

Hva sier 1,5-gradersrapporten om lavutslippsomstilling for Vestfold?



Hva sier 1,5-gradersrapporten om lavutslippsomstilling for Vestfold?

6. februar 2019

Borgar Aamaas
Elisabeth S. Jensen

CICERO Senter for klimaforskning
P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo
Telefon: 22 00 47 00
E-post: post@cicero.oslo.no
Nett: www.cicero.oslo.no

CICERO Center for International Climate Research
P.O. Box 1129 Blindern
N-0318 Oslo, Norway
Phone: +47 22 00 47 00
E-mail: post@cicero.oslo.no
Web: www.cicero.oslo.no

Tittel: Hva sier 1,5-gradersrapporten om lavutslippsomstilling for Vestfold?

Forfattere: Borgar Aamaas og Elisabeth S. Jensen

Finansiert av: Vestfold Fylkeskommune

Prosjekt: Lavutslippsomstilling for Vestfold basert på 1,5-gradersrapporten

Prosjekt leder: Borgar Aamaas

Kvalitetssikrere: Astrid Arnslett og Bjørn H. Samset

Nøkkelord: Vestfold, klima, 1,5 °C, Parisavtalen, omstilling, utslippsbaner, styring, transport, industri, karbonfangst og –lagring, jordbruk, bygg, bioenergi, indirekte utslipp

Sammendrag: Vestfold fylkeskommune har gitt CICERO Senter for klimaforskning i oppdrag å sammenstille resultater og funn fra klimapanelets spesialrapport om 1,5 °C som kan være særlig relevant for fylkeskommunen og dens kommuners klimaarbeid. Et av hovedfunnene fra spesialrapporten er at for å begrense oppvarming til 1,5 °C, må klimagassutslippene reduseres med 40-50 % innen 2030 sammenlignet med 2010-nivå, og være «netto-null» innen 2050, altså at det fjernes like mye CO₂ fra atmosfæren som det slippes ut. Vestfold fylkeskommune kan spille en rolle i arbeidet med å begrense global oppvarming. Rapporten tar opp tiltak for omstilling innenfor styring og organisering, transport, industri, karbonfangst og -lagring, jordbruk, byggeaktivitet og infrastruktur, bioenergi, oppvarming, avfall og avløp og indirekte utslipp.

Språk: Norsk

Innhold

1	Sammendrag	4
2	Innledning.....	8
3	Tiltak for omstilling	10
	3.1 Styring og organisering	12
	3.2 Transport	14
	3.3 Industri	15
	3.4 Karbonfangst og -lagring	15
	3.5 Jordbruk	16
	3.6 Byggeaktivitet og infrastruktur	17
	3.7 Bioenergi	18
	3.8 Oppvarming	18
	3.9 Avfall og avløp	18
	3.10 Indirekte utslipp	19
	3.11 Eksempler på tiltak og teknologiske løsninger på tvers av sektorer	19
	3.12 Kunnskapsmangler og usikkerheter	21
	3.13 Gjennomførbarhet	23
4	Utslipp og utslippsbaner	26
	4.1 Utslippsbaner	26
	4.2 Fire illustrative utslippsbaner	27
	4.3 Utslippsbaner for Vestfold	29
	4.4 Generelle trekk ved utslippsbanene	31
	Ordforklaringer	33

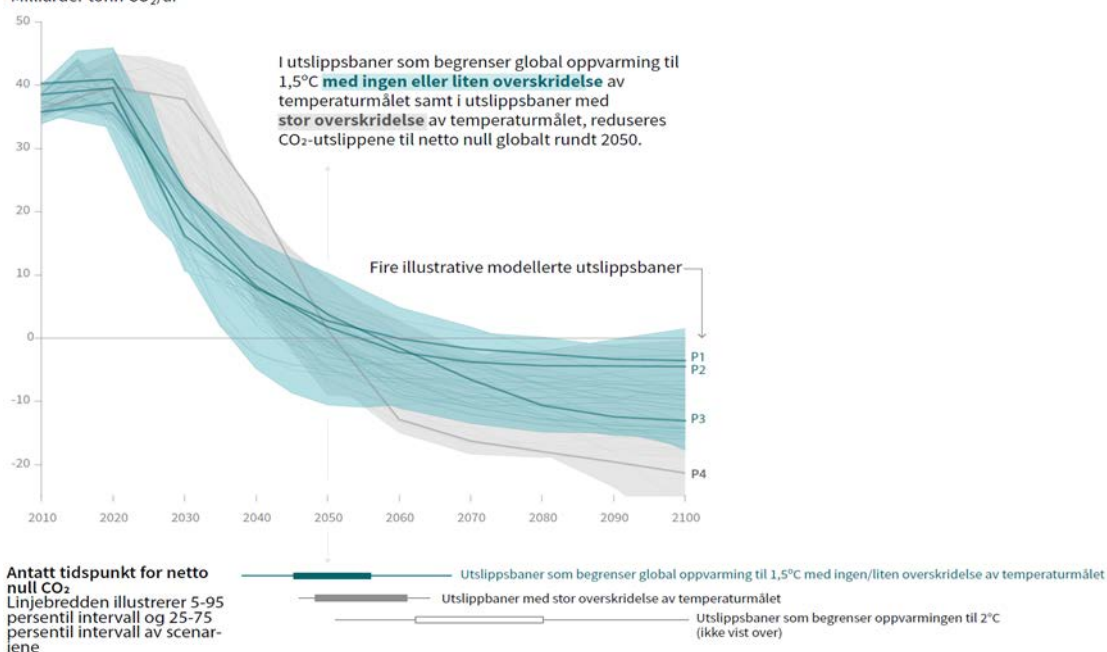
1 Sammendrag

Vestfold fylkeskommune har gitt CICERO Senter for klimaforskning i oppdrag å sammenstille resultater og funn fra klimapanelets spesialrapport om 1,5 °C som kan være særlig relevant for fylkeskommunen og dens kommuners klimaarbeid. Spesialrapporten ble utarbeidet etter invitasjon fra FNs klimakonvensjon som en oppfølging av Parisavtalen.

Spesialrapporten presenterer hva som kreves for å begrense global oppvarming til 1,5 °C istedenfor 2 °C, og hva vi vinner i form av reduserte konsekvenser av klimaendringene om vi oppnår dette målet. Et av hovedfunnene fra spesialrapporten er at for å begrense oppvarming til 1,5 °C, må klimagassutslippene reduseres med 40-50 % innen 2030 sammenlignet med 2010-nivå, og være «netto-null» innen 2050, altså at det fjernes like mye CO₂ fra atmosfæren som det slippes ut.

Totale globale netto CO₂-utslipp

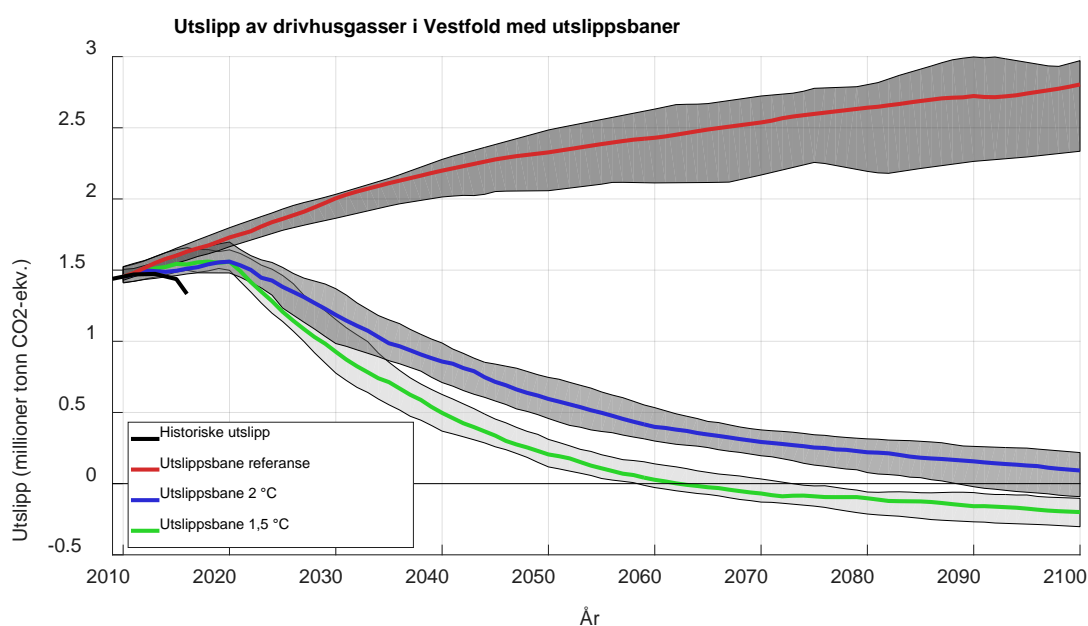
Milliarder tonn CO₂/år



Dersom vi ikke omstiller oss og utslippene fortsetter på omtrent dagens nivå, konkluderer rapporten at vi med stor sannsynlighet har brukt opp karbonbudsjettet i tråd med å begrense oppvarming til 1,5 °C innen 2030, og vil passere 3 °C i 2100. Omstilling er nødvendig og det haster. Hvis vi

tillater noe større utslipp de neste årene og likevel vil begrense oppvarmingen til 1,5 °C, betyr det større negative utslipp på sikt og større innsats fra framtidige generasjoner.

Vestfold fylkeskommune kan spille en rolle i arbeidet med å begrense global oppvarming. Reduksjon av fylkeskommunen og kommunenes direkte og indirekte utslipp er et viktig bidrag i seg selv. Vestfold fylkeskommune kan også spille en viktig rolle som innovatør og utvikler av lavutslippsløsninger, gå foran og være til inspirasjon nasjonalt og internasjonalt. Koordinering av tiltak og løsninger, og en helhetlig og langsiktig tilnærming, er sentralt for den type omstilling vi nå står overfor. Her er fylkeskommunen godt posisjonert.



Figurene er nærmere beskrevet i rapporten.

Spesialrapporten peker på flere områder som er relevant i klimaarbeidet i Vestfold fylkeskommune:

Styring og organisering

- Spesialrapporten understreker først og fremst nødvendigheten av omfattende samfunnsomstilling.
- «Bottom-up» fremfor bare «top-down»: lokalnivå har en vesentlig rolle i å bidra til at lavutslippssamfunnet realiseres.
- Flernivåstyring: stat, region og kommune må dra i samme retning.
- Inkluderende prosesser: inkorporere flere aktørers perspektiver i politikkutforming og beslutningsprosesser.
- Mangfold: vi trenger et mangfold av forskjellige små og store tiltak.
- Styrke institusjonell kapasitet: sikre tilstrekkelig menneskelige ressurser og øke kunnskap.
- Informasjonsvirksomhet: både for aksept av tiltak og for livsstils- og forbruksendringer i befolkningen. At man fra politisk nivå står samlet og er tydelig

i satsning på klima fremheves også som positivt for aksept for klimatiltak og livsstilsendringer.

Transport

- De store trendene er effektivisering og elektrifisering. Bruk av alternative drivstoff, slik som biodrivstoff og syntetiske drivstoff, bør trolig prioriteres til tunge kjøretøy, luftfart og skipsfart
- Spesialrapporten viser til at hybridbiler og ladbare hybridbiler er en mellomløsning fram til elbiler. Kjøretøy på fossile drivstoff fases ut i perioden 2030-2050 i utslippsbanene.
- En forskjell mellom utslippsbaner mot 1,5 °C og 2 °C, er at atferdsendringer i større grad må bidra for å begrense oppvarming til 1,5 °C. Dette kan for eksempel være overgang til kollektivtransport eller reduksjon i reiser.
- Incentiv for drivstoffeffektivisering, endringer i urban design tilpasset gåing, ikke-motorisert transport, kollektivtransport og kortere pendlereiser nevnes som mulige tiltak.
- Innovasjoner innenfor IT kan hjelpe til med såkalte smarte løsninger gjennom bildeling, førerløse biler og koordinert kollektivtransport
- Havner kan elektrifiseres og tilby landstrøm.

Industri

- I 2050 bør utslippene fra industri nærme seg netto null takke være effektivisering, elektrifisering, bruk av biobaserte ressurser og sirkulere ressurser.
- De gjenværende utslippene kan fjernes med karbonfangst og -lagring.

Jordbruk

- Behovet for matproduksjon vil øke, men dette må kombineres med utslippsreduksjoner.
- Endringer styres av endringer i etterspørsel, effektivitetsforbedringer i produksjonen og politiske tiltak og satsninger.
- Det er stort behov for landområder til ulike interesser, bl.a. bruk av beitemark til skog eller for å dyrke avlinger til biodrivstoff

Karbonfangst og -lagring (CCS)

- Ikke alle utslippene vil vi være i stand til å fjerne og dermed er det behov for CCS.
- Det er stort potensial for utslippsreduksjoner ved å bedre utnytte restvarme fra industrien.
- Ved å vente med å kutte utslippene og basere oss på CCS, krever vi en større innsats fra framtidige generasjoner med teknologi som er uprøvd.

Byggeaktivitet og infrastruktur

- De store trendene innenfor transport gjelder også her. Trolig må biodrivstoff og hydrogen prioriteres til tunge kjøretøy.

- Bruk av tømmer i større grad på bekostning av betong og andre CO₂-intensive råvarer vil redusere de totale utslippene ved bygging. Sement kan også produseres med lave CO₂-utslipp.
- Nybygg bør være fossilfrie og lavenergihus fra 2020, kombinert med økt renovering av eksisterende hus.

Bioenergi

- Ifølge spesialrapporten vil bioenergi trolig være mest sentral for transportsektoren i enkelte byer og land. I tillegg til å redusere utslippene fra luftfart, skipsfart og varetransport, kan bioenergi også avkarbonisere industrien.
- En sentral utfordring er å finne nok bærekraftig biomasse til bioenergi og til CCS. Det vil kunne bli et betydelig press på tilgjengelige landområder, matproduksjon og matpriser, bevaring av økosystemer og biodiversitet, samt potensielt begrenset av vann og næringsstoffer.

Indirekte utslipp

- Spesialrapporten fremhever livsstilvalg og forbruk som et sentralt innsatsområde for å redusere utslipp. Dette vil i stor grad falle inn under indirekte utslipp.
- Gjennom redusert forbruk og aktive valg av klimavennlige løsninger ved for eksempel innkjøp, valg av byggematerialer, redusert reisevirksomhet og holdningsskapende arbeid kan kommunene og fylkeskommunen påvirke utslipp også utenfor sitt geografiske område.
- Matkonsum diskuteres som et sentralt innsatsområde hvor endringer og tiltak med stor sikkerhet kan bidra både til klimagassreduksjon og klimatilpassing.

Spesialrapporten understreker at det ikke er ett enkelt svar på hvorvidt det er gjennomførbart å begrense global oppvarming til 1,5 °C og å tilpasse seg konsekvensene av global oppvarming, og at det med tanke på gjennomførbarhet er særlig viktig å se tiltak for klimagassreduksjon, klimatilpassing og bærekraftig utvikling i sammenheng. Her er fylkeskommunen særlig godt posisjonert til å bidra.

2 Innledning

På klimatoppmøtet i Paris i desember 2015 under FNs klimakonvensjon (UNFCCC) vedtok 195 land Parisavtalen, som inkluderer et langsiktig globalt temperaturmål om å: "Holde økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen godt under 2 °C sammenliknet med førindustrielt nivå, og tilstrebe å begrense temperaturøkningen til 1,5 °C over førindustrielt nivå». Klimakonvensjonen inviterte samtidig FNs klimapanel (IPCC) til å utarbeide en spesialrapport om 1,5 °C for å vurdere følgene av et slikt mål, og hvordan det kan nås.

I oktober 2018 publiserte FNs klimapanel rapporten *Global Warming of 1.5 °C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Vi vil i det videre henviser til klimapanelets spesialrapport om 1,5 °C som spesialrapporten.

91 forfattere fra 40 land har vært involvert i utarbeidelsen av spesialrapporten. FNs klimapanel gjør ikke egen forskning, spesialrapporten baserer seg på gjennomgang av eksisterende forskning. Over 30 000 vitenskapelig publikasjoner er gjennomgått i prosessen, og over 40 000 kommentarer til utkast av spesialrapporten er vurdert. Spesialrapporten består av fem kapitler som tilsammen utgjør over 500 sider. Spesialrapporten inngikk som faktagrunnlag i klimakonvensjonens partsmøte i Katowice i desember 2018 (COP 24).

Vestfold fylkeskommune har gitt CICERO Senter for klimaforskning i oppdrag å sammenstille resultater og funn fra spesialrapporten som kan være særlig relevant for Vestfold fylkeskommunes og dets kommuners klimaarbeid.

I 2015 vedtok fylkestinget i Vestfold en visjon om at Vestfold er «det grønne fylket i Norge». Målet var da å kutte klimagassutslippene i Vestfold med 40 % fra 2009 innen 2030. Året 2009 ble brukt som referanse siden det er det første året med detaljert statistikk for Vestfold. Videre sier dokumentet at «Vestfold skal minst oppfylle det nasjonale målet og EU-målet.» Siden den tid har både Norge og EU strammet inn klimamålene og spesialrapporten om 1,5 °C har blitt publisert.

Dette vil ikke være en oppsummering av hele spesialrapporten, men en kort oppsummering av et utvalg temaer vi mener kan være særlig relevant for Vestfold fylkeskommune og dets kommuners klimastrategi. Denne rapporten vil være todelt, første del tar for seg mulige innsatsområder i arbeid med klimagassreduksjoner, og andre del tar for seg utslippsbaner.

Oppdraget er ikke rettet mot klimaendringer og klimatilpassing i Vestfold, som også er en viktig del av spesialrapporten, men mot klimagassreduksjon og omstilling til et lavutslippssamfunn. Vestfold vil påvirkes av klimaendringer som fysisk skjer i fylket, men også av klimaendringer som skjer i resten av landet og verden og som indirekte påvirker Vestfold. Blant de direkte klimaendringene som vil påvirke Vestfold mest finner vi mer ekstrem nedbør, større flommer som skyldes regn, forskjellige typer skred og havnivåstigning som gir større stormfloer (Aall et.al. 2018). Sannsynligvis vil også tørkeperioder om sommeren, slik som i 2018, også kunne bli noe mer vanlig. Spesialrapporten peker på en rekke områder hvor utfordringene vil være større ved 2 °C global oppvarming enn ved 1,5 °C. For Vestfold er de viktigste forskjeller i sannsynlighet for styrtregn og 10 cm forskjell i havnivåstigning ved slutten av dette århundret. Globalt vil også nedgangen i matproduksjonen bli større ved 2 °C. Disse direkte klimaendringene vil blant annet påvirke landbruk og infrastruktur i Vestfold.

Hovedfunn fra spesialrapporten er at klimagassutslippene må reduseres med 40-50 % innen 2030 sammenlignet med 2010-nivå¹, og være «netto-null» innen 2050, altså at det fjernes like mye CO₂ fra atmosfæren som det slippes ut. Dette betyr en betydelig reduksjon av klimagassutslipp i alle sektorer og et stort mangfold av tiltak. Dette må innebære rask og omfattende omstilling innen energisystemer, arealbruk, infrastruktur og industri. Fjerning av karbondioksid fra atmosfæren er en sentral forutsetning i alle utslippsbaner som begrenser global oppvarming til 1,5 °C. Spesialrapporten fremhever at samfunnsomstilling er nødvendig og at teknologiske løsninger alene ikke vil være tilstrekkelig. Denne type systemomstillinger, i det omfang som kreves, er historisk sett uten sidestykke.

Fylkeskommunen kan spille en viktig rolle i arbeidet med å begrense global oppvarming. Reduksjon av fylkeskommunens direkte og indirekte utslipp er et viktig bidrag i seg selv. Det globale er summen av det lokale. Spesialrapporten understreker viktigheten av å se klimagassreduksjon i sammenheng med klimatilpassing, og andre store utfordringer vi står overfor. Dette krever koordinering av tiltak og løsninger og en helhetlig og langsiktig tilnærming. Her er fylkeskommunen godt posisjonert.

Høsten 2018 gjorde vi et tilsvarende arbeid for Klimaetaten i Oslo kommune (Aamaas og Jensen, 2018), og mange av konklusjonene derfra er også relevante i dette arbeidet.

Sektorer og tema vi vil ha særlig fokus på her er transport, industri, jordbruk, karbonfangst og -lagring, bioenergi og byggeaktivitet. Vi vil også kort diskutere indirekte utslipp og styring og organisasjon.

¹ Alle tallene i spesialrapporten referer til 2010-nivå, mens målsetningene for Vestfold fra 2015 er i forhold til 2009-nivå.

3 Tiltak for omstilling

Senere i rapporten presenterer vi hvordan utslippene må kuttes globalt for å begrense global oppvarming til 1,5 °C, og hva det betyr på et overordnet nivå. Spørsmålet er da hvordan Vestfold og Vestfolds kommuner kan bidra til å realisere en slik framtid. Denne delen av rapporten vil se på tiltak og utfordringer som er spesielt relevant for Vestfold og Vestfolds kommuner, hvor det fokuseres mest på de største utslippskildene og de utslippene det er vanskeligst å redusere.

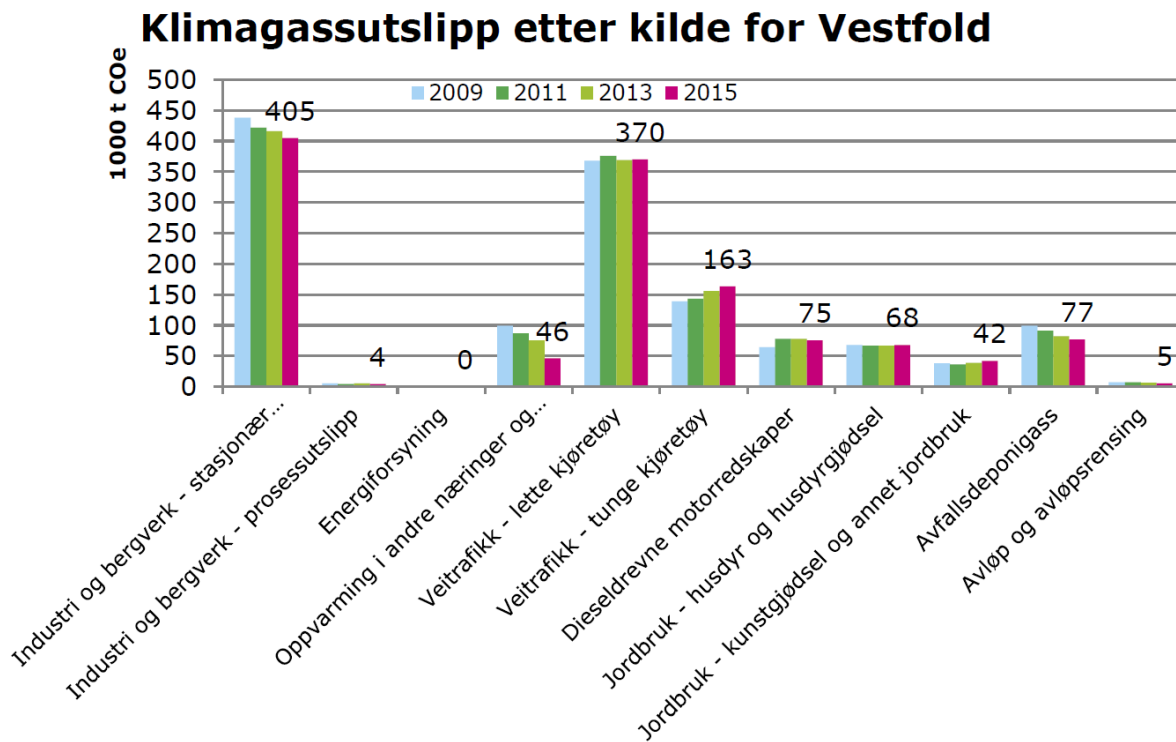
Kommunens og fylkeskommunens oppgaver er definert i kommuneloven og gjennom særlovgivning. Kommunen og fylkeskommunen opptre både som gjennomfører av statlig politikk og som selvstendige aktører og kan påta seg oppgaver de ønsker når disse ikke er eksplisitt lagt til andre forvaltningsorganer. Som gjennomfører av statlig politikk har kommunen og fylkeskommunen gjerne mindre lokal handlefrihet, og motsatt, har staten i liten grad regulert et område, kan kommunen og fylkeskommunen velge om og hvordan de vil involvere seg. På miljøområdet, og senere klimaområdet, har lokale aktører ofte vært i forkant av staten og tatt initiativ, for eksempel vedtok Bergen kommune klimamål før Stortinget og Oslo kommunes klimastrategi er mer ambisiøs enn nasjonale klimamål. Det er altså rom for at kommunene i Vestfold og Vestfold fylkeskommune tar en selvstendig rolle i utvikling av klimapolitikk og tiltak. Spesialrapporten understreker viktigheten av regionalt og lokalt nivå i arbeidet med å begrense global oppvarming til 1,5 °C.

Tradisjonelt har fylkeskommunens viktigste oppgaver vært videregående opplæring, tannhelsetjenesten, fylkesveier og regional og lokal kollektivtransport, tilretteleggende næringsutvikling, fylkesplanlegging, museer/andre kulturtiltak og kulturminneforvaltning. Med regionreformen får fylkeskommunen nye oppgaver og vi kan si fylkeskommunens rolle er i utvikling. Et uttalt mål med regionreformen er å styrke fylkeskommunens rolle som «samfunnsutvikler». Fylkeskommunene har ansvar og handlingsrom til å innta en regional strategisk rolle i klimaarbeidet, gjennom ansvaret som regional planmyndighet og som planfaglig veileder overfor kommunene. Flere studier finner at kommunene etterlyser kunnskap om mulige klimatiltak og både økonomiske og menneskelige ressurser til å iverksette og følge opp tiltak (e.g. Wang et.al. 2016 og Westskog et.al. 2018). Fylkeskommunen kan være en sentral støttespiller for kommunene.

I 2016 var den største direkte utslippskilden i Vestfold veitrafikk med 39 % av klimagassutslippene. Industri har også vært en stor kilde, men Vestfold har sett en reduksjon i industriutslippene de siste årene (se **Figur 1**). Sjøfart og jordbruk er også betydelige utslippskilder med ca. 10 % av utslippene hver. I **Figur 2** vises utslippene fordelt på de forskjellige kommunene i Vestfold. Kommunene med flest innbyggere og aktivitet har også de største utslippene.

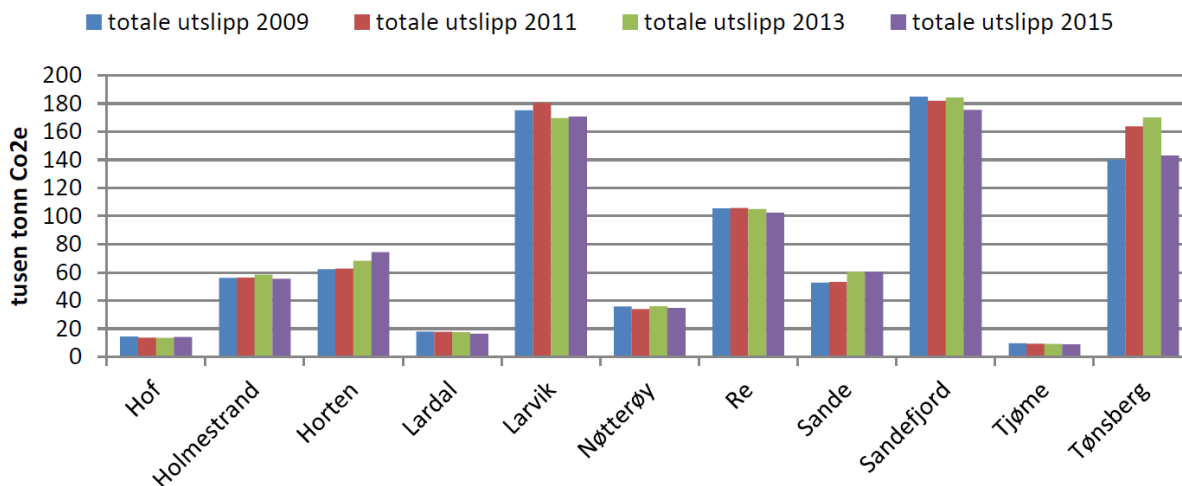
I **Figur 1** er utslippene av ulike klimagasser summert og gitt i CO₂-ekvivalenter. Utslipp av CO₂ dominerer med 84 % av utslippene i 2016. CH₄ og N₂O har andeler på 11 % og 5 %. Utslipp av CH₄ og N₂O kommer i hovedsak fra jordbruk og avfall. I Norge deles utslippene ofte mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor. Utslippene i kvotepliktig sektor skal reduseres i samarbeid med EU, mens ikke-kvotepliktige utslipp har Norge et særskilt ansvar for. De største sektorene innen ikke-kvotepliktig er veitrafikk, sjøfart, jordbruk og oppvarming, i tillegg til mindre bidrag fra andre sektorer.

I det videre presenterer vi sektorvise tiltak diskutert i spesialrapporten, som kan være særlig relevant for Vestfold fylkeskommune og Vestfolds kommuner, gitt regionens utslippsprofil og nåværende klimastrategi.



Figur 1: Klimagassutslipp i CO₂-ekvivalenter i Vestfold fordelt på sektorer i perioden 2009-2015 (Rambøll, 2017). Datagrunnlaget kommer fra Miljødirektoratet (2018a). Utslipp fra luftfart ved Torp kommer i tillegg.

Endring av klimagassutslipp Vestfoldkommuner tonn 2009-2015



Figur 2: Klimagassutslipp i Vestfold fordelt på kommunene i perioden 2009-2015 (Rambøll, 2017). Datagrunnlaget kommer fra Miljødirektoratet (2018a).

3.1 Styling og organisering

Spesialrapporten skal ikke vurdere politikk eller gi anbefalinger om politiske strategier. Likevel kan vi si at om vi ser rapporten som helhet legger den i noe større grad opp til en «bottom-up» tilnærming, altså tiltak rettet mot spesifikke sektorer, teknologi og regulering, og hvor lokalnivå får en sentral rolle, fremfor en ren «top-down» tilnærming hvor de sentrale mekanismene er markedsmekanismer og det styrende prinsippet er kostnadseffektivitet, og det nasjonale og internasjonale nivået skal håndtere klimautfordringen, selv om dette selvsagt også er vektlagt. For eksempel fremheves viktigheten av riktig karbonprising. Lokalt og regionalt nivå får en mer sentral rolle i utvikling av klimapolitikk innenfor en «bottom-up» tenkning. Overordnet finner også spesialrapporten støtte i litteraturen, og da særlig i litteratur om innovasjon og sosiotechnisk omstilling, for streng og inngripende politikk: påbud, forbud og streng regulering.

Målet om å redusere global oppvarming til 1,5 °C over før-industrielt nivå er svært ambisiøst og vil kreve «omstilling» til forskjell fra «justering» av kursen vi holder i dag. Den utfordringen det internasjonale samfunn står overfor er langt mer grunnleggende enn å gi «miljøhensyn» økt prioritet. Omstilling vil dermed ikke bare innebære at vi fokuserer på å effektivisere allerede eksisterende systemer og utslippskilder for å få ned det relative utslippet per enhet, vi må i tillegg redusere omfanget av særlig utslippsintensive aktiviteter. Dette vil kreve at vi også jobber med å endre systemene og å jobbe med organisasjon, ledelse, koordinering og prosess. Klimautfordringen må ses på som en grunnleggende samfunnsutfordring.

Spesialrapporten understreker først og fremst nødvendigheten av omfattende omstilling og konklusjoner om organisasjon- og styringsstrategier for utvikling av lokal klimapolitikk, og implementering av klimatiltak er i hovedsak på et overordnet nivå og diskuteres under en rekke tema.

Implementering av ny teknologi og nye løsninger i det omfang som legges opp til vil kreve god planlegging og sterke og til dels nye institusjoner. Prosesser for omstilling må utformes på en

integrert måte på tvers av felt og over flere styringsnivå («multi-level governance»), og involvere et mangfold av aktører og perspektiver; industri, sivilsamfunn og kunnskapsmiljøer. Spesialrapporten fremhever viktigheten av lokalt nivå for å utvikle nye konkrete løsninger som kan bidra til å nå overordnede mål om klimagassreduksjoner. Vi trenger et mangfold av små og store tiltak, rettet mot både tilbud- og etterspørselsside, og tiltak på en rekke forskjellige områder.

Flernivåstyring, eller «multi-level governance», nevnes flere steder i spesialrapporten og anses som sentralt. Stat, region og kommune må dra i samme retning. Her har fylkeskommunen en viktig rolle. Nasjonale og subnasjonale nettverk for klimaarbeid fremheves også, og spesialrapporten finner støtte i litteraturen for at nettverk bidrar positivt til å få fortgang i implementering av klimatiltak.

Å styrke institusjonell kapasitet fremheves som viktig. Institusjonell kapasitet kan blant annet forstås som styringsdyktige institusjoner, for eksempel evne til å håndheve vedtak og regulering. Dette er selvsagt viktig, samtidig er dette nok et større hinder andre steder i verden enn i en rimelig velorganisert norsk kontekst preget av høy grad av tillit. Institusjonell kapasitet kan også forstås som institusjoners kapasitet til å påta seg nye oppgaver eller kapasitet for omstilling, dette er mer relevant også i en norsk kontekst. Tilstrekkelig menneskelige ressurser og kunnskap om klimaendringer og klimatiltak er en forutsetning i arbeid med klimaomstilling. Med regionreformen er det uttalt at fylkeskommunen som institusjon skal styrkes. At dette følges opp vil være viktig for arbeidet med klimagassreduksjon og omstilling.

Inkluderende prosesser er særlig viktig når utfordringene er såpass grunnleggende og endringer potensielt sett så utfordrende, og berører så mange forskjellige type aktører og virksomheter. Å inkorporere flere aktørers perspektiver i beslutningsprosesser diskuteres som en viktig styringsutfordring i spesialrapporten, altså å utvikle beslutningsprosesser som muliggjør dette. Omstilling kan forstås som nye måter å løse grunnleggende behov på, og her trenger man en rekke perspektiver og alle berørte parter for å utvikle nye gode løsninger, og for deretter lettere kunne implementere de løsningene som utvikles.

Informasjonsvirksomhet er også viktig, både for aksept av tiltak og for livsstils- og forbruksendringer i befolkningen. At man fra politisk nivå står samlet og er tydelig i satsning på klima fremheves også som positivt for aksept for klimatiltak og livsstilsendringer. Spesialrapporten finner i litteraturen at økonomiske insentiver, som klimatiltak, fungerer best når de kommer sammen med god informasjon om de positive klimaeffektene knyttet til tiltaket.

Kommunen og fylkeskommunen har også et handlingsrom når det gjelder markedsbaserte virkemidler og økonomiske insentiver, og spesialrapporten finner at denne type virkemidler kan være effektive. Avgifter, ulike former for subsidier og konkurransebaserte virkemidler som anbudsprosesser er eksempler på markedsbaserte virkemidler. Kommunen kan pålegge bomavgifter og også tids- og miljødifferensiere disse for å stimulere til bedre fremkommelighet og bedre lokal luftkvalitet. Kommunene kan også innføre parkeringsavgifter for å begrense bilbruken lokalt. Det er viktig for kommunene med overordnet koordinering når det gjelder restriktive tiltak, her kan fylkeskommunen ha en viktig rolle. Kommunen og fylkeskommunen kan videre innføre ulike tilskuddsordninger som påvirker klimagassutslipp. Dette kan for eksempel være tilskudd til elsykler, tilskudd til elproduksjonsutstyr, eller støtte klimavennlige tiltak i næringslivet. Gjennom krav til innkjøp kan både kommunen og fylkeskommunen være viktige pådrivere for utslippsreduksjoner.

3.2 Transport

Omtrent halvparten av utslippene i Vestfold kommer fra transport, hvor 39 % i 2016 var fra veitrafikk. Sjøfart er også en større utslippssektor med 13 % av utslippene. For sjøfart i Vestfold inkluderes alle utslipp for innenriks og utenriks trafikk til og fra dets havner, i tillegg til gjennomfartstrafikk. Utslippstallene beregnes for trafikk ut til territorialgrensa, dvs. 12 nautiske mil utenfor grunnlinja (Miljødirektoratet, 2018b). Spesialrapporten skriver mest om veitrafikk og landtransport, mindre detaljert om skipstrafikk.

Spesialrapporten viser at scenarier som samsvarer med 1,5 °C innebærer opptil 30 % kutt i energibehovet i transport i 2050. Videre krever det at kjøretøy på fossile drivstoff fases ut i perioden 2030-2050. Dette kan gjøres med elektrifisering, og her ligger Norge og Vestfold omtrent i rute i den løypa som beskrives i spesialrapporten. Spesialrapporten sier også at det er ingen enkelt løsning, men at alle mulige tiltak vil være nødvendige. Et scenario fra International Energy Agency (IEA) viser hvilke tiltak som vil bidra mest fram til 2050, med 29 % fra effektiviseringsforbedringer, 36 % fra biodrivstoff, 15 % fra elektrifisering og 20 % fra å unngå reiser eller bytte transportmiddel. Altså er det den tekniske løsningen, dvs. effektivisering og avkarbonisering, som bidrar mest. Det er store forskjeller i hvordan ulike scenarier løser det. For eksempel kan det tenke seg at elektrifisering får en større relativ rolle i Vestfold basert på historisk utvikling. Spesialrapporten viser til at hybridbiler og ladbare hybridbiler er en mellomløsning fram til elbiler. En forskjell mellom utslippsbaner mot 1,5 °C og 2 °C, er at atferdsendringer i større grad må bidra for å begrense oppvarming til 1,5 °C. Dette kan for eksempel være overgang til kollektivtransport eller reduksjon i reiser.

I urbane strøk kan en rekke endringer skje. Det er ikke bare tiltak som fører til skifte av transportmiddel eller at reiser unngås, men også insentiv for drivstoffeffektivisering, endringer i urban design tilpasset gåing, ikke-motorisert transport og kortere pendlerreiser. Spesialrapporten viser til at foretting av byer fører til mindre energibruk, mindre bilbruk og gjør kollektivtransport mer levedyktig. Effektiv kollektivtransport i korridorer, slik som mellom byer i Vestfold, trekkes fram. Utbygging av motorveier nevnes ikke eksplisitt i spesialrapporten, men den viser at reduksjon av bilbruk kan være nødvendig og at dette muligjgjøres av blant annet gode ordninger for kollektivtransport. Videre gir spesialrapporten eksempler på innføring av avgifter sammen med andre tiltak i Stockholm, London og Singapore har bidratt til redusert bruk av personbiler og reduserte utslipp. Av utfordringer som ikke nevnes i spesialrapporten er at personer bosatt i de mest urbane strøkene er også de som flyr mest (Czepkiewicz et al., 2018). Flyreiser faller stort sett utenfor Vestfold direkte utslipp, men er altså en viktig utslippskilde for beboere i Vestfold.

Innovasjoner innenfor IT kan hjelpe til med såkalte smarte løsninger gjennom bildeling, førerløse biler og koordinert kollektivtransport, spesielt om dette kombineres med elektrifisering. Utnyttelse av big-data kan bidra til å optimalisere tjenester til behovet. For eksempel kan elbiler være en del av smartnettet med tilgjengelig lagringskapasitet for elektrisitet.

Generelt sett er det større utfordringer med å avkarbonisere tunge kjøretøy, luftfart og skipsfart, og en tilleggsutfordring er at etterspørselsveksten trolig vil være størst innen luftfart og skipsfart. De siste årene har det vært liten framgang på å erstatte de fossile drivstoffene. Utslippene fra varetransport i byene kan reduseres gjennom effektiviseringsforbedringer i logistikken og av kjøretøyene. En annen løsning er å prioritere biodrivstoff til disse transportformene. Ellers er bruk av forskjellige typer syntetiske drivstoff mulig, blant annet etanol, metanol, metan, ammoniakk og hydrogen, hvor dette er produsert av fornybar elektrisitet og CO₂. Ellers nevnes elektrifisering av havner som et tiltak under skipsfart, i tråd med utbygging av landstrøm som kan forsyne skip ved ulike havner i Vestfold. Avkarbonisering av drivstoffet for de største skipene står overfor politiske barrierer og behovet for globale løsninger. På kort og mellomlang sikt er trolig avansert biodrivstoff det mest realistiske alternativet for skipsfart, mens på lang sikt kan bruk av hydrogen og andre syntetiske drivstoff bli mulig.

3.3 Industri

Industrien står for ca. en fjerdedel av utslippene i Vestfold. En stor del av disse utslippene kommer fra raffineriet Slagentangen og næringsmiddelindustrien. Spesialrapporten skriver i liten grad spesifikt om tiltak i næringsmiddelindustrien. Dermed kan vi heller ikke konkludere hva Vestfold kan gjøre med disse utslippene, men vi viser til hva spesialrapporten sier om industri generelt. En del av disse betraktningene, som effektivisering, elektrifisering, avkarbonisering og sirkulærøkonomi, er også relevant for næringsmiddelindustrien. For å være i tråd med en global oppvarming på 1,5 °C bør de netto klimagassutslippene fra industrien nesten være fjernet i 2050. Forskjellige tiltak som er mulig innenfor industrien presenteres i **Tabell 1**. Utviklingen vil være forskjellig i de ulike sektorene, men generelt sett reduseres energibehovet med en tredjedel på sikt, samtidig med en økning i resirkuleringsgraden av materialer og utvikling av sirkulærøkonomi i industrien. Videre er det et behov for å bruke fornybare materialer slik som skog, naturlige tekstilfibrer istedenfor plast og en rekke andre tiltak som gis i **Tabell 1**. For energiintensiv industri er effektiviseringstiltak nødvendig, men utilstrekkelig for å klare 1,5 °C. Omfattende endringer av industrien kan bli vanskelig grunnet bekymringer for den globale konkurransevnen.

Tabell 1: Oversikt over forskjellige utslippstiltak i industrien som potensielt kan være relevant for 1,5 °C.

Utslippstiltak i industrien	Jern/stål	Sement	Raffineri og petrokjemisk	Kjemikalier
Effektivisere prosesser og energibruk	Kan gi utslippskutt på 10-50 % avhengig av verk, i den nedre enden for Vestfold. Relevant men ikke nok for 1,5 °C			
Biobasert	Koks kan lages av biomasse istedenfor av kull	Delvis (bare energirelaterte utslipp)	Biomasse kan overta for fossile råstoff	
Sirkularitet og substitusjon	Mer resirkulering og erstatning med lavutslippsmaterialer inkludert alternative kjemikalier for sement		Begrenset potensial	
Elektrifisering og hydrogen	Direkte reduksjon med hydrogen. Varmeproduksjon med elektrisitet	Delvis (bare elektrifisert varmeproduksjon)	Elektrifisert varme- og hydrogenproduksjon	
Karbonfangst, -bruk og -lagring	Mulig for prosessutslipp og energi. Reduserer utslipp med 80-95 %, og netto utslipp kan bli negative når dette kombineres med biodrivstoff		Kan brukes på energiutslipp og forskjellige fabrikkpiper, men ikke på utslipp fra produkter som bruker fossilt drivstoff (som bensinbiler)	

3.4 Karbonfangst og -lagring

Spesialrapporten finner at ikke alle utslipp fra industrisektoren kan fjernes gjennom tiltak, slik som elektrifisering av prosesser. I 2050 bør utslippene fra industri nærme seg netto null, noe som krever CCS i industrisektoren. I tillegg nevnes det at det er stort potensial for utslippsreduksjoner ved å bedre utnytte restvarme fra industrien.

CCS er mulig ved produksjon av bioenergi, i industri og kraftverk, men blir sett på som mest gjennomførbart fra industrikilder. CCS kan kobles opp mot produksjon av bioenergi, såkalt BECCS.

Ved prosessutslipp og energibruk ved produksjon av sement, jern og stål kan CCS reduserer utslippene med 80-95 % og til og med gi negative utslipp om dette kombineres med biodrivstoff. Flere måter å redusere utslippene fra produksjon av sement, jern og stål gis under «Byggeaktivitet og infrastruktur.» CCS kan også bli brukt ved energiutslipp, men ikke ved små punktutslipp som fra en bil som kjører på bensin. Spesialrapporten diskuterer CCS over flere sider og i forskjellige deler

av rapporten. Om CCS kombinert med avfallsforbrenning og fjernvarme nevnes dette som en nisjemulighet med høy effektivitet og færre utfordringer enn for andre CCS-prosjekter.

I dag er det en rekke utfordringer med CCS. Denne teknologien nevnes knapt i de såkalte NDCene, og delegater på klimaforhandlinger prioriterer investeringer til andre løsninger høyere. De fleste karbonfangstteknologier er uprøvde. CCS i kraftsektoren har ennå ikke blitt realisert grunnet kostnader ved karbonfangst og at utvikling av transport og lagringsinfrastruktur ikke blir tilstrekkelig kompensert av markedet eller statlige insentiver. Samtidig finnes eller planlegges det rundt 30 fullskala anlegg i verden, og flere av disse er på industri. Den mest etablerte fangstteknologien er basert på CO₂ fra eksos eller industriutslipp v.h.a. aminteknologi. Noen av disse anleggene er lønnsomme fordi CO₂-en brukes til meroljeutvinning. Til tross for alle utfordringene er CCS potensielt viktig siden de fleste utslippsbanene som samsvarer med 1,5 °C avhenger av karbonfangst og –lagring, spesielt BECCS og skogplanting. Vestfold har i dag en god del skog, og disse skogene lagrer mye karbon. Sannsynligvis kan enda mer karbon lagres med å utvide skogene og med rett skogskjøtsel. Skogplanting kan vi starte med i dag, mens BECCS er en dyrere og mindre moden teknologi og som blir brukt senere i århundret ifølge utslippsbanene. Den økonomiske og tekniske gjennomførbarheten til karbonfangst er relatert til hvor ren CO₂en er i avgassen, hvor høyere renhetsgrad er en fordel. For industrianlegg er ettermontering av CCS ofte mulig, men avhengig av betydelige investeringer og endringer på anlegget. Den teknologiske modenheten i CCS i elektrisitetssektoren har forbedret seg vesentlig, men kostnadene har ikke blitt redusert mellom 2005 og 2015 grunnet avgrenset med læring fra kommersielle læringsarenaer og økte energi- og ressurskostnader. Bioenergi kan brukes i ulike deler av energisektoren inkludert elektrisitet, flytende drivstoff, biogass og hydrogenproduksjon. Ved elektrisitetsproduksjon antas at ca. 90 % av CO₂en kan fanges, mot 40-50 % for flytende drivstoffproduksjon.

Karbonet må ikke bare fanges, men også lagres utilgjengelig for atmosfæren. Estimer for lagringskapasiteten varierer kraftig, men litteraturen indikerer at kanskje 10 000 Gt CO₂ kan bli lagret i reservoar i undergrunnen. Tilgjengelighet regionalt varierer og det kreves anstrengelser for å ha tilgjengelig lagring og lagringsinfrastruktur ved et gitt tidspunkt og med stort nok volum. En studie forventer at i veldrevne reservoar vil 98 % av CO₂en forbli nede i bakken etter 10 000 år, mens 78 % forventes å bli liggende i reservoar som ikke er veldrevne. Å finne og teste geologiske formasjoner som er velegnet for lagring står sentralt.

3.5 Jordbruk

Vestfold er det fylket i landet med størst andel matjord, ca. 20 % av landarealet er matjord. Jordbruket står for 9 % av de totale klimagassutslippene. For de fleste andre sektorene er det utslipp av CO₂ som har størst betydning, mens i jordbruket fører de biologiske prosessene til utslipp av CH₄ og N₂O. Vestfold produserer mye matkorn, poteter og andre grønnsaker relativt til andre fylker, men har også en betydelig andel av landets slaktegris. Globalt sett fører husdyrhold til de største utslippene fra jordbruket. I Vestfold kommer også de største utslippene fra husdyr og gjødsel.

Selv ved en global oppvarming på 1,5 °C vil klimaendringene påvirke matproduksjon i Vestfold. Økt vekstsesong og økt CO₂-konsentrasjon i atmosfæren vil kunne øke produksjonen, mens en økning av naturskader og andre hendelser vil påvirke i negativ retning (Aall med flere, 2018).

Det er flere ulike veier å gå for å redusere utslippene basert på preferanser og politiske valg. Endringer i jordbruket styres i hovedsak av endringer i etterspørsel, effektivitetsforbedringer i produksjonen og hvilke politiske tiltak som gjennomføres. Jordbruket er i et krysspress ved både å dekke et økende matbehov globalt og samtidig redusere klimagassutslippene. Samtidig kan landområdene brukes på flere måter, slik som at det globalt kan være nødvendig å konvertere store områder av beitemark til skog eller for å dyrke avlinger som kan brukes til biodrivstoffproduksjon. Dette diskuteres videre i kapitlet om bioenergi. Siden landområdene er begrenset er en intensivering av jordbruket hvor det dyrkes være til hjelp.

I utslippsbaner som samsvarer med 1,5 °C reduseres utslippene av CH₄ og N₂O fra jordbruket, men fjernes ikke helt. For CH₄ reduseres utslippene med agronomiske forbedringer av jordbruket, slik som bedre kvalitet på husdyr gjennom avl og forbedret fôringspraksis og endring av kosthold bort fra husdyr med store utlipp, i tillegg til endringer på gjødsel. N₂O-utslippene kan reduseres gjennom forbedret nitrogeneffektivitet og gjødselbruk.

De gjenværende utslippene fra jordbruket kan reduseres ytterligere gjennom et skifte til sunnere og mer bærekraftige dietter, slik som også fremholdt av rapport fra EAT-Lancet (Willett med flere, 2019). Da vil grønnsaksproduksjon i Vestfold være et bidrag for å muliggjøre det. Endring av matvaner vil kunne ha flere positive effekter og vil kunne bidra til å øke effektiviteten i matproduksjonen. Ca. en tredel av all mat blir kastet, og en reduksjon av matsvinn vil da være et bidrag. Spesialrapporten nevner også en rekke forskjellige mulige tiltak, men hvor ikke alle inkluderes i utslippsbanene. Blant annet kan jordbruket også brukes til å fange karbon, slik som bruk av biokull og optimalisering av jordbruket for å øke mengden karbon i jordsmonnet. Jordbruket er avhengig av motoriserte kjøretøy som går på fossile drivstoff, og en effektivisering og avkarbonisering av dette vil redusere utslippene. En optimalisering av gårdsproduktiviteten er også mulig gjennom en blanding av avlinger og husdyrhold.

Flere forskjellige teknologiske innovasjoner kan bidra, som kan gi presisjonsjordbruk, redusert matsvinn og bedre genetikk. Genmodifisering er et mulig tiltak for både for å øke produksjonen og for å tilpasse seg klimaendringene. Videre kan vaksinerings av husdyr for å redusere metanproduksjonen etter hvert bli en realitet.

3.6 Byggeaktivitet og infrastruktur

I dag står kategorien annen mobil forbrenning for 4 % av utslippene i Vestfold, som blant annet skyldes byggeaktivitet. Spesialrapporten inneholder ikke egne avsnitt om motorredskaper ved anleggs- og byggeaktivitet, men de delene som omhandler transport er relevante også her. De store trendene er effektivisering, elektrifisering og bruk av alternative drivstoff, slik som biodrivstoff og syntetiske drivstoff. Spesialrapporten viser til at det er større utfordringer med å avkarbonisere tunge kjøretøy enn lettere kjøretøy, og at en løsning er at biodrivstoff og hydrogen blir prioritert til disse aktivitetene. Her kan en aktiv anskaffelsesstrategi som stiller krav på kjøretøy og bygg- og anleggsmaskiner drive frem ny teknologi.

Hvert år fram til midten av århundret vil 70 millioner flere bo i by. Til sammenligning forventes det at befolkningstallet i Vestfold økes med ca. 80 000 fram til 2040, eller med 16 % (SSB, 2018). Veksten forventes å være størst i sentrale strøk, med vekst over gjennomsnittet i Sande, Holmestrand, Re, Tønsberg og Sandefjord. Altså vil det være betydelig omfang av byggeaktivitet globalt og i Vestfold fremover, og dermed er utvikling av klimavennlige løsninger for byggeaktivitet viktig. I dag står bygninger for 32 % av det globale energikonsumet. Spesialrapporten observerer et stort potensial til å kutte energibruket med tilgjengelige og demonstrerte tiltak som energieffektivisering, isolering og energiforsyning. I scenarier som begrenser oppvarming til 1,5 °C reduseres utslipp fra bygninger med 80-90 % til 2050, hvor nybygg er fossilfrie og lavenergihus fra 2020, i tillegg til økt renovering av eksisterende hus. Det finnes flere tiltak for å redusere kjøle- og varmebehovet gjennom forbedret bygningsdesign, effektivt utstyr, lys og apparater. Teknologien bak nullutslippshus er tilgjengelig nå, og etter hvert kan såkalte pluss-hus bygges. Såkalt smart teknologi, for eksempel Internet-of-Things og informasjonsmodellering, kan forsterke energieffektiviteten i bygg. Energibehovet som er nødvendig for å produsere byggematerialer kan reduseres, spesielt gjennom biobaserte materialer og ved bruk av tømmer i konstruksjoner. Bruk av tømmer i større grad på bekostning av betong og andre CO₂-intensive råvarer vil redusere de totale utslippene ved bygging. Sement kan også produseres med lave CO₂-utlipp. Byggestandarder og teknologistandarder kan bidra til at nullutslippshus bygges og til forbedringer av eksisterende bygg.

3.7 Bioenergi

Bioenergi vil trolig være en viktig del av omstillingen til en 1,5-gradersverden selv om det kan være til dels betydelige utslipp ved produksjon av bioenergi. Her er det overlapp til flere områder, slik som mot seksjonene om CCS, jordbruk og avfall og avløp. Vestfold har betydelige skogområder og mye jordbruk, begge deler kan utnyttes for å produsere bioenergi.

Bioenergi er fornybar energi fra biomasse. Det kalles biodrivstoff hvis biomassebasert energi er brukt i transport. I de fleste utslippsbaner som begrenser oppvarming til 1,5 °C er det lagt inn mye biodrivstoff, med 67-310 (median 150) EJ per år. De fleste scenariene kombinerer bioenergi med CCS (BECCS) hvis det er tilgjengelig, men har også bioenergi uavhengig av om CCS er på plass. En av utfordringene er å finne nok bærekraftig biomasse, og spesialrapporten skriver at det er stor enighet om at potensialet i 2050 ligger på 100 EJ per år. Bærekraftig bruk på dette eller høyere nivå vil sette betydelig press på tilgjengelige landområder, matproduksjon og matpriser, bevaring av økosystemer og biodiversitet, samt potensielt begrenset av vann og næringsstoffer. Det er lite kunnskap om interaksjoner mellom disse utfordringene. Deler av uenigheten om den bærekraftige kapasiteten for bioenergi skyldes forskjeller mellom globale og lokale perspektiv. Globale studier kan ikke ta med alle lokale forhold, som blant annet kan forsterke de negative effektene. Lokale studier ser disse utfordringene i større grad, men kan også finne nisjer og fordeler. Bioenergi basert på avfall vil ikke ha disse utfordringene, men potensialet for oppskalering er begrenset.

Hvor stor andel av klimagassutslippene som er fra bioenergi er fremdeles svært diskutert. I en del analyser betraktes bioenergi som karbon- eller klimanøytralt, men ofte gir denne aktiviteten utslipp. Karbonintensiteten til bioenergi avhenger av forvaltning, direkte utslipp, indirekte utslipp gjennom indirekte arealbruksendringer, type råstoff og tidshorison for analysen, så vel som koordineringen av politikk og forvaltning for å minimere negative effekter. For eksempel kan det være utslipp ved produksjon og innhenting av råmaterialet eller at bruk av skog forhindrer karbonbinding i jord. Det er mindre problematisk å bruke avfall for bioenergi enn at produksjon fører til avskoging og fordrivelse av matproduksjon.

Ifølge spesialrapporten vil bioenergi trolig være mest sentral for transportsektoren i enkelte byer og land. Det vil også kunne være et sentralt tiltak for luftfart, skipsfart og varetransport og for å avkarbonisere industrien.

3.8 Oppvarming

Oppvarming står for 2 % av utslippene i Vestfold. Siden dette er en liten sektor og en god del av utslippene vil fjernes med den pågående utfasingen av oljefyr, går vi ikke detaljert inn i denne sektoren. Spesialrapporten diskuterer ikke oljefyr og vedfyring for oppvarming spesifikt, men som vist i seksjonen om byggeaktivitet og infrastruktur, er elektrifisering og isolering sentrale tiltak for å redusere utslippene.

3.9 Avfall og avløp

Avfall og avløp er ansvarlig for 6 % av Vestfolds utslipp, hvor mesteparten kommer fra avfallsdeponigass. Spesialrapporten skriver en god del om at biologiske ressurser i større grad må brukes til å produsere biodrivstoff, men lite konkret om avfall og avløp. Altså kan produksjon av biogass fra avfallsanlegg og i bruk av busser være en slik løsning. Bioenergi har vi allerede diskutert. Spesialrapporten nevner at rensning av avløp er energiintensivt og fører til utslipp og at byer kan innføre tiltak for å redusere utslippene.

3.10 Indirekte utslipp

Aktiviteter i Vestfold fører ikke bare til direkte utslipp, men også indirekte utslipp utenfor fylkes- og kommunegrensene.

Klimagassutslipp knyttet til varer og tjenester kommunen og fylkeskommunen som virksomhet forbruker, og innbyggerne i fylkeskommunen forbruker, kan samlet gi langt høyere bidrag til de globale klimaendringene enn utslippene som skjer innenfor kommunenes og fylkeskommunens grenser. Dermed blir potensiale for klimagassreduksjoner større om indirekte utslipp medregnes. Samtidig vil ofte utslippsberegninger som også inkluderer indirekte utslipp gi en annen rangering av utslippskildene, for eksempel blir mat en langt viktigere utslippskilde for de fleste norske kommuner (Westskog et. al 2018).

Spesialrapporten fremhever matkonsum som et sentralt innsatsområde hvor endringer og tiltak med stor sikkerhet kan bidra både til klimagassreduksjon og klimatilpassing. Vi har under overskriften «Jordbruk» adressert utslipp knyttet til Vestfold som *matprodusent*, som altså regnes som *direkte* utslipp. Vi kan også bidra til reduksjon i utslipp gjennom hvordan vi spiser, *matkonsum*, blant annet gjennom redusert matsvinn, redusert inntak av kjøtt og meieriprodukt, og kjøp av lokal og sesongbasert mat. Her kan fylkeskommunen bidra gjennom tiltak i egen virksomhet og gjennom informasjon til næringsliv, kommuner og befolkning.

Torp lufthavn ligger i Vestfold. Dette fører til at ca. 1 % av Vestfolds utslipp stammer fra luftfart. Men siden bare utslipp for take-off og landing opp til 3000 fots høyde inkluderes (Miljødirektoratet, 2018b), fører luftfarten tilknyttet Torp lufthavn til langt større utslipp totalt sett. Luftfart er en næring hvor etterspørselsveksten globalt trolig vil være stor. På kortere reiser sier spesialrapporten at flyreiser kan byttes med reiser på høyhastighetstog, mens luftfarten generelt kan redusere sine utslipp gjennom energieffektiviseringer og operasjonelle endringer. Informasjon og tilrettelegging for «kortreist ferie» kan være en type tiltak for å redusere flyreiser.

Spesialrapporten fremhever livsstilvalg og forbruk, som altså typisk vil ha større indirekte enn direkte utslipp, som et sentralt innsatsområde for å redusere utslipp. Gjennom redusert forbruk og aktive valg av klimavennlige løsninger ved for eksempel innkjøp, valg av byggematerialer, redusert reisevirksomhet og holdningsskapende arbeid kan kommunen påvirke utslipp også utenfor sitt geografiske område. Her kan fylkeskommunen både bidra i egen virksomhet og som potensiell kunnskapsressurs for kommunene.

3.11 Eksempler på tiltak og teknologiske løsninger på tvers av sektorer

Tabellene under oppsummerer eksempler på tiltak (se Tabell 2) og teknologiske løsninger (se Tabell 3) på tvers av sektorene som er relevant for 1,5 °C.

Type tiltak for å redusere utslippene	Eksempler
Ressurseffektivitet i bygninger	<ul style="list-style-type: none"> Isolering Lav-karbon bygningsmaterialer
Lavutslippsinnovasjoner	<ul style="list-style-type: none"> Elektriske kjøretøy Varmepumper, fjernvarme
Energieffektive apparater	<ul style="list-style-type: none"> Energieffektiv oppvarming og kjøling Energieffektive apparater
Energisparende vaner	<ul style="list-style-type: none"> Gå eller sykle fremfor å kjøre på korte distanser Bruke tog, buss eller båt fremfor fly Lavere innendørstemperatur Lufttørring av vask Redusere matsvinn
Kjøpe produkter og materialer med lave klimagassutslipp ved produksjon og transport	<ul style="list-style-type: none"> Redusere inntak av kjøtt og meieriprodukt Kjøpe lokal og sesongbasert mat Bytte ut aluminium med lavutslippsalternativ
Organisatorisk oppførsel	<ul style="list-style-type: none"> Utvikle prosesser som gir lave utslipp Bytte ut jobbreiser med videokonferanser
Fornybare energikilder	<ul style="list-style-type: none"> Solcellepanel Solar vannvarmer

Tabell 2: Eksempler på tiltak som fører til utslippsreduksjoner og tilpasning relevant for 1,5 °C.

Sektor	Eksempler på tiltak for utslippsreduksjoner og tilpasning basert på teknologiske innovasjoner
Bygninger	<ul style="list-style-type: none"> Effektivisering av energi og CO₂ for logistikk, varehus og butikker Bruk av smartteknologi for belysning og oppvarming og kjøling av bygg
Industri	<ul style="list-style-type: none"> Energieffektivisering ved optimalisering av industriprosesser Biobasert plastproduksjon ved bioraffineri Nye materialer fra bioraffineri
Transport	<ul style="list-style-type: none"> Elektriske kjøretøy og automatisering Biobasert diesel fra bioraffineri Andre generasjons bioetanol potensielt koblet med karbonfangst Optimalisering av logistikk og elektrifisering av lastebiler med kontaktledning Redusere transportbehovet ved fjerntjenester for utdanning, helse og andre tjenester Energibesparelser ved bruk av lettere komponenter i fly
Elektrisitet	<ul style="list-style-type: none"> Produksjon av solceller Smart og fleksibelt strømmnett som er tilpasset varierende fornybar elektrisitet Plasmasperringe for fusjonsreaktorer
Jordbruk	<ul style="list-style-type: none"> Presisjonsjordbruk (forbedret bruk av energi og ressurseffektivisering, inkludert redusert bruk av kunstgjødsel og reduserte N₂O-utslipp) metanhemmere (vaksiner) som reduserer utslipp fra husdyr som gir meieriprodukt Endre C3 til C4-fotosyntese for å forbedre produksjon og produktivitet i jordbruket Genredigering ved bruk av CRISPR for å forbedre avlinger

Tabell 3: Eksempler på teknologiske innovasjoner for 1,5 °C som er gjort mulig av ny teknologi. Teknologier inkluderer generell IT, Internet-of-Things, kunstig intelligens, 3D-printing, roboter, nanoteknologi og bioteknologi.

3.12 Kunnskapsmangler og usikkerheter

Hvor klare å redusere utslippene nok for å klare 1,5 °C er et relativt nytt tema innen forskning, og spesialrapporten er tydelig på at det er en rekke usikkerheter og kunnskapsmangler knyttet til både utslippsbaner og tiltak. I **Tabell 4** går vi gjennom noe av de usikkerhetene og kunnskapsmanglene rapporten fremhever på et overordnet nivå som vi anser som mest relevant for Vestfold fylkeskommune og Vestfolds kommuner.

Område	Eksempler
Utslippsbaner og påfølgende endringer	<ul style="list-style-type: none"> Mangel på litteratur om investeringskostnader i en 1,5 °C-verden knyttet til spesifikke teknologier. Mangel på litteratur om hva tiltak for å nå 1,5 °C vil koste samfunnet som helhet. Begrenset med casestudier på tiltak spesifikt for 1,5 °C. Begrenset med kunnskap om systemiske og dynamiske aspekter ved omstilling til lavutslippssamfunnet.
Energi	<ul style="list-style-type: none"> Skifte til fornybare energikilder er kommet til et nivå i mange land hvor det er behov for storskalasystem eller fleksibelt nett for å få et robust nettverk. Ny kunnskap om muligheter og utfordringer tilknyttet et fullstendig avkarbonisert nett er nødvendig, f.eks. hvordan dette kan integreres med fullstendig elektrifisering av transportsektoren. Det er knyttet stor usikkerhet til når CCS kan oppskaleres. Det er lite litteratur på konsekvenser ved storskala bioenergisatsning og hvordan disse vil fordeles. Vurderinger av gjennomførbarhet og konsekvenser er utfordrende da det er forskjellig type kontekst for de forskjellige studiene (type råstoff, teknologi, landtilgang). Dette kan forbedres med flere sammenlignbare studier og metastudier.
Land og økosystem	<ul style="list-style-type: none"> Vi trenger mer kunnskap som ser bruk av landområder til klimatiltak, klimatilpassing og utvikling i sammenheng. Mens det er en del ny litteratur på de underliggende mekanismene bak endringer i bruk av landområder er datagrunnlaget ofte utilstrekkelig for å gi robuste konklusjoner, og det er usikkerhet om tilgjengelighet av landområder. Vi trenger flere eksempler på vellykket implementering og god institusjonell praksis som muliggjør vinn-vinn løsninger for omstilling og tilpassing. Det er relativt få studier på utslippseffekter av å endre matvaner og redusere matavfall.
Byer og urban infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> Begrenset med kunnskap om sammenhengen mellom giftig avfall og kollektivtransport. Begrenset med kunnskap om effekter av storskala bruk av elektriske kjøretøy og ikke-motorisert transport siden dette er en ny utvikling. Endringer av skipsfart og luftfart har vært avgrenset, som gir begrenset kunnskap om sosiale effekter av endringer. Det er behov for kunnskap om hvordan fasilitere radikale etterspørselsbaserte innovasjoner som omstiller urbane systemer. Det er behov for kunnskap om implikasjoner av kombinasjonen av elektriske kjøretøy, førerløse kjøretøy, bildeling og kollektivtransport. Det er et kontinuerlig behov for ny kunnskap om fordelingen av konsekvenser av klimatiltak. Det er kunnskapsmangler om implementering og oppskalering av nye smart teknologi, bærekraftig design, avanserte konstruksjonsteknikker, nye isoleringsmaterialer, fornybar energi og endringer av vaner i urbane strøk, og om kombinasjoner og samspill mellom forskjellige typer innovasjoner.

Område	Eksempler
Industri	<ul style="list-style-type: none"> • Kunnskapsmangler for potensialet for oppskalering og global distribusjon av nullutslipps- og lavutslippsteknologi i industrien. • Spørsmål om gjennomførbarhet for industri med tanke på sosiokulturelle forhold, slik som menneskelig kapasitet og privat sektors aksept for nye og radikalt forskjellige teknologier, i tillegg til fordelingsmessige effekter av nye businessmodeller. • Etter hvert som omstillingen av industrien skjer er det mangel på kunnskap om hvordan dette vil påvirke andre sektorer, spesielt kraftsektoren og infrastruktur for å elektrifisere industrien, med matproduksjon og andre brukere av biomasse med tanke på utvikling av biobasert industri, og med CDR-teknologien med tanke på CCS. • Livssyklusanalyser av forskjellige alternativer av karbonfangst, -bruk og -lagring mangler, likeså informasjon om livssyklus for elektrifisering og hydrogen. • Effekter av omstillinger av industrielle system er ikke godt kjent, spesielt på arbeid, identitet og trivsel, særlig med tanke på utskiftning av konvensjonell, høykarbon industrielle produkter med lavkarbon alternativ, elektrifisering og bruk av hydrogen.
Fjerning av karbondioksid fra atmosfæren	<ul style="list-style-type: none"> • En bottom-up-analyse av ulike valg av CDR viser at det fremdeles er sentrale usikkerheter for hver enkelt teknologi. Vurdering av ulike miljømessige aspekter mangler. • For å få mer informasjon om realistisk og bærekraftig potensial for karbonopptak trengs det flere regionale og bottom-up studier, som også diskuterer sosiale forhold. Dette vil hjelpe modellering av utslippsbaner som samsvarer med 1,5 °C. • Kunnskapsmangler tilknyttet styring og aksept, effekter av storskala karbonopptak på karbonsyklusen, muligheter for å oppskalere CDR og hvordan legge opp insentivordninger for videre utvikling. • Kunnskapsmangler på integrerte system av fornybar energi og CDR-teknologier slik som DACCS². • Kunnskapsmangler om negative utslipp og om bruk av «fanget» karbon.
Styring	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologiske endringer akselerer, men det er kunnskapsmangel om mekanismer som gir selskaper insentiver til å følge etter og hva som kan bidra til «mainstreaming». Også årsaker til suksess og fiasko må forskes på. • Forskningen på effektiv flernivåstyring er delvis mangelfull. Det er kunnskapshull knyttet til hvordan lokale partnerskap kan muliggjøre og drive frem globale ambisjoner og lokal handling. • Metoder for å vurdere bidrag fra ikke-statlige aktører. • Kunnskapsmangler rundt et forbedret rammeverk for å vurdere ambisjonene i NDCene.
Institusjoner	<ul style="list-style-type: none"> • Mangel på litteratur spesifikk til 1,5 °C. • Usikkerhet knyttet til hvordan rollen til regulative finansinstitusjoner bør utvikles i møte med nye typer risiko og i grunnleggende samfunnsomstilling. • Kunnskapsmangler på hvordan man skal bygge kapasitet på tvers av land og regioner globalt for å implementere, holde, styre og utvikle utslippstiltak for en 1,5 °C-verden. • Viktigheten av lokal kunnskap er tydelig, men evnen til å skalere opp ut over det lokale er en utfordring og lite undersøkt.

² Direkte fangst av karbon fra atmosfæren

Område	Eksempler
	<ul style="list-style-type: none"> • Det er en mangel på gode verktøy for overvåking og evaluering av tilpasningstiltak. En av utfordringene for både tiltak og tilpassing er mangel på høykvalitetsinformasjon for modellering.
Livsstil og vaner	<ul style="list-style-type: none"> • Det har blitt laget scenarier som adresserer reduksjon eller eliminering av markedssvikter (som eksterne kostnader og informasjonasymmetri) via klima- eller energitiltak, men ingen studier har sett på strategiske endringer av vaner i relasjon til utslippstiltak og tilpasning i en 1,5 °C-kontekst. • Begrenset kunnskap om reduksjoner av klimagassutslipp for diverse livsstils- og forbruksendringer på globalt nivå. • Studier har som regel fokusert på endringer på individnivå, i mindre grad på endringer på organisatoriske og politiske systemnivå. • Begrenset forståelse og inkludering av effekter av livsstils- og forbruksendringer og tiltak rettet mot dette i ambisiøse utslippsbaner.
Teknologisk innovasjon	<ul style="list-style-type: none"> • Få kvantitative estimater for utslippstiltak og tilpassing på sektor- eller økonominivå som et resultat av kombinasjonen av teknologi generelt og utslippsreduserende teknologi, bortsett fra noen funn fra transportsektoren. • Begrenset med kunnskap om viktigheten av internasjonale organisasjoner, slik som FNS klimapanel, for å bygge kapasitet og styrke teknologisk innovasjon for 1,5 °C, bortsett fra deler av transportsektoren.
Politiske prosesser	<ul style="list-style-type: none"> • Det trengs mer empirisk forskning for å utlede robuste konklusjoner på effektiviteten av forskjellig type politikk for å få til omstilling i tråd med 1,5 °C og hvilke faktorer som kan hjelpe beslutningstakere til å styrke NDCene.
Finans	<ul style="list-style-type: none"> • Det finnes fortsatt kunnskapsmangler på hvordan finanssektoren kan brukes for å gi mest mulige effektive utslippstiltak og tilpassing.

Tabell 4: Relevante kunnskapsmangler og usikkerheter som spesifiseres i spesialrapporten.

3.13 Gjennomførbarhet

Spesialrapporten understreker at det ikke er ett enkelt svar på hvorvidt det er gjennomførbart å begrense global oppvarming til 1,5 °C og å tilpasse seg konsekvensene av global oppvarming, og at det med tanke på gjennomførbarhet er særlig viktig å se tiltak for klimagassreduksjon, klimatilpassing og bærekraftig utvikling i sammenheng.

Spesialrapporten legger opp et rammeverk med seks dimensjoner for å vurdere og forbedre gjennomførbarhet av konkrete omstillingstiltak som også kan være nyttig lokalt.



Figur 3: Forskjellige dimensjoner for vurdering av gjennomførbarhet av tiltak. Figuren er vår egen oversettelse av figur fra IPCC (2018).

- *Teknologisk*, er det teknisk mulig og er teknologien tilgjengelig? Indikatorer her kan være om teknologien er skalerbar eller risiko knyttet til teknologien.
- *Økonomisk*, er det økonomiske ressurser tilgjengelig for tiltaket, og hvilke økonomiske implikasjoner vil tiltaket ha? Indikatorer her kan for eksempel være kostnadseffektivitet, fordelingseffekter, og påvirkning på markeder og arbeidsplasser.
- *Sosiokulturelt*, hva er de sosiale effektene av tiltaket være? Vil tiltaket kreve endringer i vaner og er det trolig at folk vil være villig til dette og ha mulighet til det? Indikatorer her kan være konsekvenser for helse, eller hvordan fordeler og ulemper ved tiltaket vil fordele seg regionalt eller sosioøkonomisk.
- *Institusjonelt*, er det politisk støtte for tiltaket og institusjonell kapasitet til å gjennomføre? Indikatorer her kan være om tiltaket er juridisk gjennomførbart eller om den institusjonelle organiseringen svarer til oppgaven.
- *Miljø og økosystem*, er det tilstrekkelig med naturressurser for å gjennomføre tiltaket og hvordan vil tiltaket påvirke naturressurser og økosystemer? Indikatorer her kan for eksempel være luftforurensing eller bruk av vannressurser eller påvirkning på biodiversitet
- *Geofysisk*, er tiltaket mulig innenfor jordens geofysiske begrensinger? Indikatorer her kan være bruk av landområder.

Dette kan altså være et verktøy for å vurdere et konkret tiltak lokalt. De seks dimensjonene interagerer på komplekse og kontekstspesifikke måter. Gjennom en grundig analyse av et konkret tiltak med utgangspunkt i hvordan disse seks dimensjonene kommer til uttrykk lokalt og kan spille sammen i det konkrete tilfellet, skal barrierer unngås eller adresseres tidnok, og mer vellykket implementering oppnås. Spesialrapporten illustrerer bruken av rammeverket og gir en vurdering av

gjennomførbarhet og lokalisering av sentrale barrierer for en rekke tiltak. For eksempel vurderes solceller som å generelt ha få økonomiske, teknologiske, sosiokulturelle eller miljømessige barrierer, mens de institusjonelle eller geofysiske dimensjonene har hverken en positiv eller negativ innvirkning på gjennomførbarhet for tiltaket. Tiltaket «endring i kosthold» vurderes generelt som med få miljømessige barrierer, at teknologiske, og sosiokulturelle dimensjoner hverken spiller en positiv eller negativ rolle for gjennomførbarhet for tiltaket, mens det mangler kunnskapsgrunnlag for å vurdere de økonomiske, institusjonelle og geofysiske dimensjonene ved tiltaket. Større satsning på offentlig transport vurderes som med få barrierer innen alle dimensjonene.

4 Utslipp og utslippsbaner

For å kunne beskrive hvilken omstilling spesialrapporten viser til, presenterer vi de overordnede trendene, slik som hvor stor og rask nedgangen i CO₂-utslippene bør være globalt for å klare målene om å begrense oppvarmingen og hvordan kuttene fordeles på ulike energikilder og kan oppnås med negative utslipp³.

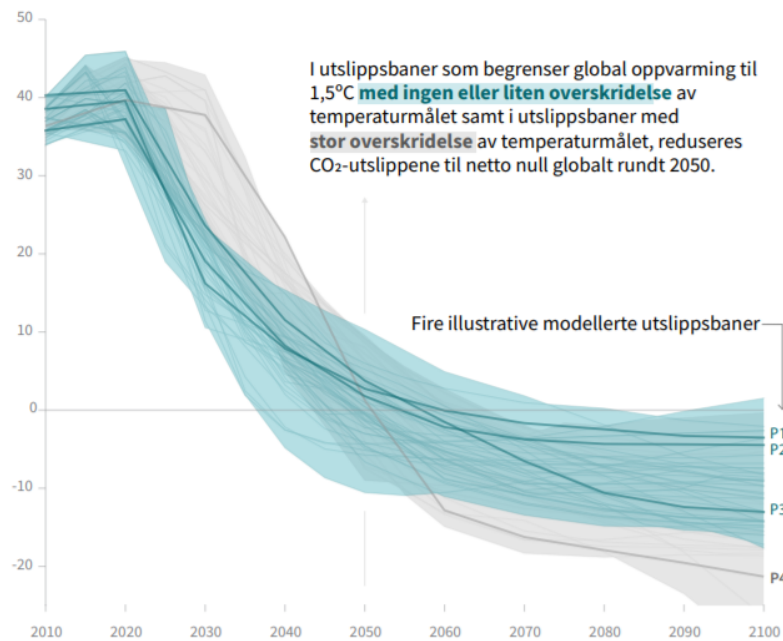
4.1 Utslippsbaner

Spesialrapporten baserer seg på en rekke modellsimuleringer fra ulike studier. I alt er det 90 scenarier som samsvarer med en global oppvarming på 1,5 °C og 132 scenarier med 2 °C. Siden det er svært krevende å nå disse temperaturmålene, inkluderer mange av disse scenariene en temperaturtopp over målet for deretter å returnere ned til 1,5 °C eller 2 °C. I **Figur 4** vises utslippsbaner for en rekke scenarier som er konsistente med en global oppvarming på 1,5 °C. Vi vil i hovedsak fokusere på trekk for utslippsbaner som er konsistent med 1,5 °C.

³ Negative utslipp betyr at vi aktiv fjerner CO₂ fra atmosfæren.

Totale globale netto CO₂-utslipp

Milliarder tonn CO₂/år



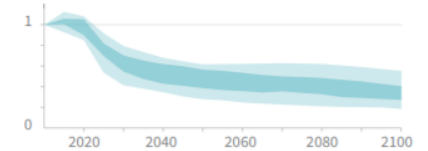
Antatt tidspunkt for netto null CO₂
Linjebredden illustrerer 5-95 persentil intervall og 25-75 persentil intervall av scenariene

— Utslippsbaner som begrenser global oppvarming til 1,5°C med ingen/liten overskridelse av temperaturmålet
— Utslippsbaner med stor overskridelse av temperaturmålet
— Utslippsbaner som begrenser oppvarmingen til 2°C (ikke vist over)

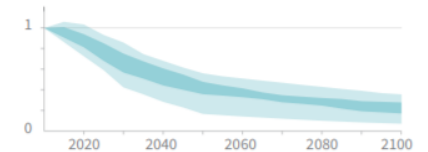
Utslipp av andre klimadrivere enn CO₂ sammenlignet med 2010

Utslipp av andre klimadrivere reduseres/begrenses i utslippsbaner med ingen eller en liten overskridelse av 1,5°C, men de når ikke null globalt.

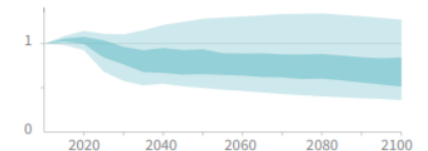
Utslipp av metan



Utslipp av svart karbon



Utslipp av lystgass



Figur 4: Hovedfiguren viser utviklingen i de globale utslippene av CO₂ fra 2010 til 2100 for en rekke forskjellige scenarier. På høyre side vises utslippskurver for metan, svart karbon (diskuteres ikke nærmere i denne rapporten) og lystgass. P1, P2, P3, og P4 viser til de fire illustrative utslippsbanene. De fleste banene viser negative utslipp fra omtrent midten av dette århundret. De blå banene er scenarier som ikke eller i liten grad har en midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C oppvarming, mens de grå banene har en markant temperaturtopp over temperaturmålet. Figuren er Miljødirektoratets oversettelse av figur fra IPCC (2018).

4.2 Fire illustrative utslippsbaner

Spesialrapporten har fremhevet fire illustrative utslippsbaner (P1, P2, P3 og P4) som viser mulige utviklinger for negative utslipp, fra å spille en liten rolle i P1 til å være helt sentralt for å nå 1,5 °C i P4 (se **Figur 5**). Men disse fire utslippsbanene er ikke representative for helheten av mulige utviklinger som presenteres gjennom alle utviklingsbanene. De fleste av de 90 scenariene som er laget samsvarer mest med P3 og P4, altså med større mengder negative utslipp. Forklaringene av utslippsbanene er basert på Miljødirektoratets oversettelse av figur fra IPCC (2018):

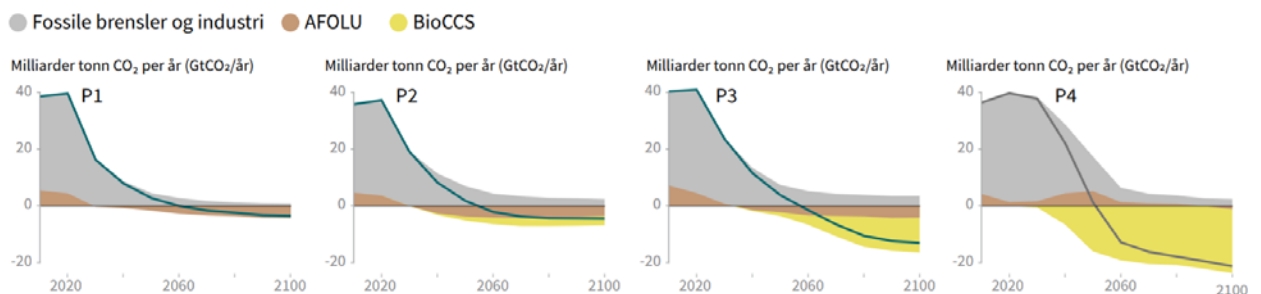
P1: Et scenario der sosiale, forretningsmessige og teknologiske innovasjoner fører til lavere energibehov fram til 2050 mens levestandarden øker. Et nedskalert energisystem muliggjør rask avkarbonisering av energiforsyningen. Skogplanting er den eneste CDR-løsningen som er brukt. Produksjon av fossile brenslere med CCS eller BECCS er ikke brukt. Ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

P2: Et scenario med bredt fokus på bærekraft, inkludert energiintensitet, sosial utvikling, økonomisk utjevning og globalt samarbeid, så vel som et skifte mot mere bærekraftig og sunnere forbruksmønstre, innovasjon i lavkarbonteknologi og god forvaltning av landområder med begrenset sosial aksept for BECCS. Ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

P3: Et midt-på-treet scenario der samfunns- og teknologiutviklingen følger historiske mønstre. Utslipsreduksjoner oppnås hovedsakelig gjennom en endring i hvordan energi og varer produseres, og i mindre grad gjennom nedgang i etterspørsel. Ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

P4: Et ressurs- og energiintensivt scenario der økonomisk vekst og globalisering fører til en utslippsintensiv livsstil, inkludert høy etterspørsel etter drivstoff og animalske produkter. Utslipsreduksjoner oppnås hovedsakelig gjennom teknologiske midler, utstrakt bruk av CDR ved implementering av BECCS. Høy midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

Fordeling av bidrag til globale netto utslipp av CO₂ i fire illustrasjoner av modellerte utslippsbaner



Figur 5: Utslipp og karbonfangst i de fire illustrative utslippsbanene på et globalt nivå. Enkeltområder og enkeltsektorer kan avvike markant fra disse globale trendene. Grått viser utslipp fra fossile brenslere og industri, rødt utslipp og fangst i jordbruket, skogen og fra arealbruksendringer (AFOLU), mens gult er bioenergi karbonfangst og –lagring (BECCS). Jo lengre til høyre, jo større utslipp er tillatt de første tiårene, men på bekostning av større negative utslipp i andre halvdel av århundret. Figuren er Miljødirektoratets oversettelse av figur fra IPCC (2018).

For utslippsbaner med ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa vil nettoutslippene av menneskeskapt CO₂ gå ned med ca. 45 % fra 2010 til 2030 og nå netto null rundt år 2050. Tilsvarende tall for en global oppvarming på 2 °C gir en nedgang på 20 % i 2030 og netto nullutslipp nåes rundt år 2075. Utslippene av andre gasser og partikler som også påvirker klimaet vil også reduseres kraftig. Endringer i forskjellige globale indikatorer er kvantifisert i **Tabell 5**.

Forskjeller i de fire illustrative utslippsbanene viser at utslippsreduksjonene i teorien kan drøyes i noen få tiår, men det vil kreve langt større negative utslipp på sikt. Om de globale CO₂-utslippene holdes på dagens nivå fram til 2030, vil karbonbudsjettet som er i tråd med 1,5 °C være oppbrukt. Hvert tonn CO₂ over dette må da fjernes fra atmosfæren ved et senere tidspunkt. I praksis betyr dette en større innsats fra framtidige generasjoner om vi tillater noen større utslipp de neste tiårene. Utfordringer med karbonfangst og –lagring diskuteres senere.

Globale indikatorer	P1 (i 2030/ 2050)	P2 (i 2030/2050)	P3 (i 2030/2050)	P4 (i 2030/2050)	Spredning innenfor 50 % av scenariene (i 2030/2050)
Endring i CO ₂ -utslipp (% i forhold til 2010)	-58/-93	-47/-95	-41/-91	4/-97	(-59,-40)/(-104,-91)
Endring i utslipp av Kyotogasser (% i forhold til 2010)	-50/-82	-49/-89	-35/-78	-2/-80	(-55,-38)/(-93,-81)
Endring i endelig energibehov (% i forhold til 2010)	-15/-32	-5/2	17/21	39/44	(-12,7)/(-11,22)
Andel fornybar elektrisitet	60/77	58/81	48/63	25/70	(47,65)/(69,87)
Primærenergi fra kull (% i forhold til 2010)	-78/-97	-61/-77	-75/-73	-59/-97	(-78,-59)/(-95,-74)
Primærenergi fra olje (% i forhold til 2010)	-37/-87	-13/-50	-3/-81	86/-32	(-34,3)/(-78,-31)
Primærenergi fra gass (% i forhold til 2010)	-25/-74	-20/-53	33/21	37/-48	(-26,21)/(-56,6)
Primærenergi fra atomkraft (% i forhold til 2010)	59/150	83/98	98/501	106/468	(44,102)/(91,190)
Primærenergi fra biomasse (% i forhold til 2010)	-11/-16	0/49	36/121	-1/418	(29,80)/(123,261)
Primærenergi fra fornybar, ikke biomasse (% i forhold til 2010)	430/832	470/1327	315/878	110/1137	(243,438)/(575,1300)
Endring i CH ₄ -utslipp fra jordbruket (% i forhold til 2010)	-24/-33	-48/-69	1/-23	14/2	(-30,-11)/(-46,-23)
Endring i N ₂ O-utslipp fra jordbruket (% i forhold til 2010)	5/6	-26/-26	15/0	3/39	(-21,4)/(-26,1)
Globale indikatorer	P1	P2	P3	P4	Spredning innenfor 50 % av scenariene
Kumulativt CCS inntil 2100 (Gt CO ₂)	0	348	687	1218	(550,1017)
Kumulativt CCS inntil 2100 som er BECCS (Gt CO ₂)	0	151	414	1191	(364,662)
Landareal til bioenergibruk i 2050 (million hektar)	22	93	283	724	(151,320)

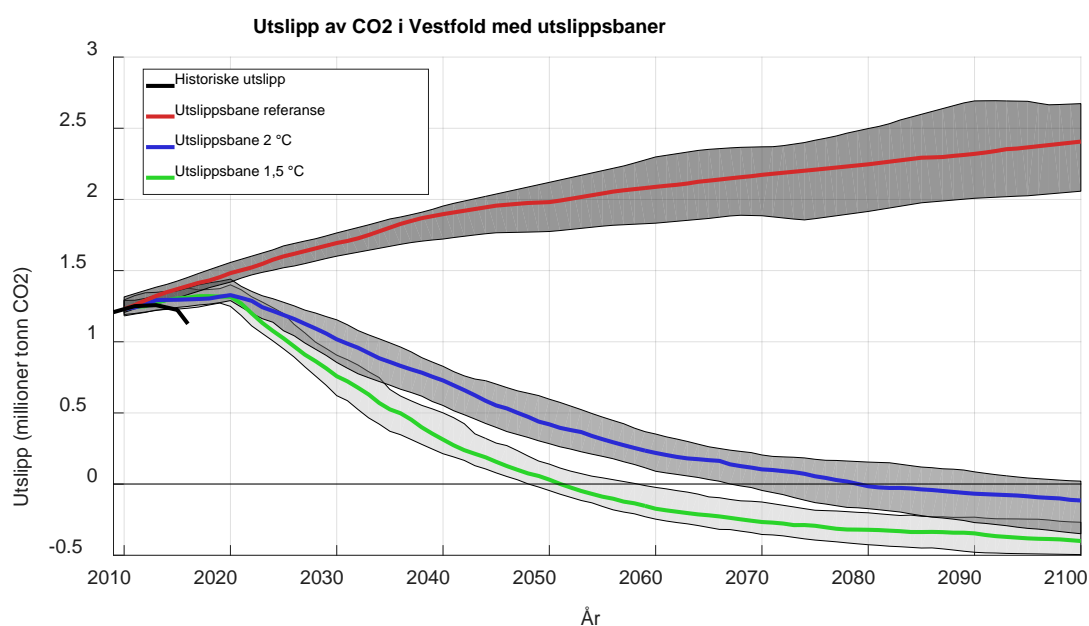
Tabell 5: Endring i globale indikatorer i de fire illustrative scenariene og for halvparten av modellene. Enkeltområder og enkeltsektorer kan avvike markant fra disse globale trendene.

4.3 Utslippsbaner for Vestfold

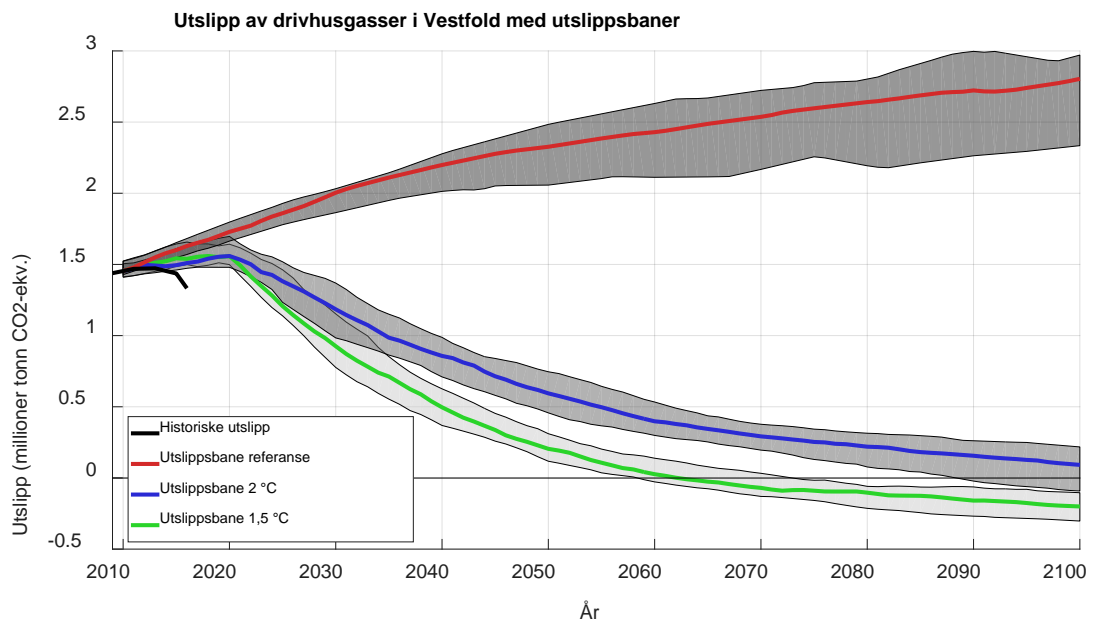
Hvor mye av utslippskuttene som Norge og Vestfold skal ta sier spesialrapporten ingenting om. Vi har likevel laget noen stiliserte utslippsbaner for Vestfold basert på at hastigheten i kuttene skal være like stor i Vestfold som globalt og at utslippene når netto null med resten av verden. Det kan argumenteres for at Vestfold bør ligge i forkant som en del av den rike delen av verden, men vi går ikke videre med slike vurderinger. I **Figur 6** og **Figur 7** har vi laget utslippsbaner som er konsistent med 1,5 °C (basert på 90 utslippsbaner) og 2 °C (basert på 132 utslippsbaner) for tidsperioden 2010-2100. De fire illustrative utslippsbanene P1 til P4 er inkludert i utslippsbanen som er konsistent med

1,5 °C. For hver kategori har vi brukt medianen, mens spennet viser det intervallet hvor halvparten av modellscenariene er innenfor. I tillegg presenterer vi en referansebane som følger dagens utvikling med økende utslipp (basert på 56 utslippsbaner fra databasen tilknyttet spesialrapporten). Til slutt har vi lagt på de historiske utslippene i perioden 2009-2016.

Figur 6 viser hvordan utslippene av CO₂ reduseres kraftig fra 2020 og blir negative rundt år 2050 i en 1,5 °C verden. For drivhusgasser totalt sett, summen av CO₂, CH₄ og N₂O, skjer kryssingen av nullinja rundt år 2060 siden utslippsreduksjonene av CH₄ og N₂O er forventet å være mindre (se **Figur 7**). En viktig årsak er at utslippene fra jordbruk reduseres mindre enn fra andre sektorer. Men globalt sett har CH₄ en relativ noe større andel enn i Vestfold, slik at den nedadgående kurven for drivhusgasser i Vestfold vil være noe brattere enn indikert i **Figur 7**. Til sammenligning viser de historiske utslippene at utslippene allerede er på vei nedover i Vestfold, men det er en kort tidsserie som ikke skal leses for mye ut av.



Figur 6: Netto utslipp av CO₂ i Vestfold hvis vi forenkler og antar at de globale utslippsbanene i spesialrapporten kan brukes på Vestfold. Dette er summen av utslipp og negative utslipp. Historiske utslipp er gitt for perioden 2009-2016, mens tre utslippsbaner viser tre mulige framtidene fra 2010 til 2100, hvor to av disse er enten konsistent med 1,5 °C eller 2 °C. Referansebanen er en indikasjon på hvordan utslippene kan øke ved ingen nye klimapolitiske virkemidler. Nullinja viser netto null utslipp av CO₂. Under dette indikerer større negative utslipp enn utslipp av CO₂. Alle utslippsbanene er medianbaner basert på et større utvalg av modellsimuleringer fra spesialrapporten. De skraverete områdene rundt hver utslippsbane gir et uttrykk for spennet som er mulig gitt halvparten av aktuelle modellkjøringer, den øvrige halvparten av scenariene vil være utenfor det skraverete området.



Figur 7: Utslipp av drivhusgasser i Vestfold hvis vi forenkler og antar at de globale utslippsbanene i spesialrapporten kan brukes på Vestfold. Drivhusgasser er summen av CO₂, CH₄ og N₂O. Historiske utslipp er gitt for perioden 2009-2016, mens tre utslippsbaner viser tre mulige framtidene fra 2010 til 2100, hvor to av disse er enten konsistent med 1,5 °C eller 2 °C. Referansebanen er en indikasjon på hvordan utslippene kan øke ved ingen nye klimapolitiske virkemidler. Nulllinja viser netto null utslipp. Under dette indikerer større negative utslipp enn totale utslipp. Alle utslippsbanene er medianbaner basert på et større utvalg av modellsimuleringer fra spesialrapporten. De skraverete områdene rundt hver utslippsbane gir et uttrykk for spennet som er mulig gitt halvparten av aktuelle modellkjøringer, den øvrige halvparten av scenariene vil være utenfor det skraverete området.

4.4 Generelle trekk ved utslippsbanene

Gitt utslippsbanene kan CO₂-utslippene reduseres på ulike måter med en portefølje av ulike tiltak, slik som energieffektivisering, effektivisering av ressursbruk, avkarbonisering og karbonfangst og – lagring. De forskjellige variantene vil gi ulike utfordringer ved implementering. Disse illustrative og overordnede utslippsbanene viser hvordan utviklingen kan bli på et globalt nivå, men kan ikke brukes direkte i strategier for nasjoner eller byer. En oversikt over hovedkjennetegn i utslippsbanene er gitt i **Tabell 6**. For å klare disse endringene globalt må det skje en rask og omfattende omstilling av ulike sektorer. Omstilling i denne størrelsesorden vil være historisk enestående. Innen spesifikke sektorer, teknologier og geografiske områder finnes det historisk noen eksempler på tilsvarende omstillinger. Utslipp fra industrisektoren forventes å reduseres med 75-90 % i 2050 i samsvar med 1,5 °C med ingen eller liten midlertidig temperaturtopp.

En rekke tiltak for å få til denne reduksjonen nevnes, blant annet karbonfangst, -bruk og -lagring (CCUS). For urbane strøk trekkes spesielt utslipp fra bygninger og transport fram. Elektrisitetsandelen ved energibruk i bygninger må opp til 55-75 % i 2050, mens andelen lavutslipsenergi brukt for transport må tilsvarende opp til 35-65 % i 2050. Her er Norge i en unik posisjon, energibruk i bygg i Norge er allerede i stor grad fra fornybare kilder. Innen transport er Norge verdensledende på elektrifisering.

Omstilling vil kreve et skifte også for investeringer. De årlige investeringer i lavkarbonteknologi og energieffektivisering vil trolig økes med en faktor fem fra 2015 til 2050.

Hovedkennetegn ved utslippsbaner som begrenser global oppvarming til 1,5 °C	Tilleggsinformasjon
Rask og grunnleggende avkarbonisering av energiforsyning på kort sikt	Sterk oppskalering av fornybar energi, bærekraftig biomasse og reduksjon av fossile brenslere uten karbonfangst og -lagring, sammen med at rask utplassering av CCS gir et energisystem ved midten av århundret uten netto utslipp.
Større omfang av tiltak rettet mot etterspørselssiden	Alle sluttbruskssektorer viser markert etterspørselsnedgang, større ved 1,5 °C enn for 2 °C. Reduksjonene i etterspørsel i 2030 og 2050 er innenfor potensialet som gis i mer detaljerte utredninger på sektornivå.
Bytte fra fossile brenslere til elektrisitet i sluttbrukersektorer	Både for transport og boligsektoren vil elektrisitet dekke mesteparten av behovet ved midten av århundret.
Omfattende utslippsreduksjoner er implementert i det neste tiåret	Nesten alle kompatible utslippsbaner viser netto reduksjon i årlige CO ₂ -utslipp fra 2020 til 2030 med karbonnøytralitet rundt midten av århundret.
Differansen i utslippsreduksjoner mellom 1,5 og 2 °C gjelder i hovedsak CO ₂ utslipp	Utslipp av CO ₂ , andre drivhusgasser og partikler vil reduseres kraftig mot 2030 og fram til 2050. Mesteparten av utslippsreduksjonene for alt som ikke er CO ₂ er ganske likt mellom utslippsbaner kompatible med 1,5 og 2 °C.
Betydelig skift i investeringer	Lavkarboninvesteringer i energiforsyning (energiproduksjon og raffinering) er anslått til 1,6-3,8 billioner 2010-dollar per år globalt til 2050. Investeringer i fossile brenslere minsker med investeringer i kull uten CCS stanset fra 2030 i de fleste scenariene, mens litteraturen er mer sprikende for gass og olje uten CCS. Investeringer i energietterspørsel er en kritisk faktor hvor totalestimatet er usikkert.
Tiltak for omstilling mot lavutslippssamfunnet trenger ikke gå på bekostning av FNs bærekraftsmål	Synergier oppnås, og risikoer for at utslippsreduksjoner går på bekostning av bærekraftig utvikling er begrenset eller unngått gjennom informerte valg av tiltaksstrategier. Utslippsbaner som fokuserer på redusert etterspørsel viser flere synergier med bærekraftig utvikling
Karbonfangst og -lagring på stor skala før midten av århundret	I 2050 bør utplassering av BECCS være i størrelsesorden 3-7 Gt CO ₂ per år avhengig av hvor mye energietterspørselen reduseres og tiltak i andre sektorer. Noen av scenarioene tar ikke i bruk BECCS, men fokuserer bare på terrestrisk karbonfangst i AFOLU.

Tabell 6: En oversikt over hovedkennetegn i utslippsbanene konsistente med 1,5 °C.

Ordforklaringer

AFOLU: Samlektoren landbruk, skogbruk og andre landarealendringer.

BECCS: Karbonfangst og –lagring med bioenergi.

CCS: Karbonfangst og –lagring.

CDR: Fjerning av karbondioksid fra atmosfæren. Dette er en samlebetegnelse for de forskjellige teknologiene som finnes.

DACCS: Direkte fangst av karbon fra atmosfæren.

NDC: National determined contributions, enkeltnasjoners frivillige løfter om utslippskutt i samband med Parisavtalen.

Henvisninger

Aall, C., Aamaas, B., Aaheim, A., Alnes, K., van Oort, B., Dannevig, H. og Hønsi, T. (2018). *Oppdatering av kunnskap om konsekvenser av klimaendringer i Norge.* REPORT 2018:14.

Aamaas, B. og E. S. Jensen (2018). *Hva sier spesialrapporten om 1,5 °C om lavutslippsomstilling for Oslo?* REPORT 2018:13.

Czepkiewicz, M., Heinonen, J. and Ottelin, J. (2018). Why do urbanites travel more than do others? A review of associations between urban form and long-distance leisure travel. *Environmental Research Letters* 13, 073001.

Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) (2018). *Global Warming of 1.5 °C an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.*

Miljødirektoratet (2018a). *Statistikk for klimagassutslipp i kommuner.*

Miljødirektoratet (2018b). *Klimagassstatistikk for kommuner.* M-989.

Rambøll (2017). *Kunnskapsgrunnlag 140217 Klima og energi. Kommunene i Vestfold.*

Statistikk Sentralbyrå (2018). *Befolkningsframskrivinger.* <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram>

Wang, L., Westskog, H., Selvig, E., Mygland, R., & Amundsen, H. (2016). Kortreist kvalitet. Hva betyr omstilling til et lavutslippsamfunn for kommunesektoren?. KS FoU-prosjekt nr. 154025. Oslo: KS.

Westskog, H., Selvig, E., Aall, C., Amundsen, H. og E. S. Jensen (2018). *Potensial og barrierer for kommunale klimatiltak.* RAPPORT 2018:03 M-98112018.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T. med flere (2019). Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*.

CICERO is Norway's foremost institute for interdisciplinary climate research. We help to solve the climate problem and strengthen international climate cooperation by predicting and responding to society's climate challenges through research and dissemination of a high international standard.

CICERO has garnered attention for its research on the effects of manmade emissions on the climate, society's response to climate change, and the formulation of international agreements. We have played an active role in the IPCC since 1995 and eleven of our scientists contributed the IPCC's Fifth Assessment Report.

- We deliver important contributions to the design of international agreements, most notably under the UNFCCC, on topics such as burden sharing, and on how different climate gases affect the climate and emissions trading.
- We help design effective climate policies and study how different measures should be designed to reach climate goals.
- We house some of the world's foremost researchers in atmospheric chemistry and we are at the forefront in understanding how greenhouse gas emissions alter Earth's temperature.
- We help local communities and municipalities in Norway and abroad adapt to climate change and in making the green transition to a low carbon society.
- We help key stakeholders understand how they can reduce the climate footprint of food production and food waste, and the socioeconomic benefits of reducing deforestation and forest degradation.
- We have long experience in studying effective measures and strategies for sustainable energy production, feasible renewable policies and the power sector in Europe, and how a changing climate affects global energy production.
- We are the world's largest provider of second opinions on green bonds, and help international development banks, municipalities, export organisations and private companies throughout the world make green investments.
- We are an internationally recognised driving force for innovative climate communication, and are in constant dialogue about the responses to climate change with governments, civil society and private companies.

CICERO was founded by Prime Minister Syse in 1990 after initiative from his predecessor, Gro Harlem Brundtland. CICERO's Director is Kristin Halvorsen, former Finance Minister (2005-2009) and Education Minister (2009-2013). Jens Ulltveit-Moe, CEO of the industrial investment company UMOE is the chair of CICERO's Board of Directors. We are located in the Oslo Science Park, adjacent to the campus of the University of Oslo.