

Hva sier spesialrapporten om 1,5 °C om lavutslippsomstilling for Oslo?



Hva sier spesialrapporten om 1,5 °C om lavutslippsomstilling for Oslo?

19. november 2018

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 spesialrapporten om 1,5 °C om lavutslippsomstilling for Oslo?

Forfattere: Borgar Aamaas og Elisabeth S. Jensen

Finansiert av: Klimaetaten i Oslo kommune

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

Prosjektleder: Borgar Aamaas

Kvalitetssikrere: Astrid Arnslett, Bjørn H. Samset, Hege Westskog og Asbjørn Torvanger

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

Sammendrag: Klimaetaten i Oslo kommune 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 Oslo kommunes klimaarbeid. Et av hovedfunnene fra spesialrapporten er at for å begrense oppvarmingen 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. Oslo kommune kan spille en viktig rolle i arbeidet med å begrense global oppvarming. Rapporten diskuterer bl.a. omstilling til et lavutslippssamfunn, styring og organisering, transport, karbonfangst og –lagring, byggeaktivitet og infrastruktur, bioenergi og indirekte utslipp.

Språk: Norsk

Innhold

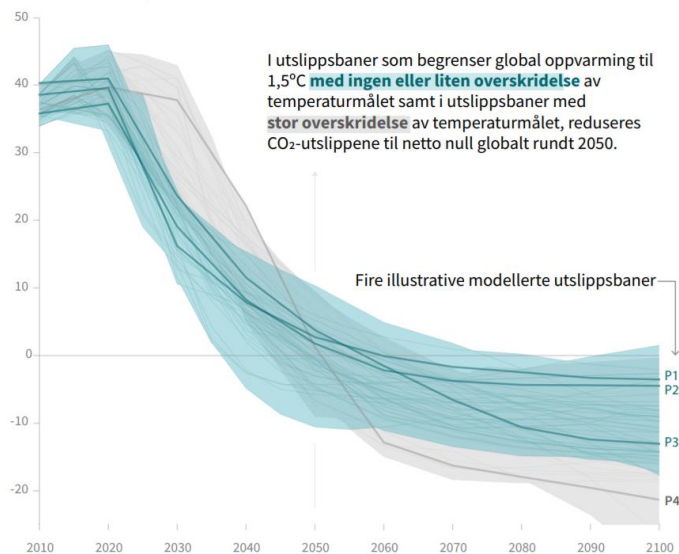
1	Sammendrag	4
2	Innledning.....	7
3	Utslipp og utslippsbaner	9
	3.1 Utslippsbaner	9
	3.2 Fire illustrative utslippsbaner	10
	3.3 Generelle trekk ved utslippsbanene	12
4	Tiltak for omstilling	14
	4.1 Styring og organisering	15
	4.2 Transport	17
	4.3 Karbonfangst og lagring	17
	4.4 Byggeaktivitet og infrastruktur	18
	4.5 Bioenergi	19
	4.6 Oppvarming	19
	4.7 Avfall og avløp	20
	4.8 Indirekte utslipp	20
	4.9 Eksempler på tiltak og teknologiske løsninger på tvers av sektorer	21
	4.10 Kunnskapsmangler og usikkerheter	22
	4.11 Gjennomførbarhet	24
5	Ordforklaringer.....	26

1 Sammendrag

Klimaetaten i Oslo kommune 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 Oslo kommunes klimaarbeid. Spesialrapporten ble utarbeidet etter invitasjon fra FNs klimakonvensjon som en oppfølging av Parisavtalen.

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)

Spesialrapporten presenterer hva som kreves for å begrense global oppvarming til 1,5 °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-nivå¹, og være «netto-null» innen 2050, altså at det fjernes like mye CO₂ fra atmosfæren som det slippes ut.

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.

Oslo kommune kan spille en viktig rolle i arbeidet med å begrense global oppvarming. Reduksjon av kommunens direkte og indirekte utslipp er et viktig bidrag i seg selv. Oslo kommune kan også spille en viktig rolle som innovatør og utvikler av urbane lavutslippsløsninger, gå foran og være til inspirasjon nasjonalt og internasjonalt. Spesialrapporten fremhever at mange bor i byer i dag, og enda flere vil bo i byer i fremtiden, og understreker viktigheten byer og lokalt nivå, i arbeid med å nå de ambisiøse reduksjonsmålene.

Spesialrapporten peker på flere områder som er relevant i klimaarbeidet i Oslo kommune:

Styring og organisering

- Spesialrapporten understreker først og fremst nødvendigheten av omfattende samfunnsomstilling.
- «Bottom-up» fremfor bare «top-down»: lokalt nivå har en vesentlig rolle i å bidra til at lavutslippssamfunnet realiseres.
- Flernivåstyring: stat, region, kommune og bydel må dra i samme retning.
- Inkluderende prosesser: inkorporere flere aktørers perspektiver i politikktutforming og beslutningsprosesser.
- Mangfold: vi trenger et mangfold av forskjellige små og store tiltak.
- Styrke institusjonell kapasitet: 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

¹ Alle tallene i spesialrapporten referer til 2010-nivå, mens målsetningene Oslo kommune har satt er i forhold til 1990-nivå.

- Utslippene fra varetransport i byene kan reduseres gjennom effektivitetsforbedringer i logistikken og av kjøretøyene.

Karbonfangst og lagring

- I 2050 bør utslippene fra industri være netto null, noe som krever CCS i industrisektoren.
- Det er stort potensial for utslippsreduksjoner ved å bedre utnytte restvarme fra industrien.
- Om CCS kombinert med avfallsforbrenning og fjernvarme nevnes dette som en nisjemulighet med høy effektivitet og færre utfordringer enn for andre CCS-prosjekter.
- 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. For en by som Oslo vil dette gjelde indirekte, heller enn direkte 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.
- 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 av konkrete tiltak er særlig viktig å se klimagassreduksjon, klimatilpassing og bærekraftig utvikling i sammenheng.

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 henvide 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 700 sider. Spesialrapporten inngår som faktagrunnlag i klimakonvensjonens partsmøte i Katowice i desember 2018 (COP 24).

Klimaetaten i Oslo kommune har gitt CICERO Senter for klimaforskning i oppdrag å sammenstille resultater og funn fra spesialrapporten som kan være særlig relevant for Oslo kommunes klimaarbeid.

Oslo bystyre vedtok i 2016 klima - og energistrategi for Oslo kommune med ambisjoner om å kutte kraftig i direkte klimagassutslipp (Oslo kommune, 2016). Målet er å redusere klimagassutslipp med 36% innen 2020, og 95% innen 2030, sammenlignet med 1990-nivå (Klimaetaten, 2017).

Klimaetaten arbeider i 2018 med faggrunnlaget for en ny klima- og energistrategi mot 2030. Dette oppdraget skal bidra inn i arbeidet med ny klima- og energistrategi.

Dette vil ikke være en oppsummering av hele spesialrapporten, men en kort oppsummering av et utvalg temaer vi mener kan være særlig relevant for Oslo kommunes klimastrategi. Oppdraget er ikke rettet mot klimatilpassing, som også er en viktig del av spesialrapporten, men mot klimagassreduksjon og omstilling til et lavutslippssamfunn. Denne rapporten vil være todelt, første del tar for seg utslippsbaner og scenario, og andre del tar for seg mulige innsatsområder i arbeid med klimagassreduksjoner.

Hovedfunn fra spesialrapporten er at klimagassutslippene må reduseres med 40-50 % innen 2030 sammenlignet med 2010-nivå², 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, transport, arealbruk, infrastruktur og industri. Karbonfangst- og lagring er et sentralt virkemiddel 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

² Alle tallene i spesialrapporten referer til 2010-nivå, mens målsetningene Oslo kommune har satt er i forhold til 1990-nivå. Fra 1990 til 2010 økte utslippene i Oslo med nesten 20 %. Befolkningen vil trolig øke med ca. 50 % fra 1990 til 2020. Framtidig befolkningsvekst betyr at utslippskuttene må være enda større per person enn for Oslo totalt sett.

tilstrekkelig. Denne type systemomstillinger, i det omfang som kreves, er historisk sett uten sidestykke.

Oslo kommune kan spille en viktig rolle i arbeidet med å begrense global oppvarming. Reduksjon av kommunens direkte og indirekte utslipp er et viktig bidrag i seg selv. Det globale er summen av det lokale. Spesialrapporten fremhever at mange bor i byer i dag, og enda flere vil bo i byer i fremtiden. Oslo kommune kan spille en viktig rolle som innovatør og utvikler av urbane lavutslippsløsninger og være til inspirasjon nasjonalt og internasjonalt.

Sektorer og tema vi vil ha særlig fokus på her er transport, karbonfangst – og lagring av avfallsforbrenning, bioenergi, oppvarming og avfall og avløp. Vi vil også kort diskutere indirekte utslipp og styring og organisasjon.

3 Utslipp og utslippsbaner

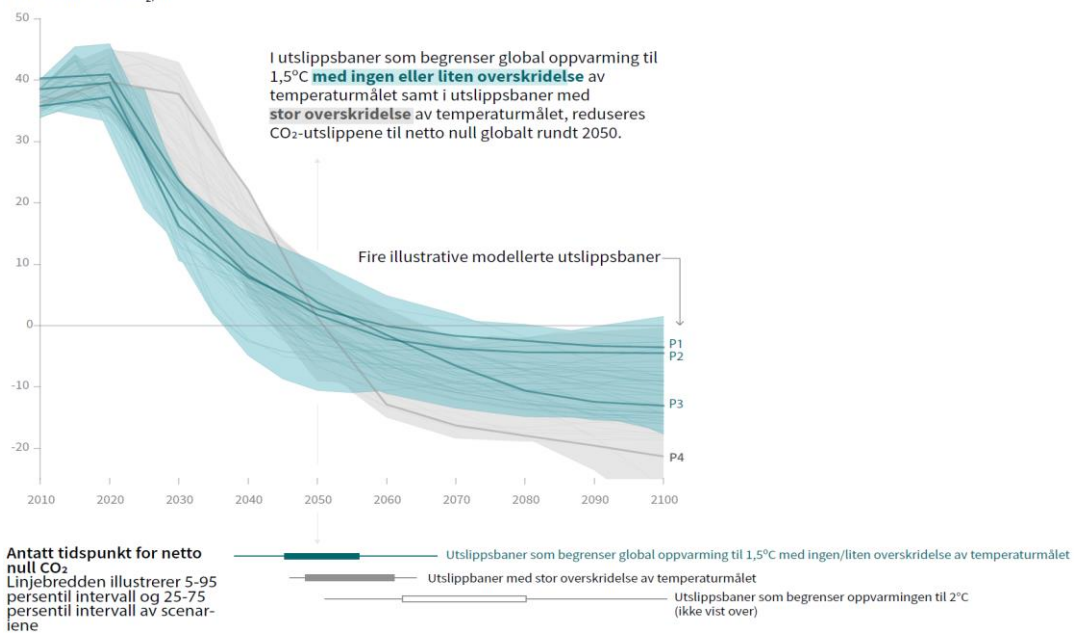
Før vi kan beskrive hvilken omstilling spesialrapporten viser til, presenterer vi de overordnede trendene, slik som hvor stor og rask nedgangen i CO₂-utslippene bør være globalt for å klare målene om å begrense oppvarmingen og hvordan kuttene fordeles på ulike energikilder og kan oppnås med negative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

3.1 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 1 vises utslippsbaner for en rekke scenarier som er konsistente med en global oppvarming på 1,5 °C. Den videre presentasjonen av spesialrapporten vil fokusere på trekk for utslippsbaner som er konsistent med 1,5 °C.

Totale globale netto CO₂-utslipp

Milliarder tonn CO₂/år



Figur 1: Utviklingen i de globale utslippene av CO₂ fra 2010 til 2100 for en rekke forskjellige scenarier. 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.

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

3.2 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 begrense oppvarming til 1,5 °C i P4 (se Figur 2). Ut over det er disse fire utslippsbanene 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. Hva som er mest sannsynlig konkluderer spesialrapporten ikke på. P4 er utfordrende fordi det krever store mengder med negative utslipp, mens P1 er krevende fordi det baserer seg på store og svært raske utslippsreduksjoner de neste tiårene.

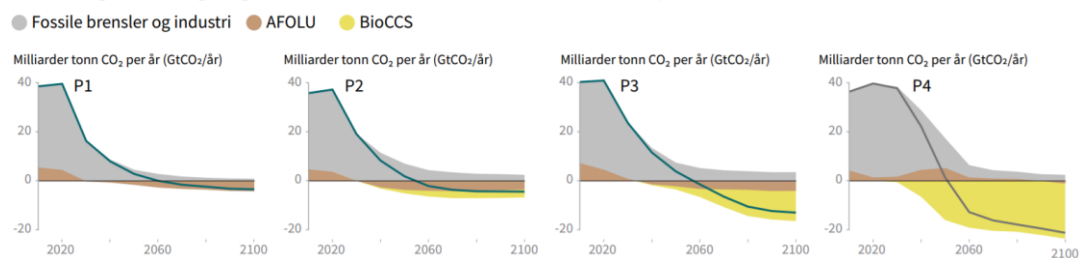
P1: Et scenario med innovasjon innen sosiale forhold, virksomheter og teknologi som gir lavere energietterspørsel fram til 2050, mens levestandarden øker. Et redusert energibehov muliggjør rask avkarbonisering av energiforsyningen. Skogplanting er det eneste karbonlagringsalternativet som inkluderes. Ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

P2: Et scenario med et bredt fokus på bærekraft inkludert energieffektivitet, utvikling, minskede økonomiske ulikheter og internasjonalt samarbeid, samt et skifte mot bærekraftige og helsefremmede konsum, innovasjon av lav-karbon teknologi og veldrevne landsystemer med begrenset aksept for bioenergi med karbonfangst og –lagring. Ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

P3: Et midt-på-treet scenario hvor samfunnsmessige og teknologisk utvikling følger historiske trender. Utslippsreduksjoner kommer i hovedsak som en følge av endringer i hvordan energi og produkter produseres, og i en mindre grad av reduksjoner i etterspørsel. Ingen eller liten midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

P4: Et ressurs- og energiintensivt scenario hvor økonomisk vekst og globalisering fører til utbredt tilpasning til utslippsintensive livsstiler, inkludert høy etterspørsel for drivstoff til transport og husdyr. Utslippsreduksjoner kommer i hovedsak gjennom bruk av teknologi, slik som mye karbonlagring gjennom utplassering av bioenergi med karbonfangst og –lagring. Høy midlertidig temperaturtopp over 1,5 °C-grensa.

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



Figur 2: 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.

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 1.

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 global CO₂-utslippene

holdes på dagens nivå fram til 2030, vil karbonbudsjettet som er i tråd med å begrense oppvarming til 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 bioenergi bruk i 2050 (million hektar)	22	93	283	724	(151,320)

Tabell 1: Endring i globale indikatorer i de fire illustrative scenariene og for halvparten av modellene. Enkeltområder og enkeltsektorer kan avvike markant fra disse globale trendene.

3.3 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 hovedkarakteristikk i utslippsbanene er gitt i Tabell 2. 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 å redusere oppvarming til 1,5 °C med ingen eller liten midlertidig temperaturtopp.

En rekke tiltak for å få til denne reduksjonen nevnes, bl.a. karbonfangst, -bruk og -lagring (CCUS), som er relevant for Oslos utfordringer. 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 lavutslippsenergi brukt for transport må tilsvarende opp til 35-65 % i 2050. Her er Norge i en unik posisjon, energibruk i bygg i Norge er alt 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.

Hovedkjenntegn 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 brensler 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 sluttbrukssektorer 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 brensler 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 compatible 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°C 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 compatible med 1,5°C og 2 °C.
Betydelig skift i investeringer	Lavkarboninvesteringer i energiforsyning (energiproduksjon og raffinering) er anslått til 1,6-3,8 milliarder 2010-dollar per år globalt til 2050. Investeringer i fossile brensler 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 2: En oversikt over hovedkjenntegn i utslippsbanene konsistente med 1,5 °C.

4 Tiltak for omstilling

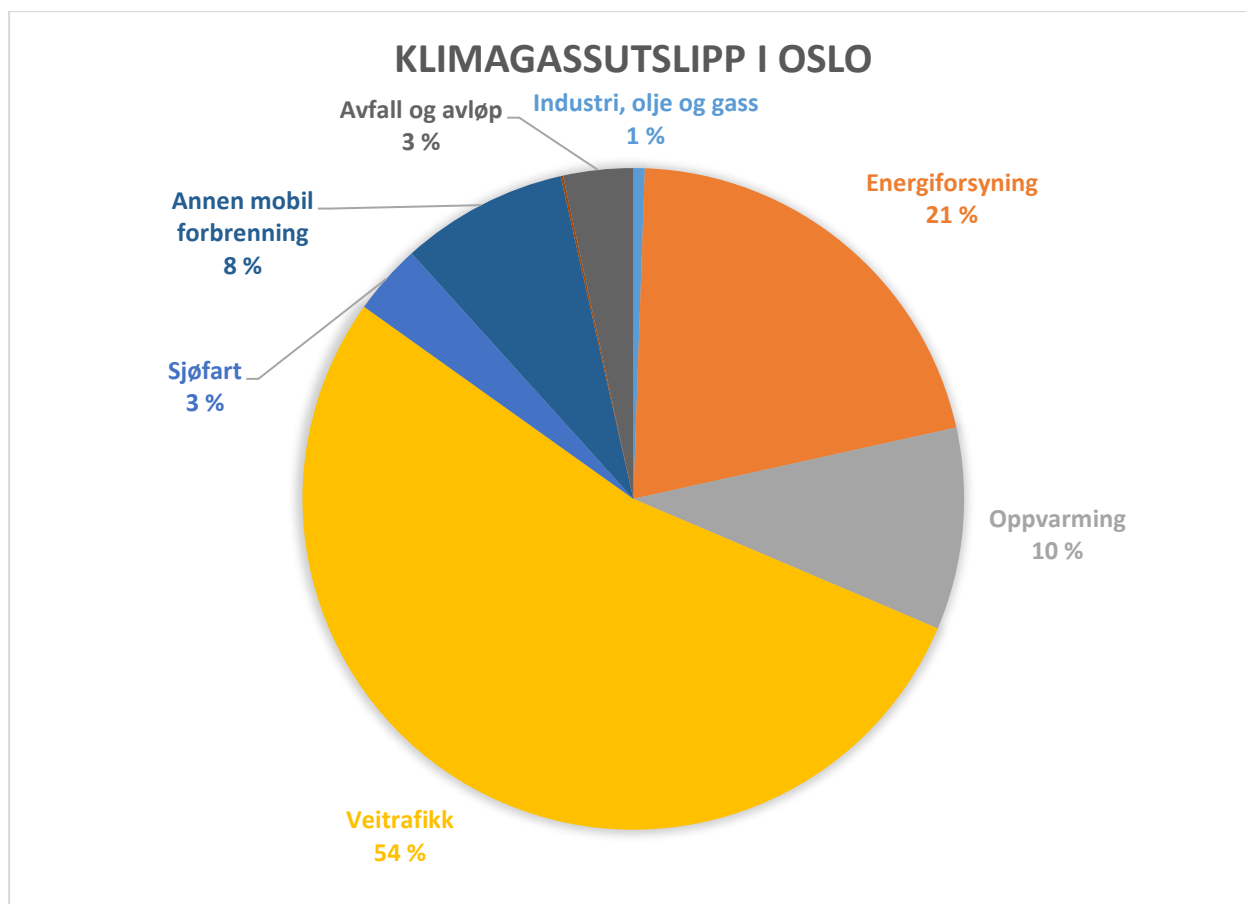
Vi har nå presentert hvor mye utslippene må kuttes globalt for å begrense global oppvarming til 1,5 °C, og hva det betyr på et overordnet nivå. Spørsmålet er da hvordan Oslo kan bidra til å realisere en slik framtid. Denne delen av rapporten vil se på tiltak og utfordringer som er spesielt relevant for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

Oslo kommune har, sammenlignet med andre byer og nasjoner, en ambisiøs klimapolitikk. Spesialrapporten viser at dette ambisjonsnivået og vellykket måloppnåelse er helt nødvendig, og at det haster å komme i gang.

Det anslås at hvert år frem til midten av århundre vil verdens urbane befolkning øke med 70 millioner, spesialrapporten fremhever viktigheten av byer og utvikling av urbane lavutslippsløsninger. Oslo kommune kan bidra både ved å redusere egne direkte og indirekte utslipp, og som en innovatør og inspirasjonskilde nasjonalt og internasjonalt. Omstilling til lavutslippssamfunnet kan sees som en innovasjonsutfordring. Oslo kommune, som en ressurssterk by med bred politisk enighet og momentum for å ta klimautfordringen på alvor, kan være sentral i å vise at omstilling går an, og i å utvikle og teste ut urbane lavutslippsløsninger.

Kommunenes oppgaver er definert i kommuneloven og gjennom særlovgivning. Kommunen opptrer både som gjennomfører av statlig politikk og som selvstendig aktør. Kommunen kan påta seg oppgaver den ønsker når disse ikke er eksplisitt lagt til andre forvaltningsorganer. Dette kaller vi gjerne kommunenes initiativfrihet. Som gjennomfører av statlig politikk har kommunen gjerne mindre lokal handlefrihet, og motsatt, har staten i liten grad regulert et område, kan kommunen velge om og hvordan den vil involvere seg. På miljøområdet, og senere klimaområdet, har kommunene 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 Oslo kommune tar en selvstendig rolle i utvikling av klimapolitikk og tiltak, og spesialrapporten understreker viktigheten av regionalt og lokalt nivå i arbeidet med å begrense global oppvarming til 1,5 °C.

I 2016 var den største direkte utslippskilden i Oslo veitrafikk med 54 % av klimagassutslippene (Figur 3). De neste 40 % av utslippene kommer fra energiforsyning (hovedsakelig avfallsforbrenning), oppvarming og annen mobil forbrenning.



Figur 3: Hvilke sektorer som står bak de direkte klimagassutslippene i Oslo i 2016 (Miljødirektoratet, 2018). I tillegg har luftfart også minimale utslipp, men for små til å vises i figuren.

I det videre presenterer vi sektorvise tiltak diskutert i spesialrapporten, som kan være særlig relevant for Oslo kommune, gitt kommunens utslippsprofil og nåværende klimastrategi.

4.1 Styring 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 reglering, 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 begrense 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 og prosess. Klimautfordringen må da i mye større utstrekning 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, 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, og særlig av byer, 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.

Spesialrapporten nevner bedre kartleggingsverktøy og monitorering av utslipp som viktig for effektivt arbeid med omstilling til lavutslippssamfunnet. Oslo kommunes klimabudsjett kan være et viktig verktøy her.

Flernivåstyring, eller «multi-level governance», nevnes flere steder i spesialrapporten og anses som sentralt. Stat, region, kommune og bydel må dra i samme retning. 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.

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 og som positivt for aksept for klimatiltak og livsstilsendringer.

Kommunen 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. Kommunen 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. 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. Gjennom

krav til innkjøp kan også kommunen være en viktig pådriver for utslippsreduksjoner og her kan Oslo kommunes anskaffelsesstrategi være et godt overordnet tiltak.

4.2 Transport

Veitrafikk står for mer enn halvparten av dagens direkte klimagassutslipp i Oslo. I tillegg er det mindre utslipp fra sjøfart og andre transportformer.

Spesialrapporten viser at scenarioer som samsvarer med 1,5 °C innebærer et nesten 40 % 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 Oslo i forkant av den situasjonen 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 effektivitetsforbedringer, 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 Oslo 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 pendlereiser. Spesialrapporten viser til at fortetting av byer fører til mindre energibruk, mindre bilbruk og gjør kollektivtransport mer levedyktig. Utbygging av motorveier nevnes ikke eksplisitt i spesialrapporten, men den viser at reduksjon av bilbruk kan være nødvendig og at dette muliggjøres av bl.a. 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 utenfor Oslo kommune sine direkte utslipp men er altså en viktig utslippskilde for Osloborgere.

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. En 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 på Oslo havn. Utslippene fra varetransport i byene kan reduseres gjennom effektivitetsforbedringer i logistikken og av kjøretøyene. Oslos klimastrategipunkt fem, og bidrag til forskning og kunnskapsutvikling om bylogistikk, er positivt i så måte.

4.3 Karbonfangst og lagring

Ca. 20 % av Oslos klimagassutslipp i dag kommer fra avfallsforbrenningsanlegg, og disse leverer fjernvarme i nrområdet. Utslipp fra denne aktiviteten er vanskelig å unngå, og dermed satser Oslo kommune på karbonfangst og -lagring (CCS) ved anlegget på Klemetsrud. På samme måte ser spesialrapporten at ikke alle utslipp fra industrisektoren kan fjernes gjennom tiltak, slik som elektrifisering av prosesser. I 2050 bør utslippene fra industri være netto null, noe som krever CCS i

industriektoren. 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. Oslo har i dag ingen kraftverk som går på fossile brensel og bare 1 % av utslippene i dag kommer fra industri. Dermed er det for Oslo kommune mest relevant om CCS tilknyttet avfallsforbrenning og fjernvarme. 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. 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 gjennomførbareheten 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.

4.4 Byggeaktivitet og infrastruktur

Ca. 8 % av dagens utslipp i Oslo kommer fra dieseldrevne motorredskaper fra anleggs- og byggeaktivitet. Spesialrapporten inneholder ikke egne avsnitt om motorredskaper ved anleggs- og byggeaktivitet, men de delene som omhandler transport er relevant 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. Oslos anskaffelsesstrategi stiller krav om at kjøretøy og bygg- og anleggsmaskiner som brukes i forbindelse med utførelse av arbeid for Oslo kommune, som en hovedregel har nullutslippsteknologi. Denne type krav og tiltak er viktig for å drive frem ny teknologi.

Hvert år fram til midten av århundret vil 70 millioner flere bo i by. Altså vil det være betydelig omfang av byggeaktivitet globalt fremover og å utvikle klimavennlige løsninger for byggeaktivitet er 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 plusshus 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 biobasert materiale 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-utslipp. Framtidige utslipp ved produksjon av jern, stål og sement kan reduseres med effektivisering, større bruk av biobaserte materialer, lavkarbon materialer og hydrogen ved produksjon, mer resirkulering, elektrifisering og karbonfangst og -lagring. Byggestandarder og teknologistandarder kan bidra til at nullutslippshus bygges og til forbedringer av eksisterende bygg.

4.5 Bioenergi

Bioenergi er ikke et spesielt sentralt tema for Oslo i dag, men bioenergi vil trolig være en viktig del av omstillingen til en 1,5-gradersverden. Derfor gir vi en egen seksjon til bioenergi, hvor det er overlapp mot seksjonene om CCS og avfall og avløp.

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 bl.a. 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. 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 er det 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.

4.6 Oppvarming

Oppvarming har historisk vært en stor utslippskilde i Oslo (10 % av utslippene i 2016), men der store deler av utslippene fjernes etter hvert som oljefyring fases ut. 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.

4.7 Avfall og avløp

Avfall og avløp står i dag for 3 % av Oslos utslipp. 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.

4.8 Indirekte utslipp

Aktiviteter i Oslo fører ikke bare til direkte utslipp, men også indirekte utslipp utenfor kommunegrensen.

Klimagassutslipp knyttet til varer og tjenester kommunen som virksomhet og innbyggerne i kommunen forbruker, kan samlet gi langt høyere bidrag til de globale klimaendringene enn utslippene innenfor kommunens grenser. På miljøkommune.no vises det for eksempel til en karbonfotavtryksanalyse for Oslo kommune som finner at indirekte utslipp er omtrent ni ganger større enn de direkte utslippene i Oslo⁴. Sånn sett 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 2017).

Spesialrapporten fremhever matkonsum som et sentralt innsatsområde hvor endringer og tiltak med stor sikkerhet kan bidra både til klimagassreduksjon og klimatilpassing.

Mesteparten av maten som spises i Oslo er produsert andre steder. Indirekte utslipp fra matkonsum kan reduseres gjennom blant annet redusert matsvinn, redusert inntak av kjøtt og meieriprodukt, og kjøp av lokal og sesongbasert mat. Her kan kommunen bidra gjennom tiltak i egen virksomhet og gjennom informasjon til næringsliv og befolkning.

Oslo har ingen direkte utslipp fra luftfart, men dette 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», for eksempel KlimaOslo og Ruter sine informasjonskampanjer sommeren 2018⁵, 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.

⁴ <http://www.miljokommune.no/Temaoversikt/Klima/Klima--og-energiplanlegging/Bruk-av-statistikk-og-andre-tall/Beregne-indirekte-utslipp-og-livslopsutslipp1/>

⁵ <https://www.klimaoslo.no/2018/06/22/osloferie-sommertips/> og <https://sommer.ruter.no/>

4.9 Eksempler på tiltak og teknologiske løsninger på tvers av sektorer

Tabellene under oppsummerer eksempler på tiltak (se Tabell 3) og teknologiske løsninger (se Tabell 4) på tvers av sektorene som er relevant for 1,5 °C.

Type handling	Type tiltak	Eksempler
Utslippsreduksjoner	Ressurseffektivitet i bygninger	Isolering Lav-karbon bygningsmaterialer
Utslippsreduksjoner	Lavutslippsinnovasjoner	Elektriske kjøretøy Varmepumper, fjernvarme
Utslippsreduksjoner	Energieffektive apparater	Energieffektiv oppvarming og kjøling Energieffektive apparater
Utslippsreduksjoner	Energisparende vaner	Gå eller sykle fremfor å kjøre på korte distanser Bruke tog, buss eller båt fremfor fly Lavere innendørstemperatur Lufttørring av vask Redusere matsvinn
Utslippsreduksjoner	Kjøre produkter og materialer med lave klimagassutslipp ved produksjon og transport	Redusere inntak av kjøtt og meieriprodukt Kjøre lokal og sesongbasert mat Bytte ut aluminium med lavutslippsalternativ
Utslippsreduksjoner	Organisatorisk oppførsel	Utvikle prosesser som gir lave utslipp Bytte ut jobbreiser med videokonferanser
Utslippsreduksjoner og tilpasning	Fornybare energikilder	Solcellepanel Solar vannvarmer

Tabell 3: 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"> • Presisjonslandbruk (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 4: 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.

4.10 Kunnskapsmangler og usikkerheter

Global oppvarming og hvordan å redusere klimagassutslipp er relative nye tema og spesialrapporten er tydelig på at det er en rekke usikkerheter og kunnskapsmangler knyttet til både utslippsbaner og tiltak. I **Tabell 5** går vi gjennom noe av de usikkerhetene og kunnskapsmanglene rapporten fremhever på et overordnet nivå som vi anser som mest relevant for Oslo kommune.

Område	Eksempler
Utslippsbaner og påfølgende endringer	<ul style="list-style-type: none"> Mangel på litteratur om investeringskostnader i en 1,5-gradersverden knyttet til spesifikke teknologier. Mangel på litteratur om hva tiltak for å begrense oppvarming til 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 bioenergiproduksjon 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, klimatilpasning 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.
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

	<p>aksept for nye og radikalt forskjellige teknologier, i tillegg til fordelingsmessige effekter av nye businessmodeller</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 begrenser oppvarming til 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 DACCS⁶ • 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 • Det er en mangel på gode verktøy for overvåking og evaluering av tilpasningstiltak. En av utfordringene for både tiltak og tilpasning 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 kostander og informasjon asymmetri) 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

⁶ Direkte fangst av karbon fra atmosfæren

	<ul style="list-style-type: none"> • 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"> • Kvantitative estimater for utslippstiltak og tilpasning på sektor- eller økonominivå som et resultat av kombinasjonen av teknologi generelt og utslippsreducerende teknologi er få, bortsett fra noen funn fra transportsektoren • Begrenset 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 å begrense oppvarming til 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 effektiv utslippstiltak og tilpasning

Tabell 5: Relevante kunnskapsmangler og usikkerheter som spesifiseres i spesialrapporten.

4.11 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 4: Forskjellige dimensjoner for vurdering av gjennomførbarhet av tiltak.

- *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, fordelings effekter, 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 tidsnok, 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.

5 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

Aamaas, B., Korsbakken, J.I. og A. Madslie (2018). *Referansebane og framskrivning for Oslos klimagassutslipp mot 2030*, CICERO REPORT 2018:12

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 Can 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 (2018). *Statistikk for klimagassutslipp i kommuner.*

Oslo kommune (2016). Klima- og energistrategi for Oslo. Behandlet av Oslo bystyre 22.06.2016 (sak 195/16).

Klimaetaten (2017). *Klimabudsjett 2018. Oslo kommune.*

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

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.