP8,5.

(b) Fördelar med åtgärder på havsnivåhöjning och utsläppsminskning



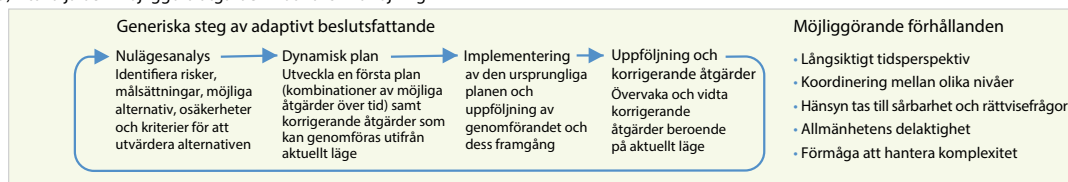
Figur SPM.5 | a, b

(c) Åtgärder mot stigande genomsnittliga och extrema havsnivåer

Tabellen illustrerar åtgärder och deras karaktäristika. Tabellen är inte uttömmande. Olika åtgärders tillämplighet beror på region och sammanhang. Utvärderade konfidensnivåer (avser effektivitet): ●●●● = Mycket hög ●●● = Hög ●● = Mellan ● = Låg

Åtgärder		Potentiell effektivitet i termer av reducering av risker relaterade till havsnivåhöjning (tekniska och biofysiska begränsningar)	Fördelar (utöver riskreduktion)	Sidonyttor	Nackdelar	Ekonomisk effektivitet	Styrningsrelaterade utmaningar
Hårda kustskydd		Upp till flera meters havsnivåhöjning {4.4.2.2.4} ●●●	Förutsägbara säkerhetsnivåer {4.4.2.2.4}	Multifunktionella vallar för exempelvis rekreation eller annan markanvändning {4.4.2.2.5}	Förstörelse av habitat genom minskat utrymme ("coastal squeeze"), översvämning och blockerat sedimenttransport, inläsning, katastrofala konsekvenser vid misslyckat skydd {4.3.2.4, 4.4.2.2.5}	Hög, om värdet av tillgångarna bakom skyddet är högt, som ofta är fallet i många urbana och tätbefolkade kustområden {4.4.2.2.7}	Ofta för kostsam för fattigare områden. Konflikter mellan olika målsättningar (till exempel bevarande, säkerhet och turism), konflikter gällande fördelning av offentliga budgetar, brist på finansiering {4.3.3.2, 4.4.2.2.6}
Sedimentbaserade skydd		Effektivt, beroende av sedimenttillgång {4.4.2.2.4} ●●●	Hög flexibilitet {4.4.2.2.4}	Bevarande av stränder för rekreation och turism {4.4.2.2.5}	Förstörelse av habitat där sediment hämtas {4.4.2.2.5}	Hög om inkomsterna från turism är höga {4.4.2.2.7}	Konflikter gällande fördelning av offentliga budgetar {4.4.2.2.6}
Ekosystembaserad anpassning	Bevarande av koraller	Effektivt för havsnivåhöjning upp till 0,5 cm/år. ●● Uppvärmning- och försurning av havet begränsar kraftigt effektiviteten. Begränsad vid 1,5°C uppvärmning och på många platser inte möjligt vid 2°C uppvärmning {4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2, 5.3.4} ●●●	Möjlighet till samhällsengagemang {4.4.2.3.1}	Habitatvinster, biodiversitet, kolinbindning, inkomster från turism, förbättrad produktivitet inom fiske, förbättrad vattenkvalitet. Tillhandahållande av livsmedel, läkemedel, bränsle, virke och kulturella fördelar {4.4.2.3.5}	Långsiktig effektivitet beror på hur mycket havet värms upp och omfattningen av försurning, samt utsläppsscenario {4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2}	Begränsad evidens för förhållandet mellan kostnad och nytta. Beror på befolkningstäthet och tillgång på mark {4.4.2.3.7}	Svårt att få tillstånd för implementering. Brist på finansiering. Brist på efterlevnad av lagar för bevarande. Ekosystembaserade alternativ får stå tillbaka för kortsiktiga ekonomiska intressen, tillgänglighet av mark {4.4.2.3.6}
	Restaurering av koraller						
	Bevarande av våtmarker (våtmarksområden och mangrove)						
	Restaurering av våtmarker (våtmarksområden och mangrove)						
Kustavancemang		Upp till flera meters havsnivåhöjning {4.4.2.2.4} ●●●	Förutsägbara säkerhetsnivåer {4.4.2.2.4}	Skapar mark och markförsäljningsintäkter som kan användas för att finansiera anpassning {4.4.2.4.5}	Försaltning av grundvatten, ökad erosion samt förlust av kustnära ekosystem och livsmiljöer {4.4.2.4.5}	Mycket hög om markpriserna är höga som de ofta är vid många urbana kuster {4.4.2.4.7}	Ofta för dyrt för fattigare områden. Sociala konflikter gällande tillgång och fördelning av nya markområden {4.4.2.4.6}
Kustnära anpassning (översvämningsssäkra byggnader, tidiga varningssystem för översvämningshändelser osv.)		Mycket effektivt vid låg havsnivåhöjning {4.4.2.5.4} ●●	Färdigutvecklad teknologi, sediment som deponeras under översvämningar kan öka landhöjden {4.4.2.5.5}	Bibehåller landskapskapskonkretivitet {4.4.2.5.5}	Förhindrar inte översvämningar/konsekvenser {4.4.2.5.5}	Mycket hög för tidiga varningssystem och åtgärder på byggnationsskala {4.4.2.5.7}	Tidiga varningssystem kräver effektiva institutionella arrangemang {4.4.2.6.6}
Reträtt	Planerad förflyttning	Effektiv om säkra alternativ till omlokalisering finns {4.4.2.6.4} ●●●	Havsnivårelaterade risker kan elimineras i ursprungsområdet {4.4.2.6.4}	Tillgång till förbättrade tjänster (hälsa, utbildning, bostäder), jobb- och ekonomisk tillväxt {4.4.2.6.5}	Förlust av social sammanhållning, kulturell identitet och välbefinnande. Försämrade tjänster (hälsa, utbildning, bostäder), jobb- och ekonomisk tillväxt {4.4.2.6.5}	Begränsad evidens {4.4.2.6.7}	Att förena olika intressen som härrör från omlokalisering av människor beroende på ursprung och destination {4.4.2.6.6}
	Påtvingad omplacering	Adresserar endast omedelbar risk på ursprungsplatsen	Inte tillämpbar	Inte tillämpbar	Sträcker sig från förlust av liv till förlust av möjlighet till försörjning och suveränitet {4.4.2.6.5}	Inte tillämpbar	Ger upphov till komplexa frågor av humanitär karaktär gällande försörjningsmöjligheter, mänskliga rättigheter och rättvisa {4.4.2.6.6}

(d) Att välja och möjliggöra åtgärder mot havsnivåhöjning



Figur SPM.5 | c, d

Figur SPM.5 | Risker och åtgärder förknippade med havsnivåhöjning. Termen åtgärd används här istället för anpassning eftersom viss åtgärd, såsom reträtt, inte alltid kan anses vara en anpassning. **(a)** visar den kombinerade risken för översvämningar, erosion och saltvatteninträngning för några typregioner år 2100 på grund av förändrat medelvattenstånd och extrema högvattenhändelser för RCP2,6 och RCP8,5 och för två responsscenarioer. Risker för RCP4,5 och RCP6,0 utvärderades inte på grund av brist på litteratur för de bedömda typregionerna. Utvärderingen tar inte hänsyn till förändringar av extrema havsnivåer utöver de som direkt framkallas av höjning av medelvattenståndet, risknivåerna kan öka om andra förändringar i extrema havsnivåer övervägs (till exempel på grund av förändringar av intensitet för cykloner). Panel a) betraktar ett socioekonomiskt scenario med relativt stabil kustbefolkningstäthet under seklet. [SM4.3.2] Risker för typregioner har utvärderats baserat på relativa havsnivåhöjningar som beräknas för en uppsättning specifika exempel: New York City, Shanghai och Rotterdam för resursstarka kuststäder som täcker ett brett spektrum av åtgärder; South Tarawa, Fongafale och Malé för urbana atoller; Mekong och Ganges-Brahmaputra-Meghna för stora tropiska jordbruksdeltan; och Bykovskiy, Shishmaref, Kivalina, Tuktoyaktuk och Shingle Point för arktiska samhällen belägna i områden utan snabb postglacial landhöjning. [4.2, 4.3.4, SM4.2] Utvärderingen skiljer mellan två kontrasterande responsscenarioer. "Ingen till måttlig åtgärd" beskriver ansträngningar som idag (det vill säga ingen ytterligare betydande åtgärd eller nya typer av åtgärder). "Maximal potentiell åtgärd" representerar en kombination av åtgärder som implementerats till fullo och innebär betydande ytterligare ansträngningar jämfört med idag, med antagande om minimala ekonomiska, sociala och politiska hinder. Utvärderingen har gjorts för varje havsnivåhöjning och responsscenario, vilket indikeras av de glidande färgskalorna i figuren; risker däremellan har interpolerats. [4.3.3] Utvärderingskriterierna inkluderar exponering och sårbarhet (utbredning av tillgångar, grad av nedbrytning av buffrande ekosystem på land och i hav), kustfaror (översvämningar, erosion och saltvatteninträngning), lokal åtgärd (hårda kustskydd, återställande av ekosystem eller skapande av nya naturliga buffertområden och hantering av landsänkning) och planerad omlokalisering. Planerad omlokalisering avser planerad reträtt eller omlokalisering som beskrivs i kapitel 4, det vill säga proaktiva och lokala åtgärder för att minska risken genom att flytta människor, tillgångar och infrastruktur. Tvångsförflyttning beaktas inte i denna utvärdering. Panelen **(a)** belyser också de relativa bidragen från lokal respons och planerad omlokalisering till den totala minskningen av risk. **(b)** illustrerar schematiskt minskningen av risk (vertikala pilar) och fördröjningen av risk (horisontella pilar) genom utsläppsminskning och/eller åtgärd på havsnivåhöjningen. **(c)** sammanfattar och utvärderar åtgärder på höjning av havsnivån vad gäller effektivitet, kostnader, sidonyttor, nackdelar, ekonomisk effektivitet och tillhörande styrningsutmaningar. [4.4.2] **(d)** presenterar generiska steg i en adaptiv strategi för beslutsfattande, liksom viktiga möjliggörande förutsättningar för åtgärd på havsnivåhöjning. [4.4.4, 4.4.5]

Förutsättningar för möjliggörande

C.4 Att möjliggöra klimatresiliens och hållbar utveckling är kritiskt beroende av omedelbara och ambitiösa utsläppsminskningar i kombination med samordnade, hållbara och alltmer ambitiösa anpassningsåtgärder (högst troligt). Genomförandet av effektiva åtgärder mot klimatrelaterade förändringar i havet och kryosfären är beroende av förutsättningar som; intensifierat samarbete och samordning mellan myndigheter över rumsliga skalor och planeringshorisonter. Andra viktiga faktorer är utbildning och god förståelse för klimatfrågan, övervakning och prognoser, användning av alla tillgängliga kunskapskällor, delning av data, information och kunskap, finansiering, hänsyn till social sårbarhet och rättvisa samt institutionellt stöd. Sådana investeringar möjliggör kapacitetsuppbyggnad, socialt lärande och deltagande i kontextspecifik anpassning, samt förhandlingar om avvägningar och realisering av multipla fördelar för att minska risker på kort sikt samt bygga långsiktig motståndskraft och hållbarhet (mycket troligt). Denna rapport återspeglar den senaste vetenskapen om havet och kryosfären för låga nivåer av global uppvärmning (1,5°C), vilket också utvärderats i tidigare IPCC och IPBES-rapporter. {1.1, 1.5, 1.8.3, 2.3.1, 2.3.2, 2.4, figur 2.7, 2.5, 3.5.2, 3.5.4, 4.4, 5.2.2, faktaruta 5.3, 5.4.2, 5.5.2, 6.4.3, 6.5.3, 6.8, 6.9, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}

C.4.1  Mot bakgrund av observerade och beräknade förändringar i havet och kryosfären kommer många länder ställas inför anpassningsutmaningar, även vid ambitiösa utsläppsminskningar (högst troligt). I ett scenario med höga utsläpp beräknas många samhällen som är beroende av havet och kryosfären att stöta på gränser för anpassning (till exempel biofysiska, geografiska, finansiella, tekniska, sociala, politiska och institutionella) under andra hälften av 2000-talet. Som jämförelse begränsar utvecklingsvägar med låga utsläpp riskerna kopplade till förändringar i hav och kryosfär under detta århundrade och därefter, samt möjliggör mer effektiv respons (mycket troligt), samtidigt som de också skapar sidonyttor. Djupgående ekonomisk och institutionell transformativ förändring möjliggör utvecklingsvägar som är motståndskraftiga ur klimatsynpunkt vad gäller havet och kryosfären (mycket troligt). {1.1, 1.4–1.7, kapitelöverskridande faktarutor 1–3 i kapitel 1, 2.3.1, 2.4, faktaruta 3.2, figur 3.4, kapitelöverskridande faktaruta 7 i kapitel 3, 3.4.3, 4.2.2, 4.2.3, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.6, 5.4.2, 5.5.3, 6.9.2, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}

C.4.2  Att intensifiera samarbetet och samordningen mellan styrande organ över olika skalor, jurisdiktioner, sektorer, policyområden och planeringshorisonter kan möjliggöra effektiva åtgärder på förändringar i havet, kryosfären och havsnivåhöjning (mycket troligt). Regionalt samarbete, inklusive fördrag och konventioner, kan vara stödjande för anpassningsåtgärder, men omfattningen av detta stöd för att hantera konsekvenser och

förluster till följd av förändringar i havet och kryosfären genom regionala policyramverk är för närvarande begränsad (*mycket troligt*). Institutionella arrangemang som ger starka samband över flera skalor till lokala samhällen och ursprungsbefolkningssamhällen gynnar anpassning (*mycket troligt*). Att åtgärder är samordnade och kompletterar varandra inom nationella och gränsöverskridande regionala policys kan stötta ansträngningar för att hantera risker för resurssäkerhet och förvaltning, till exempel vattenförvaltning och fiske (*troligt*). {2.3.1, 2.3.2, 2.4, faktaruta 2.4, 2.5, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, tabell 4.9, 5.5.2, 6.9.2}

- C.4.3  När det exempelvis gäller respons på havsnivåhöjning, vattenrelaterade risker i vissa höga bergsområden samt klimatförändringsrelaterade risker i Arktis, visar erfarenheten hittills på vikten av att även vid beslut som avser närtid, ha ett långsiktigt perspektiv och uttryckligen redovisa osäkerheten för sammanhangsspecifika risker bortom 2050 (*mycket troligt*) samt att bygga förvaltningskapacitet för att hantera komplexa risker (*troligt*). {2.3.1, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, tabell 4.9, 5.5.2, 6.9, figur SPM.5}
- C.4.4  Investeringar i utbildning och kapacitetsuppbyggnad på olika nivåer och skalor underlättar socialt lärande och den långsiktiga förmågan hos kontextspecifika lösningar att minska risker och öka motståndskraft (*mycket troligt*). Sådana aktiviteter inkluderar användning av flera kunskapssystem och regional klimatinformation i beslutsfattande samt engagemang av lokala samhällen, ursprungsbefolkningar och relevanta avnämare i anpassningsbara strukturer för styrning och planering (*troligt*). Främjande av kompetens inom klimatområdet samt nyttjande av kunskapssystem på lokal nivå och från ursprungsbefolkningar samt vetenskapliga kunskapssystem möjliggör allmänhetens medvetenhet, förståelse och social inläring om lokalspecifika risker och möjligheter till lösningar (*mycket troligt*). Sådana investeringar kan utveckla och i många fall förändra befintliga arbetssätt och möjliggöra informerade, interaktiva och anpassningsbara arrangemang för styrning (*mycket troligt*). {1.8.3, 2.3.2, figur 2.7, faktaruta 2.4, 2.4, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, tabell 4.9, 5.5.2, 6.9}
- C.4.5  Kontextspecifik klimatövervakning och beräkning av förändringar i havet och kryosfären ger underlag till planering och genomförande av anpassning samt underlättar robusta beslut gällande målkonflikter mellan korta och långsiktiga fördelar (*troligt*). Kontinuerlig klimatövervakning, delning av data, information, kunskap, förbättrade kontextspecifika beräkningar av framtida förändringar samt tidiga varningssystem för att förutsäga mer extrema El Niño / La Niña-händelser, tropiska cykloner och marina värmeböljor, hjälper till att hantera negativa konsekvenser av förändringar i havet, som till exempel förluster inom fiskerinäringen samt negativa konsekvenser för människors hälsa, livsmedelsförsörjning, jordbruk, korallrev, vattenbruk, bränder, turism, bevarande, torka och översvämningar (*mycket troligt*). {2.4, 2.5, 3.5.2, 4.4.4, 5.5.2, 6.3.1, 6.3.3, 6.4.3, 6.5.3, 6.9}
- C.4.6  Det är viktigt att prioritera åtgärder för att hantera social sårbarhet och rättvisa för att främja rättvis och jämlik klimatesiliens och hållbar utveckling (*mycket troligt*), detta kan underlättas genom att skapa trygga samhälleliga sammanhang för meningsfullt deltagande, överläggning och konfliktlösning (*troligt*). {faktaruta 2.4, 4.4.4, 4.4.5, tabell 4.9, figur SPM.5}
- C.4.7  Denna utvärdering av havet och kryosfären i ett förändrat klimat visar på de fördelar ambitiösa utsläppsminskningar och effektiv anpassning har för hållbar utveckling men också på de snabbt ökande kostnader och risker som det innebär att vänta med åtgärder. Potentialen för att kartlägga utvecklingsvägar som leder till klimatesiliens varierar inom och mellan hav, höga bergsområden och landområden i polarregionerna. Möjligheten att uppnå denna potential är beroende av transformativ förändring. Detta visar på brådskan av att i god tid prioritera ambitiösa, samordnade och varaktiga åtgärder (*högst troligt*). {1.1, 1.8, kapitelöverskridande faktaruta 1 i kapitel 1, 2.3, 2.4, 3.5, 4.2.1, 4.2.2, 4.3.4, 4.4, tabell 4.9, 5.5, 6.9, kapitelöverskridande faktaruta 9, figur SPM.5}

