Klimaendringer – nytt grunnkurs 2020

Hans Martin Seip
Professor emeritus, Kjemisk institutt, UiO; tidligere også ansatt ved CICERO Senter for klimaforskning. Mangeårig medlem av Besteforeldrenes klimaaksjon.

1. *Bakgrunn for klimakrisen.*

Siden førindustriell tid har den globale temperaturen steget med omtrent 1,1ºC. Utslippene av klimagasser har økt fram til 2019. I de første månedene i 2020 har det nok vært en nedgang på grunn av pandemien.
Det er et mål å begrense global temperaturstigning til godt under 2°C, helst bør den ikke overstige 1,5°C. Planlagt produksjon av fossilt brensel vil gi en langt større global temperaturstigning. Norge, som har tjent så mye på olje og gass, burde føle et spesielt ansvar, men i praksis ser vi lite til dette. Det finnes lyspunkter, spesielt der raske prisfallet på fornybar energi.
En snakker ikke lenger om klimaendringer, men **klimakrise.** På engelsk benyttes ofte «climate emergency», altså nødsituasjon.

Et par sitater fra ledere i det kjente tidsskriftet Nature illustrerer betydningen av å begrense klimaendringene:

- Den beste politiske løsningen synes å være å underordne all annen politikk – nasjonal og internasjonal – målet om å stabilisere jordas klima. (27 sept., 2018)
- Å redusere karbonutslippene betyr å ta smertefulle avgjørelse: stoppe nye investeringer i leting etter og produksjon av fossilt brensel, og så stenge eksisterende anlegg. Det vil ikke bli lett, men det må sies. (26 april 2018)
- …….utviklingsland – inkludert Kina og India – som er plaget av luftforurensninger i mange byområder, har begynt å se ren energi i sammenheng med helse og luftkvalitet. Klimapolitikk og bærekraftig utvikling som fremmer ren, lav-karbon energi, går hånd i hånd. (26 april 2018)[1]

I sin nyttårstale 2019 sa Angela Merkel:
Det vil være våre barn og barnebarn som må leve med konsekvensene av det vi gjør eller avstår fra å gjøre i dag. Derfor bruker jeg all min styrke for å sikre at Tyskland yter sitt bidrag - økologisk, økonomisk, sosialt - for å få klimaendringer under kontroll.

World Economic Forum har nylig utgitt «The Global Risk Report, 2020»[2]. For første gang kommer miljøproblemer som svikt i bekjempelse av klimaendringer og ekstremvær øverst på lista. Verdens meteorologiske organisasjon kom tidlig i 2020 med rapporten *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019*[3]

[1] Siste kulepunkt er tatt med mest fordi jeg selv har arbeidet mye med dette, se f. eks. Climate Change *and* Air Quality— Measures *with* Co-Benefits *in* CHINA, Environmental Science & Technology. August 15, 2006

[2] World Economic Forum. The Global Risk Report 2020.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf
Se også:
https://www.theguardian.com/business/2020/jan/24/us-and-europe-clash-over-climate-crisis-threat-on-last-davos-day

[3] https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211

Temaet for dette notatet er stort. Vi skal se på

- Drivhuseffekten – hva er det?
- Utslipp av klimagasser og konsentrasjoner
- Temperaturutviklingen hittil. Hvilke virkninger ser vi?
- Hvordan blir utviklingen videre – mulige fremtidige virkninger
- Tiltak for å redusere utslipp
- Litt om norske forhold
- Lite om
    - Tilpassing til klimaendringer
    - Geoengineering (partikler i atmosfæren, jern i havet)
    - Befolkningsvekst

2. *Litt historikk*

Den første som benyttet ordet *«drivhuseffekten»* omtrent i den betydning vi skal anvende det, var franskmannen Fourier i artikler i 1820årene. Han hadde neppe noen stor forståelse av fenomenet, og navnet er noe misvisende. I et vanlig drivhus er det mest endret luftsirkulasjon som betyr noe, og det er det ikke i fenomenet vi skal diskutere. En slik forståelse hadde imidlertid den svenske kjemikeren Svante Arrhenius. Han publiserte i 1896 en grundig artikkel der han beregnet at en dobling av CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren ville øke den globale temperaturen med 5 – 6°C.[4] I dag angis en noe lavere verdi, 1,5 – 4,5°C. Noen av siste generasjon klimamodeller (CMIP6) gir verdier opp mot 6 grader[5]. Økningen i global temperatur ved en dobling av CO_2-konsentrasjonen, når det er oppnådd likevekt, omtales som klimafølsomheten (climate sensitivity).

Drivhuseffekten er et naturlig fenomen. Uten den ville jorda vært omtrent 33 grader kaldere. Når vi snakker om drivhuseffekten, mener vi imidlertid ofte den *økte effekten* på grunn av menneskenes påvirkning av atmosfærens sammensetning.

FNs klimapanel, The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), ble opprettet I 1988 og har 195 medlemmer. Det utgir vurderingsrapporter (Assessment Reports) vanligvis med 5 – 6 års mellomrom. Disse vurderer forskningen på området; IPCC driver ikke selv forskning. Den femte og foreløpig siste vurderingsrapporten består av tre delrapporter fra ulike arbeidsgrupper og oppsummeringsrapporter. Den kom i 2013 og 2014. En del stoff i dette kapittelet er fra disse, men sjekket mot senere publikasjoner. Neste vurderingsrapport er ikke ventet før i 2021. IPCC gir imidlertid også ut andre viktige rapporter. Spesielt viktig for oss er rapporten *Global Warming of 1.5 ºC* fra 2018 der det særlig ses på forskjeller i virkninger av oppvarming på 1,5℃ og 2℃. To andre rapporter *IPCC - SROCC The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* og *IPCC Climate Change and Land* kom i 2019. Disse rapportene vil senere bli referert til som IPCC (2018), IPCC (2019a) og IPCC (2019b). Denne oversikten er i betydelig grad basert på disse rapportene.[6]

---

[4] Arrhenius, S., 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine,* 41, 251, 237-77.

[5] Zelinka et al., 2020, Causes of higher climate sensitivity in CMIP6 models, Geophysical Research Letters, https://doi.org/10.1029/2019GL085782
Se også Seip, 2020, Hvor redd skal vi være CO2? https://www.besteforeldreaksjonen.no/2020/02/hvor-redd-skal-vi-vaere-co2/

[6] IPCC-rapportene finnes ved å gå inn på https://www.ipcc.ch/
Kryosfæren er den frosne delen av jordens overflate der vann finnes i fast form i form av isbreer snødekke, tele, permafrost, havis og islagte vann.

3. *Drivhuseffekten*

Drivhuseffekten oppstår fordi kortbølget stråling fra sola i stor grad når inn til jordoverflaten som blir varmet opp. Jorda sender da ut langbølget stråling (varmestråling). En del av denne absorberes av gasser i atmosfæren, og disse sender så ut stråling. Noe av denne sendes tilbake til jorda. Som vist i Fig. 1 er bildet noe mer komplisert enn beskrevet her.

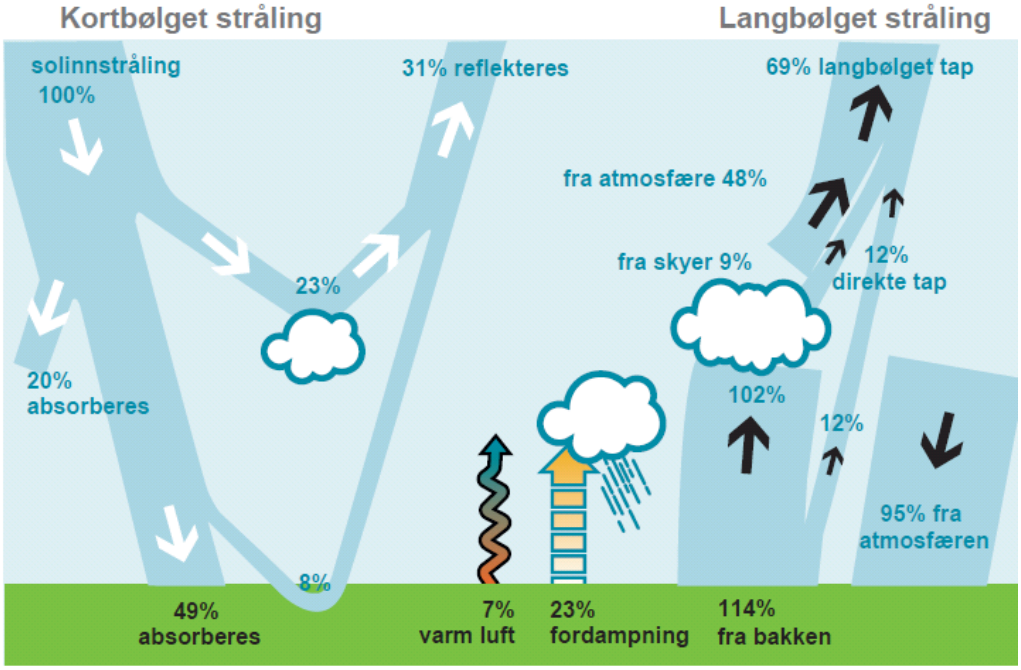


Fig. 1. *Jordas energibalanse. Solinnstrålingen (satt til 100%) er omtrent 340 W/m^2. På figuren kan det se ut som energien inn og ut øverst i atmosfæren er den samme, men i virkeligheten er det nå en liten ubalanse. Det kommer omtrent 0,6 W/m^{2}mer inn enn det går ut. Dette fører til temperaturstigning.*

Vanndamp og skyer bidrar mest til drivhuseffekten. Disse påvirkes bare indirekte av mennesker. Vanndampkonsentrasjonen innstiller seg hovedsakelig etter temperaturen. Når temperaturen øker, kan lufta ta opp mer vanndamp. Av de drivhusgassene vi sender ut i atmosfæren, er karbondioksid (CO_2) den viktigste. Det aller meste av utslippene kommer fra bruk av fossilt brensel, kull, olje og gass. For perioden 2009 – 2018 er andelen anslått til 86%. Per produsert energienhet gir forbrenning av kull omtrent dobbelt så mye CO_2 som gass. Noe kommer også fra sementproduksjon og avskoging. Metan (CH_4) spiller også en viktig rolle. Denne gassen har kort oppholdstid i atmosfæren (omtrent 10 år), mens det vil være en betydelig mengde CO_2 igjen i atmosfæren etter hundrer av år. Kilder til utslipp er avfallsforbrenning, naturgass, drøvtyggere (de raper metan) og våtmarker. Metan har mye større klimavirkning per kg enn CO_2. Siden metan har mye kortere oppholdstid enn CO_2, vil forholdet mellom virkningen av en kg metan og en kg CO_2 variere med tidsperspektivet. Dette forholdet betegnes gjerne Global Warming Potensial, GWP. I et 20års perspektiv er GWP for metan 80 – 85; i et 100års perspektiv 30 – 35. Lystgass (N_2O) er neste på listen. Den viktigste kilden er jordbruk. Ozon (O_3) er en drivhusgass. (Vi snakker her om ozon i lavere delen av atmosfæren, troposfæren.) Konsentrasjonen avhenger av konsentrasjonene av organiske stoffer og nitrogenoksider samt sollys. En del andre stoffer, f. eks. hydrofluorkarboner, er også drivhusgasser, men spiller mindre rolle.

Bildet kompliseres av at partikler i atmosfæren også har en betydelig virkning. De fleste partikler (aerosoler) har en avkjølende virkning siden de sprer innkommende ståling. Store vulkanutbrudd kan medføre lavere global temperatur i et par år. Sotpartikler har imidlertid en oppvarmende effekt. De absorberer innkommende lys på grunn av sin mørke farge.

4. *Studier av klimaendringer*

Vi kan dele studier av klimaendringer i tre grupper:

- *Instrumentelle målinger* av temperatur, nedbør, vind med mer. For temperaturer er det noenlunde brukbare verdier fra midten av 1800-tallet eller litt seinere. Det er ikke en enkel sak å komme fram til en midlere global temperatur basert på bakkemålinger. I noen områder, som polarområdene, er det langt mellom målestasjonene. Ulike grupper bruker litt forskjellige metoder så de kommer fram til litt varierende kurver for temperaturutviklingen, men forskjellene er ikke store. Nå brukes også satellitt-målinger av temperaturen. Det er også betydelige problemer knyttet til disse. Det er mye mer komplisert å måle nedbør enn temperatur, og usikkerheten i målingene er betydelig større.
- *Paleoklimatiske metoder* brukes for å studere fortidens klima. En kan benytte variasjoner i f. eks. iskjerner, sedimenter, årringer i trær eller koraller (naturlige arkiver). Iskjerner fra Antarktis og Grønland har for eksempel gitt viktige opplysninger om CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren i de siste 800 000 år ved at en har analysert lufta i små bobler som er sperret inne i isen.
- *Klimamodeller* basert på kunnskap om klimasystemet. Klimamodellene er blitt mer og mer kompliserte ved at flere prosesser tas med. Komplekse modeller kobler ikke bare atmosfære og hav, men har også beskrivelser av skyer, nedbør, aerosoler, is-prosesser med mer. Såkalte *Earth System Models* beskriver også kilder og sluk for karbon. Det er fortsatt betydelig usikkerheter i beskrivelsen av mange prosesser. Likevel viste en gjennomgang at de fleste klimamodeller publisert mellom 1970 og 2007 reproduserte observert global overflatetemperatur i etterfølgende år rimelig bra[7]. Statistikeren George Box har sagt: *Alle modeller er gale, men noen modeller er nyttige.* Vi kan trygt si at klimamodellene er nyttige. De er nødvendige for at vi skal kunne si noe om fremtidens klima.

5. Tilbakekoblinger (feedbacks) og vippepunkter

Øker temperaturen skjer det andre endringer som i sin tur påvirker temperaturen, for eks:

- Mer vanndamp i atmosfæren – temperaturen øker siden vanndamp er en klimagass.
- Mindre is og snø – mindre sollys reflekteres – temperaturen øker
- Mindre permafrost. Økte utslipp av metan og CO_2 og temperaturen øker.
- Endring i skydekningen – Usikkert, men høyst sannsynlig forsterkende.

Dette er eksempler på positive tilbakekoblinger, det vil si de bidrar til større temperaturstigning. Det finnes også negative tilbakekoblinger som motvirker temperaturøkningen. Et mulig eksempel er at utbredelsen av skog kan spre seg mot nord og mot større høyder over havet. Disse trærne vil ta opp CO_2. Totalt sett er de positive tilbakekoblingene dominerende.

Dersom temperaturstigningen går over en viss grense, er det (tilnærmet) umulig å snu utviklingen av noen prosesser. Disse grenseverdiene kalles gjerne *vippepunkter*. Smeltingen av Grønlands innlandsis er et eksempel. Vippepunktet kan være ved en økning i global temperatur på bare 1,5 - 2°C. Ifølge en artikkel publisert i januar 2019, kan vippepunktet allerede være nådd.[8] Smelting av permafrost og ødeleggelse av regnskogen i Amazonas på grunn av tørke er andre eksempler. En oppdatert beskrivelse av vippepunkter er gitt i en artikkel av Lenton og medarbeidere[9].

6. Utslipp og konsentrasjoner av klimagasser

---

[7] Z. Hausfather et al, 2019. Evaluating the performance of past climate model projections. Geophys. Res. Letters. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2019GL085378

[8] M. Bevis er al., 2019. Accelerating changes in ice mass within Greenland and the ice sheet's sensitivity to atmospheric forcing. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1806562116.
Men se også Shepherd et al., 2020. Mass balance of the Greenland Ice Sheet from 1992 to 2018 https://www.nature.com/articles/s41586-019-1855-2

[9] Lenton et al 2019, Climate tipping points - too risky to bet against. Nature 575, 592 – 593.

Utslipp av CO_2 til atmosfæren for landene med størst utslipp og for resten av verden fra bruk av fossilt brensel for perioden 1960 til 2019 er vist i Fig.2.[10] Foreløpige tall tyder på at fra 2018 til 2019 har utslippene i Kina gått opp med 2,6%, og utslippene både i USA og EU avtatt med 1,7%. Totalt var utslippene av CO_2 i 2018, inkludert utslipp fra endret bruk av land, omtrent 42,2 $GtCO_2$. Tar vi med alle klimagasser og regner om til CO_2-ekvivalenter i et hundreårsperspektiv, blir globale utslipp 55,3 $GtCO_2$-ekv.
Kina er det landet som har størst utslipp, men per person er utslippene i USA mye større.

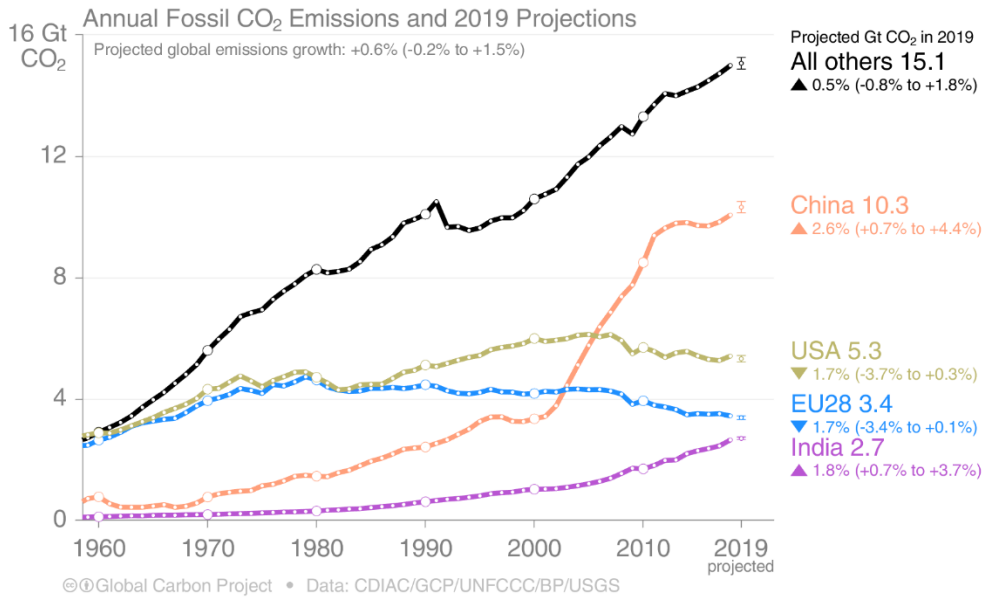


Fig. 2. CO_2-utslipp fra bruk av fossilt brensel for viktige land og for resten av verden samlet. Verdiene for 2019 er foreløpige. Gt er det samme som milliarder tonn. Utslipp per person var i 2018 (i tonn): USA: 16.8; Kina: 7, 0; EU: 6,7; India: 2,0; Norge: 8,3. Gjennomsnittet i verden var 4,8.

[10] Figuren er fra Global Carbon Budget 2019. https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019/. Mange Figurer kan hentes fra «Figures from the Global Carbon Budget 2019» http://folk.uio.no/roberan/GCB2019.shtml
En rapport fra IEA (februar 2020) angir at utslipp knyttet til energiproduksjon var nær den samme i 2019 som i 2018. https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019

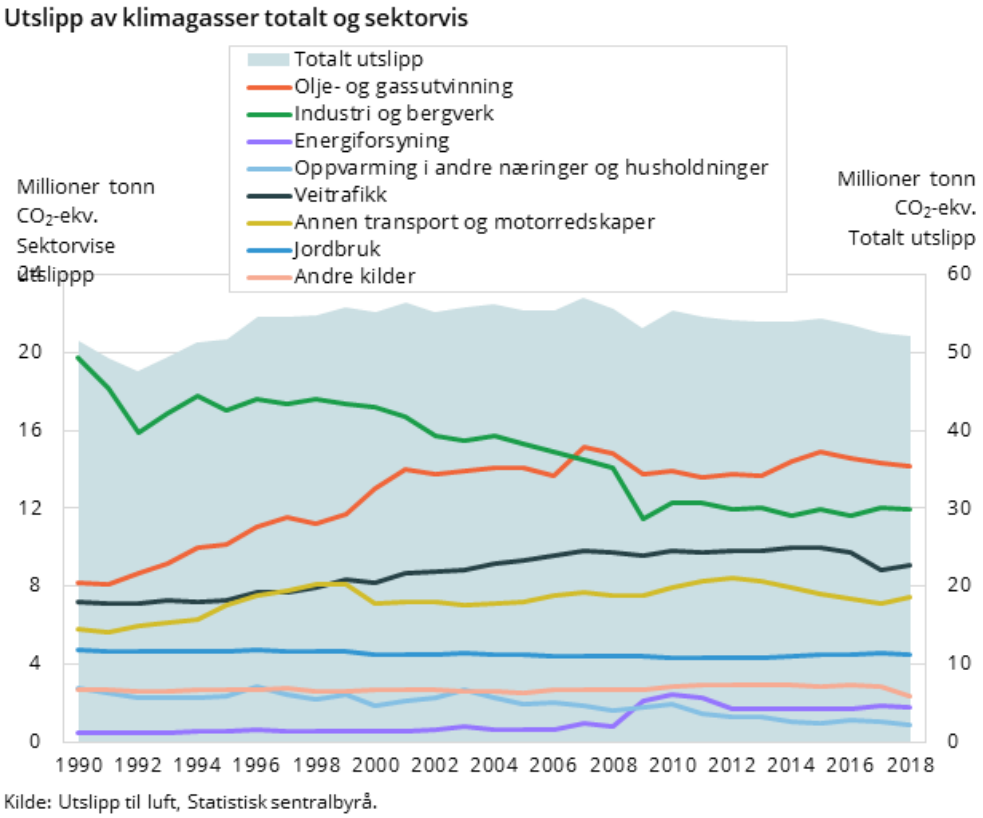


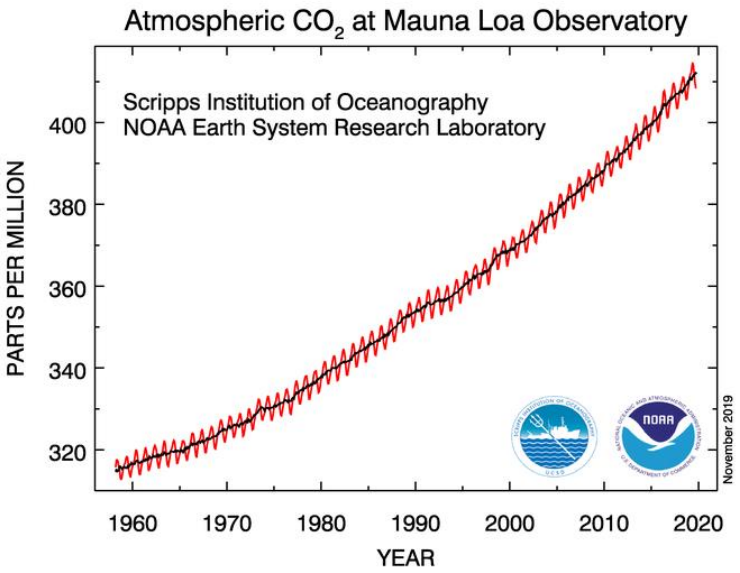
Fig. 3. Norske utslipp klimagasser fra 1990 til 2018. Bidrag fra andre gasser enn CO_2 er beregnet for et 100-års perspektiv. Kilde: SSB. Norske bidrag til internasjonal luft- og skipsfart er ikke med.

Fig. 3 viser norske utslipp av klimagasser fra 1990 til 2018. Utslippene var litt høyere i 2018 enn i 1990. Ser vi bare på den viktigste klimagassen, CO_2, var det en betydelig økning, hele 24%. Den lille nedgangen i totale utslipp fra 2017 til 2018 (0,9 %) skyldes hovedsakelig nedgang i utslipp av hydrofluorkarboner (HFKer) [11].

Litt under halvparten av den CO_2-mengden vi slipper ut, blir i atmosfæren. Resten tas opp i havet eller på land.[12] CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren har økt betydelig siden førindustriell tid fra omkring 280 ppm (parts per million) til over 410 ppm, se Fig. 4.

[11] Den store prosentvise nedgangen i HFK-utslipp fra 2017 til 2018 henger sammen med beregningsmåten for disse gassene, se https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/liten-endring-i-utslipp-av-klimagasser

[12] Det er store naturlige CO_2-strømmer til og fra atmosfæren. Det er derfor riktigere å si at CO_2-mengden i atmosfæren øker med knapt halvparten av utslippene. Det er ikke nødvendigvis de molekylene som slippes ut, som forblir i atmosfæren.



:

Fig. 4. CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren. Nøyaktige målinger begynte først i 1958. Før det har en spredte målinger, men de var ofte unøyaktige og/eller påvirket av lokale forhold. [13]

Metankonsentrasjonen i atmosfæren har økt med en faktor på omtrent 2,5 siden førindustriell tid og er nå omtrent 1870 ppb (parts per billion). (Billion er her etter amerikansk og engelsk definisjon og svarer til vårt milliard). I perioden 1999 – 2006 var konsentrasjonen nesten konstant for så å øke igjen. Det er fortsatt diskusjon om årsakene til dette.[14]

7. Utviklingen i temperatur

Global temperatur fra 1880 til 2019 er vist i Fig. 5. Økningen fra førindustriell tid er omtrent 1,1 grad C. Økningen er størst i Arktis, der den er spesielt stor om vinteren. Det er flere forskergrupper som utarbeider slike kurver. Resultatene er litt forskjellige selv om det i stor grad brukes samme rådata. Dette henger særlig sammen med at data fra områder med få målestasjoner (polområdene) behandles litt ulikt.

Vi ser at økningen i temperatur er langt mer ujevn enn økningen i CO_2-konsentrasjonen. Dette skyldes delvis virkninger av andre stoffer i atmosfæren. Partikkelkonsentrasjonen er for eks. viktig. Det vil være variasjoner både i naturlige utslipp (vulkanutbrudd) og menneskeskapte utslipp. Andre naturlige variasjoner spiller også inn, spesielt variasjoner i havstrømmer som fører til at vekslende varmemengder lagres i havet. ENSO-fenomenet (El Niño – Southern Oscillation) er viktig. Dette er et fenomen knyttet til luft- og havstrømmer i den tropiske delen av Stillehavet. Under El Niño-forhold er det øvre laget av havet utenfor vestkysten av Sør- og Mellom- Amerika uvanlig varmt. Slike forhold kommer gjerne med 2-7 års mellomrom. Utpregede El Niño-forhold medfører høy global temperatur.[15]

---

[13] Se Seip, 2008. Lite skeptiske klimaskeptikere: http://cicero.uio.no/no/posts/klima/lite-skeptiske-klimaskeptikere

[14] Se https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/

[15] El Niño betyr gutten. Fenomenet oppstår ofte ved juletider, og fiskerne i Sør- og Mellom-Amerika ga det dette navnet med tanke på Jesu fødsel. Den motsatte fasen betegnes ofte La Niña (jenta). Det er et naturlig fenomen som kan spores mange hundre år tilbake. Det er mulig at klimaendringer kan påvirke frekvensen og/eller styrken. Den norske meteorologen Jacob Bjerknes var den første som ga en vitenskapelig forklaring på fenomenet.

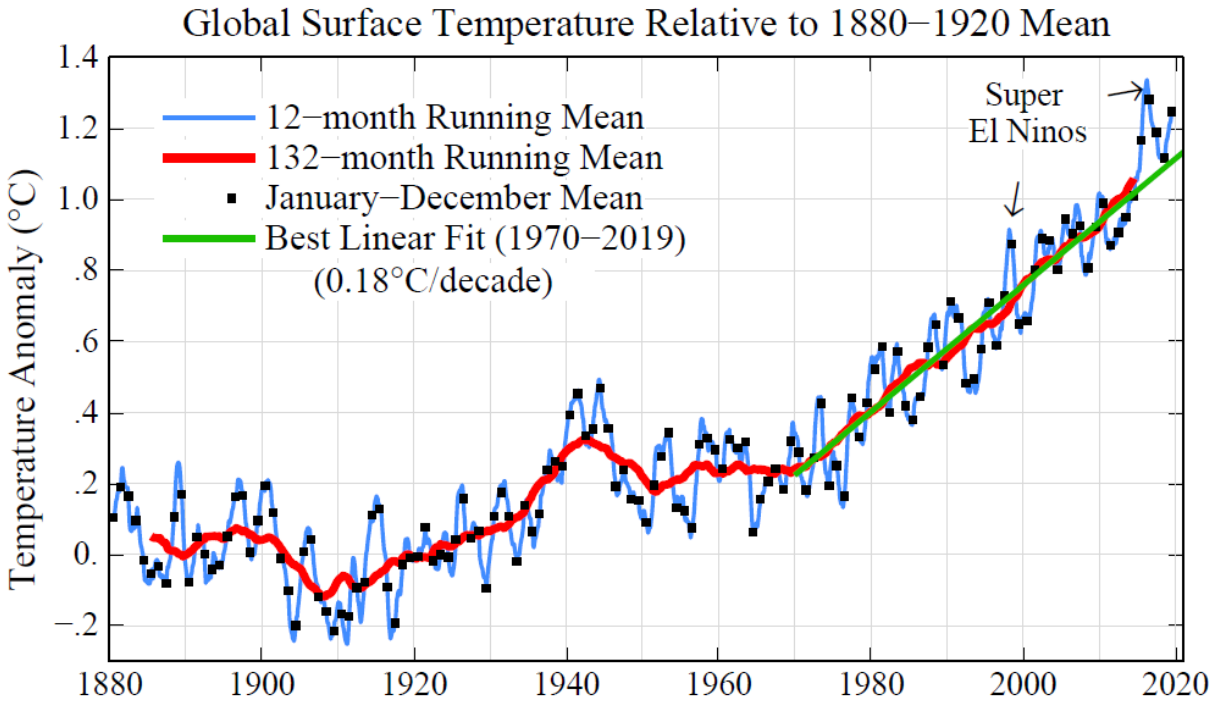


Fig. 5. Global temperatur 1880 – 2019. Legg merke til den høye temperaturen ved «Super El Niño». I 1991 var det et stort vulkanutbrudd på Filippinene (Pinatubo). Dette medførte store partikkelutslipp som førte til relativt lave temperaturer i 1992-1993. De siste fem årene er de varmeste i denne perioden.[16]

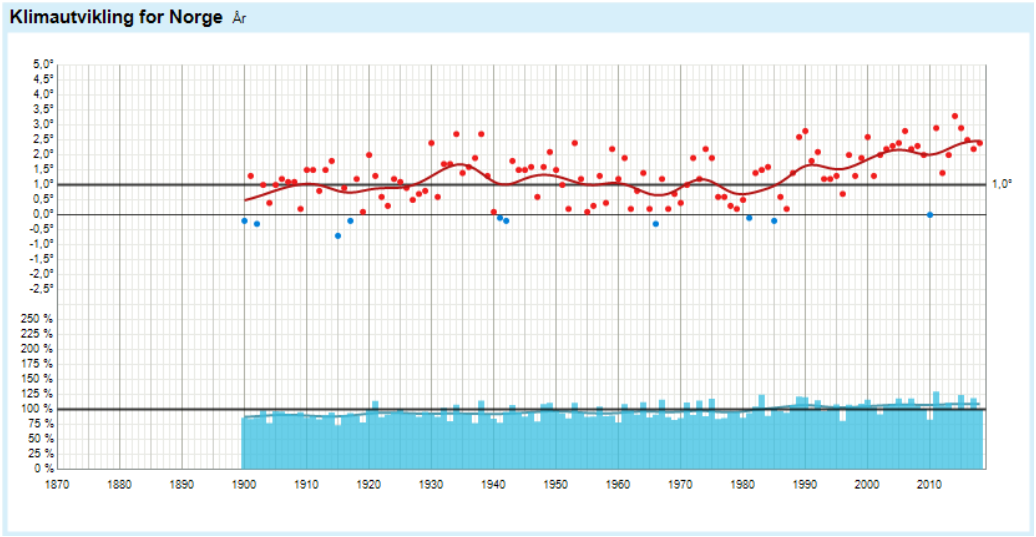


Fig. 6. Utviklingen i temperatur og nedbør i Norge.

Klimautviklingen i Norge fra 1900 til 2018 er vist på Fig. 6. Temperaturøkningen varierer i ulike deler av landet. Økningen har vært spesielt stor på Svalbard, 3 -5 grader de siste 40 – 50 årene. Temperaturstigningen der har vært størst om vinteren[17].

[16] Fra https://mailchi.mp/272968f17fb2/global-temperature-in-2019?e=6de79f3c62
Usikkerheten er stor under verdenskrigene, se Huang et al
https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JCLI-D-19-0395.1

[17] Hanssen-Bauer et al, Climate in Svalbard 2100 (2019)

Temperaturutviklingen siden siste istid (Halocen) er vist i Fig. 7. Det er selvfølgelig betydelige usikkerheter i temperaturen i tidligere tider, men mye tyder på at det ikke har vært høyere globale temperaturer enn i dag i denne perioden.

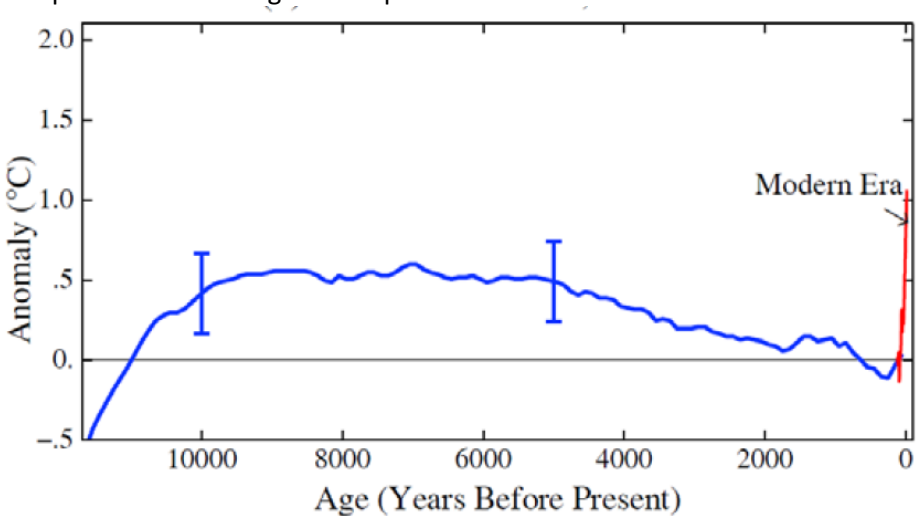


Fig. 7. Temperaturutviklingen i Halocen. De loddrette linjene indikerer usikkerheten.

8. Virkninger

Klimaendringer har påvirket naturlige systemer og mennesker på alle kontinenter og alle havområder. En del virkninger ser vi allerede i dag, men hvis ikke utslippene reduseres raskt og drastisk, vil det bli adskillig verre i nær fremtid. Når det gjelder ekstremvær, f. eks. svært kraftige nedbørepisoder og hetebølger, angis det oftest hvordan sannsynligheten for slike endres ved global oppvarming. Det arbeides imidlertid med metoder for å kunne si noe om bidraget fra global oppvarming til enkeltepisoder. [18,19]

Fig 8 som er tatt fra IPCC (2018), viser noen av systemene som påvirkes, hvordan det er i dag og hva som kan skje i fremtiden. Vi ser at det allerede observeres betydelige skader på varmtvanns-koraller, i Arktis og flom i kystområder. Også terrestriske systemer er utsatt og hetebølger gir økt sykdom og dødelighet. Den siste rapporten fra World Economic Forum angir ekstremvær som en av de største farer menneskeheten står overfor[2]. Vi skal her for det meste se på hvilke endringer vi ser i dag, fremtidig mulig utvikling vil bli diskutert mer seinere.

Stigning i havnivå. Ved global oppvarming stiger havnivået både fordi varmere vann har lavere tetthet[20], og fordi isbreer og innlandsis smelter. I perioden 1902 – 2012 steg det midlere havnivå med omtrent 15 cm, og stigningen i senere år har vært omtrent 3 mm/år ifølge en undersøkelse (Dangendorf og Marcos, 2018).[21] Stigningen varierer fra sted til sted.

Havis, innlandsis og isbreer. Global oppvarming gir mindre havis i Arktis, særlig om sommeren. Endringene for perioden der en har satellittmålinger, er vist i Fig. 9. De siste 20 år har massen av innlandsisen på Grønland avtatt. Endringene i innlandsisen i Antarktis har det vært vanskeligere å måle, men det synes nå klart at ismassen avtar også her[22].

---

[18] Se f. eks. Schiermeier, 2018, Climate as culprit, Nature, 560, 20 - 22.

[19] Climate crisis linked to at least 15 $1bn-plus disasters in 2019 https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/climate-crisis-linked-to-at-least-15-1bn-plus-disasters-in-2019

[20] Tettheten av saltvann avtar hele tiden med økende temperatur, mens tettheten av ferskvann er størst ved 4°C.

[21] Se Dangendorf and Marcos, 2018. A reconciled estimate of 20th century global mean sea level rise.

[22] IPCC, 2019b, The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, CH. 3.

Isbreer har krympet nesten over hele verden. En publikasjon fra april 2019 angir at for perioden 2006 – 2016 har smelting av isbreer bidratt med en stigning i havnivået på 0,92 ± 0,39 mm per år. (Innlandsisen i Antarktis og på Grønland er ikke inkludert.)

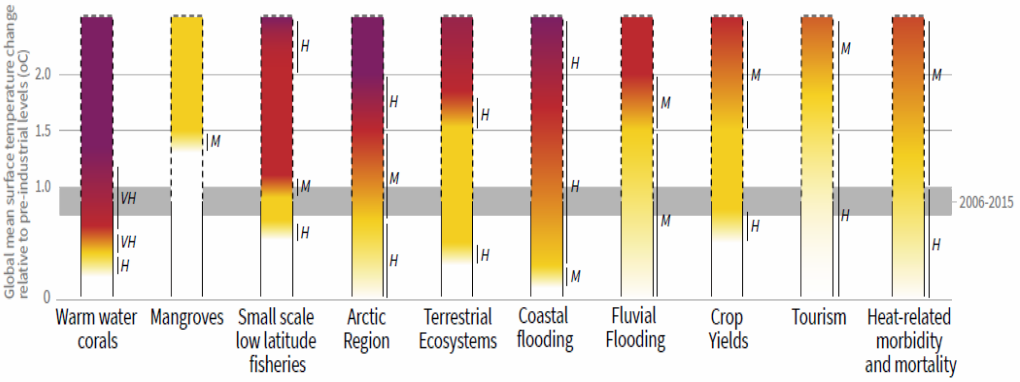


Fig. 8. Virkninger og risiko for virkninger for en del systemer. Temperaturøkning fra førindustriell tid er gitt på y-aksen. Hvitt felt betyr ingen påvist skade, farger fra gult til purpur indikerer økende skade. H betyr at det er stor tiltro til resultatene, M står for middels tiltro.

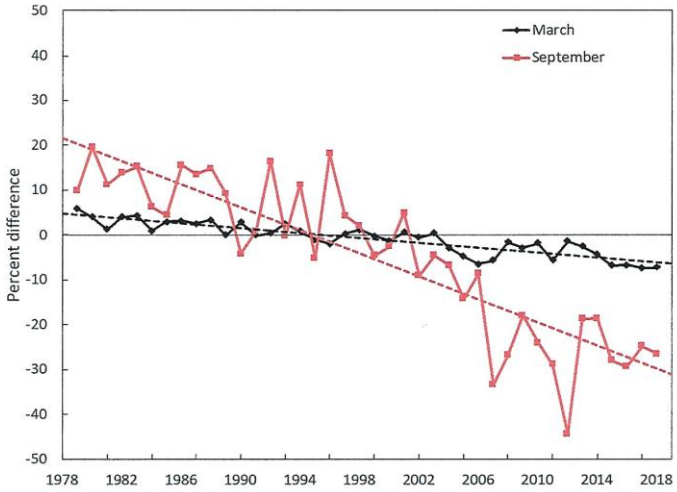


Fig. 9. Avtakende havis i Arktis. Avvik i prosent fra middelet for 1981 -2010. September er måneden med minst is, mars måneden med mest. I 2019 var marsverdien litt over verdien i 2018 mens septemberverdien var omtrent som i 2007,

Helsevirkninger omfatter direkte skader av hetebølger (ofte kombinert med høyt forurensingsnivå) som i store områder i Europa i 2003 og i det sørlige Europa i 2017.
Organismer som forårsaker sykdom kan spres til nye områder (malaria, flått). Spredning av malaria kan imidlertid motvirkes ved til dels enkle tiltak (utdeling av myggnett).

Tørke. Noen tørre områder har blitt enda tørrere. Tørke spiller en betydelig rolle når det gjelder sannsynligheten for branner i skog, lyng og gress. Både i 2017, 2018 og 2019 har det vært svært alvorlige branner i en rekke land (Chile, Portugal, Kroatia, Frankrike, Australia, Sverige, California og andre stater i USA, Grønland). De siste månedene har brannene i Australia vært særlig dramatiske. Klimaendringer antas å være en medvirkende faktor til økningen av slike branner[23]. Sommeren 2018 var det en uvanlig lang tørkeperiode i Norge, særlig på Østlandet.[24]

---

[23] Estimater for globale CO2-utslipp fra branner for perioden 2003 til 2019 (dekker månedene jan – nov) viser likevel en svak nedadgående trend. Dette tilskriver endringer i skogskjøtsel og bruk av branner i tropene. https://atmosphere.copernicus.eu/did-2019-really-bring-us-unusual-number-wildfires

[24] Meteorologisk Inst (2019), Tørkesommeren 2018

Nedbør. I overensstemmelse med modellberegninger har det vært flere episode med ekstrem nedbør i noen områder. Dette har medført flommer blant annet i Norge.

Jordbruk. Virkninger på jordbruk er vanskelige å bestemme, og resultatene spriker en del. I tillegg til endringer i temperatur og nedbør, vil blant annet mer ekstremvær kunne få alvorlige følger. Dette så vi i Sør-Norge i 2018. Økt CO_2-konsentrasjon fører generelt til at planter tåler tørke bedre. Mange planter vokser også raskere ved høyere CO_2-konsentrasjon. Dette gjelder ikke såkalte C4-planter som mais og sukkerrør. Planter som vokser raskere, kan imidlertid tape i næringsinnhold. Vi skal komme tilbake til virkningene på jordbruket når vi skal se på virkninger i fremtiden.

Havforsuring. En betydelig del av den CO_2 som slippes ut i atmosfæren, tas opp av havet. Siden CO_2 og vann gir karbonsyre, fører dette til havforsuring.[25]
$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$
Dette er altså ikke et resultat av global oppvarming, men en helt annen virkning av CO_2. Noen organismer med kalkskall antas å bli påvirket først. Korallrev er blant de økosystemer som kan påvirkes mest av havforsurning og varmere vann. Nesten alle varmt-vanns korallrev antas å bli ødelagt ved 2°C global oppvarming.
Vi skal også se nærmere på *tropiske sykloner* i et senere avsnitt.

9. Internasjonale klimaavtaler

Kyoto-avtalen fra 1997 ble undertegnet av de aller fleste land i verden. USA har imidlertid aldri ratifisert den, og Canada har trukket seg. Bare industrilandene hadde forpliktelser. Norge oppfylte sine, men bare fordi avtalen inneholdt såkalte fleksible mekanismer (kvotehandel, felles gjennomføring og Den grønne utviklingsmekanismen (Clean Development Mechanism, CDM)). CDM gjorde det mulig for rike land å investere i klimatiltak i utviklingsland og få godskrevet noe av gevinsten. Som det fremgår av Fig. 2 har de globale CO_2-utslipp økt sterkt i tiden etter Kyoto-avtalen ble inngått. Dette skyldes økte utslipp i utviklingsland, særlig Kina.
Paris-avtalen (2015)

- I Paris-avtalen er målet at temperaturstigningen sammenliknet med førindustriell tid skal være godt under 2 grader. Landene skal arbeide for å begrense temperaturstigningen til 1,5 grad.
- Mål om netto null utslipp (dvs. balanse mellom menneskeskapte utslipp og opptak av klimagasser) i andre halvdel av århundret.
- Landene har meldt inn hvor mye de vil redusere utslippene (NDC: Nationally determined contributions). Disse forpliktelser er langt fra nok til å begrense temperaturstigningen til 1,5 – 2 grader.

Trump har erklært at USA trekker seg fra Paris-avtalen. Det vil gjelde fra november 2020.
På det såkalte COP24-møtet[26] i Katowice i Polen i desember 2018 forsøkte man å bli enige om noen «kjøreregler» for Parisavtalen. Det ble oppnådd noe, men problemer gjenstår:

- Partene ble enige om at det skulle være felles og bindende regler for alle land.
- Behovet for økte ambisjoner: Landene skal sende inn nye forslag til utslippsreduksjoner (mer ambisiøse enn de gamle) hvert femte år, første gang i 2020.
- Klimafinansiering: Rike land skal bidra til klimatiltak i fattige land, men regelboka inneholder ikke en klar definisjon av hva som teller som klimafinansiering, og land står fritt til å melde inn ulike former for finansiering – fra offentlig støtte til private lån.

[25] Havet har normalt en pH over 8; det er altså svakt basisk. Selv ved adskillig høyere CO_2-konsentrasjon i atmosfæren vil pH de aller fleste steder fortsatt være over 7, altså ikke surt, men mindre basisk.
[26] COP24 er det uformelle navnet på the 24th Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Denne konvensjonen stammer fra et møte i Rio i 1992.

- Når det gjelder markedsmekanismer (kvotehandel, bærekraftig utviklingsmekanisme) ble det ikke enighet om reglene.
- Det gjenstår også problemer med internasjonal luft- og skipsfart.

I desember 2019 ble COP25 arrangert i Madrid[27]. Det ble oppnådd lite. De fleste problemene ble utsatt til neste møte som skal være i Glasgow. Planen var å holde det høsten 2020, men møtet et nå utsatt til 2021 på grunn av pandemien .

10. Utslippsscenarier og beregnete temperaturendringer

Klimamodellene kan si oss noe om hva vi kan forvente i fremtiden, men vi må da anta noe om hva utslippene blir. De såkalte «Representative Concentration Pathways» (RCPs) har vært, og er fortsatt, mye brukt. Disse betegnes etter deres strålingspådriv[28] i år 2100. De mest brukte er RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 og RCP8.5, se Fig. 10. I IPCC (2018) benyttes også noen andre scenarier.
Beregnete temperaturintervaller for de ulike gruppene av scenarier er vist til høyre i Fig. 10. Som nevnt tidligere, er det størst temperaturstigning i Arktis. Fig. 11 viser at slik vil det også være videre i dette århundret.

Vi ser at skal der være håp om å begrense temperaturstigningen til under 2 grader, kreves det drastiske utslippskutt, og de må starte omtrent umiddelbart. En rapport fra UN Environment Programme beskriver det som omtales som «emisjonsgapet», det vil si forskjellen mellom summen av antatte utslipp fra alle land og det som maksimalt kan slippes ut dersom den globale temperaturen ikke skal stige med mer enn 1.5°C eller 2°C. Ifølge rapporten må utslippene reduseres med 7,6 prosent per år fra 2020 til 2030 for å nå 1.5°C målet og 2,7 present per år for å nå 2°C målet[29,30]. Mot slutten av dette århundret er det sannsynligvis nødvendig med «negative utslipp». Det betyr at CO_2 må fjernes fra atmosfæren. Vi skal komme tilbake til mulige metoder, men kan allerede her si at å få til negative utslipp i stor nok skala, byr på store utfordringer.

---

[27] Se https://www.climatechangenews.com/2019/12/16/cop25-achieved-next/
Det er et paradoks at disse møtene er sponset av foretak som er store forurensere.
https://www.commondreams.org/views/2019/12/03/meet-big-polluters-sponsoring-cop25

[28] Strålingspådriv eller strålingspådrag (radiative forcing) er et mål på hvilken virkning en naturlig eller menneskeskapt faktor har som mulig klimaendringsmekanisme. Strålingspådrivet er definert som endring i differansen mellom innkommende solstråling og utgående varmestråling fra jorda og måles i W/m².

[29] UNEP, 2019, Emissions Gap Report.
http://www.unenvironment.org/emissionsgap

[30] En diskusjon av utslipp fra forbruk av fossilt brensel i det neste tiåret er gitt i Liebreich: Peak Emissions Are Closer Than You Think – and Here's Why, https://about.bnef.com/blog/peak-emissions-are-closer-than-you-think-and-heres-why/?utm_source=Energi+og+Klima+og+Klimastiftelsens+e-postliste&utm_campaign=3e7287c9cc-RSS_EMAIL_CAMPAIGN_FREDAG&utm_medium=email&utm_term=0_95967e5ed6-3e7287c9cc-569484557

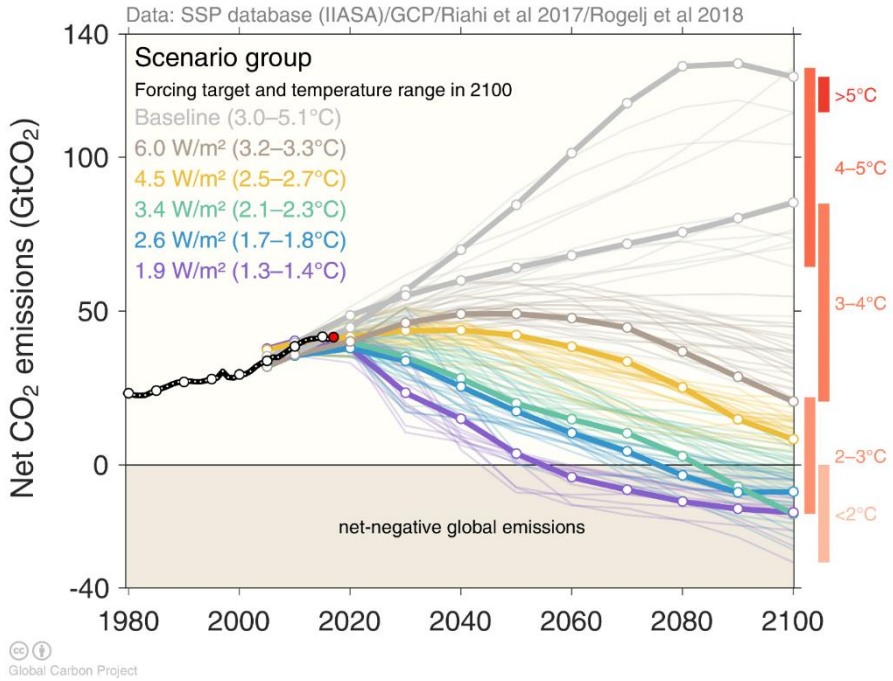


Fig. 10. CO_2-utslipp i ulike utslipps-scenarier. Også utslipp av andre klimagasser og partikler må kvantifiseres. Ulike sett av antakelser kan gi omtrent samme strålingspådriv så det er egentlig snakk om grupper av scenarier. (Vist ved svake linjer.) RCP8.5 (øverste kurve) er et pessimistisk scenario der utslippene øker nesten hele dette århundret. RCP 2.6 er et optimistisk scenario der utslippene avtar raskt fra omtrent 2020.

Med forpliktelsene i den opprinnelige Paris-avtalen[31] er det knapt 60% sannsynlighet for at temperaturstigningen i dette århundret skal bli mindre enn 3°C. Sannsynligheten for mindre enn 2°C er omtrent 8%.

Karbonbudsjettet. Dette begrepet angir hvor mye CO_2 som fortsatt kan slippes ut uten at den globale temperaturen stiger med mer enn 2°C eller 1,5°C. Det er flere måter å beregne dette på. I en artikkel fra 2019 angis det at skal det være 66% sannsynlighet for at temperaturstigningen ikke blir mer enn 2°C, må utslippene fra og med 2019 være mindre enn 1070 Gt. Dette svarer til omtrent 27 år med dagens utslipp. Med 66% sannsynlighet for at temperaturstigningen ikke skal være mer enn 1,5°C er verdien bare 320 Gt noe gir bare 8 år med dagens utslipp. Selv om usikkerhetene er store, for eksempel ±250 Gt for 1,5°C, er det helt klart at det er nødvendig med raske og dramatiske utslippskutt.[32]

[31] Paris-avtalen inneholder landenes oppgitte utslipp fram til 2030. Beregningene her antar omtrent konstante globale utslipp fra 2030 til 2100. Fawcett et al., 2015. *Can Paris pledges avert severe climate change?* Science, 350, 1168-1169.

[32] J. Rogelj et al., 2019. Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets, Nature 571, 335 – 342.

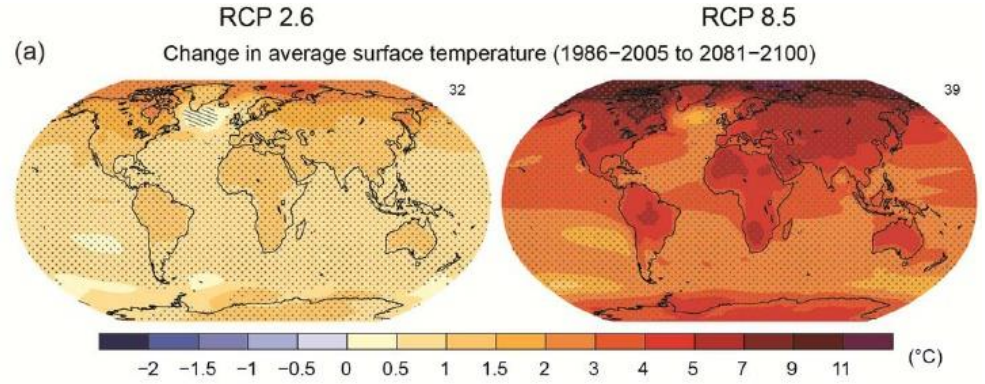


Fig. 11. Beregnete regionale endringer i temperatur i dette århundret for et optimistisk (RCP2.6) og et pessimistisk (RCP8.5) scenario.

Produksjonsgapet. En rapport fra høsten 2019[33] sammenlikner planlagt produksjon av fossilt brensel med det som kan benyttes dersom global temperaturstigning ikke skal bli mer enn 2°C eller 1,5°C. En hovedkonklusjon er at sett samlet for alle produksjonsland planlegges det å produsere omtrent 50 prosent mer fossilt brensel i 2030 enn det som stemmer med et 2°C scenario og 120 prosent er enn det som vil svare til et 1,5°C scenario. Dette globale produksjonsgapet er enda større enn emisjonsgapet omtalt tidligere. Dette henger sammen lite politisk vilje til å begrense produksjonen, og dermed ambisiøse nasjonale planer, subsidier til produsenter og andre former for offentlig finansiering.

Produksjonsgapet er generelt størst for kull, men i 2040 er det beregnet å være omtrent like stort for kull og olje for 2°C temperaturstigning. For gass er det også et betydelig gap i 2040, men det er stor forskjell på 1,5 og 2 grader. Dersom vi godtar 2°C oppvarming, kan gassproduksjonen være omtrent den samme i 2040 som nå, mens en grense på 1,5°C krever snarlig og betydelig reduksjon. Rapporten påpeker det uheldige i at internasjonale avtaler ikke gir noe initiativ til å begrense produksjon av fossil energi siden det bare er territoriale utslipp som registreres. Den hevder også at det er en vanlig misforståelse at redusert produksjon et sted, bare fører til en like stor økning et annet sted. Det henvises til en studie der det ble funnet at ved en reduksjon i oljeproduksjonen på ett fat et sted reduseres den globale produksjonen med mellom 0,2 og 0,6 fat.

11. Virkninger av fremtidige temperaturstigning.

Havnivå. IPCC (2019b) beregnet at middels havnivåstigning i dette århundret ved et lavt utslippsscenario (RCP 2.6) er 43 cm og 84 cm ved et høyt utslippsscenario (RCP 8.5). Nivået vil fortsette å stige etter 2100. Det vil være store lokale variasjoner. Mange forskere tror at nivået kan komme til å stige raskere. Ifølge en studie publisert i januar 2019 går smeltingen av isen på Grønland mye fortere enn tidligere målinger ha tydet på, og vippepunktet der det blir svært vanskelig å hindre at mesteparten av isen forsvinner, kan være nådd. Dersom all isen forsvinner, vil havet stige med omtrent 7 m. En slik nedsmelting vil imidlertid ta flere hundre år.

Jordbruk. Som beskrevet i avsnitt 8 påvirkes jordbruksavlingene av en rekke forhold. Verdensbanken publiserte i 2014 rapporten «Turn Down the Heat» der virkningene av en stigning i global temperatur på 4°C i forhold til temperaturen i perioden 1980 – 2010, ble diskutert. Resultatene for viktige jordbruksprodukter er vist i Fig. 12. Vi ser at mens områdene i nord kommer ut med økte avlinger, er det beregnet dramatiske reduksjoner i varmere strøk. Mange utviklingsland er sterkt utsatt.

[33] SEI og andre, 2019. The Production Gap, http://productiongap.org/
Se også Seip, Utslippskutt kan ikke vente https://www.besteforeldreaksjonen.no/2019/12/utslippskutt-kan-ikke-vente/

Forhåpentlig vil vi unngå en så stor endring i temperaturen som antatt her. IPCC (2018) har vurdert mindre stigninger. Rapporten konkluderer med at samlet tyder resultater av studier av virkninger av endringer i temperatur, nedbør, CO_2-konsentrasjon og ekstremvær på at en global oppvarming på 2°C fører til større tap av globale avlinger og næringsverdi enn en global oppvarming på 1,5°C.

Tropiske sykloner (orkaner, tyfoner)
Tropiske sykloner forårsaker ofte dramatiske skader på mennesker og miljø. Følgene av økning i global temperatur er noe usikker. Det ser imidlertid ut til at det blir flere av de sterkeste syklonene (kategori IV og V) når temperaturen øker, men ikke nødvendigvis i alle havområder. Mest sannsynlig i det nordlige Atlanterhav og i deler av Det indiske hav. Det totale antall blir sannsynligvis omtrent det samme eller kan til og med gå litt ned. En studie fra juni 2018 fant at hastigheten som sykloner beveger seg med, i gjennomsnitt hadde avtatt med omtrent 10% fra 1949 til 2016. Nedgangen var særlig tydelig i enkelte kystområder. Dette kan medføre at nedbørmengden som følger med syklonen, øker betydelig i noen områder. Nedbøren fører ofte til vel så store skader som vinden. Den tropiske stormen Harvey (august 2017), som bl. a. rammet Texas, forårsaket spesielt store skader, delvis fordi den beveget seg uvanlig langsomt.

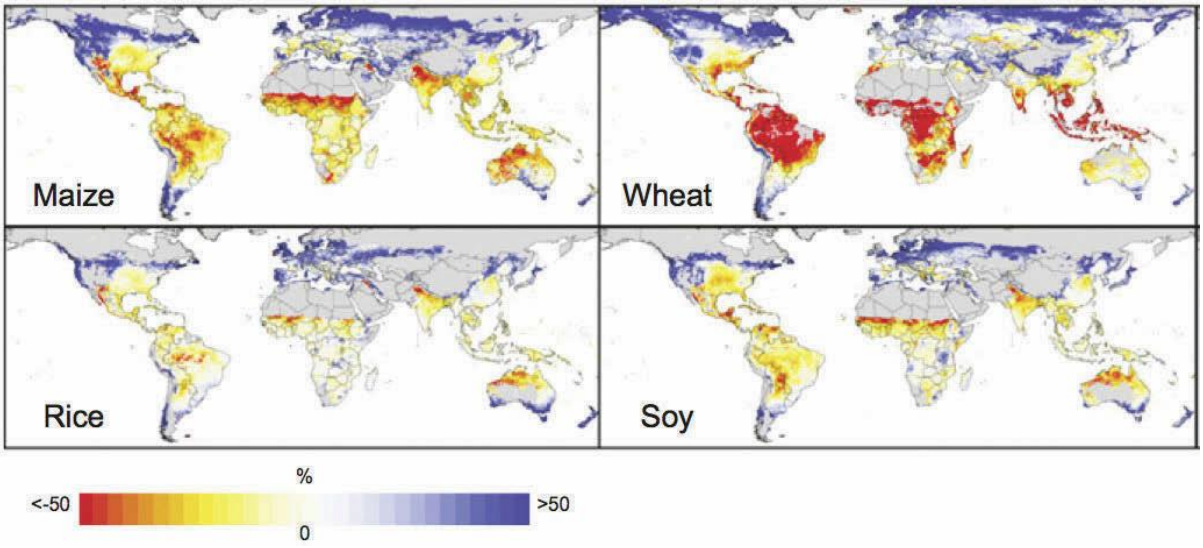


Fig. 12. Midlere endringer (i %) i avlingen for viktige jordbruksprodukter ved en temperaturstigning på 4° relativt til 1980–2010. Verdensbanken 2014.

Biodiversitet
Temperaturøkning kan medføre at arter dør ut. En studie konkluderte med at over fem prosent av klodens arter er dømt til utryddelse ved en temperaturstigning på to grader over førindustriell verdi. Stiger temperaturen over fire grader er andelen nesten 16 prosent. Det vil si at nesten hver sjette art vil forsvinne. Beregninger av omfanget er imidlertid svært usikre.[34]

Rapporten IPCC (2018) konkluderer blant annet med

- Risiko for lokale artstap, og følgelig for utryddelse, er mye mindre i en 1.5°C enn i en 2°C varmere verden.
- Antall arter beregnet å miste over halvparten av sine klimatisk egnete områder ved global oppvarming på 2°C (18% av insektene, 16% av plantene, 8% av virveldyrene) beregnes redusert til 6% av insektene, 8% av plantene og 4% av virveldyrene ved 1.5°C.

Det er imidlertid betydelig usikkerhet i disse tallene. Ofte er det klimaendringer kombinert med annen menneskeskapt påvirkning som forårsaker redusert biodiversitet.

[34] M. C. Urban (2015) Accelerating extinction risk from climate change. Science, 348, 571 – 573.

12. Tiltak

Avgift på karbonutslipp. Brukes en del, men er ikke omfattende nok. En spesiell variant er «Karbonavgift til fordeling», KAF. Beløpet som kommer inn, deles da ut med det samme beløp til alle i det området systemet gjelder. Personer som har et levesett som gir små utslipp, vil altså tjene på dette. Den kjente amerikanske klimaforskeren James Hansen har lenge vært en forkjemper for dette. Han kaller det «Fee and dividend». Det er vedtatt at det skal prøves i Canada.

En innvending mot ensidig bruk av karbonavgift er at det vil gi samme effekt på klimatiltak som kan gi mye lavere tiltakskostnader i fremtiden og tiltak som ikke har slike utviklingsmuligheter.

Kvotehandel. Innen et område, for eks. EU, blir en enige om et tak for det totale utslipp. Landene får tildelt eller kjøper et visst antall kvoter. Kvoteprisen i EU har generelt vært lav, ofte omkring 5 EURO (en kvote er 1 tonn CO_2), men steg i 2019 til omtrent 25 EURO, for så i mars 2020 å falle til omtrent 15 Euro. For å ha den ønskede effekt, må taket (på engelsk «cap») justeres nedover etter hvert.[35]

Omkring 45% av klimagassutslippene i EU er inkludert i kvotesystemet. De viktigste kvotepliktige sektorene er det aller meste fra produksjon av olje og gass og industri, mens utslipp fra transport og jordbruk stort sett er ikke kvotepliktig. Norske utslipp fra kvotepliktige og ikke-kvotepliktige sektorer er omtrent like store.[36]

Fornybar energi. Det er først og fremst snakk om å utnytte vind, sol og vannkraft. Prisene på energi fra sol og vind har falt kraftig, raskere enn nesten noen har forutsett. Elektrisitet fra fornybar energi var på verdensbasis omtrent 26% og raskt voksende. Vind sto for 5,5% og sol for 2,4%[37]. I 2018 utgjorde fornybar energi størstedelen av ny elektrisitetsproduksjon.

Energisparing. Mange muligheter, f. eks. bedre isolasjon i bygninger, varmepumper, redusere energiintensiteten[38].

Karbonfangst og lagring. Det har i mange år vært arbeidet med teknikker for å kunne samle opp CO_2 f. eks. fra kraftverk og lagre det på et sikkert sted[39]. Norge har vært aktive på feltet. En hadde lang erfaring med lagring av CO_2 blant annet på Sleipner-feltet i Nordsjøen helt siden 1996. Det ble derfor planlagt et fullskala renseanlegg som skulle fjerne CO_2-utslipp fra oljeraffineriet og varmekraftverket på Mongstad. «Dette er et stort prosjekt for landet. Det er vår månelanding», sa tidligere statsminister Jens Stoltenbergs i sin nyttårstale i 2007. Prosjektet ble imidlertid utsatt gang på gang, og i september 2013 ble det stanset. Bare et forskningsanlegg ble igjen. Det mest aktuelle nå er støtte til Norcem for å gjennomføre et forprosjekt av CO_2-fangst ved sementfabrikk en i Brevik. Dersom en benytter biomasse i anlegg med karbonfangst og lagring, kan det gi «negative utslipp». Som omtalt tidligere er slike sannsynligvis nødvendige dersom en skal begrense temperaturstigningen til 1,5°C. Det er imidlertid problemer knyttet til beregning av klimagevinsten ved bruk av biomasse, noe vi skal komme tilbake til nedenfor.

---

[35] Se: https://www.emissions-euets.com/carbon-market-glossary/872-european-union-emissions-trading-system-eu-ets
https://markets.businessinsider.com/commodities/historical-prices/co2-european-emission-allowances/eur

[36] Se f. eks. http://www.miljostatus.no/klimakvoter

[37] https://www.vox.com/energy-and-environment/2019/6/18/18681591/renewable-energy-china-solar-pv-jobs

[38] Energiintensiteten er et mål for hvordan effektivt energien brukes. Er energiintensiteten høy, brukes mye energi per enhet i brutto nasjonalproduktet.

[39] Dette må du vite om CO2-fangst og –lagring. (Gemini, okt. 2019)
https://gemini.no/2019/10/dette-ma-du-vite-om-ccs-karbonfangst-og-lagring/

Selv om det har vært en nokså treg utvikling når det gjelder karbonfangst og lagring, er det anlegg i drift eller under oppføring flere steder blant annet i Kina[40] og Canada. Foreløpig er kostnadene store, men avtakende[41]. I noen tilfeller utnytter en oppsamlet CO_2 i annen industri, såkalt CCU (U for utilization).

Direkte fjerning av CO_2 fra atmosfæren. Det er også betydelig aktivitet på dette feltet. Luft suges gjennom filtre som absorberer CO_2 som senere frigjøres og lagres. Den lave CO_2-konsentrasjon i lufta skaper imidlertid problemer. I IPCC (2018) heter det at utnyttelse av slike teknikker i stor skala fortsatt er en utfordring.

Bioenergi – biodrivstoff. Bruk av biomasse er et mulig tiltak for å redusere CO_2-utslippene. Tanken er at CO_2 tas opp når biomassen dannes så opptak og utslipp kompenserer hverandre. Virkeligheten er imidlertid ikke så enkel. Netto effekt er avhengig av råstoffet og dyrkingsmetode, og også av hvilket tidsperspektiv en har. Dyrking og viderebehandling gir utslipp av klimagasser. Kanskje er det ryddet skog for dyrkningen eller trevirket er benyttet direkte. Dette medfører utslipp, og det tar tid før det er spart like mye. En snakker gjerne om «pay-back time». Noe biodrivstoff gir store utslipp av klimagasser, faktisk større enn vanlig diesel eller bensin selv om tidsperspektivet er mange tiår. Andre problemer er knyttet til ødeleggelse av regnskog og konkurranse med matproduksjon. Skal bruk av biodrivstoff ha noe for seg, må det derfor settes strenge krav til produksjonen, og det krever et strengt kontrollsystem.

I 2017 var nesten 50% av biodrivstoffet benyttet i Norge basert på palmeolje som ofte gir liten eller ingen klimagevinst og betydelige andre problemer. I 2018 var bruken av biodrivstoff betydelig lavere enn i 2017 hovedsakelig på grunn av mye mindre bruk av palmeolje [42].

Regjeringen stimulerer til bruk av biodrivstoff gjennom omsetningskravet for drivstoff til veitrafikk. Tilbydere av drivstoff må fra nyttår 2020 selge 20 prosent biodrivstoff, mot 12 prosent i 2019. Det har vært strid om det skal legges veibruksavgift på omsetning biodrivstoff over kravet. Foreløpig er dette utsatt til 1. juli 2020. Det er mulig omsetningskravet også økes fra dette tidspunkt[43].

Kjernekraft. Mange, inkludert en del miljøforkjempere som James Hansen, mener vi ikke kommer utenom å bygge ut mer kjernekraft dersom det skal være mulig å begrense temperaturstigningen til godt under 2°C. Det er nok liten grunn til å frykte alvorlige ulykker ved moderne kjernekraftverk under vanlige forhold. Jeg er likevel litt betenkt hvis det bygges kjernekraft-anlegg i de fleste land. Før eller seinere vil det da oppstå alvorlige konflikter i områder med slike anlegg med uoversiktlige følger. Kjernekraft blir dessuten dyr.

Desinvesteringer i fossil industri. Det pågår kampanjer for å få investorer til å trekke seg ut av tiltak som bruker store mengder fossil energi. Statens pensjonsfond utland (SPU), populært kalt Oljefondet, har sluttet å investere i kullselskaper, men investerer fortsatt i internasjonale banker som finansierer kullindustrien. Den europeiske investeringsbanken skal slutte å investere i prosjekter som benytter

[40] https://www.crugroup.com/knowledge-and-insights/insights/2019/carbon-capture-and-storage-in-china/?utm_medium=Press_release

[41] Se: Dette må du vite om CO_2-fangst og –lagring. (Gemini, okt. 2019) https://gemini.no/2019/10/dette-ma-du-vite-om-ccs-karbonfangst-og-lagring/

[42] https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2019/mai-2019/salget-av-avansert-biodrivstoff-okte-i-fjor/

[43] https://www.aftenposten.no/norge/politikk/i/P9L0A7/regjeringen-endrer-og-utsetter-ny-biodrivstoffavgift-etter-massiv-kritikk

fossil energi fra 2021 med unntak for prosjekter med svært lave CO_2-utslipp[44]. Goldman Sachs, som tidligere ikke har vist seg særlig miljøvennlig, vil slutte å finansiere leting og boring i Arktis. Bernadette Demientieff, en representant for urbefolkningen i Canada og Alaska, skrev om kampen for dette i The Guardian 3 januar 2020. Hun skriver at Goldman Sachs er den første amerikanske bank som kommer med en slik forpliktelse, og at håpet er at andre følger etter[45].

Noen aktuelle spørsmål

Er gass bedre enn kull?

Forbrenning av naturgass (hovedsakelig metan) gir mindre CO_2 enn forbrenning av kull per produsert energienhet. Det er imidlertid alltid noe lekkasje av metan, mest ved utvinning av skifergass (fracking) som er mye benyttet i USA. Metan er en kraftig klimagass. Dersom omtrent 3% av metanen lekker ut, er ikke metankraftverk bedre enn kullkraftverk i et 20års perspektiv. Utslippene ved produksjon i Nordsjøen er sannsynligvis små, men det er også utslipp ved transport og bruk. Generelt har en ikke gode nok tall for utslippene. Tilhengere av gasskraft påpeker at slike anlegg kan startes opp og reguleres opp og ned meget hurtig. De er derfor egnet til å supplere sol og vindkraft som har ujevn produksjon. På sikt må imidlertid all fossil energi fases ut.

Elektrisitet eller hydrogen?

Prisen på fornybar elektrisitet (sol, vind) har falt kraftig i senere år. Det er liten tvil om at elektrifisering innen transport, boliger og industri vil spile en sentral rolle i overgangen til et lav-karbon samfunn. Noen mener likevel en bør satse mer på utnyttelse av hydrogen. Ikke alt er like lett å elektrifisere. Hydrogenet kan fremstilles ved elektrolyse av vann, men det krever elektrisitet. Det meste fremstilles fra metan. Dette gir imidlertid utslipp av CO_2 hvis det ikke kombineres med fangst og lagring, noe som er dyrt. Det forskes på å benytte pyrolyse der gassen varmes opp til høye temperaturer, noe som skal gi svært lave CO_2-utslipp[46]. Utviklingen har vært langsom, men olje og gassindustrien ser på dette som et håp for å kunne produsere gass også i fremtiden.

Hvor bra er elektriske biler?

Klimagevinsten avhenger av hvordan elektrisiteten fremstilles. Dette er helt klart et bra klimatiltak dersom fornybar energi benyttes, mer tvilsomt dersom elektrisiteten kommer fra kullfyrte kraftverk. En artikkel i Nature Sustainability i 2020 finner at elektriske biler gir mindre CO_2-utslipp enn bensinbiler i de aller fleste områder ved bruk av 2015 data. Unntak er land som Polen og India, Men de beregner at allerede i 2030 vil el-biler gi mindre utslipp i India[47]. Spesielt i byområder er det viktig at en ved å erstatte bensin- og dieselbiler med el-biler reduserer luftforurensingen. I fremtiden må en gå over til transport som ikke er basert på fossil energi. Da er nok el-biler det mest aktuelle, selv om også hydrogenbiler har sine tilhengere.

Hva er klimaeffekten ved at Norge bidrar til bevaring av regnskog?

Det selvsagt bra at Norge bidra til dette, men klimaeffekten er noe usikker. Når skog fjernes, reduseres CO_2-opptaket, men samtidig endres utslipp av flyktige organiske forbindelser som påvirker konsentrasjonene av troposfærisk ozon, metan og aerosoler. Effekten av disse endringene ser ut til å redusere den uheldige klimapåvirkningen av redusert CO_2-opptak mange steder, inkludert tropisk

---

[44] Den europeiske investeringsbanken kutter fossil energi. Teknisk Ukeblad, 15 nov. 2019. https://www.tu.no/artikler/den-europeiske-investeringsbanken-kutter-fossil-energi/479096

[45] https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/jan/03/goldman-sachs-arctic-drilling-gwichin-banks

[46] https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/german-industry-talks-up-carbon-free-hydrogen-from-fossil-gas/

[47] https://doi.org/10.1038/s41893-020-0488-7

skog. En må dessuten være sikker på at ikke redusert avskoging et sted bare fører til at problemene flyttes til andre steder. Politisk skifte i de aktuelle landene kan fort føre til mer avskoging. Dette ser en nå i Brasil.

Kan vi øke opptak i jord og skog?

Opptak av karbon i jord og skog kan økes ved riktig skjøtsel. Virkningen av skogplanting på klima må vurderes nøye i hvert tilfelle. Redusert refleksjon av innkommende stråling (redusert albedo) kan helt eller delvis oppveie gevinsten ved økt CO_2 opptak. Spesielt i områder med lang periode med snø vil dette være viktig.

Hva kan den enkelte gjøre?[48]

Fly mindre. Reise kollektivt. Sykle. Alt dette er bra. Nordmenn flyr mye og utslippene er betydelige.

Spise mindre kjøtt. Spesielt kjøtt fra storfe og sau er forbundet med store utslipp av klimagasser fordi drøvtyggere raper metan. «The Eat and Lancet Report: *Food in the Anthropocene*" (2019)[49] hevder at innen 2050 bør vi doble konsumet av frukt, grønnsaker, nøtter og belgfrukter, mens forbruket av rødt kjøtt og sukker bør mer enn halveres. Dette vil være gunstig både for helse og miljø. [50] Siden det er antatt at jordas befolkning øker til 10 milliarder innen 2050, må gjennomsnittsforbruket av rødt kjøtt per person reduseres med omtrent 65%. I de rike land må reduksjonen være mye større, for Nord-Amerika over 80%. Det er nok mye riktig i dette, men det er betydelige forskjeller i klimaeffekten av for eksempel kjøtt fra storfe og sau avhengig av oppvekstvilkårene. En prøver også å redusere metanutslippet ved å endre fôrsammensetningen. I Norge benyttes kyrne som oftest først til melkeproduksjon, og så til kjøttproduksjon. Klimagassutslippene for disse «kombikyrne» blir derfor mindre per produsert enhet enn kyr som bare benyttes til kjøttproduksjon. «Eat and Lancet» rapporten understreker at hvor stor del av folks diett som bør komme fra dyreprodukter, må vurderes ut fra lokale og regionale hensyn.
I en annen artikkel i The Lancet foreslås flere tiltak for å begrense utslippene fra landbruket, blant annet ved å sette et tidspunkt for når produksjonen av ulike husdyr skal slutte å vokse. En av forfatterne sier til The Guardian at dette må være innen 10 år[51].

Virkninger av koronaepidemien.

Klimagassutslippene de første månedene i 2020 har gått kraftig ned på grunn av pandemien. I øyeblikket (april 2020) diskuteres det om krisen kan føre til en varig endring som er gunstig for klima og miljø generelt. Dette er bant annet diskutert i en artikkel i The Guardian (Will the coronavirus kill the oil industry and help save the climate?) [52]

---

[48] Omtrent halvparten av Norges befolkning mener klimaproblemet er den største utfordring Norge står overfor i dag.
https://framtida.no/2019/12/02/her-er-tala-fra-klimabarometeret-2019
Totalt stiller 26 prosent av befolkningen seg positive til bruken av olje som energikilde, opp fra 19 prosent i 2016, kom det fram av Klimabarometeret 2019, som ble gjennomført av Kantar. Størst prosentvis økning har det vært blant dem under 30, og 27 prosent av de spurte i denne aldersgruppen sier de er oljepositive.
https://finansavisen.no/nyheter/politikk/2020/01/07/7486604/flere-unge-er-positive-til-olje

[49] https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2818%2931788-4

[50] Se:
https://eatforum.org/content/uploads/2019/01/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf

[51] https://www.theguardian.com/environment/2019/dec/12/peak-meat-climate-crisis-livestock-meat-dairy

[52] https://www.theguardian.com/environment/2020/apr/01/the-fossil-fuel-industry-is-broken-will-a-cleaner-climate-be-the-result

13. Økonomi

> *If all economists were laid end to end, they would not reach a conclusion.* George Bernard Shaw

Omstilling til et lav-karbon samfunn er ikke enkelt, og kostnadene ved det er mye diskutert. W. D. Nordhaus fikk i 2018 prisen i økonomi til minne om Alfred Nobel "for integrating climate change into long-run macroeconomic analysis." Ikke alle syns det var helt fortjent. 1991 konkluderte han med at den beste strategien var en forsiktig justering for å redusere utslippene, større tiltak ble for kostbare. I et arbeid fra 2019 kommer han fram til at det gunstigste forhold mellom kost og nytte er ved en temperaturstigning på over 3°C i 2100 — mye høyere enn målet i Paris-avtalen[53].

Et par studier publisert i 2018 gir et noe annet bilde. En av disse fant at det er 75% sannsynlighet for at verden tjener på å begrense oppvarmingen til 1.5 °C istedenfor å la den fortsette til 2°C. Fig. 13 viser hvordan brutto nasjonalproduktet per person påvirkes i ulike land.[54]

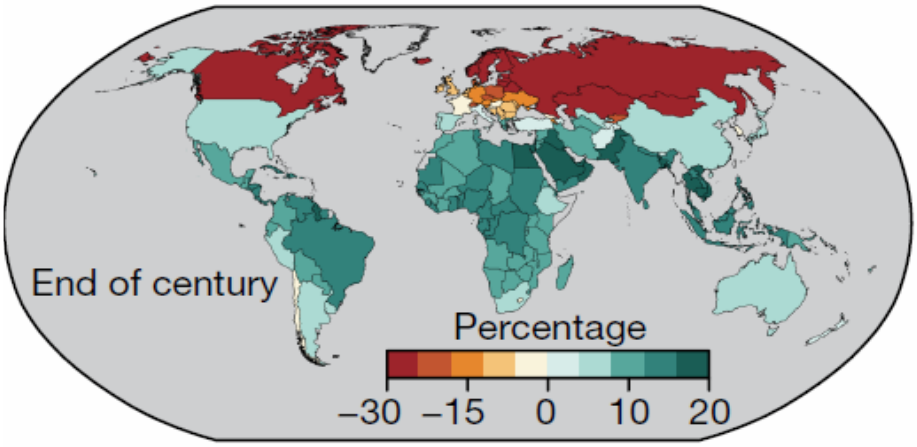


Fig. 13. *Prosent økning i BNP per person dersom den globale temperaturstigning begrenses til 1,5°C sammenliknet med en stigning på 2°C. Land med blå fargetoner kommer økonomisk bedre ut dersom temperaturøkningen begrenses til 1,5°C. For land med brun/rød fargetoner er det ikke noen fordel med så store utslippsreduksjoner. Mange fattige utviklingsland er spesielt sårbare.*

I et annet arbeid ble den sosiale kostnaden av CO_2-utslipp beregnet for ulike land. Dette er kostnaden på grunn av skader av klimaendringene, evt. nytten hvis verdien er negativ, dersom verdens utslipp øker med av et tonn CO_2. I overensstemmelse med resultatene nevnt ovenfor, er det stor forskjell på landene. Mens mange land i nord kommer ut med gevinst, er det store tap de fleste andre steder. De beregnede verdiene varierer med ulike antakelser, men for India, Kina, USA og Saudi-Arabia er den sosiale kostnaden alltid stor.[55]

Statkraft har utarbeidet et lavutslippsscenario. Dette ble presentert i et foredrag av Henrik Sætnes. Han finner at kostnadene ved global temperaturstigning på 2°C langt overstiger omstillingskostnaden mot en 1,5-graders verden. Kostnadene ved 3°C temperaturstigning er 2 – 3 ganger større enn ved 2°C[56].

Selv om det er sannsynlig at disse resultatene gir et noenlunde riktig bilde, må en være klar over at de baserer seg på en del antakelser, og at usikkerhetene fortsatt er store.

---

[53] W. Nordhaus, Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics. *American Economic Review 2019, 109(6): 1991–2014.*

[54] Burke et al., 2018. Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets. Nature 557, 649 – 553.

[55] K. Ricke et al. 2018. Country-level social cost of carbon. Nature Climate Change, 6, 895 – 900.

[56] https://www.polyteknisk.no/wp-content/uploads/2019/10/Henrik-Sætness-i-Polyteknisk-Forening-20191023.pdf

14. Klimamål i EU og Norge[57]

Som nevnt tidligere, har EU-landene etablert et kvotesystem. Innenfor systemet kan bedrifter kjøpe og selge kvoter. EU-landene ble i oktober 2014 enige om å redusere utslipp av klimagasser med minst 40 prosent innen 2030 sammenliknet med 1990-nivåene. Det foreligger et forslag om å øke dette til 55%. Klimameldingen fra 2017 knytter norske utslippsmål til EU, med en reduksjon på 40 prosent innen 2030 i forhold til 1990-nivå. Meldingen presenterer regjeringens strategi for oppfyllelse av klimaforpliktelsen for 2030, og hvordan regjeringen arbeider for å oppfylle Paris-forpliktelsene sammen med EU. I den nye regjeringserklæringen er det foreslått å sette målet i ikke-kvotepliktig sektor til 45%. Selv om det sies at mesteparten skal tas «hjemme», er det uklart hva det ligger i dette. Klimatiltak er fortsatt ikke sett i sammenheng med norsk petroleumspolitikk. Dette er etter manges mening en stor svakhet.

Equinor, LO og NHO har satt som felles mål om å kutte utslippene med 40 prosent innen 2030, målt mot 2005. I 2050 skal norsk oljeproduksjon være utslippsfri[58]. På John Sverdrup feltet erstatter elektrisitet fra land bruk av gass. Dette reduserer utslipp på feltet. Det er delte meninger om hvor gunstig dette er. Det bidrar til at Norge kan oppfylle sine forpliktelser i Paris-avtalen. Men det krever mye fornybar energi. Kanskje ville det være andre anvendelser som ga bedre klimaeffekt. Klimaeffekten er avhengig av hvordan den gassen som blir tilgjengelig, anvendes. Dersom den erstatter kullforbruk i Tyskland er virkningen betydelig, men hvis tilførselen av gass hemmer omstilling til fornybar energi, er det ikke bra. Kvotehandelen kompliserer bildet. Dersom ikke kvoter slettes, vil utslippskuttet kunne føre til økt utslipp andre steder[59].

15. Grunnlovens § 112 (Miljøparagrafen)

Denne paragrafen lyder:

Enhver har rett til et miljø som sikrer helsen, og til en natur der produksjonsevne og mangfold bevares. Naturens ressurser skal disponeres ut fra en langsiktig og allsidig betraktning som ivaretar denne rett også for etterslekten.
Borgerne har rett til kunnskap om naturmiljøets tilstand og om virkningene av planlagte og iverksatte inngrep i naturen, slik at de kan ivareta den rett de har etter foregående ledd.
Statens myndigheter skal iverksette tiltak som gjennomfører disse grunnsetninger.

På bakgrunn av denne paragrafen anla Greenpeace, Natur og Ungdom med Besteforeldreaksjonen som partshjelper sak mot Staten for å stoppe leting etter olje i Barentshavet.[60] Saken var oppe i Tingretten høsten 2017, og miljøorganisasjonene tapte. Kjennelsen ble anket.

Saken ble behandlet i Borgarting lagmannsrett høsten 2019. Denne gangen var også Naturvernforbundet partshjelper. Dommen kom 23.01.2020[61]. Igjen ble staten frifunnet. Likevel var miljøorganisasjonene mer fornøyd med denne dommen enn med dommen i tingretten.
Både tingretten og lagmannsretten kom til at Grunnlovens § 112 er en såkalt rettighetsbestemmelse.

---

[57] Rett etter at forelesningene var holdt kom en ny rapport, Klimakur 2030, som foreslår tiltak for å kutte ikke-kvotepliktige utslipp med 50 prosent innen 2030, sammenlignet med 2005.
https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf

[58] https://e24.no/energi/i/kJLO7X/equinor-lo-og-nho-sammen-om-nytt-klimamaal-norsk-sokkel-skal-bli-utslippsfri

[59] https://www.besteforeldreaksjonen.no/2020/01/meningslos-bruk-av-elkraft/

[60] Se https://www.besteforeldreaksjonen.no/category/klimasoksmal-arktis/

[61] Se http://www.klimasøksmål.no/wp-content/uploads/2020/01/dom.pdf

«Samlet sett er lagmannsretten kommet til at Grunnloven § 112 gir rettigheter som kan prøves for domstolene.»
Lagmannsretten kom, i motsetning til tingretten, til at Norge har et ansvar for utslipp som skjer ved forbrenning av eksportert olje og gass. De skriver:
«Lagmannsretten legger derfor til grunn at også utslipp fra forbrenning etter eksport er relevant i vurderingen.»
De sier imidlertid også:
«Også når utslippene fra forbrenningen tas med, blir derfor betydningen marginal når disse ses opp mot samlede globale utslipp.»
Kvotesystemet tillegges betydning:
«Dersom norsk olje eller gass benyttes innenfor kvotepliktig sektor, vil ikke nødvendigvis samlede utslipp påvirkes.»
I tingretten ble miljøorganisasjonene pålagt saksomkostninger. Dette gjorde ikke lagmannsretten:
«Lagmannsretten er likevel kommet til at det foreligger tungtveiende grunner som gjør det rimelig å frita miljøorganisasjonene for kostnadsansvaret, både for tingretten og for lagmannsretten. Saken gjelder sentrale verdier knyttet til miljøet og borgernes framtidige livsvilkår. Spørsmål knyttet til tolkningen og anvendelsen av Grunnloven § 112 er av prinsipiell betydning.»
Saken er anket til høyesterett.

16. Konklusjoner

Klimaendringer har påvirket naturlige systemer og mennesker på alle kontinenter og alle havområder.
Betydelig stigning (vel 1 grad) i global temperatur siden førindustriell tid. Størst stigning i nordlige områder. Hovedsakelig menneskeskapt.
Global temperaturstigning vil sannsynligvis nå 1.5°C mellom 2030 og 2052 hvis den fortsetter å øke som nå.
Med «Paris-forpliktelsene» er det knapt 60% sjanse for at stigningen skal bli mindre enn 3 grader.
Utslippene må reduseres langt raskere.
Vi ser allerede alvorlige virkninger (stigende havnivå, tørke, branner, ekstremvær mm).
Globale CO_2-utslipp og CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren har fortsatt å stige fram til og med 2019.
Hvordan koronaepidemien vil påvirke utslippene fremover, er usikkert. Norske utslipp har (muligens) avtatt litt fra 2016 til 2018, men var i 2018 fortsatt høyere enn i 1990.
Sannsynligvis vil verden tjene på å begrense oppvarmingen til 1,5 °C istedenfor å la den fortsette til 2°C.
Fortsatt er det mulig, men svært vanskelig, å begrense temperatur-stigningen til 1,5°C. Det vil også være krevende å begrense stigningen til 2°C. Tekniske forbedringer kan gi store utslippsreduksjoner, men endret livsstil synes nødvendig.
Fortsatt er det mye i klimasystemet som er for dårlig kjent, og vi kan få overraskelser. Men det er ingen unnskyldning for å la være å handle.

Tillegg: Noen aktuelle web-sider
The intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (FNs klimapanel). Nettsidene inneholder svært mye informasjon, blant annet vurderingsrapportene (Assessment Reports) og rapportene Global Warming of 1.5°C, Climate Change and Land og IPCC - SROCC (2019), The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.
Rapportene er tykke og det kan lønne seg nok å se etter Summary-rapporter. Adressen er:
https://www.ipcc.ch/
CICERO Senter for klimaforskning
https://www.cicero.oslo.no/no
Spesielt kan CICEROs nettmagasin *KLIMA* anbefales. Dette kan en abonnere på.
https://www.cicero.oslo.no/no/posts/klima

Bjerknessenteret for klimaforskning
https://www.bjerknes.uib.no/forside

Nettmagasinet *Energi og Klima* gis ut av Norsk klimastiftelse.
https://energiogklima.no/

Miljødirektoratet publiserer rapporter som omhandler klimaendringer og tiltak.
https://www.miljodirektoratet.no/

Besteforeldrenes klima-aksjon har en nettside med sikte på å spre informasjon om klimaproblemet (ikke bare for eldre).
https://www.besteforeldreaksjonen.no/

Diskusjoner som kan være av interesse, finnes på *Real Climate* (http://www.realclimate.org/) og Sceptical Science (https://skepticalscience.com/).

Det er også mange nettsider som sprer desinformasjon. Beryktet er *Heartland Institute* i USA. Instituttet er sterkt kritisert i flere artikler blant annet i The Guardian, se f. eks. *Leak exposes how Heartland Institute works to undermine climate science,* 15.02.2012
https://www.theguardian.com/environment/2012/feb/15/leak-exposes-heartland-institute-climate
Et eksempel på virksomheten til Heartland Institute er kampanjen for å skape tvil om global oppvarming med blant annet denne plakaten.

Det norske nettstedet til organisasjonen som har tatt det misvisende navnet *Klimarealistene* må også leses med et svært kritisk blikk. Jeg ser ikke bort fra at det kan være nyttig med en djevelens advokat noen ganger, men bruk ikke informasjon herfra uten grundig sjekk i mer pålitelige kilder.
http://www.klimarealistene.com/

Nyere artikler som kan være nyttige, f. eks. i forbindelse med prosjektoppgaver.:

KLIMA, 2019. **Helheten i EUs klimapolitikk – systemet overordnet for å nå målene**
https://cicero.oslo.no/no/posts/klima/helheten-i-eus-klimapolitikk-systemet-overordnet-for-aa-naa-maalene?_cldee=aC5tLnNlaXBAa2plbWkudWlvLm5v&recipientid=contact-23e68f934cb4e811a87f000d3a27409a-6ee7d1cef12e492fbac56e08b1748e89&esid=a73a2b85-aa7b-e911-a9a1-000d3a38a95d

Pelling and Garschagen, Put equity first in climate adaptation Focusing on the bottom few per cent, not averages, is the best way to tackle poverty. Nature, 569, 327 – 329.

Bloomberg, New Energy Outlook 2019
https://about.bnef.com/blog/solar-wind-batteries-attract-10-trillion-2050-curbing-emissions-long-term-will-require-technologies/?sf104336258=1&utm_source=Energi+og+Klima+og+Klimastiftelsens+e-postliste&utm_campaign=843ded4abd-RSS_EMAIL_CAMPAIGN_FREDAG&utm_medium=email&utm_term=0_95967e5ed6-843ded4abd-569484557

Hellen & Fischer, 2019. The Achilles heel of climate-smart agriculture. Nature Climate Change, **9**, 493 – 494.

Sustainable Development Report 2019

https://www.sustainabledevelopment.report/?utm_source=SDSN&utm_campaign=3155559056-EMAIL_CAMPAIGN_2018_03_02_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_2302100059-3155559056-177801685

FABLE, 2019. Pathways to Sustainable Land-Use and Food Systems.
https://static1.squarespace.com/static/5a2e5406aeb6251a3820c292/t/5d39983e582e1500011d0cee/1564055738809/2019+FABLE+Report_Full_Low+Resolution.pdf?utm_source=SDSN&utm_campaign=e6611ec609-EMAIL_CAMPAIGN_2018_03_02_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_2302100059-e6611ec609-177801685

IPCC, 2019. Climate Change and Land
Chapter 5 Food Security. Fig. 5.2; Fig. 5.4; 5.12

Chen et al (2019), Dietary Change Scenarios

Øko-fascisme: **'Bees, not refugees': the environmentalist roots of anti-immigrant bigotry**
https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/15/anti

Mathis and Thornhill, Hydrogen's Plunging Price Boosts Role as Climate Solution
https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-08-21/cost-of-hydrogen-from-renewables-to-plummet-next-decade-bnef

Editorial Nature Sus, 2019, Drivers of diet change. Nature Sustainability | VOL 2 | AUGUST 2019 | 645

Sachs et al. 2019. Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. Nature Sustainability. https://www.nature.com/articles/s41893-019-0352-9

Tre råd for bærekraftig utbygging av vindkraft i Norge
https://gemini.no/blogg/tre-rad-for-baerekraftig-utbygging-av-vindkraft-i-norge/

Blackport et al., 2019. Minimal influence of reduced Arctic sea ice on coincident cold winters in mid-latitudes

Bond & Fulton, 2019. The trillion dollar energy windfall - Carbon Tracker
https://www.carbontracker.org/reports/the-trillion-dollar-energy-windfall/
https://www.unpri.org/climate-change/what-is-the-inevitable-policy-response/4787.article

Landmark United in Science report informs Climate Action Summit (22 Sept. 2019)
https://public.wmo.int/en/media/press-release/landmark-united-science-report-informs-climate-action-summit

Diskusjon av klimafølsomheten. Nature CC, 2019. The CMIP6 landscape. Nature Climate Change | VOL 9 | OCTOBER 2019 | 727

The Guardian 1 Oct. 2019. Bad ancestors: does the climate crisis violate the rights of those yet to be born?
https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/01/bad-ancestors-climate-crisis-democracy?utm_term=RWRpdG9yaWFsX1RoZUxvbmdSZWFkLTE5MTAwNQ%3D%3D&utm_source=esp&utm_medium=Email&utm_campaign=TheLongRead&CMP=longread_email

Guardian 9 Oct 2019. Half a century of dither and denial – a climate crisis timeline
https://www.theguardian.com/environment/ng-interactive/2019/oct/09/half-century-dither-denial-climate-crisis-timeline

On carbon tax, see
https://mailchi.mp/statista.com/zzjf7o68ap-1099717?e=0a270be940

Hva gjøres ved UiO (OKT. 2019)
https://www.uio.no/om/aktuelt/rektorbloggen/2019/hva-skjer-pa-klima--og-miljofronten-ved-uio.html

Energiscenarier, se f. eks. Tong et al 2019, *Nature* **volume 572**, pages373–377.

Tipping point Amazon rainforest
https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/23/amazon-rainforest-close-to-irreversible-tipping-point

S. Rose, **Greia med thorium**
https://titan.uio.no/node/2833

KLIMA (CICERO)
Hva skjer i de store utslippslandene?
https://cicero.oslo.no/no/utslippsgigantene?_cldee=aC5tLnNlaXBAa2plbWkudWlvLm5v&recipientid=contact-23e68f934cb4e811a87f000d3a27409a-3d1e95c9039a4392a7b907b504e3fcb7&esid=f6672f0e-2cfa-e911-a813-000d3a25bb0d

Diffenbaugh & Burke (2019) - Global warming has increased global economic inequality.

www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1816020116

Dette må du vite om CO2-fangst og –lagring. (Gemini, okt. 2019)
https://gemini.no/2019/10/dette-ma-du-vite-om-ccs-karbonfangst-og-lagring/

Viktig trekk fra Støre: Bryter «tabu» om Oljefondet og klima. Energi og Klima.
https://energiogklima.no/kommentar/blogg/oljefondet-trekk-fra-store-kan-gi-globalt-klimaloft/?utm_source=Energi+og+Klima+og+Klimastiftelsens+e-postliste&utm_campaign=b64a5be562-RSS_EMAIL_CAMPAIGN_NYHETSBREV&utm_medium=email&utm_term=0_95967e5ed6-b64a5be562-569484557

Kjetil Lunds innlegg i Borgarting lagmannsrett
https://www.besteforeldreaksjonen.no/2019/11/ketil-lunds-forklaring/

World Economic Forum. The Global Risk Report 2020.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf

Arctic Report Card 2019.
https://www.arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard_full_report2019.pdf