

RAPPORT

ENERGIUTREDNING FOR BERGEN



MENON-PUBLIKASJON NR. 92/2020

Av Christian Grorud, Annegrete Bruvoll og Jon Espen Riiser



Forord

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Bergen kommune. Rapporten gir en oversikt over historisk energiforbruk i Bergen for årene 2009 til 2018, og framskrivninger til 2030 forutsatt vedtatt politikk. Det beregnede energiforbruket for 2009-2018 er konsistent med Miljødirektoratets utslippsstatistikk. Framskrivningene er avstemt med forutsetningene for de nasjonale framskrivningene av utslipp, og med Ciceros og TØIs utslippsutredning for Bergen kommune, som har vært gjennomført samtidig med denne utredningen. Sentrale utfordringer i energisystemet drøftes, og det pekes på muligheter for energieffektivisering og lokal produksjon av fornybar energi, som et grunnlag for å vurdere tiltak og mål på klima- og energiområdet i Bergen kommune.

Annegrete Bruvoll har vært prosjekteier, og Christian Grorud har vært operativ prosjektleder for utredningen. Øyvind Nystad Handberg har kvalitetssikret rapporten, og Jon Espen Riiser har bidratt med data og tilrettelegging av figurer.

Vi takker Elisabeth Sørheim og Are Børjesson ved Bergen kommune for gode diskusjoner og innspill underveis i prosjektet, og Cicero og TØI for samarbeidet om framskrivningene. Takk også til BKK Varme og BIR for verdifull informasjon.

Desember 2020

Christian Grorud
Prosjektleder
Menon Economics

Innhold

SAMMENDRAG	4
1 INNLEDNING OG BAKGRUNN	7
2 METODER OG DATAKILDER	8
2.1 Energiforbruket fram til 2019	8
2.2 Referansebane 2019-2030	8
3 VEITRAFIKK	9
3.1 Energibruk i veitrafikken 2009-2018	9
3.2 Referansebane, energibruk i veitrafikken 2018-2030	10
3.3 Usikkerhet	11
4 SJØFART	13
4.1 Energibruk i sjøfart 2009-2018	13
4.2 Referansebane, energibruk i sjøfart 2019-2030	13
4.3 Usikkerhet	15
5 LUFTFART	16
5.1 Energibruk i luftfart 2009-2018	16
5.2 Referansebane, energibruk i luftfart 2019-2030	17
5.3 Usikkerhet	18
6 DRIFT AV MOTORREDSKAPER OG ANNEN MOBIL FORBRENNING	20
6.1 Energiforbruk til drift av motorredskaper 2009-2018	20
6.2 Referansebane, energiforbruk til drift av motorredskaper 2019-2030	20
6.3 Energiforbruk til drift av snøscootere	21
6.4 Usikkerhet	22
7 STASJONÆR ENERGIBRUK I TJENESTEYTING OG HUSHOLDNINGER	25
7.1 Energibruk i husholdninger 2009-2018	25
7.2 Energibruk i tjenesteytende næringer 2009-2018	28
7.3 Referansebaner, energibruk i boliger og tjenesteytende næringer 2019-2030	30
7.4 Usikkerhet og konsistens med Miljødirektoratets utslippsberegninger	33
8 INDUSTRI, OLJE OG GASS	34
8.1 Energibruk i industrien 2009-2018	34
8.2 Referansebane, energibruk i industrien 2019-2030	35
8.3 Usikkerhet	36
9 JORDBRUK	37
9.1 Energibruk i primærnæringer 2010-2018	37
10 AVFALL OG AVLØP	38
10.1 Energibruk i avfall og avløp	38
11 ENERGIFORSYNING	39
11.1 Energiforsyningen i Bergen 2009-2018	39
11.2 Lokal energiproduksjon i Bergen	40
11.2.1 Vannkraft	41
11.2.2 Fjernvarme	42
11.2.3 Varmepumper	43
11.2.4 Biogass	44

11.2.5 Solenergi	44
12 EFFEKTBEHOV OG FLEKSIBILITET	47
12.1 Effektforbruk versus energiforbruk	47
12.2 Mikro-energisystemer som fleksibilitetsbidrag	50
12.2.1 Konklusjon	50
12.3 Overordnet om nettkapasitet og effekttilgang i Bergen	51
13 DRØFTINGER AV TILTAK	52
13.1 Hovedpunkter	52
13.2 Tiltak på tilbudssiden – produksjon av energi	53
13.2.1 Vannkraft	53
13.2.2 Fjernvarme	53
13.2.3 Varmepumper	53
13.2.4 Bioenergi	54
13.2.5 Solenergi	55
13.3 Tiltak på etterspørselssiden – bruk av energi	55
13.3.1 Transport	55
13.3.2 Andre mobile kilder	58
13.3.3 Stasjonær energibruk i tjenesteyting og husholdninger	59
13.3.4 Industri, olje og gass	60
13.4 Samlede energivirkninger av utslipps- og energitiltak	61
REFERANSELISTE	63
VEDLEGG: FORKLARINGER AV SKIPSTYPER	64

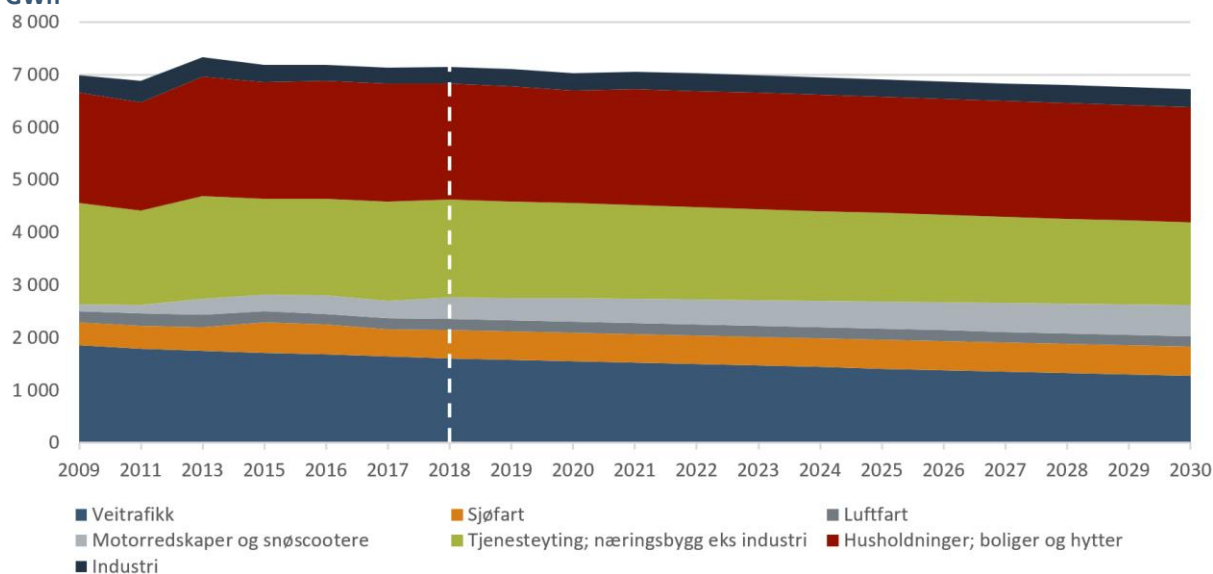
Sammendrag

Denne utredningen gir en oversikt over historisk energiforbruk i Bergen kommune for årene 2009 til 2018, og framskrivninger fra 2019 til 2030, forutsatt vedtatt politikk. Kommunen har som mål å være fossilfri innen 2030, og har konkrete mål om energireduksjon og produksjon av fornybar energi. Denne utredningen gir et oppdatert kunnskapsgrunnlag om energisituasjonen for kommunens arbeid med energieffektivisering, redusert bruk av fossil energi og økt produksjon og forbruk av fornybar energi.

Energiforbruket per person har gått ned det siste tiåret, og samlet forbruk forventes å gå ned fram mot 2030

Etter våre anslag har energiforbruket i Bergen kommune vært noenlunde uendret det siste tiåret, om lag 7000 GWh per år, samtidig som kommunen har hatt en vekst i befolkningen på 11 prosent. Fram til 2030 anslår vi en reduksjon på 6 prosent samtidig som den forventede befolkningsveksten er på 7 prosent, noe som gir en vesentlig reduksjon i utslipp per innbygger. Disse framskrivningene bygger på videreføring av vedtatt statlig og regional politikk ved årsskiftet 2018/2019. Tendensen er at energiforbruket per person går ned, særlig i veitrafikken, på grunn av effektivisering og overgang til elbiler. Bergen er allerede i dag blant kommunene i landet med høyest elbil-andel. Figur S.1 viser fordelingen av energiforbruk på ulike sektorer i perioden 2009-2030. Veitrafikk, husholdninger og tjenesteytende næringer er per i dag omtrent like store, og har et samlet forbruk på fire femdel av levert energi.

Figur S.1 Hovedresultater for brukergrupper: Energiforbruk i Bergen 2009-2018 og framskrevet 2019 – 2030, GWh

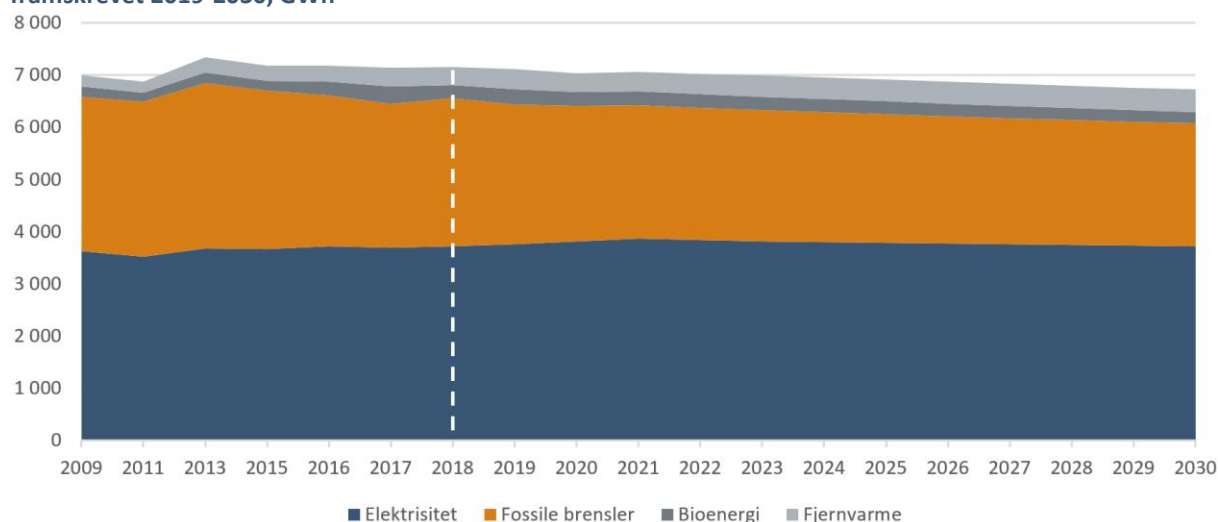


Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratet

El-andelen øker, vedtatt politikk er langt fra tilstrekkelig for å fase ut fossil energi fram mot 2030

Figur S.2 viser fordelingen av energiforbruket etter energibærere. Elektrisitet dekker om lag halvparten av energiforbruket i 2018, og andelen har vokst mens andelen fossile brensler har gått ned over tid. El-andelen forventes videre å øke det neste tiåret. For transportsektorene og motorredskaper dominerer fossil energi som energikilde, mens elektrisitet dekker det meste av energibehovet for tjenesyting, husholdninger og industri. Framskrevet forbruk av energi er lavere enn i dag, men fossilandelen i 2030 er fremdeles svært høy, tatt i betraktning kommunens mål om å være fossilfri innen 2030. Det peker på behov for ytterligere tiltak utover de som ligger inne i dag, for å nå utslippsmålene i Bergen. Innenfor transport og motorredskaper kan utslippene reduseres gjennom effektivisering og substitusjon av fossilt drivstoff med klimanøytrale energibærere.

Figur S.2 Hovedresultater for energibærere: Forbruk av energivarer til sluttbruk i Bergen 2009-2018 og framskrevet 2019-2030, GWh

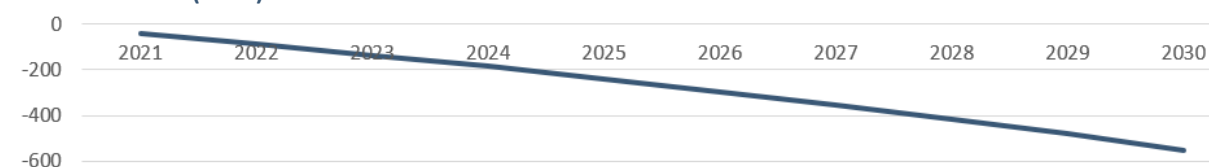


Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratets utslippsstatistikk for kommunesektoren

Vesentlige tiltak for utslippsreduksjoner kan gjennomføres uten økninger i elektrisitetstilførselen

Utslippene i Bergen kommune ligger på rundt 850 tusen tonn CO₂-e. De energirelaterte tiltakene er utredet i Cicero og TØI (2020): *Bergens klimagassutslipp mot 2030 - Referansebane og mulighetsscenarioer*. Disse tiltakene beregnes å redusere utslippene med 570 tusen tonn CO₂-e i 2030. Dette forutsetter en tilførsel av om lag 550 GWh elektrisitet og 500 GWh annen fornybar energi, i form av bioenergi, hydrogen, etc. I utredningen vises det at energiltak for økt bruk av varmepumper og etterisolering av bygninger kan ha et potensial for å frigjøre 550 GWh elektrisitet fra eksisterende energibruk i Bergens bygninger i 2030, se Figur S.3, mens 500 GWh annen fornybar energi i det vesentligste må anskaffes gjennom ordinære innkjøp.

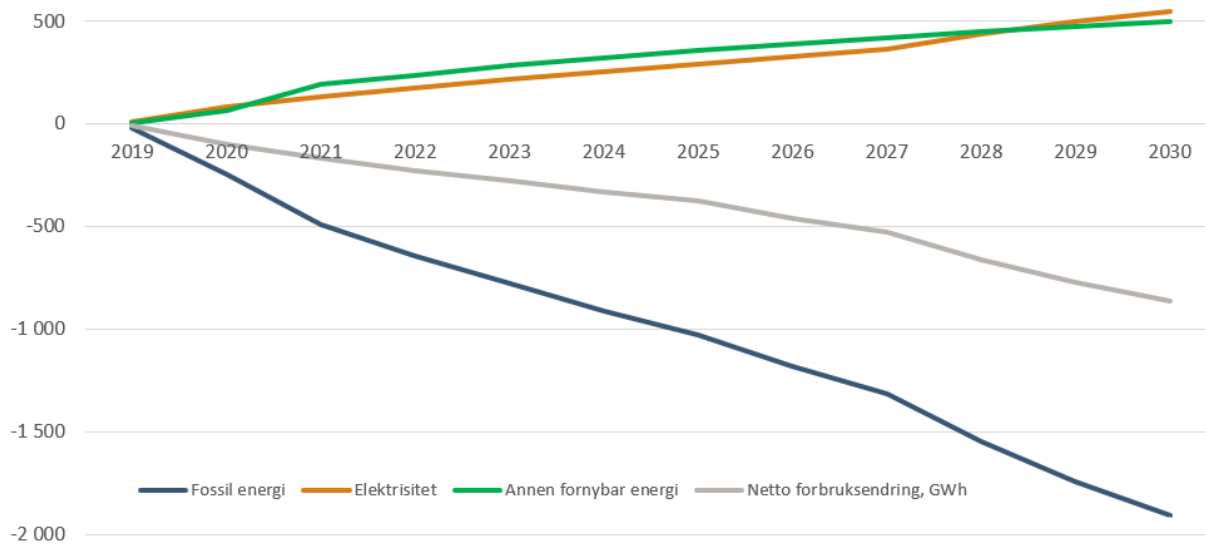
Figur S.3 Endring i elektrisitetsforbruk med tiltak for varmepumper og etterisolering, sammenlignet med referansebanen (GWh)



Kilde: Menon Economics

Tiltakene i Cicero og TØIs (2020) utslippsutredning har energivirkninger hovedsakelig for transport, motorredskaper og fjernvarmeproduksjon, mens tiltak mot industriens bruk av fossile brenslar ikke er utredet. Det er heller ikke utredet tiltak for det meste av energiforbruket i næringsbygg og boliger, siden fossil energibruk i hovedsak utfases i 2020. De fleste utslippsiltakene består i å erstatte fossile energibærere med null- eller lavutslippsenergi, det vil si elektrisitet, bioenergi, hydrogen eller ammoniakk. Figur S.4 viser våre beregninger av virkningene av Cicero og TØIs tiltak på utfasing (negative verdier) av fossil energi og innfasing (positive verdier) av fornybare energibærere som erstatning.

Figur S.4 Energirelaterte tiltak i Ciceros (2020) utslippsutredning: Endring i energiforbruk sammenlignet med referansebanen, GWh

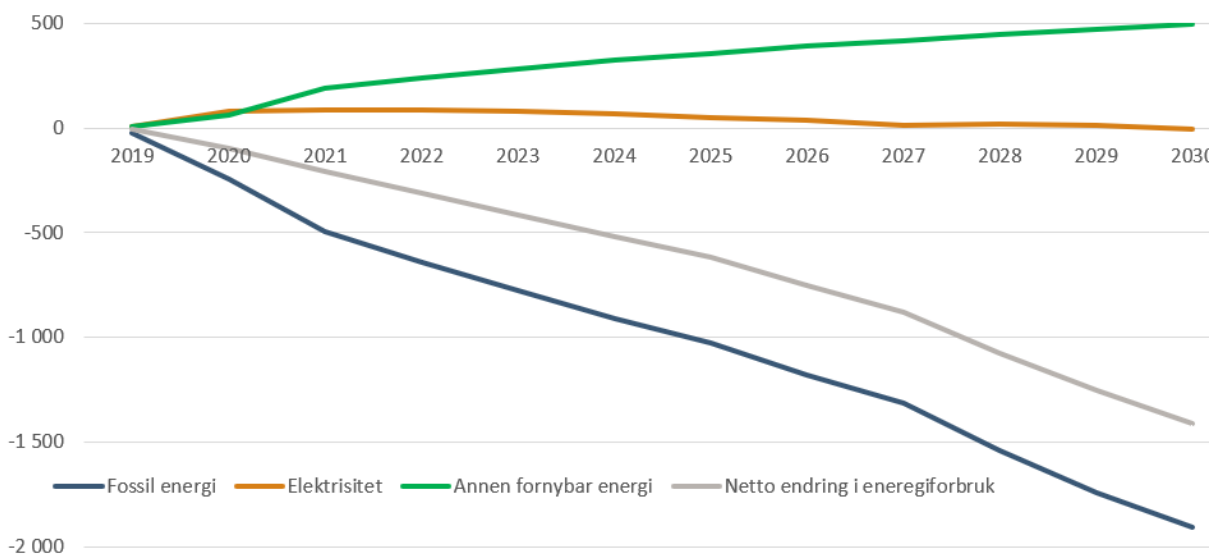


Kilde: Menon Economics, Cicero

Ved gjennomføring av de tre tiltakspakkene i Cicero og TØI (2020) anslås sluttbruket av fossil energi å gå ned med om lag 1900 GWh i 2030. Denne energien erstattes av om lag 1050 GWh fornybar energi, hovedsakelig elektrisitet og bioenergi. Netto reduksjonen blir dermed 850 GWh. Reduksjonen kommer hovedsakelig av at elektrifisering gir bedre energiutnyttelse enn bruk av fossile energibærere i motorer med intern forbrenning.

I Figur S.5 vises beregnede forbruksendringer, sammenlignet med referansebanen, dersom energitiltakene *økt bruk av varmepumper og etterisolering av bygninger* gjennomføres parallelt med utslippstiltakene. I 2030 blir da elektrisitetsforbruket om lag som i referansebanen, mens forbruket av annen fornybar energi øker med ca 500 GWh. Forbruket av fossil energi reduseres med om lag 1900 GWh. Samlet gir tiltakene et totalt energiforbruk som er om lag 1400 GWh lavere enn i referansebanen 2030, hvorav 40 prosent kan tilskrives energitiltakene og 60 prosent kan tilskrives utslippstiltakene.

Figur S.5 Samlede endringer i energiforbruk, alle tiltak, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

1 Innledning og bakgrunn

Bergen kommunes mål er å redusere direkte utslipp av klimagasser med 30 prosent innen 2020 og 50 prosent innen 2023 sammenlignet med 1991, og å være en fossilfri kommune innen 2030. Kommunen har også konkrete mål for energireduksjoner og produksjon av fornybar energi. Denne energiutredningen gir et oppdatert bilde av energisituasjonen i kommunen. Dette skal inngå som kunnskapsgrunnlag i arbeidet med å redusere utslipp av klimagasser og bruk av fossil energi, for å redusere energibruk og for å øke fornybarandelen.

Energiutredningen har til dels vært gjennomført parallelt med Cicero og TØIs utredning om utslipp av klimagasser i Bergen kommune, Cicero og TØI (2020): *Bergens klimagassutslipp mot 2030 - Referansebane og mulighetsscenarioer*. De to prosjektene har blitt samordnet underveis, for å effektivisere arbeidsprosessene på overlappende områder og sikre konsistens mellom framskrivningene av energi og utslipp.

I denne rapporten beskriver vi først metoder og datakilder i kapittel 2, før gjennomgangen av energibruk og -produksjon i ni sektorer i kapitlene 3-11 med samme sektorfordelingen som i Miljødirektoratets kommunefordelte statistikk for utslipp av klimagasser:

- Veitrafikk
- Sjøfart
- Luftfart
- Drift av motorredskaper og annen mobil forbrenning
- Stasjonær energibruk i tjenesteyting og husholdninger (i utslippsstatistikken: Oppvarming)
- Industri, olje og gass
- Jordbruk
- Avfall og avløp
- Energiforsyning

For hver av sektorene vises beregninger av historisk energibruk for perioden 2009 – 2018, og framskrevet energibruk (referansebane) for 2019-2030. I kapittel 12 drøftes effekt- og fleksibilitetsutfordringene, og i kapittel 13 drøftes utvalgte tiltak for effektiv energibruk og lokal produksjon av fornybar energi.

2 Metoder og datakilder

2.1 Energiforbruket fram til 2019

Den viktigste datakilden for beregningene av energiforbruk på kommunenivå i denne rapporten er Miljødirektoratets beregnede utslipp på kommunenivå. Den tidligere statistikken for kommunefordelte energi- og utslippsdata opphørte i 2012, da Statistisk sentralbyrå (SSB) over lengre tid hadde vurdert kvaliteten som utilstrekkelig. Miljødirektoratet har i ettertid utviklet en modell for beregninger av kommunefordelte utslippsdata.¹ Blant annet SSB, Kystverket og Norsk institutt for luftforskning (NILU) er underleverandører av rådata og ferdige beregninger som benyttes i modellen. Usikkerhet og begrensninger for modellen og de data som benyttes er beskrevet i Miljødirektoratets metodenotat (Miljødirektoratet 2020).

De beregnede utslippene benyttes altså som utgangspunkt for våre energiberegninger. Data for energiforbruket som ligger til grunn for Miljødirektoratets utslippstall er på noen områder eksplisitt tilgjengelige, eller kan enkelt beregnes på grunnlag av utslippstallene. I den grad vi har fått tilgang til disse grunnlagstallene, er de benyttet i våre beregninger. På andre områder har vi innhentet supplerende data og gjennomført egne beregninger for å anslå energiforbruk og fordele dette på energibærere. For noen utslippstall er underliggende energidata unntatt offentlighet. Når dette gjelder for en miks av flere fossile energibærere, viser ikke alltid utslippene entydig hvilke energimengder som er omsatt, eller hvilke energibærere som er brukt.

2.2 Referansebane 2019-2030

Forutsetningene for framskrivningene fram til 2030 er konsistente med referansebanen i utslippsutredningen, som er gjennomført parallelt med denne energiutredningen. Referansebanen inneholder vedtatt statlig og regional politikk ved årsskiftet 2018/2019. Virkninger av vedtak som er fattet etter dette, er ikke inkludert.

Befolkningsvekst og økonomisk vekst er sentrale drivere for vekst i energiforbruk. Forutsetninger om befolkningsveksten tilsvarer befolkningsveksten i SSBs hovedalternativ for Bergen (0,6 prosent årlig fra 2018 til 2030). For transportsektoren har vi tatt utgangspunkt i framskrivningene som inngår i kommende NTP, og som bygger på perspektivmeldingens BNP-vekst (1,2 prosent årlig), og SSBs befolkningsframskrivninger, TØIs framskrivninger av utskifting av bilparken og framskrivninger fra Kystverket og Avinor.² Disse framskrivningene er oppdaterte, konsistente og bygger på de siste offisielle framskrivningene av befolkningsvekst, økonomisk vekst og teknologiutvikling. Framtidig energibruk i luftfarten og for dieseldrevne motorredskap bygger på trendframskrivninger. Vi har tatt utgangspunkt i NVE-framskrivninger til 2030 vedrørende spesifikt energibehov og bruk av varmepumper i bygninger.

¹ Det foreligger per i dag tall for 2009, 2011, 2013, 2015, 2016, 2017 og 2018.

² For veisektoren henvises det til Cicero og TØIs (2020) utslippsutredning, der forutsetningene for framskrivningene er detaljert beskrevet.

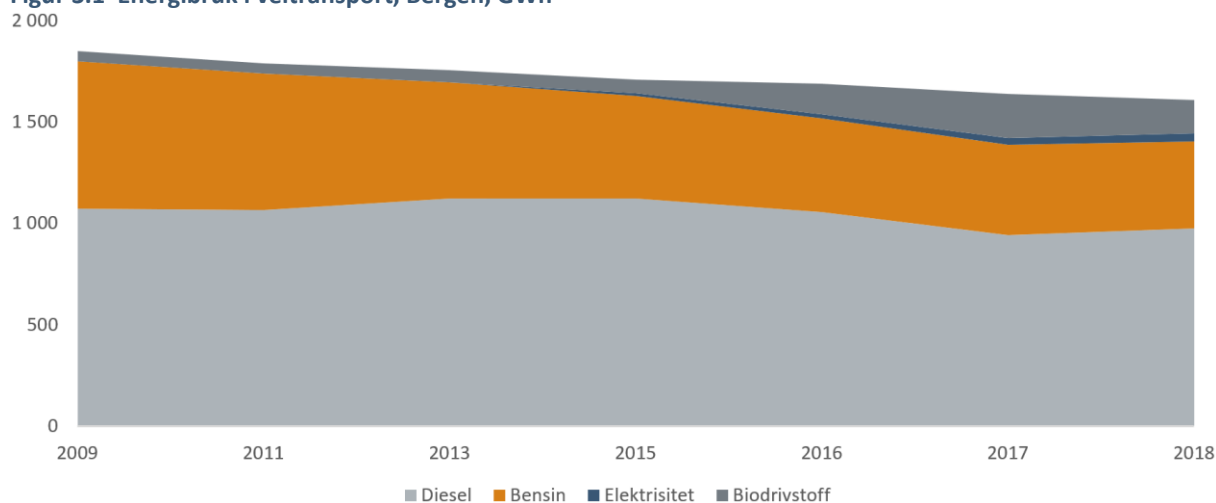
3 Veitrafikk

Fossile drivstoff dominerer fremdeles i veitrafikken i 2018. Kjøretøyene har imidlertid blitt mer energieffektive de siste ti årene, og deler av den fossile energibruken har blitt erstattet med biodrivstoff, elektrisitet og hydrogen. Elbilandelen er høyere i Bergen og de andre større byene enn for landet ellers.

3.1 Energibruk i veitrafikken 2009-2018

Våre beregninger tilsier at energibruken i veitransport i Bergen har gått ned med 13 prosent siden 2009 til 2018, se Figur 3.1. Dette kommer av redusert bruk av drivstoff, særlig bensin, og flere og mer energieffektive elbiler.

Figur 3.1 Energibruk i veitransport, Bergen, GWh



Kilde: Miljødirektoratets utslippsstatistikk, NILU og Urbanet Analyse

Beregningsforutsetninger

Vi har bygget på Miljødirektoratets utslippsberegninger i anslagene av energiforbruket i veitrafikken, se forklaring i avsnitt 2.1. Utslippsberegningene er basert på informasjon om kjøretøybestand, utslippsfaktorer og energibærere, kombinert med data for trafikkarbeid innenfor Bergen kommune. Data for trafikkarbeid (utkjørte kilometer) per biltype i Bergen er innhentet fra NILU.

Trafikktallene (RTM 2016) er levert av Urbanet Analyse som inngangsdata til modellen "NERVE", utviklet av NILU for å utarbeide den offisielle statistikken på oppdrag for Miljødirektoratet. Trafikkberegningene gjennomgås i større detalj i Miljødirektoratet (2020).

Trafikkarbeidet (kjøretøykilometer) for hver av de fire hovedgruppene tunge kjøretøy, busser, personbiler og varebiler, sortert videre på undergrupper etter energibærere og årlige utslippsfaktorer for hver av undergruppene, er hentet fra Miljødirektoratet. Utslippsfaktorene er kommunespesifikke for Bergen med hensyn til kjøretøybestand og trafikkarbeid, og er korrigert for innblanding av biodrivstoff, basert på innblandingsforhold på nasjonalt³ nivå, se Tabell 3.1. Hydrogen er en aktuell energibærer, både innenfor

³ Faktiske innblandingsforhold varierer, men det foreligger ikke kommune-spesifikke data for Bergen. Det legges også til grunn at omsetning kravet er representativt for innblandingen.

samferdsel og i andre sektorer. Dagens bruk av hydrogen i veitrafikken er imidlertid ikke skilt ut som egen post i statistikken for Bergen, og inngår derfor ikke i datagrunnlaget som er brukt her.

Tabell 3.1 Forbruk av biodrivstoff og prosent innblanding av biodrivstoff i diesel og bensin, veitrafikk i Bergen

	2009	2011	2013	2015	2016	2017	2018
I diesel, prosent*	5	5	5	6	12	19	14
I bensin, prosent*			1	1	6	6	6
Biodrivstoff i diesel, m³, Bergen	5 684	5 645	5 948	7 219	14 478	22 215	16 004
Biodrivstoff i bensin, m³, Bergen	0	0	661	581	3 367	3 269	3 112

* Innblandingsforhold på nasjonalt nivå

Kilde: Menon Economics, basert på data fra Miljødirektoratet, Urbanet Analyse og NILU

Ved å kombinere trafikkarbeid med de respektive utslippsfaktorene, er årsforbruket av diesel, bensin, elektrisitet og biodrivstoff beregnet, se detaljerte beregninger i Tabell 3.2 og grafisk framstilling i Figur 3.1.

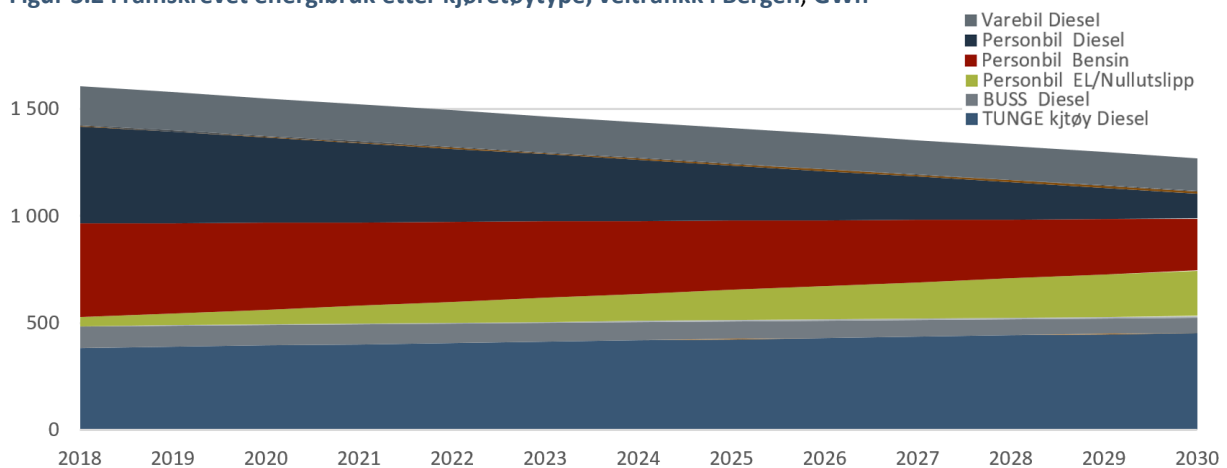
Tabell 3.2 Energiforbruk, veitrafikk i Bergen, GWh

	2009	2011	2013	2015	2016	2017	2018
Diesel	1 072	1 065	1 122	1 123	1 054	940	976
Bensin	725	673	573	503	461	448	426
Elektrisitet	0	0	1	15	22	31	42
Biodrivstoff	51	51	57	68	150	219	162
Sum	1 849	1 789	1 754	1 709	1 688	1 638	1 607

Kilde: Menon Economics, basert på data fra Miljødirektoratet, Urbanet Analyse og NILU

3.2 Referansebane, energibruk i veitrafikken 2018-2030

Figur 3.2 Framskrevet energibruk etter kjøretøytype, veitrafikk i Bergen, GWh*



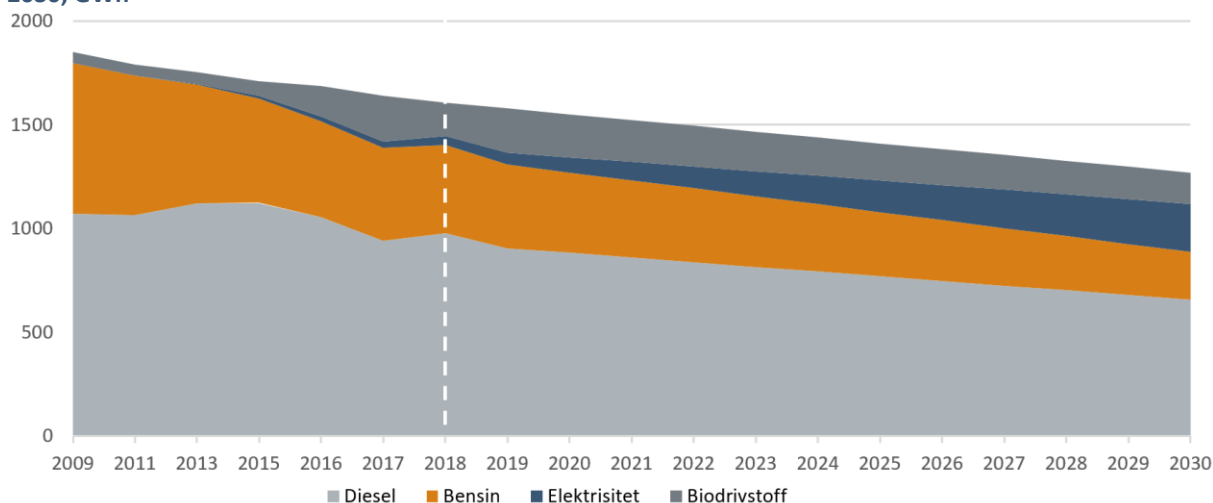
* Her inngår også tunge kjøretøy, buss, varebil el/nullutslipp og varebil bensin, men omfanget er for lite til at det framkommer i figuren

Kilde: Menon Economics, basert på trafikkarbeid framskrevet av TØI

Ifølge våre framskrivninger, som er i tråd med forutsetningene bak framskrivningene til NTP, vil energibruken i transportsektoren fortsette å gå ned fram til 2030 i Bergen, se Figur 3.2. Nedgangen forventes å bli særlig stor for fossile person- og varebiler, mens trenden med økte andeler av elbiler og elforbruk forventes å fortsette.

Figur 3.3 sammenstiller energibruken for veitrase, både i perioden fram t.o.m. 2018, og framskrevet til 2030, etter **energibærere**.

Figur 3.3 Historisk energibruk i veitrase etter energibærere i Bergen 2009-2018 og referansebane for 2019-2030, GWh



Kilde: Menon Economics, basert på trafikkarbeid framskrevet av TØI

Beregningsforutsetninger

Framskrevet trafikkarbeid for de fire kjøretøygruppene fra 2018 til 2030 er basert på oppdaterte modellberegninger fra TØI (2020) og forutsetninger fastsatt i samarbeid mellom Menon, og Cicero og TØI:

- Tunge kjøretøy +19,2 prosent: Veksten er hentet fra TØIs oppdaterte beregninger. Lastebilmatrisen i RTM er framskrevet basert på beregnet vekst i Hordaland
- Personbiler +6,3 prosent: TØIs oppdaterte beregninger.
- Varebiler +5,8 prosent: Forutsetter vekst lik befolkningsveksten i Bergen i henhold til SSBs MMMM-alternativ fra juni 2018.
- Busser +5,8 prosent: Utviklingen har vært stabil de siste ti år. Vi har forutsatt at trafikkarbeidet øker med befolkningsutviklingen iht. SSBs MMMM-alternativ.

Videre er innblanding av biodrivstoff satt til 18,8 prosent for diesel og 8,8 prosent for bensin, i samsvar med krav gjeldende f.o.m. 2019. I framskrivningen forutsettes det teknologiforbedringer underveis, men at gevinstene kompenseres av merforbruk pga. mer kjøring underveis i perioden. Energiforbruket er derfor basert på samme utslippsfaktorer som i 2018.

3.3 Usikkerhet

Usikkerheten i historiske tall er særlig knyttet til beregnet trafikkarbeid innenfor kommunegrensen og til spesifikt energiforbruk, dvs. kjøretøyparkens tilstand og måten kjøretøyene brukes på. Kommuneavgrensningen som det legges vekt på i klimasammenheng bidrar antagelig til at usikkerheten er noe større enn for trafikmodellering og analyser som vanligvis ligger til grunn for tiltak i veisektoren (trafikktelegninger er vanligvis ikke innrettet for å fordele trafikkarbeid til kommunene).

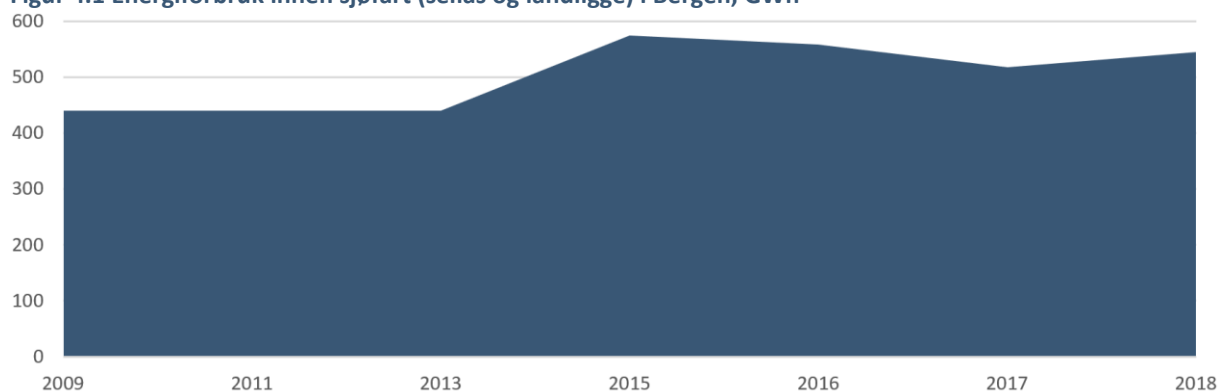
For framskrivningene er det særlig usikkerhet m.o.t. hvordan transportsektoren vil merke ettervirkningene av korona-epidemien, med økonomisk tilbakegang og endrede reisevaner. Etterspørselen etter vegtransport kan bli lavere som følge av den økonomiske tilbakegangen, men også som følge av teknologigjennombruddet med digitale møter som vil påvirke særlig arbeidsreiser. Samtidig vil utfordringene med sosial distansering i kollektivtransporten trekke i retning av mer privattransport, men det er trolig mer kortvarig. Selv om det er grunn til å tro at veksten blir lavere enn det som ligger inne i dagens transportmodeller, har vi ikke korrigert vekstbanene. Vi mener det er for tidlig å vurdere de langsiktige effektene, og vi ser fordelene av å bruke konsistente forutsetninger med trafikkanalysene som benyttes i kommende NTP.

4 Sjøfart

4.1 Energibruk i sjøfart 2009-2018

Som det framgår av avsnittet om beregningsforutsetninger nedenfor, er data for 2009 – 2018 mangelfulle, og de historiske tallene bør derfor ikke tillegges vesentlig vekt. Våre anslag tilsier en vekst i energiforbruk i sjøfart på om lag 24 prosent fra 2009 til 2018, se Figur 4.1.

Figur 4.1 Energiforbruk innen sjøfart (seilas og landligge) i Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics, basert på data fra Miljødirektoratet og Kystverket

Beregningsforutsetninger

Grunnlaget for å beregne energiforbruk for sjøfart er Miljødirektoratets utslippstall for klimagasser i Bergen kommune, basert på beregninger fra Kystverket. Beregningene er basert på informasjon om skipsbevegelser hentet fra Automatisk Identifikasjonssystem (AIS)-transpondere. Denne informasjonen kobles med skipsspesifikk informasjon som hentes fra maritime databaser. Den samlede informasjonen benyttes deretter for å estimere drivstofforbruk og utslipp, fordelt på skipstyper (se Vedlegg for forklaring av skipstyper).

Datagrunnlag mangler for årene 2009 og 2011, og Miljødirektoratet har derfor satt utslippene for disse årene er lik utslippene i 2013. Energiforbruk og utslipp knyttet til bruk av kjeler i havn kom først inn i AIS-data fra og med 2016. Data for årene 2016-2018 antas derfor å være mest representative med hensyn til energiforbruk og utslipp. For nærmere informasjon om usikkerhet henviser vi til Miljødirektoratet (2020). For årene 2009-2018 er energiforbruket omregnet direkte fra direktoratets utslippstall, mens det i framskrivingen er benyttet forutsetninger fra Kystverket og DNV-GL (2019).

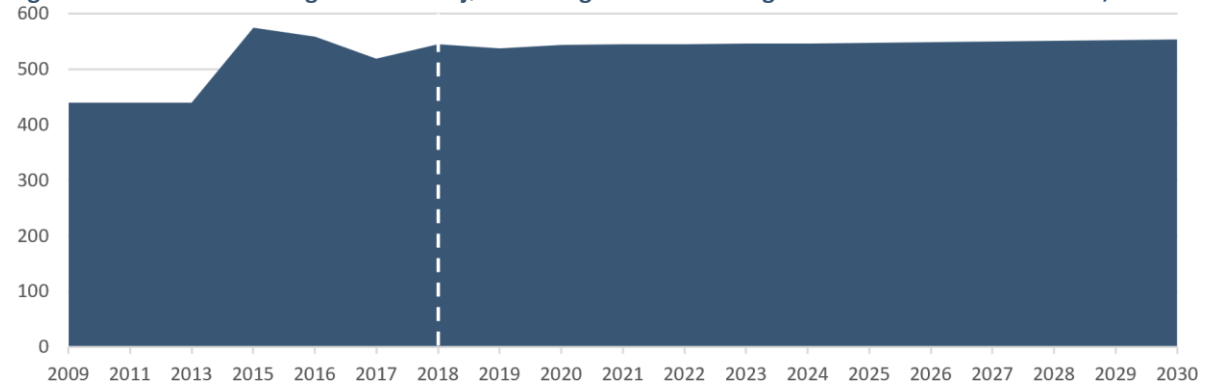
Beregnet energiforbruk under seilas er basert på spesifikt drivstofforbruk og statistikk for utseilt distanse for hver enkelt skipstype og år. Energiforbruk ved landligge er basert på tilsvarende data, med vekt på oppholdstid ved havn og bruksmønster for motor/-generatorsystemer. Kystverket oppgir energiforbruket i tonn diesel-ekvivalenter, uavhengig av hvilke fossile energibærere som er benyttet. Dette har liten betydning ved omregning til energienheter (GWh), men betyr at vi ikke kjenner fordelingen på ulike drivstoff.

4.2 Referansebane, energibruk i sjøfart 2019-2030

Som det framgår av Figur 4.2 forventes en svak vekst i energibruk innen sjøfart frem til 2030. Figur 4.3 viser at offshore supply-skip står for det største energiforbruket både ved landligge og seilas. I Figur 4.4 og Figur 4.5 er energiforbruket for de tre viktigste fartøystypene vist for henholdsvis seilas og landligge for perioden frem til 2030, mens de øvrige fartøyskategoriene vises samlet (*andre skip*). Som vi ser er supply-skipene største

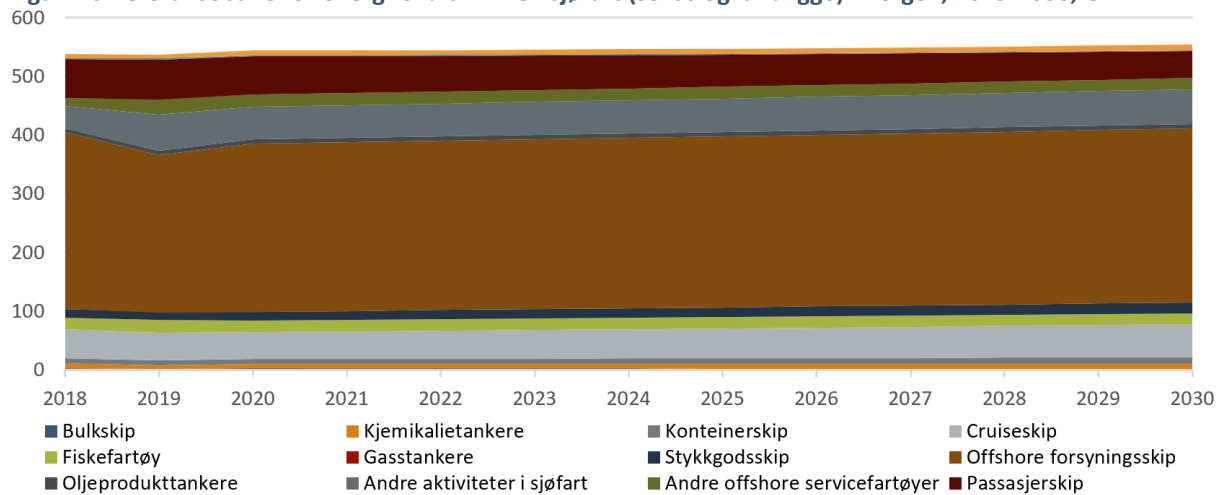
energibrukere både ved landligge og seilas, og *andre aktiviteter* er nummer tre både ved landligge og seilas.

Figur 4.2 Framskrevet energibruk innen sjøfart i Bergen 2009-2018 og referansebane for 2019-2030, GWh



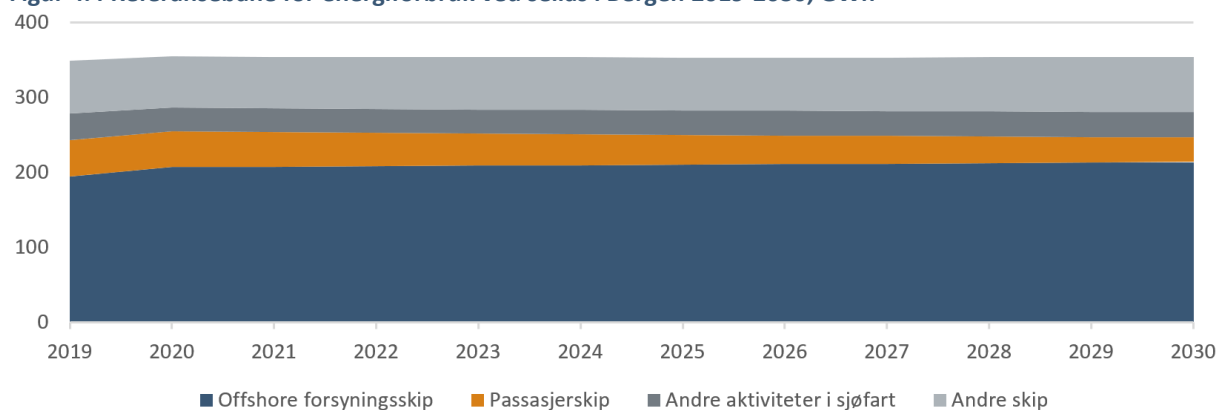
Kilde: Menon Economics, Kystverket, DNV GL

Figur 4.3 Referansebane for energiforbruk innen sjøfart (seilas og landligge) i Bergen, 2019-2030, GWh



Kilde: Menon Economics, Kystverket, DNV GL

Figur 4.4 Referansebane for energiforbruk ved seilas i Bergen 2019-2030, GWh

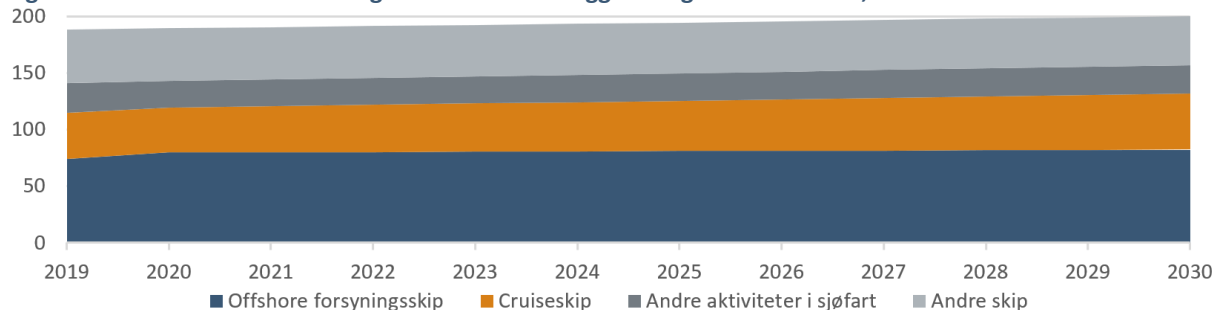


Kilde: Menon Economics, Kystverket, DNV GL

Tiltak som rettes spesifikt mot energiforbruk under seilas kan være krevende å forsvare kun med utgangspunkt i aktiviteter i Bergens-farvannene. Tiltak for reduserte utslipp/ redusert energibruk ved landligge vil antagelig være enklere å gjennomføre, dels fordi flere av dem kan forankres i kommunens myndighetsroller og dels fordi kommunen har større mulighet til å være på tilbudssiden med hensyn til løsninger og infrastruktur. Som vi ser i

Figur 4.5 representerer passasjerskip og offshore forsyningskip mer enn halvparten av beregnet energiforbruk ved landligge i Bergen frem mot 2030 i referansebanen. Disse fartøystypene vil det derfor være naturlig å prioritere i utviklingen av tiltak.

Figur 4.5 Referansebane for energiforbruk ved landligge i Bergen 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics, Kystverket, DNV GL

Beregningsforutsetninger

Framskrivingene baserer seg på analysen gjort av DNV-GL for Klimakur 2030 (DNV GL 2019). Rapporten anslår årlig vekst i aktivitet for ulike skipstyper fra 2019 til 2030, og Ciceros og TØIs bearbeiding av disse tallene benyttes i framskrivningen av både utseilt distanse og antall havneanløp. DNV-GLs rapport oppgir også endring i CO₂-utslipp per skipstype fra 2018 til 2030 samt antall skip med ulike energityper i 2030. Endringer i spesifikt energiforbruk er utledet av disse tallene, kombinert med aktivitetsveksten.

4.3 Usikkerhet

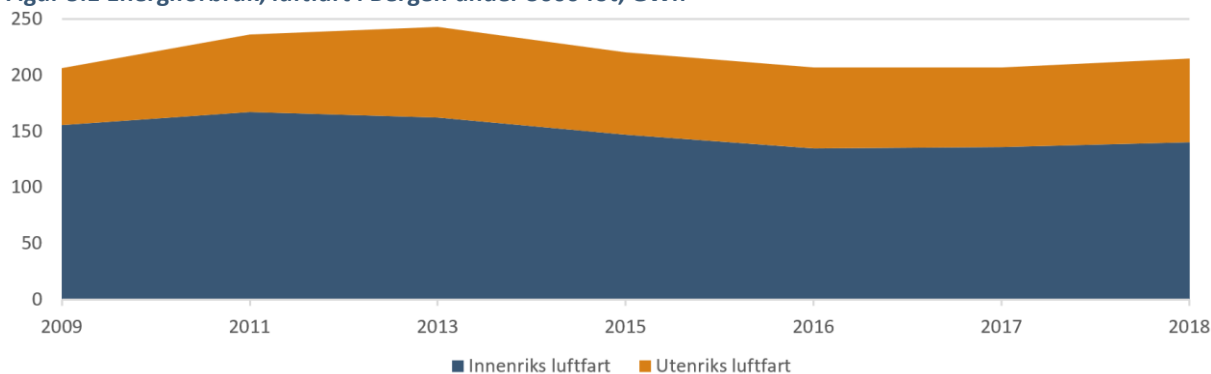
Vi anser at den største usikkerheten/svakheten av betydning for utforming av virkemidler og tiltak er manglende fordeling av energibruk på enkeltfartøy (DNV GL 2019), særlig ved landligge. Det er utfordrende at foreliggende data ikke skiller mellom gjennomgangstrafikk og trafikk inn og ut av havner i Bergen kommune. Bedre data om kategorien *andre aktiviteter sjøfart* bør skaffes til veie, tatt i betraktning at denne kategorien er blant de tre største energibrukerne både ved landligge og seilas.

5 Luftfart

5.1 Energibruk i luftfart 2009-2018

Energiforbruket for luftfart i Bergen de siste ti årene har gått ned for innenriks luftfart, mens det har økt for utenriks luftfart, se Figur 5.1.

Figur 5.1 Energiforbruk, luftfart i Bergen under 3000 fot, GWh



Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratet/Avinor

Beregningsforutsetninger

Det historiske energiforbruket i luftfart er beregnet med utgangspunkt i Miljødirektoratets utslippsstatistikk. Direktoratets datagrunnlag er levert av Eurocontrol - European Organisation for the Safety of Air Navigation. Utslippene og dermed også energibruken som fordeles til kommunen omfatter fly og helikoptre som er underlagt instrumentflygeregler (IFR) mens de befinner seg innenfor kommunens geografiske avgrensning. Utslippsstatistikken inkluderer ikke flyvninger som følger visuelle flyveregler (VFR), dvs. de fleste flyvninger med småfly. Statistikken dekker heller ikke militære flyvninger. Eurocontrol har, ifølge Miljødirektoratet (2020), uttalt at mengden drivstofforbruk for de ekskluderte gruppene vil være små i forhold til drivstofforbruk for IFR flyvninger.

Statistikken inkluderer bare utslipp fra landing- og take-off-fasene av flyvninger. I klimagassregnskapet for kommuner har Miljødirektoratet plassert utslippene i kommunen der landing og take-off finner sted. Dette betyr i praksis at «kommunegrensen» for energianslagene inkluderer luftrommet opp til 3000 fot⁴ for hver flyvning.

Det foreligger ikke informasjon om fordeling på ulike drivstoff. De mest brukte er med stor sannsynlighet jetparafin og flybensin, som har tilnærmet samme utslippsfaktor⁵. Utslippsfaktor for jetparafin er benyttet i beregningene, ettersom dette er det dominerende drivstoffet i flytrafikken det her gjelder.

Energibruk for bakke-aktiviteter som er knyttet direkte til flytrafikken inngår i andre sektorer i statistikken, fortrinnsvis *andre mobile kilder, veitrafikk, tjenesteyting og industri*.

⁴ I henhold til IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories skal utslipp fra flyvninger under 3000 fot inkluderes i de nasjonale utslippsregnskapene

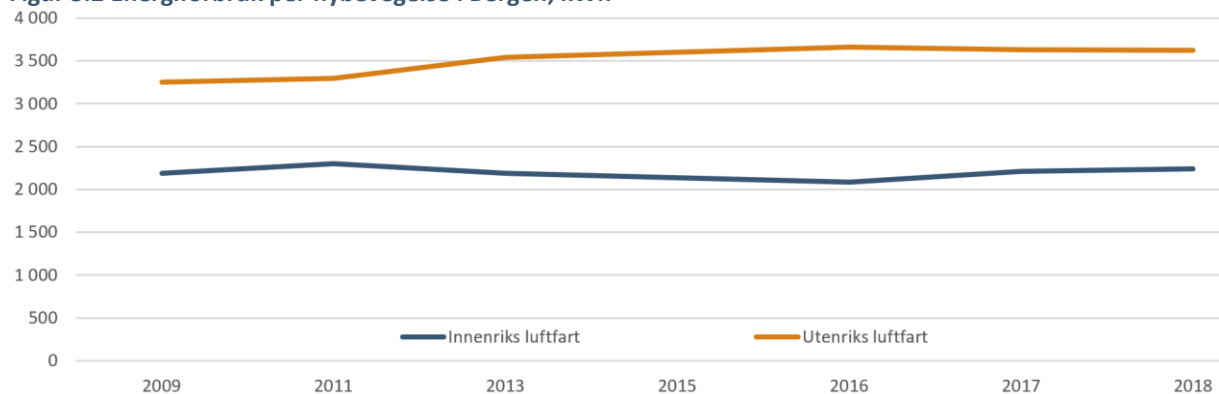
⁵ For jetparafin og flybensin er utslippsfaktorene henholdsvis 3,15 og 3,13 tonn CO₂/tonn drivstoff. Per energienhet er utslippsfaktoren for jetparafin 73,09 CO₂/TJ og for flybensin 71,3 tonn CO₂/TJ.

Som det framgår av Figur 5.1 har energiforbruket knyttet til utenrikstrafikken økt i perioden 2009-2018, mens det er redusert for innenrikstrafikken. For både innenriks- og utenrikstrafikk var det en svak vekst i energiforbruket fra 2017 til 2018.

Spesifikt energiforbruk

Beregninger basert på Miljødirektoratets utslippstall og Avinors trafikkdata viser at energiforbruket per flybevegelse økte i perioden 2009-2018, mens forbruket per terminalpassasjer⁶ sank, se Figur 5.2 og Figur 5.3. Forklaringen på dette er at flyene har blitt større, og dermed fordeles energiforbruket per flybevegelse på flere passasjerer. Teknologidringer har dessuten bidratt til energieffektivisering.

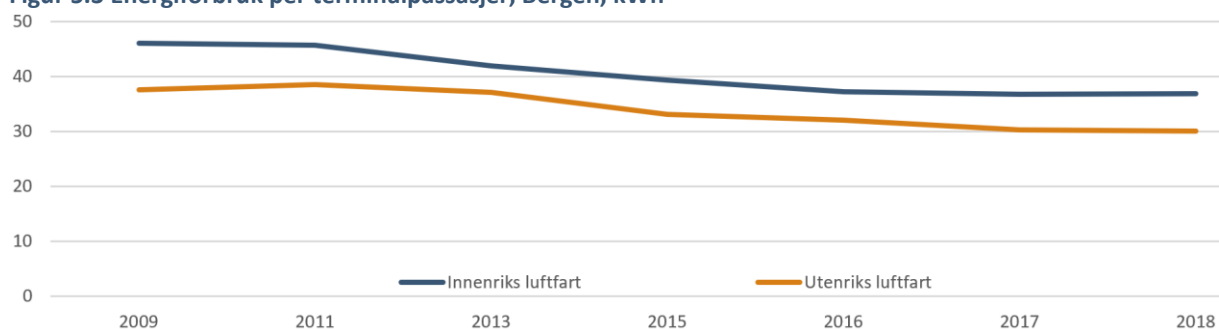
Figur 5.2 Energiforbruk per flybevegelse i Bergen, kWh



Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratet/Avinor

Energiforbruk per terminalpassasjer ble redusert med ca. 20 prosent i perioden 2009-2018, tilsvarende om lag 2,5 prosent årlig, se Figur 5.3.

Figur 5.3 Energiforbruk per terminalpassasjer, Bergen, kWh



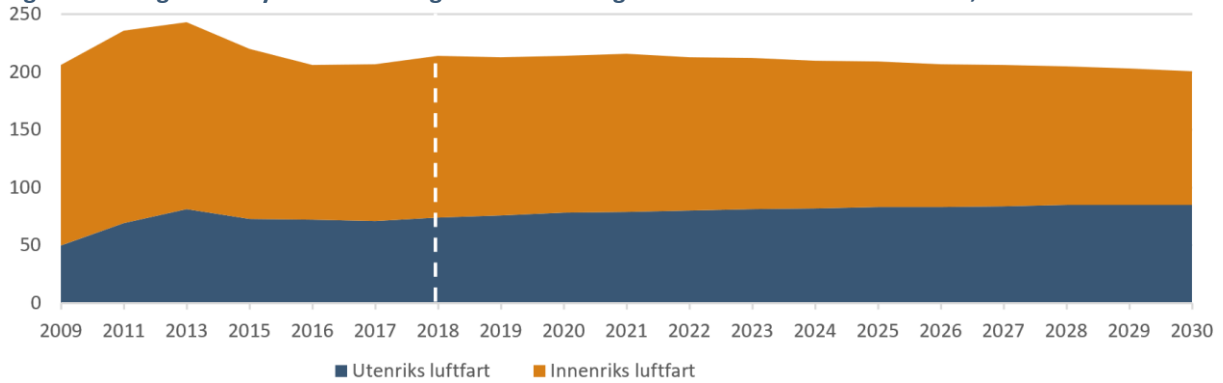
Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratet/Avinor

5.2 Referansebane, energibruk i luftfart 2019-2030

Vi anslår at samlet energiforbruk i flytrafikken reduseres med 6 prosent fra 2018 til 2030, se Figur 5.4, der innenriks luftfart trekker ned med en reduksjon på 17 prosent, mens utenrikstrafikken vokser med 15 prosent.

⁶ Terminalpassasjer: Passasjer som går på eller av et fly innenfor det aktuelle området, i dette tilfellet Bergen.

Figur 5.4 Energibruk i flytrafikken i Bergen 2009-2018 og referansebane for 2019 – 2030, GWh*



*: Gjelder kun energibruk i landings- og avgangsfasen, innenfor kommunegrensen og under 3000 fot.

Kilde: Menon Economics

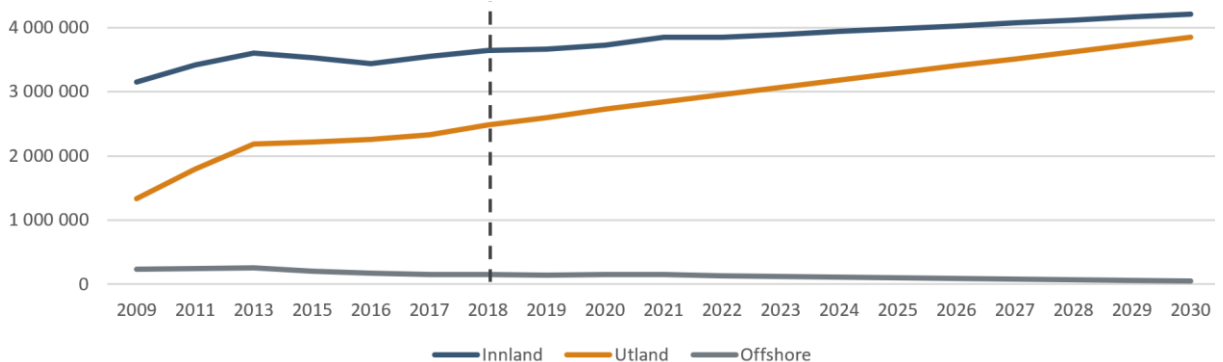
Beregningene tar utgangspunkt i Avinors statistikk og TØIs⁷ framskrevne trafikkdata for luftfarten i Bergen, som består av årlige tall for:

- Antall flybevegelser, sortert på innland, utland og offshore
- Antall terminalpassasjerer, sortert på innland, utland og offshore

Offshore-trafikken er liten sammenlignet med de to andre kategoriene, og viser en nedadgående trend. Den er derfor slått sammen med innenrikstrafikken.

Energiforbruk per terminalpassasjer ble redusert med om lag 2,5 prosent per år fra 2009 til 2018 (Figur 5.3). Vi legger en forlengelse av denne utviklingen til grunn. Framskrevet energiforbruk beregnes så ved å kombinere denne raten med TØIs framskrevne tall for antall terminalpassasjerer, se Figur 5.5.

Figur 5.5 Antall terminalpassasjerer, i Bergen 2009-2018 og framskrevet 2019-2030



Kilde: Menon Economics, Avinor, TØI

5.3 Usikkerhet

Slik vi forstår Avinors og TØIs tall er usikkerheten først og fremst knyttet til flytrafikk som ikke fanges opp i statistikk og framskrivninger. Dette gjelder dels forsvarrets flytrafikk, dels mindre, privateide fly. Forutsetningen om redusert energiforbruk per terminalpassasjer er også usikker. Hvis luftfarten rammes permanent av redusert

⁷ Anbefalt brukt av Avinor. TØI-data mottatt fra Cicero, som skal fremskaffe nærmere spesifisering av denne referansen.

reisevirksomhet, er det for eksempel sannsynlig at effektivisering knyttet til skalaeffekter blir mindre enn historisk trend skulle tilsi.

Flytrafikken preges av korona-epidemien, med økonomisk tilbakegang og endrede reisevaner. Det vil derfor være grunn til å vurdere behovet for reviderte framskrivinger av energibruken i luftfart når noe tid har gått.

6 Drift av motorredskaper og annen mobil forbrenning

Utslippskilden *Annen mobil forbrenning* i Miljødirektoratets utslippsstatistikk består i hovedsak av dieseldrevne motorredskaper som benytter anleggsdiesel (avgiftsfri diesel) og snøscootere som benytter bensin.

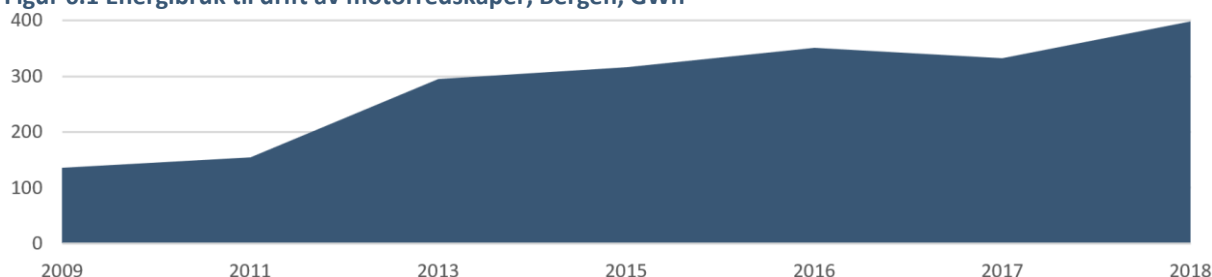
Det er betydelig usikkerhet i Miljødirektoratets underlagstall for kommunefordelt forbruk av anleggsdiesel. Bedre informasjon om maskinpark og aktiviteter som kan forklare og/eller korrigere forbruket, fordrer antagelig at kommunen selv tar initiativ til innsamling av data. Se ellers avsnittene nedenfor vedrørende usikkerhet og beregningsforutsetninger i framskrivingene.

6.1 Energiforbruk til drift av motorredskaper 2009-2018

Energiforbruket til dieseldrevne motorredskaper omfatter avgiftsfri diesel i motorredskaper innenfor jordbruk, skogbruk, forsvar, bygg og anlegg m.m., det vil i stor grad si traktorer og anleggsmaskiner. Med utgangspunkt i Miljødirektoratets utslippstall finner vi at energiforbruket til drift av motorredskaper i Bergen er om lag tre ganger så høyt i 2018 som i 2009, med en vekst fra 136 til 399 GWh, se Figur 6.1.

På landsbasis har veksten vært noe mindre, men nivået er til gjengjeld høyere, regnet som energiforbruk per innbygger, se Figur 6.3 nedenfor. Det kan være hensiktsmessig å undersøke de underliggende aktivitetene og driverne bak dette forbruket nærmere, som grunnlag for utforming av virkemidler og tiltak og for å kunne rette dem mot relevante aktører.

Figur 6.1 Energibruk til drift av motorredskaper, Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratets utslippsstatistikk

Beregningsforutsetninger

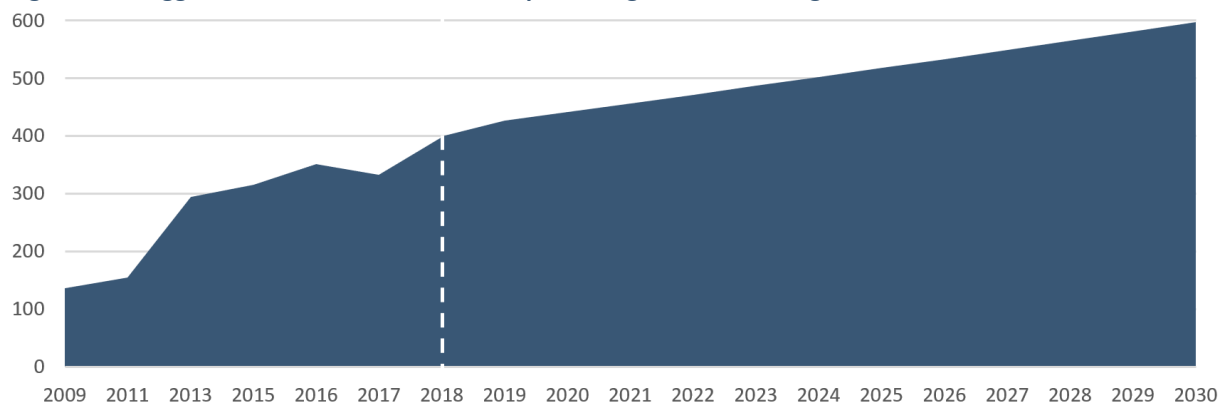
Energiforbruket omregnes direkte fra utslippstallene i Miljødirektoratets statistikk. Statlige myndigheter har ikke satt krav til innblanding av biodrivstoff i anleggsdiesel, og det er forutsatt null-innblanding i energiberegningene. Elektrisitet benyttes foreløpig i svært lite omfang til drift av motorredskaper, og inkluderes ikke i beregningene.

6.2 Referansebane, energiforbruk til drift av motorredskaper 2019-2030

Basert på en trendframskrivning, forventes en betydelig vekst i energiforbruket til drift av motorredskaper, med mindre det gjennomføres tiltak, se Figur 6.2. Vekstraten som er benyttet er mindre enn i perioden 2009-2018, men bør forstås som usikker.

Mange tiltak på dette området kan beskrives skjematisk, for eksempel slik det er gjort i Klimakur. For utforming og dimensjonering av virkemidler og tiltak i Bergen er det imidlertid viktig at usikkerheten i datagrunnlaget reduseres og at det innhentes informasjon om maskinpark, aktiviteter og aktører.

Figur 6.2 Anleggsdiesel til drift av motorredskaper, i Bergen 2009-2018 og referansebane for 2019-2030, GWh

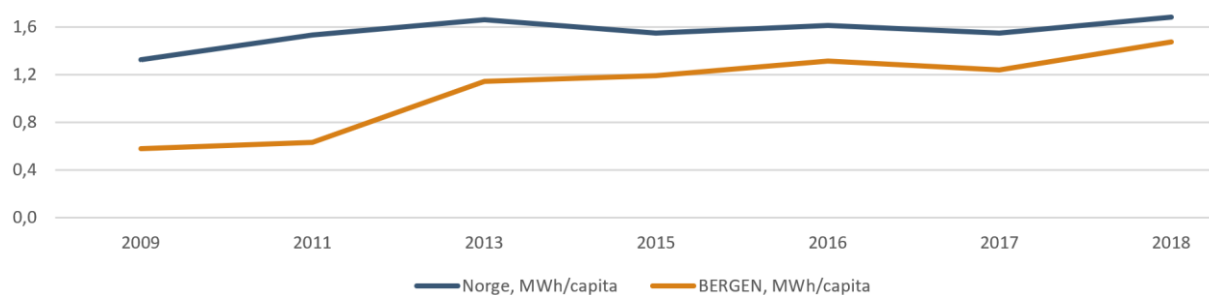


Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratet og SSB

Beregningsforutsetninger

Energiforbruk til drift av motorredskaper i Norge økte med om lag 45 kWh/innbygger per år i perioden 2015-2018, se Figur 6.3.⁸ Denne vekstraten, sammen med befolkningsframskrivingene for Bergen⁹ benyttes for framskriving av energiforbruket.

Figur 6.3 Forbruk av anleggsdiesel, Norge og Bergen, MWh/innbygger *



*: Forbruk innenfor industri, olje- og gassutvinning og energiforsyning er holdt utenfor.

Kilde: Menon Economics, Miljødirektoratet og SSB

6.3 Energiforbruk til drift av snøscootere

I Miljødirektoratets utslippsstatistikk er det lagt til grunn 145 registrerte snøscootere i Bergen i 2009 og 219 i 2018. I utslippsberegningene benyttes gjennomsnittlig kjørelengde for snøscootere på landsbasis, 850 km, uavhengig av hvilken kommune beregningen gjelder. Det legges også til grunn at kjøringen foregår i hjemkommunen (der snøscooterne er registrert).

Figur 6.4 viser anslått energiforbruk for snøscootere i Bergen, beregnet på grunnlag av Miljødirektoratets utslippsstatistikk, hvor det er tatt hensyn til innblandet biodrivstoff i bensin.

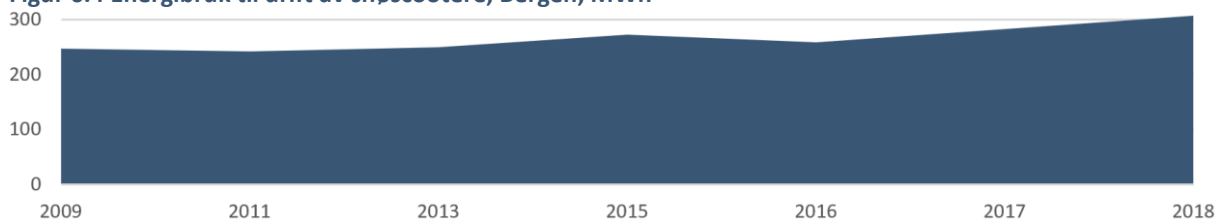
Disse forbrukstallene er svært usikre, ettersom de er basert på at alle landets snøscootere brukes like mye, uavhengig av landsdel, og fordi det virker rimelig å anta at flere av de kommune-registrerte snøscooterne benyttes i andre kommuner, særlig der Bergens befolkning har hytter i fjellet.

⁸ Årene 2009-2013 inneholder ekstremverdier, og holdes derfor utenfor.

⁹ SSBs MMMM-alternativ, juni 2018

Det er ikke beregnet framskrivninger for snøscootere i Bergen, dels fordi disse tallene er svært små og dels fordi usikkerheten i datagrunnlaget er stort

Figur 6.4 Energibruk til drift av snøscootere, Bergen, MWh



Kilde: Menon Economics, SSB

6.4 Usikkerhet

Historisk- og framskrevet energiforbruk til drift motorredskaper og snøscootere i Bergen er svært usikkert. Spesielt er det mulig at en trendforlenging gir en for høy vekst i framskrivningene. Framskrivninger basert på økonomisk vekst og befolkningsvekst ville gitt vesentlig lavere vekst fram mot 2030.

Videre er det stor usikkerhet i de kommunefordelte utslippstallene for dieseldrevne motorredskaper, da anleggsdiesel også brukes i andre kommuner enn der den er levert. Det bidrar ytterligere til usikkerhet at salg gjennom videreforhandlere utgjør en betydelig andel av omsetningsvolumet, og deler av disse leveransene fordeles i statistikken til kommunene etter befolkningstall.

Miljødirektoratet legger til grunn at utslipp fra traktorer og anleggsmaskiner er de største utslippskildene. Kommunefordelingen regnes med utgangspunkt i SSBs salgsstatistikk for anleggsdiesel. Forbruk som inngår i utslippskildene *Industri og olje- og gassutvinning og Energiforsyning* er holdt utenfor. Fordeling til kommunene er basert på leveringsadresser og -volumer for solgt anleggsdiesel

Det foreligger svært lite kommunespesifikk informasjon som kan benyttes til å fordele energiforbruket på ulike motorredskaper, aktiviteter og formål i Bergen. Ikke alle motorredskaper er registreringspliktige, men i SSBs kjøretøystatistikk kan en finne data for antall registrerte traktorer og motorredskaper i Bergen for årene 2016-2019. I denne perioden vokste traktorbestanden fra rundt ca. 1500 til ca. 1700, mens antallet motorredskaper var mer stabilt på ca. 100. Det er imidlertid ikke kjent hvor intensivt traktorer og motorredskaper brukes, omfanget av ikke-registrerte motorredskaper eller i hvilken grad driften foregår innenfor kommunegrensene. Traktorer og motorredskaper som er registrert i andre kommuner er utvilsomt i bruk i Bergen og vice versa, men omfanget kan ikke utledes av tilgjengelig statistikk.

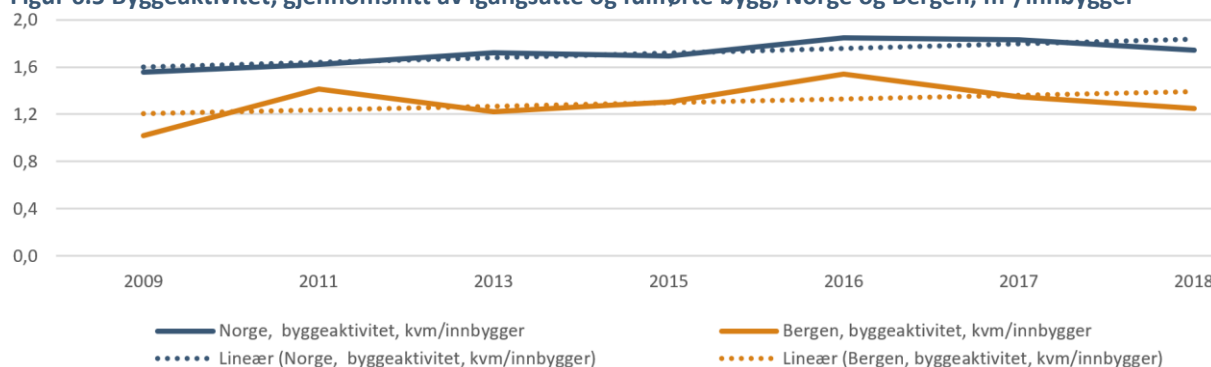
Traktorer og andre motorredskaper benyttes i investeringsfasen innen bygg (oppføring av bygninger) og anlegg (etablering av veier, kaier og annen infrastruktur), og benyttes i stort omfang i ordinær drift og vedlikehold av veier og anlegg. De benyttes også til mange ulike oppgaver innen blant annet landbruk og handelsvirksomhet.

Byggeaktivitet er en viktig driver for bruk motorredskaper. En indikator for byggeaktiviteter kan være gjennomsnittet av igangsatte og fullførte byggeprosjekter (nytt, oppvarmet bygningsareal), slik det dekkes av SSBs kommunestatistikk¹⁰. I Figur 6.5 vises disse verdiene som byggeaktivitet per innbygger for Norge og Bergen.

¹⁰ SSB-tabeller 05939 og 05940

Aktivitetsnivået er høyere på landsbasis enn i Bergen, men trendene er sammenlignbare, med vekst gjennom hele perioden 2009-2018.

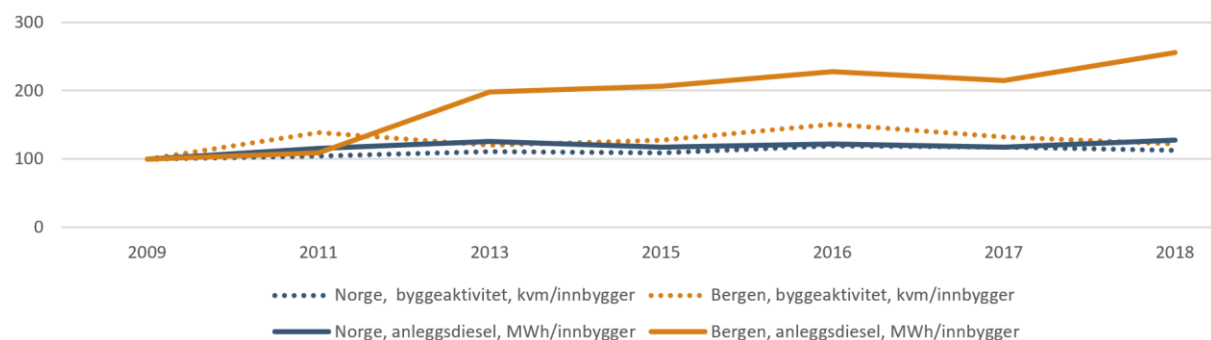
Figur 6.5 Byggeaktivitet, gjennomsnitt av igangsatte og fullførte bygg, Norge og Bergen, m²/innbygger



Kilde: Menon Economics, SSB

Om vi sammenligner verdiene for byggeaktivitet med tilsvarende tall for energiforbruk til motorredskaper (basert på Miljødirektoratets utslippstall), er det vanskelig å se noen tydelig samvariasjon mellom energiforbruk og byggeaktivitet for Bergens vedkommende. Figur 6.6 illustrerer dette med normaliserte verdier.

Figur 6.6 Igangsatte og fullførte byggeprosjekter 2009 = 100, kvm/innbygger



Kilde: Menon Economics, SSB

Disse sammenligningene forsterker inntrykket av at det er betydelig usikkerhet i Miljødirektoratets underlagstall med hensyn til kommunefordelt forbruk av anleggsdiesel. Bedre informasjon om maskinpark og aktiviteter som kan forklare og/eller korrigere forbruket, fordrer antagelig at kommunen selv tar initiativ til innsamling av data.

Anleggsdiesel benyttes ikke bare til motorredskaper, men også til blant annet oppvarming og tørking av bygg under oppføring og rehabilitering. Propan og andre fossile gasser brukes til de samme formålene, og gass benyttes også til drift av motorredskaper. Det fremgår ikke av direktoratets metodebeskrivelser hvordan disse utslippene sektorfordeles i statistikken, noe som representerer ytterligere usikkerhet.

Nytt forbud

Ifølge regjeringen vil det komme et forbud mot bruk av mineralolje (anleggsdiesel m.m) til midlertidig oppvarming og tørking av bygg under oppføring og rehabilitering.¹¹ Dette innebærer utfasing av mineralolje til byggvarme og utfasing av fossil gass til byggvarme.¹² Dette innebærer at bruk av mineralolje til midlertidig oppvarming og tørking av bygninger under oppføring og rehabilitering blir forbudt fra 2022. Forbudet vil bidra til å redusere klimagassutslipp fra byggeplasser.

Hvilke virkninger et forbud vil få på utviklingen i ulike sektorer er dels avhengig av hva mineralolje erstattes med (fossil gass, bioolje, el, varmepumpe), men også hvordan disse forbrukspostene fordeles i de ulike sektorene i statistikken.¹³

¹¹ <http://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringa-vil-vedta-forbod-mot-bruk-av-mineralolje-til-byggvarme-pa-byggjeplassar-fra-2022/id2706504>

¹² *Utfasing av mineralolje til byggvarme tar utgangspunkt i at et forbud mot bruk av mineralolje til byggvarme innlemmes i forskrift om forbud mot bruk av mineralolje til oppvarming av bygninger fra og med 1.1.2022, og at bruken av mineralolje erstattes av annen energi (jamfør politisk føring i Granavolden-erklæringen om å innføre slikt forbud.) Forslaget har nylig vært på høring. Utfasing av gass til byggvarme er ikke inkludert i forslaget som var på høring.*

¹³ *Slik vi forstår Miljødirektoratets metodenotat, plasseres f.eks. forbruk av anleggsdiesel til byggvarme i Andre mobile kilder.*

7 Stasjonær energibruk i tjenesteyting og husholdninger

Dette kapittelet omfatter stasjonær energibruk i bygninger:

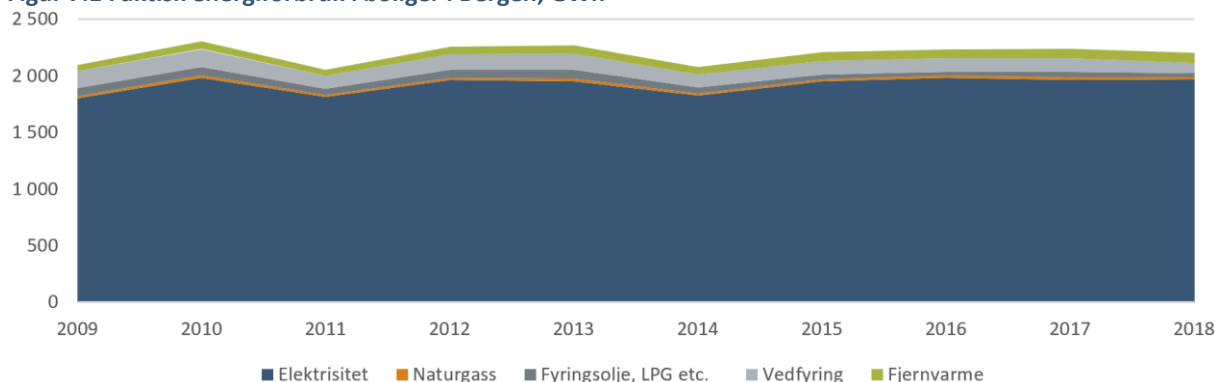
- Tjenesteyting, dvs. næringsbygg utenom industribygg
- Husholdninger, dvs. helårsboliger og hytter

Hovedkildene til beregningene er offisiell statistikk fra SSB og Miljødirektoratet. Flere av årene 2009-2018 er ikke dekket av utslippsstatistikken fra Miljødirektoratet, og det er derfor benyttet interpolasjon for å gi en best mulig fremstilling av utviklingen. Det er også supplert med innhentet informasjon fra Gasnor for bruk av naturgass i Bergen.

7.1 Energibruk i husholdninger 2009-2018

Energiforbruket i boliger i Bergen har variert noe i perioden 2009 til 2018, men har stort sett ligget rundt 2000 GWh, se Figur 7.1. Elektrisitet har utgjort om lag 90 prosent av energiforbruket.

Figur 7.1 Faktisk energiforbruk i boliger i Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics, SSB og Miljødirektoratet

Vi har også beregnet temperaturkorrigert forbruk for perioden, se Figur 7.2. Profilen blir da noe ulik, med 2014 som toppåret i forbruk. 2014 var det varmeste året i perioden, og spotprisene var svært mye lavere i første halvår enn samme periode foregående år. Lave priser kan være én grunn til økt forbruk. En annen grunn kan være at den fullt oppvarmede andel av bygningsmassen er større i milde perioder enn i kalde, noe som forstyrrer sammenligningen mellom vintre. 2014 er dessuten ett av årene det mangler data for bruk av fossile brensler og ved, og våre estimater for disse forbrukspostene kan også være for høye.

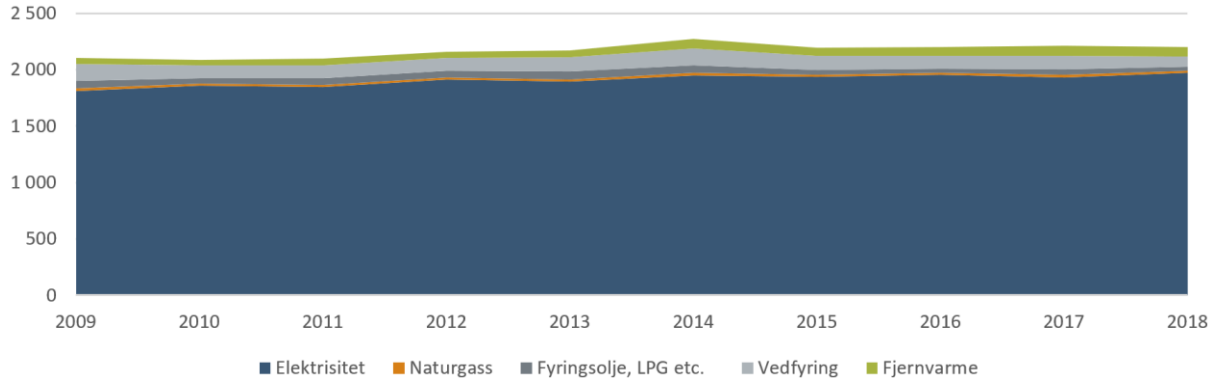
Hensikten med temperaturkorrigering av energiforbruk i bygningsmassen er dels å skille det temperaturavhengige forbruket (særlig romoppvarming og ventilasjon) fra annet forbruk og dels å sammenligne år med ulike temperaturforhold med hverandre. På denne måten får vi et bilde av forbruksutviklingen slik den ville være dersom alle år var like, meteorologisk sett. Forskjellene vi da observerer, skyldes i hovedsak endringer i oppvarmet areal, innetemperatur, antall beboere og aktivitetsnivå.

For å sammenligne årene i en historisk tidsserie, benyttes vanligvis et normalår som representerer gjennomsnittsforholdene for det aktuelle stedet i siste, offisielle 30-års serie fra Meteorologisk Institutt. I vårt tilfelle er det nyttig å bruke samme normalår for framskrivinger som for historisk forbruk. Ettersom det siste offisielle normalåret er fra tidsserien 1981-2010, gjenspeiler det i liten grad forventet klima i perioden 2009-

2018. Vi har derfor valgt å benytte 2018 som normalår ved temperaturkorrigering. Med denne forutsetningen vil det være mindre risiko for å overvurdere framtidig energibehov.

Temperaturforholdene i et spesifikt år kan forenklet beskrives som summen av daglige temperaturdifferanser mellom ute- og innetemperatur gjennom hele året. Denne verdien kalles graddagstallet. Graddagstallet for 2018 var 3416. Til sammenligning var graddagstallet 3687 for normalåret i tidsserien 1981-2010.¹⁴

Figur 7.2 Temperaturkorrigert energiforbruk i boliger i Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics

Beregningsforutsetninger

Energiforbruket i boliger bestemmes av flere faktorer, blant annet

- Oppvarmet areal og volum og størrelsen på bygningens ytterflater
- Klima
- Innetemperatur og bruksmønster
- Antall beboere
- Oppvarmingsanlegg

Detaljerte data om de tre siste punktene er ikke innhentet og analysert, men SSBs statistikk for spesifikt energiforbruk i boliger på Vestlandet fra 2009 er en god erstatning for dette som inngang til beregningene. I tillegg brukes Enovas graddagstall¹⁵ og SSBs statistikk for boligareal¹⁶ ved inngangen til 2009, og for tilført areal for hvert år frem til 2018.

Tabell 7.1 Oppvarmet boligareal i Bergen, 1000 kvm

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
13216	13322	13433	13911	14035	14255	14389	14538	14662	14806

Kilde: SSB-tabell 05940

Spesifikt energibehov for boliger i Bergen 2009 er basert på en SSB-undersøkelse av boliger på Vestlandet,¹⁷ supplert med NVEs anslag for formålsfordeling av energibruk i boliger.¹⁸ SSBs tall omfatter energivarer (el, olje, ved osv.), og er derfor korrigert for forbrenningstap i varmeproduksjon, slik at vi har kunnet regne på konsistente tall for energibehov, og ta hensyn til blant annet nyttiggjort omgivelsesvarme fra varmepumper. Antatt

¹⁴ N81-10, Bergen

¹⁵ <https://www.enova.no/om-enova/drift/graddagstall/>

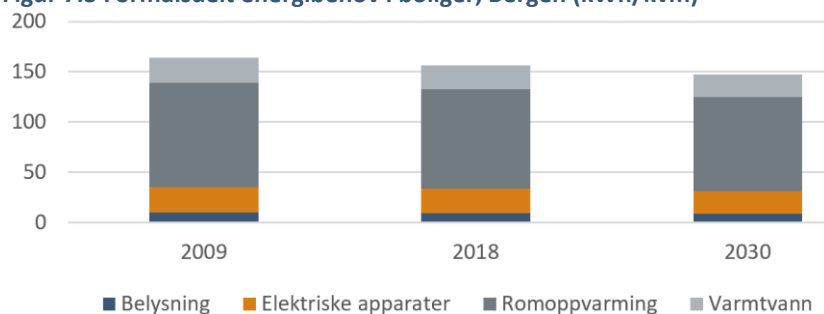
¹⁶ SSB-tabell 05940

¹⁷ SSB-tabell 10580

¹⁸ <https://www.nve.no/energibruk-effektivisering-og-teknologier/energibruk/energibruk-i-bygg/?ref=mainmenu>

energibehov i boliger er trappet jevnt ned fra 2009 til 2018, og den samme raten benyttes senere i framskrivingene til 2030.¹⁹ Endringen fra 2009 til 2018 og 2030 er vist i Figur 7.3.

Figur 7.3 Formålsdelt energibehov i boliger, Bergen (kWh/kvm)



Kilde: Menon Economics

Varmepumper: Bestanden av varmepumper i Bergens-husholdningene er ikke kjent, og varmetilskuddet fra varmepumper er derfor anslått med utgangspunkt i nasjonale tall beregnet av NVE, og kalibrert²⁰ slik at varmepumpenes bidrag er konsistente med øvrige energibidrag. Varmepumpenes elektrisitetsforbruk inngår i det generelle elektrisitetsforbruket, og bidragene er derfor beregnet som netto varmebidrag, det vil si nyttiggjort omgivelsesvarme. Disse varmebidragene er ikke energivarer, og inkluderes derfor ikke i aggregerte, offisielle forbrukstall eller statistikk, men de er viktige for å forstå hvordan energibehovet i boligene dekkes. Av den totale varmepumpebestanden i Bergen er det antatt at 60 prosent benyttes i boliger, om lag som fordelingen på landsbasis.

Tabell 7.2 Nyttiggjort omgivelsesvarme fra varmepumper i boliger, GWh.

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
170	171	172	174	176	178	180	182	184	186

Kilde: Menon Economics

De beregnede (relative) varmebidragene fra varmepumper er betydelig lavere enn for landsgjennomsnittet, regnet som kWh per kvadratmeter oppvarmet areal. Med nye, mer presise beregningsforutsetninger vil dette bildet kunne endres noe.

Fossile brensler: Forbruket av fossile brensler, hovedsakelig fyringsolje/-parafin, samt noe naturgass og LPG, er beregnet på grunnlag av Miljødirektoratets utslippstall for klimagasser i *hele* bygningssektoren i Bergen, og vi har lagt til grunn at 25 prosent²¹ av dette benyttes i boliger. Forbruket naturgass i boligsektoren er basert på Gasnors salgstall. For årene som ikke er dekket av Miljødirektoratets tall, er forbrukstallene basert på interpolasjon.

Elektrisitetsforbruk: Forbruket av elektrisitet er basert på statistikk fra SSB.²²

¹⁹ Analysen er altså benyttet både ved tilbakeskriving av historisk energiforbruk og i etablering av referansebanen. Dette gir estimater for boligenes energibehov (nyttiggjort energi). Hvordan de dekkes med kjøpt og/eller egenprodusert energi, eller hvilke virkningsgrader som gjelder for de ulike energibærerne, sier tallene ikke noe om.

²⁰ Varmepumpebestanden og tilhørende varmeproduksjon er anslått med utgangspunkt i hvilke bidrag som «mangler» for å dekke varmebehovet i boligmassen, gitt antagelsene om spesifikt energibehov og tilgjengelig informasjon om annen energibruk.

²¹ Om lag i samsvar med SSB-tall på fylkesnivå.

²² SSB-tabell 10314

Vedforbruk: Forbruket av ved er beregnet på grunnlag av Miljødirektoratets utslippstall for lystgass fra vedfyring, ettersom denne utslippskomponenten er entydig bestemt av vedforbruket, uavhengig av ovnsteknologi. Direktoratets tall er imidlertid ikke konsistente med utslippsfaktorene i Norges rapportering av utslipp av klimagasser (National Inventory Report), og omregningen fra utslipp til energi representerer derfor en usikkerhet i beregningene her. Årene som ikke er dekket av Miljødirektoratets tall er interpolerte. Årsvirkningsgrad for vedfyring er satt til 50 prosent i 2009, og gradvis økende til 65 prosent i 2030.²³

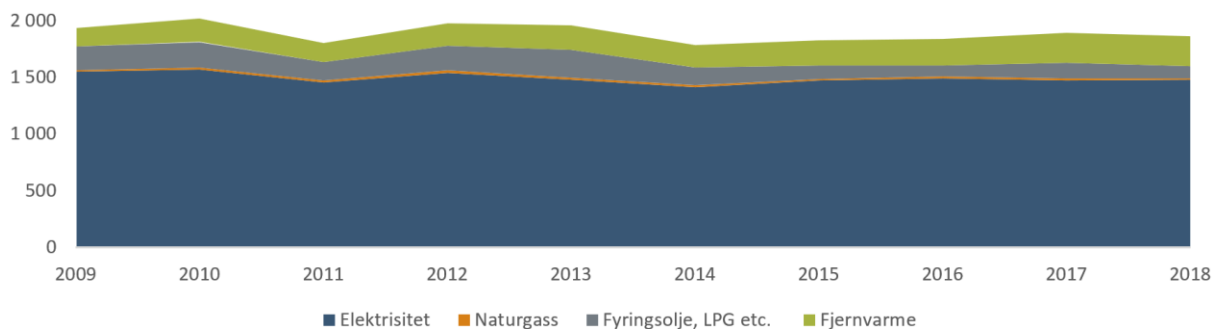
Forbrukstallene gjelder tilført energi i form av *energivarer*. Forbruket av elektrisitet til drift av varmepumper er dermed inkludert, men netto varmeproduksjon (nyttiggjort omgivelsesvarme) fra varmepumper inngår ikke i tallene.

7.2 Energibruk i tjenesteytende næringer 2009-2018

Figur 7.4 og Figur 7.5 viser beregningene av energiforbruket i næringsbygg i Bergen, henholdsvis faktiske og temperaturkorrigerede tall.

Intuitivt ville det være naturlig å forvente at det temperaturkorrigerede energiforbruket viste en svak stigning fra 2009 til 2018, ettersom oppvarmet areal har vokst i perioden. Energieffektivisering og økt bruk av varmepumper motvirker imidlertid denne utviklingen. En del av oljeforbruket har dessuten vært fleksibelt, og erstattet elektrisitet når prisbildet tilsier det. Olje har også blitt brukt til å dekke spisslaster i kalde perioder. Både prisbildet og vintertemperaturene kan derfor være en del av forklaringen på variasjoner i perioden. Flere av disse virkningene kunne det vært delvis kompensert for ved mer detaljerte beregninger av temperaturkorrigeret forbruk. Det ville imidlertid gi liten merverdi, gitt at forbrukstallene er utledet av et usikkert datamateriale.

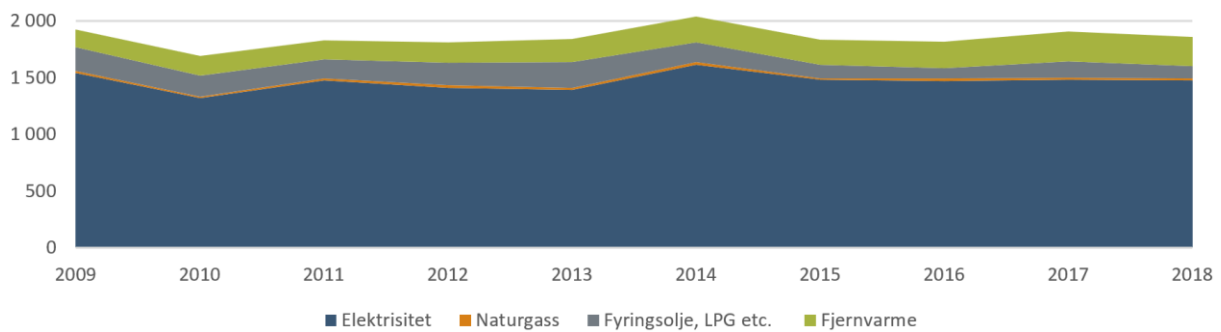
Figur 7.4 Energiforbruk, næringsbygg i Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics

²³ Av SSB-tabell 09703 fremgår det (implisitt) at årsvirkningsgrad for vedfyring i Hordaland 2009 er 65 prosent. Det beror nok på en misforståelse, ved at ovnsproducentenes oppgitte (nominelle) virkningsgrad er benyttet - i stedet for reell årsvirkningsgrad. Etter å ha konferert med vedkommende som har ansvar for denne statistikken i SSB, har vi valgt å redusere virkningsgraden for 2009 til 50 prosent.

Figur 7.5 Temperaturkorrigert energiforbruk, i næringsbygg i Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics

Beregningsforutsetninger

Mangel på data om oppvarmet areal i næringsbygg er vesentlig utfordring i beregningene. Etter allokering av tilstrekkelige energimengder fra fossile energibærere og varmepumper til boligene i 2009, fordeles resten til næringsbyggene. Energimengden divideres på antatt spesifikt forbruk som grunnlag for anslått oppvarmet areal i næringsbygg. Deretter benyttes offisiell statistikk for årlig tilført areal av næringsbygg for beregning av bygningsmassen de etterfølgende årene, som oppsummert i Tabell 7.3.

Tabell 7.3 Yrkesbygg ved inngangen til året, 1000 m²

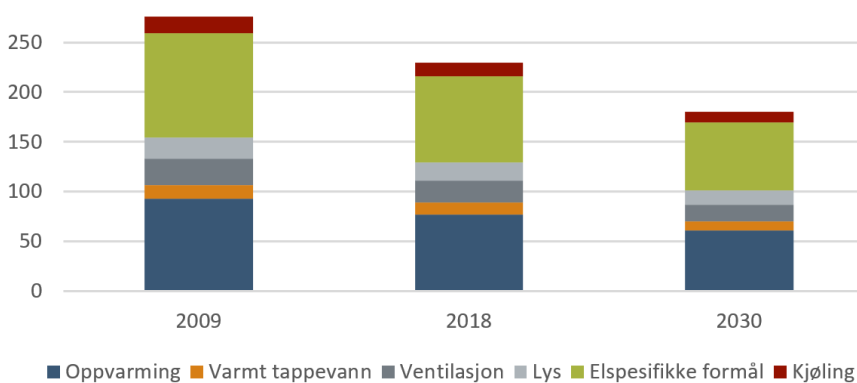
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
7 254	7 347	7 446	7 532	7 688	7 862	8 114	8 206	8 388	8 567

Kilde: SSB tabell 05939

Ettersom den offisielle statistikken for yrkesbygg er mangelfull, særlig mht. samlet bygningsmasse, er også kunnskapen om spesifikt energiforbruk begrenset. Vi har tatt utgangspunkt i NVEs tall (NVE 2016a) og har basert beregningene på netto energibehov i yrkesbygg, som vist i Figur 7.6. Vi vurderer dette spesifikke energibehovet som noe høyt, tatt i betraktning annen informasjon, blant annet fra Enova. Hvis det i realiteten er lavere, kan samlet oppvarmet areal for næringsbyggene i Bergen være høyere enn beregnet. Energiforbruk, formålsdeling og energimiks påvirkes ikke nødvendigvis av dette.

Analysen er benyttet både ved tilbakeskriving av historisk energiforbruk og til referansebanen. Tallene sier imidlertid ikke noe om hvordan estimert behov for nyttiggjort energi i næringsbyggene dekkes med kjøpt og/eller egenprodusert energi, eller hvilke virkningsgrader som gjelder for de ulike energibærerne.

Figur 7.6 Formålsdelt energibehov for yrkesbygg i Bergen, kWh/kvm



Kilde: Menon Economics

Varmepumper: Varmepumpenes elektrisitetsforbruk inngår i det generelle elektrisitetsforbruket, og bidragene er derfor beregnet som nyttiggjort omgivelsesvarme, se Tabell 7.4. Av den totale varmepumpebestanden i Bergen er det antatt at 40 prosent benyttes i næringsbygg, om lag som fordelingen på landsbasis.

Tabell 7.4 Nyttiggjort omgivelsesvarme fra varmepumper i yrkesbygg, GWh.

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
113	114	115	116	117	119	120	122	123	124

Kilde: Menon Economics

Fossile brensler: Forbruket av fyringsolje, LPG osv. er beregnet på grunnlag av Miljødirektoratets samlede utslippstall for næringsbygg og boliger i Bergen, og det er lagt til grunn at 75 prosent av dette benyttes i næringsbygg. For årene som ikke er dekket av Miljødirektoratets tall, er forbrukstallene basert på interpolasjon. Forbruket naturgass er basert på Gasnors salgstall.

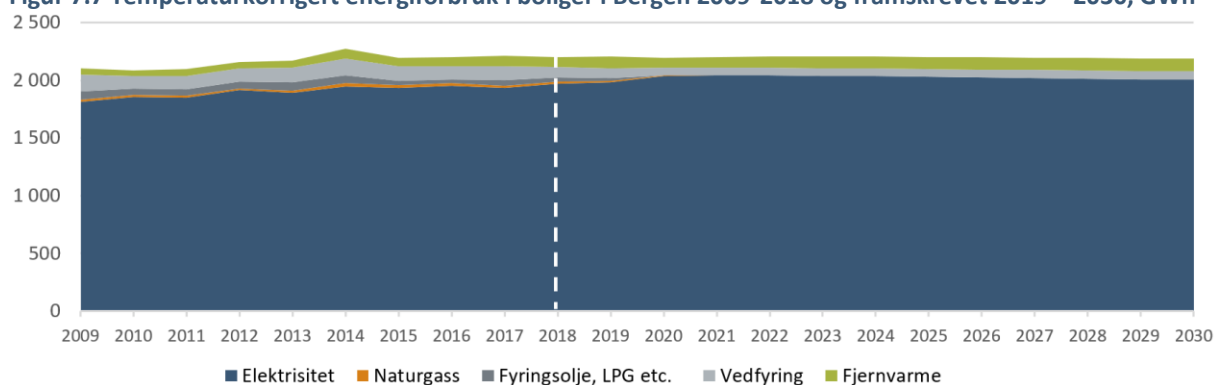
Elektrisitetsforbruk: Elektrisitetsforbruket er basert på SSB-statistikk,²⁴ supplert med tall fra BKK for 2009.

7.3 Referansebaner, energibruk i boliger og tjenesteytende næringer 2019-2030

Energibruk i husholdninger

Våre framskrivninger gir en relativt flat bane for utviklingen av energiforbruket i boliger, i det energiforbruket i boliger er beregnet til å reduseres med ca. 1 prosent årlig fra 2018 til 2030, samtidig som oppvarmet boligareal forutsettes å vokse med 7,5 prosent i samme periode, se Figur 7.7.

Figur 7.7 Temperaturkorrigert energiforbruk i boliger i Bergen 2009-2018 og framskrevet 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics

Tabell 7.5 viser beregnet stasjonært energiforbruk per husholdning i Bergen: for 2009, 2018 og framskrevet til 2030.

²⁴SSB-tabell 10314: Nettoforbruk av elektrisk kraft (GWh), etter region, forbrukergruppe, statistikkvariabel og år.

Tabell 7.5 Husholdningenes stasjonære energiforbruk, KWh per innbygger

	2009	2018	2030
Elektrisitet	7 189	7 048	6 760
Fossil energi	361	191	0
Vedfyring	593	326	249
Fjernvarme	207	312	362
SUM	8 351	7 877	7 372

Kilde: Menon Economics

Beregningsforutsetninger for energibruk i husholdninger

Følgende forutsetninger ligger til grunn for framskrivningene av energiforbruket i boliger:

- Vekst i boligmassen tilsvarer SSBs hovedalternativ for befolkningsveksten i Bergen.
- Varmepumpebestanden øker med 1 prosent per år. Dette anser vi som et konservativt anslag, gitt at veksten på landsbasis har vært høyere enn dette i flere år. Våre beregninger indikerer imidlertid at varmepumpe-bestanden (egentlig varmeproduksjonen fra varmepumper) er mindre, relativt sett, i Bergen enn i landet som helhet.
- Spesifikt netto energibehov avtar med 1 prosent per år, tilsvarende vår beregnede utvikling for 2009 - 2018 i Bergen.²⁵
- Bruk av naturgass i boliger avtrappes til null i løpet av 2020 på grunn av redusert tilbud fra Gasnor. Slik Gasnor selv fremstiller dette, er det en usikker forutsetning. Det er også usikkert om andre aktører vil kunne overta Gasnors rolle som leverandør.
- Kommunalt forbud mot bruk av gamle vedovner og åpne peiser ble vedtatt sent i 2017, og trer i kraft i januar 2021. Vi har lagt til grunn at 50 prosent²⁶ av vedforbruket i Bergen dette året²⁷ foregikk i ovner og peiser som nå omfattes av forbudet, og at vedforbruket allerede i 2020 er halvert i forhold til 2017. Forbruket forutsettes deretter å vokse med om lag 1 prosent per år frem til 2030, ettersom flere ovner skiftes ut.
- Graddagstall som i 2018.

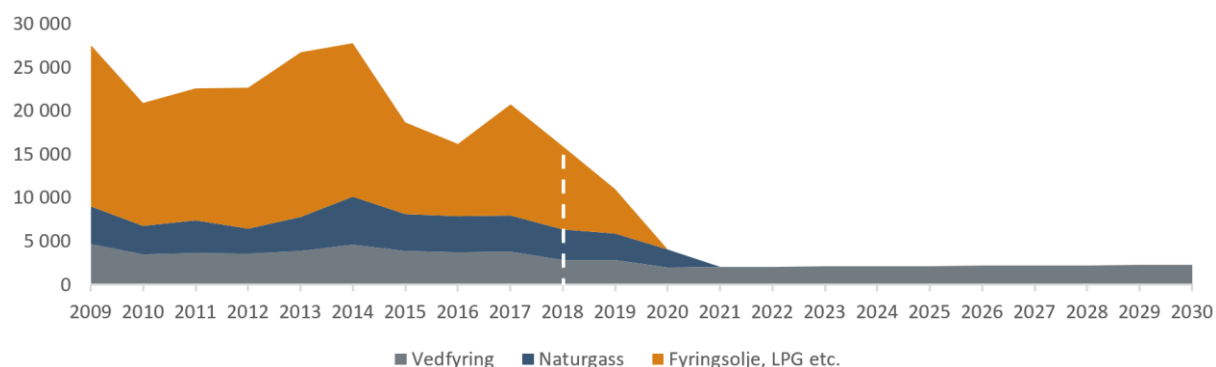
Dersom bruk av naturgass i boliger avvikles som forutsatt, vil utslippene fra stasjonær energibruk i boliger etter 2020 i sin helhet bestå av metan og lystgass fra vedfyring, se Figur 7.8.

²⁵ Dette er noe lavere enn i NVEs framskrivninger.

²⁶ Dette er noe lavere enn i Hordaland fylke, der andelen var 60 prosent i 2017 og 55 prosent i 2018 (ref. SSB-tabell 09703).

²⁷ Data for vedforbruk fordelt på ovnskategorier i Bergen foreligger ikke. Ifølge Bergen kommune var antall rentbrennende ovner medio 2020 46 292, mens 38 417 ovner var ikke-rentbrennende. Det kan tyde på at fordelingen av vedforbruket på de to ovnskategoriene kan være noe skjev i både historiske tall og i referansebanen. Dette betyr lite for resultatene.

Figur 7.8 Temperaturkorrigerte utslipp av klimagasser fra boliger i Bergen 2009-2018 og framskrevet 2019 – 2030, tonn CO₂-e

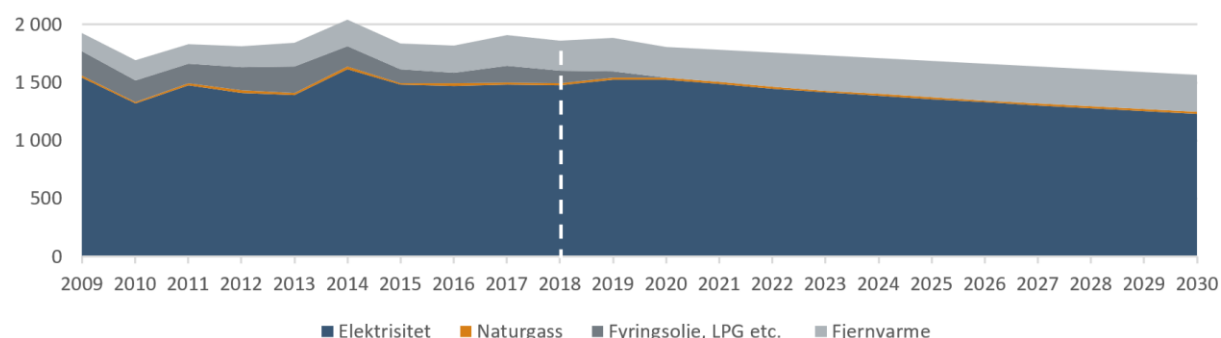


Kilde: Menon Economics og Miljødirektoratets utslippsstatistikk

Energibruk i tjenesteytende næringer

For referansebanen for energibruk i næringsbygg viser beregningsresultatene et temperaturkorrigert forbruk som reduseres fra 1862 GWh i 2018 til 1 568 GWh i 2030, det vil si en reduksjon i overkant av 15 prosent, se Figur 7.9. Samtidig er oppvarmet bygningsareal beregnet å vokse fra ca. 8,5 mill. kvadratmeter til ca. 9,5 mill. kvadratmeter.

Figur 7.9 Temperaturkorrigert, tilført energi til yrkesbygg i Bergen 2009-2018 og framskrevet 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics

Tabell 7.6 viser temperaturkorrigert energiforbruk i næringsbygg i Bergen for 2009, 2018 og framskrevet til 2030.

Tabell 7.6 Temperaturkorrigert energiforbruk i næringsbygg, historisk og referansebane, Tilført energi i form av energivarer, kWh/innbygger

	2009	2018	2030
Elektrisitet	6 130	5 277	4 149
Naturgass	55	54	52
Fyringsolje, LPG etc.	832	387	0
Fjernvarme	624	936	1 085

Kilde: Menon Economics

Beregningsforutsetninger for tjenesteytende næringer

Framskrivningene bygger på følgende forutsetninger:

- Vekst i bygningsmassen etter 2018 tilsvarer SSBs hovedalternativ for befolkningsvekst, ca. 0,5 prosent per år.
- Varmepumpebestanden øker med ca. 1 prosent per år, som for boliger (konservativt anslått).
- Spesifikt netto energibehov avtar med ca. 2 prosent per år. Dette er en høyere rate enn for boliger, og begrunnes med at rehabiliterings- og utskiftingstakten antas å være høyere enn for boliger.
- Graddagstall: 3416

7.4 Usikkerhet og konsistens med Miljødirektoratets utslippsberegninger

Alle beregninger og forutsetninger er gjennomført med sikte på å oppnå konsistens med Miljødirektoratets utslippsberegninger. Som det framgår av tabellen nedenfor, er det avvik på 0,5-1,6 prosent mellom Miljødirektoratets utslippstall og de som baseres på Menons energiberegninger.

Tabell 7.7 Samlede utslipp av klimagasser fra boliger og næringsbygg, tonn CO₂-e

	2009	2011	2013	2015	2016	2017	2018
Miljødirektoratet	88 023	70 491	98 792	53 570	46 463	61 475	48 109
Menon	86 571	69 566	98 005	52 970	45 915	61 139	47 843
Differanse	1 452	925	787	599	548	336	266
Differanse, %	1,6	1,3	0,8	1,1	1,2	0,5	0,6

Kilde: Menon Economics

Usikkerheten knyttet til utslippstallene fra Miljødirektoratet forplanter seg til beregnet forbruk av fossile brensler. Manglende informasjon om varmpumpebestanden har liten betydning for beregningene av samlet, tilført energi til næringsbygg, men gir usikkerhet om spesifikt energibehov.

Mangel på data om bestanden av næringsbygg, både m.h.t samlet areal og strukturell sammensetning²⁸ gir betydelig usikkerhet om spesifikt energibehov og formålsfordeling av energibruk. Usikkerhetene kan reduseres ved å innhente bedre data for bygningsmassen i Bergen. Dels kan informasjon hentes fra kommunale arkiver, dels må den samles inn på andre måter.

²⁸ Næringsbygg kommer i mange ulike utgaver, blant annet sykehus, kontorbygg, skoler og forretningsbygg etc. Disse har svært forskjellige energibehov, og antagelser om gjennomsnittlig spesifikt energibehov blir derfor usikre uten kjennskap til sammensetningen.

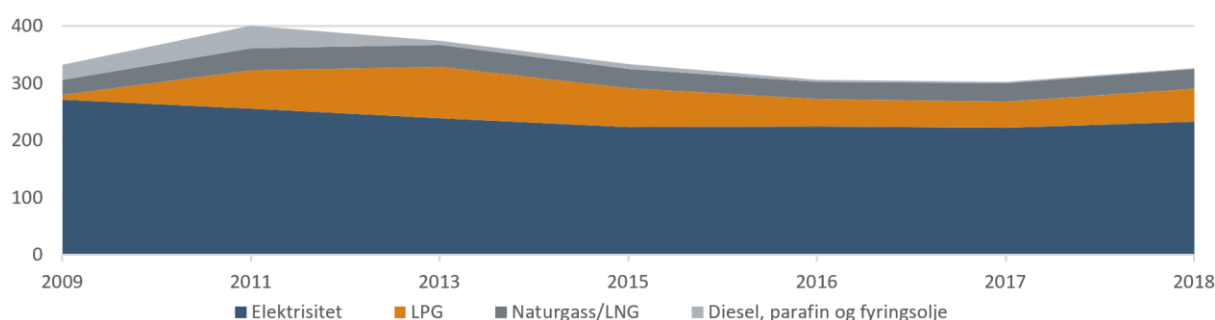
8 Industri, olje og gass

Denne sektoren omfatter klimagassutslipp fra olje- og gassutvinning, industri og bergverk. For Bergens vedkommende er det kun ordinær industri som ligger innenfor kommunegrensen, i hovedsak virksomheter som bearbeider og videreforedler råstoff og produkter som ikke er basert på olje eller gass.

8.1 Energibruk i industrien 2009-2018

Industriens energiforbruk er påvirket av konjunkturer, og varierer i større grad enn forbruket boliger og næringsbygg, se Figur 8.1. Elektrisitet utgjør en varierende andel av forbruket,²⁹ mens diesel, parafin og fyringsolje er faset ut.

Figur 8.1 Industriens energiforbruk, Bergen, GWh



Kilde: Menon Economics, basert på tall fra Miljødirektoratet

Både elektrisitet og fossile brensler blir benyttet til mange ulike formål i industrien, og en betydelig andel av energiforbruket må antas å være karakteristisk for hver enkelt virksomhet. En formålsfordeling for industriens energibruk vil derfor fordre nærmere analyser av virksomhetene, deres produksjonsprosesser og bygningsmasse. Det kan likevel antas at en stor andel av energien benyttes til varmeproduksjon for prosessformål og bygningsoppvarming. Industriens energiforbruk til oppvarming av bygninger er ikke kjent, men det utgjør antagelig en vesentlig andel av det samlede energiforbruk. Det kan observeres en viss grad av samvariasjon mellom temperaturforhold (graddagstall) og energiforbruk i tidsserien 2009-2018, men grunnlaget er for usikkert til at det gir mening å temperatur-korrigere tallene, slik vi har gjort i kapittel 7.

Beregningsforutsetninger

Den viktigste datakilden er Miljødirektoratets utslippsstatistikk. Industriens forbruk av naturgass er der basert på fordelingen mellom naturgass og andre brensler fra 2013. 2/3 av industri-utslippene av klimagasser fra industrien er basert på beregninger utført av SSB, der beregningsunderlaget ikke er offisielt tilgjengelig. Utslippstallene fra SSB kan derfor ikke benyttes direkte til beregning av energiforbruk eller fordeling på ulike fossile brensler. Miljødirektoratets tall og tilhørende underlag kan imidlertid benyttes til å anslå fordeling mellom brensler for de resterende 1/3 av industriutslippene. I beregningene her er den samme fordelingen mellom brensler benyttet også for SSBs utslippstall, men supplert med direkte innhentet informasjon om Gasnors salg av naturgass til industrien i Bergen. Til slutt er tallene kalibrert slik at det samlede utslippet av CO₂ blir det samme som i Miljødirektoratets statistikk. Det gir ikke nødvendigvis et presist bilde av virkeligheten, men betyr at beregnet

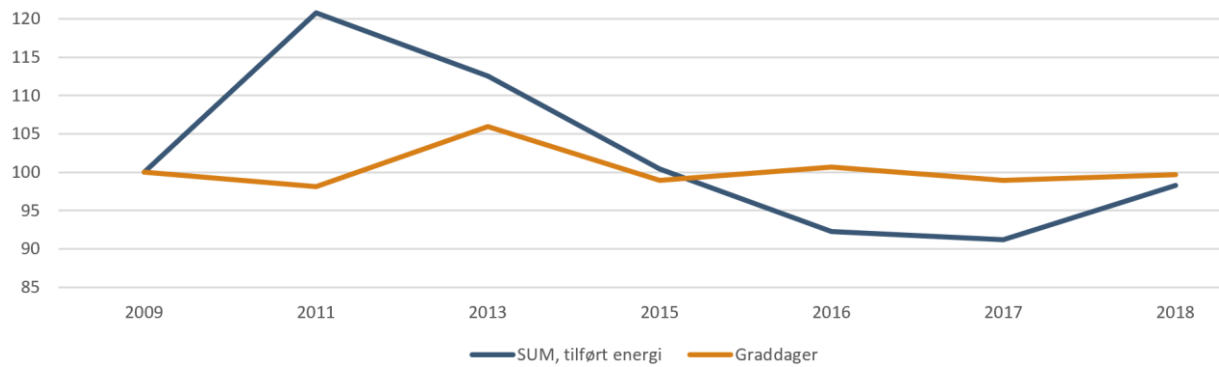
²⁹ Næringsaktørene tilpasser seg raskere til variasjoner i energiprisen, og energiforbruket til oppvarmingsformål er antagelig mer fleksibelt pga. høyere fossil-andel enn i tjenesteyting og husholdninger.

energiforbruk og -fordeling blir tilnærmet konsistent med Miljødirektoratets samlede utslippstall for industrien i Bergen. Dette har vært viktig på grunn av samordningen med utslippsutredningen. Energiforbruket er beregnet ved å kombinere SSBs, Miljødirektoratets og Gasnors tall.

Både elektrisitet og fossile brensler blir benyttet til mange ulike formål i industrien, og en betydelig andel av energiforbruket må antas å være karakteristisk for hver enkelt virksomhet. En formålsfordeling for industriens energibruk vil derfor forandre nærmere analyser av virksomhetene, deres produksjonsprosesser og bygningsmasse. Det kan likevel antas at en stor andel av energien benyttes til varmeproduksjon for prosessformål og bygningsoppvarming.

Industriens energiforbruk til oppvarming av bygninger er ikke kjent, men det utgjør antagelig en vesentlig andel av det samlede energiforbruk. Det kan observeres en viss grad av samvariasjon mellom temperaturforhold (graddagstall) og energiforbruk i tidsserien 2009-2018, se Figur 8.2. Grunnlaget er imidlertid for usikkert til at det gir mening å temperatur-korrigere tallene.

Figur 8.2 Industriens energiforbruk og graddagstall i Bergen, 2009=100

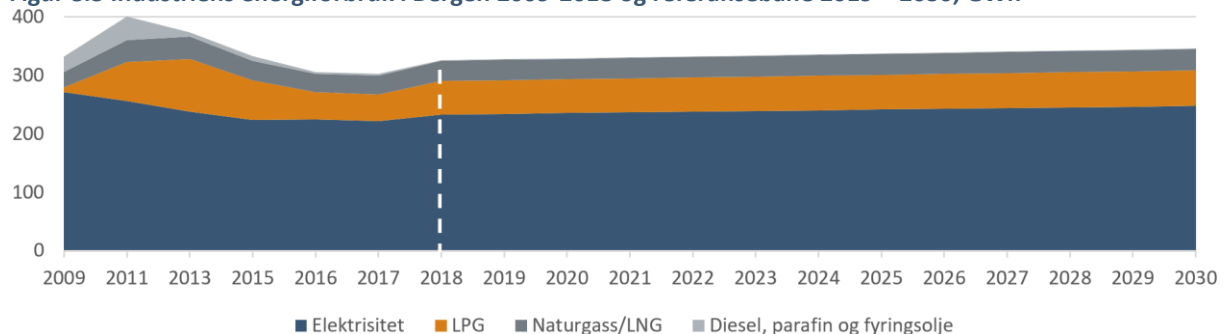


Kilde: Menon Economics, basert på tall fra Miljødirektoratet og Enova

8.2 Referansebane, energibruk i industrien 2019-2030

Valgte forutsetninger om industriens energiforbruk fram til 2030 tilsier en svak vekst, se Figur 8.3.

Figur 8.3 Industriens energiforbruk i Bergen 2009-2018 og referansebane 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics og Miljødirektoratet

Beregningsforutsetninger

Menon har gjennomført korte telefonintervjuer vedrørende bruk av fossile brensler med noen av de største Bergens-bedriftene som har rapportert til Miljødirektoratet (norskeutslipp.no). Respondentenes svar på våre

spørsmål om fremtidig energibruk kan best forstås som at energipriser, markedspreferanser og offentlig regulering vil bestemme den fremtidige energimiksen. En rimelig konklusjon etter intervjuene er at det forventes svak vekst og få endringer i sammensetningen av energibærere frem mot 2030. Energimiksen i referansebanen er derfor beholdt slik den var i 2009.

For å gjenspeile at bedriftene i stor grad produserer for et nasjonalt marked, framskrives energibruken med en årlig vekstrate som ligger mellom Bergens og landets befolkningsvekst, om lag 0,5 prosent.

Det er ikke eksplisitt forutsatt at industrien forbedrer energieffektiviteten, men det vil antagelig være rom for betydelig produksjonsøkning dersom bedriftene gjennomfører energieffektiviseringstiltak de neste ti årene. Alternativt kan effektivisering bidra til redusert forbruk av fossile energibærere i industrien.

8.3 Usikkerhet

Forbruk av elektrisitet og fossile brensler, supplert med korte telefonintervjuer, er utgangspunktet for beregninger og vurderinger av energibruk i industrien i Bergen. Det er ikke vesentlig usikkerhet om det samlede energiforbruket, men det mangler informasjon som er viktig for å kunne identifisere aktuelle energitiltak, blant annet om:

- produksjonsprosesser
- bygningsmasse
- bruk av bioenergi
- bruk av varmepumper

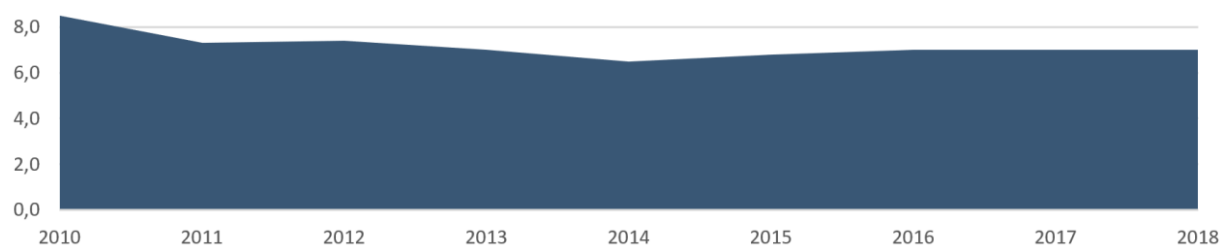
Usikkerheten består altså hovedsakelig i at vi ikke vet hvilke formål energi benyttes til, og hvordan de ulike energibærerne fordeles på disse formålene.

9 Jordbruk

9.1 Energibruk i primærnæringer 2010-2018

For energibruk i landbruket, dekkes en betydelig andel av energiforbruket til andre formål enn de stasjonære av anleggsdiesel, som inngår i *Motorredskaper* etc. Forbruk av elektrisitet i jordbruket vil være en annen viktig kilde for energibruk i landbruket. Dette er beregnet basert på SSB-statistikk, illustrert i Figur 9.1. Vi har ikke funnet andre tilgjengelige datakilder for energibruk i landbruket.

Figur 9.1 Elektrisitetsforbruk, primærnæringer i Bergen, GWh



Kilde: SSB

Miljødirektoratets kommunefordelte utslipp av klimagasser for jordbruket i Bergen omfatter kun utslipp fra fordøyelsesprosesser (husdyr), gjødselhåndtering og jordbruksarealer. Ingen av disse er direkte knyttet til energibruk. Gjødsel kan benyttes til produksjon av biogass, fortrinnsvis ved levering til større anlegg for sambehandling av flere råstoff. Potensialet er beskjedent fordi det er relativt lite jordbruksvirksomhet i kommunen.

I direktoratets statistikk er utslipp fra bruk av fossile brensler til oppvarmingsformål i jordbruket inkludert i *oppvarming* (her: stasjonær energibruk i boliger og næringsbygg). Forbruket av fossilt drivstoff til transport og motorredskaper er inkludert i henholdsvis *veitrafikk* og *andre mobile kilder*.

10 Avfall og avløp

10.1 Energibruk i avfall og avløp

I transport og behandling av ulike former for avfall og avløp i privat og offentlig sektor, benyttes både elektrisitet, fossile energibærere og biogass. Miljødirektoratets kommunefordelte utslipp av klimagasser i sektoren *avfall og avløp* omfatter kun utslipp av metan og lystgass fra kjemisk-biologiske prosesser. Utslipp fra bruk av fossile brenslere er altså ikke inkludert her. Vi viser derfor ikke til beregnet energibruk for denne sektoren.

Asplan Viak (2014) har gjennomført en analyse av energibruk i norsk VA-sektor. Denne sektoren er bare delvis overlappende med avfall og avløp, men vi oppsummerer likevel noen nøkkeltall fra analysen:

- For 2014 ble samlet energibruk i norsk VA-sektor beregnet til ca. 800 GWh.
- Energiforbruket i kommunene varierte mellom 40 - og 200 kWh/innbygger*år.
- Forbruket i Bergen ble oppgitt til ca. 60 kWh/innbygger*år.
- Dette tilsvarer et totalforbruk i VA-sektoren i Bergen på om lag 20 GWh.

11 Energiforsyning

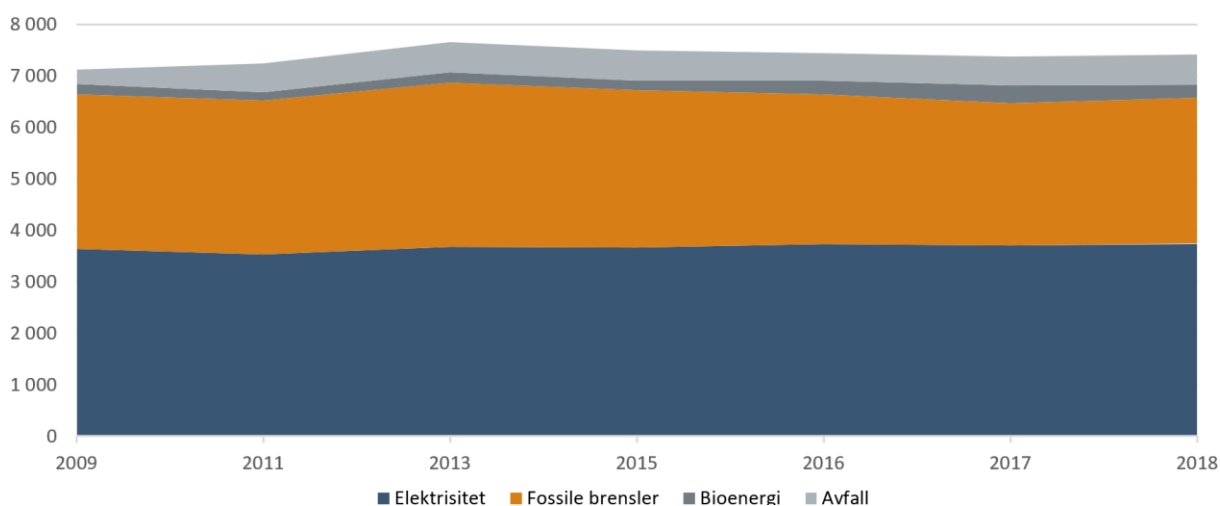
Bergen kommune ønsker å bidra til mer lokal produksjon av lokal, fornybar energi. Dette kapittelet inneholder en oversikt over utviklingen i energiforsyningen i Bergen fra 2009 til 2018, og drøfting av ressursgrunnlag og andre forutsetninger for økt produksjon. Energikildenes/teknologenes forutsetninger mht. til effekt- og fleksibilitetsutfordringene berøres også, men behandles nærmere i kapittel 12.

Nedenfor innledes med en oversikt over samlet energiforsyning i Bergen. I avsnitt 11.2 beskrives den lokale energiproduksjonen, og hver enkelt av de aktuelle energikildene drøftes i separate underkapitler.

11.1 Energiforsyningen i Bergen 2009-2018

Samlet energileveranse til *sluttbrukere* i Bergen tilsvarer beregnet forbruk i foregående kapitler, og har ligget forholdsvis stabilt på rundt 7000 GWh per år i perioden 2009 – 2018, se Figur 11.1.

Figur 11.1 Levert energi til sluttbrukere i Bergen 2009-2018, GWh



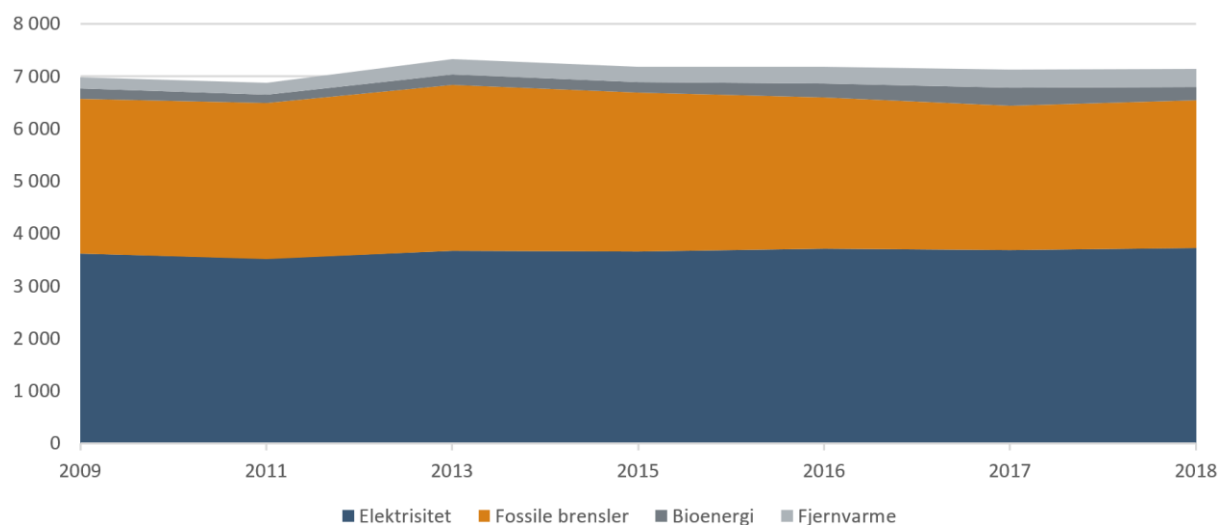
Kilder: SSB, BIR, BKK Varme og Miljødirektoratet

Det totale energiforbruket skal inneholde de samme energimengdene som er vist i Figur 11.1, men skal også inkludere energi forbrukt i lokal produksjon og transport/overføring av energivarer i kommunen. Differensen mellom forbrukt og levert energi i fjernvarmeproduksjonen utgjør den vesentligste³⁰ forskjellen mellom levert energi til sluttbruk og totalt energiforbruk i Bergen. Det totale energiforbruket får vi derfor ved å legge til energiforbruket i fjernvarmeproduksjonen, samtidig som levert fjernvarme trekkes ut (for å unngå dobbelttelling).

I Figur 11.2 vises totalt energiforbruk i Bergen 2009-2018. Dette var i 2018 om lag 270 GWh høyere enn levert energimengde til sluttbruk. Hovedårsaken til denne differensen er varmetap ved forbrenning av avfall. Lokalt produsert energi er ikke inkludert, unntatt forbruket av ved, som regnes som energivare i offentlig statistikk.

³⁰ Elektriske overføringstap i sentral-, regional- og distribusjonsnett innenfor Bergens grenser skal i prinsippet inkluderes i totalt energiforbruk, men er holdt utenfor her.

Figur 11.2 Total energibruk i Bergen 2009-2018, GWh

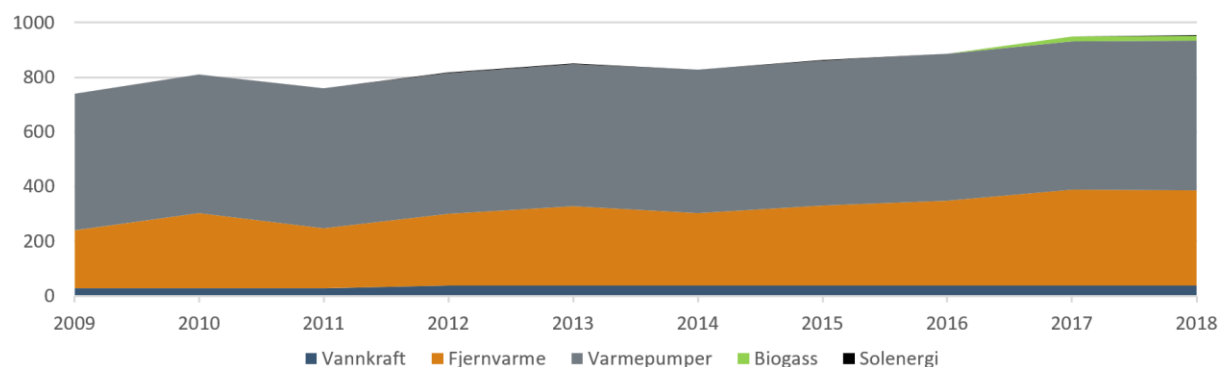


Kilder: Menon Economics, SSB, BIR, BKK Varme og Miljødirektoratet

11.2 Lokal energiproduksjon i Bergen

Tre ulike energivarer produseres i Bergen: vannkraft, fjernvarme og biogass. I tillegg produseres solvarme, solkraft og varme fra varmepumper i anlegg som er integrert i bygningsmassen. Dette er ikke energivarer i vanlig forstand, og verken produsert eller nyttiggjort energi fra disse kildene inngår i offisiell statistikk på linje med de kommersielle energivarene. Lokal energiproduksjon i Bergen bidro med om lag 960 GWh i 2018, se Figur 11.3. Varme fra varmepumper utgjorde mesteparten,³¹ dernest fjernvarmeproduksjon. Grunnlaget for tallene gjennomgås nedenfor.

Figur 11.3 Energiproduksjon i Bergen kommune 2009-2018, GWh



Kilde: Menon Economics, basert på data fra NVE, BIR, BKK Varme og Miljødirektoratet

Energiproduksjonen i Figur 11.3 inkluderer produsert varme fra varme fra varmepumper, solenergi, biogass og lokalt produsert vannkraft og fjernvarme. Ressursgrunnlaget for varme fra varmepumper og fjernvarme er dels

³¹ Gode data for varmepumpebestanden i Bergen finnes ikke. Varmepumpebidragene er derfor estimert med utgangspunkt antatt varmebehov i bygningsmassen, kombinert med data for andre energibidrag i perioden. Beregningsresultatene indikerer en noe lavere varmepumpedekning i Bergen enn i landet for øvrig i 2009 og vesentlig lavere i 2018.

lokal og dels importert, ettersom en del av varmen fra varmepumper er elektrisitet (resten er omgivelsesvarme) og den viktigste ressursen for fjernvarmeproduksjon er avfall, som til dels er hentet utenfor kommunen.

11.2.1 Vannkraft

Om lag 99 prosent av elektrisiteten som brukes i Bergen er produsert utenfor kommunen. Noen små vannkraftverk på til sammen 37,5 GWh og en maks ytelse på til sammen 8,4 MW er imidlertid lokalisert innenfor kommunegrensen, se Tabell 11.1.

Tabell 11.1 Kraftverk i drift, Bergen kommune

Kraftverk	Eier	Midl. årsproduksjon (ref. 1981-2010) [GWh]	Maks ytelse [MW]
Arna	Arna kraftselskap AS	7,6	2,2
Espeland	Bergen kommune	5	1,0
Hopsfossen	Hopsfossen AS	0,4	0,2
Osavatnet	Bergen kommune	3,5	0,6
Stend	BKK produksjon AS	2,0	1,0
Trengereid	BKK produksjon AS	19,0	3,5
Sum		37,5	8,4

Kilde: NVEs vannkraftdatabase

Til sammenligning er gjennomsnittproduksjonen i de 1893 vannkraftverkene i Norge 19,5 GWh, og medianproduksjonen er 1,9 GWh. Dette illustrerer at de fleste vannkraftverkene i Norge er små, og kraftverkene i Bergen er ikke noe unntak. To av kraftverkene, Espeland og Osavatnet ble satt i drift i 2012, mens de andre er eldre. I en rapport fra 2004 beregnet NVE potensialet for ny utbygging av små vannkraftverk i alle landets kommuner, se resultatene for Bergen i Tabell 11.2. Merk at de to kraftverkene som har blitt bygd etter 2004 trolig inngår i dette potensialet.

NVEs analyser tilsier at det finnes et potensiale for 46 nye vannkraftutbygginger med en midlere årsproduksjon på til sammen 71 GWh. Hvis vi trekker fra de to som har blitt utbygd siden analysen ble gjennomført, betyr det at potensialet er litt under det dobbelte av dagens produksjon. Imidlertid er nok de reelle mulighetene for utbygging betydelig mindre ettersom analysen ikke tar hensyn til inngrep i naturen, eieforhold og andre mulige barrierer mot å etablere vannkraftproduksjon i vassdragene. Det er altså et begrenset potensial for mer vannkraftproduksjon i Bergen kommune.

Tabell 11.2 Potensiale for ny utbygging av vannkraftverk i Bergen

Kategori	Antall	GWH	MW
50-999 kW under 3 kr	11	23,6	5,8
1000-9999 kW under 3 kr	2	10,1	2,5
50-999 kW under 3-5 kr	33	37,3	9,1
1000-9999 kW under 3-5 kr	0	0	0
Sum potensial	46	71	17,4

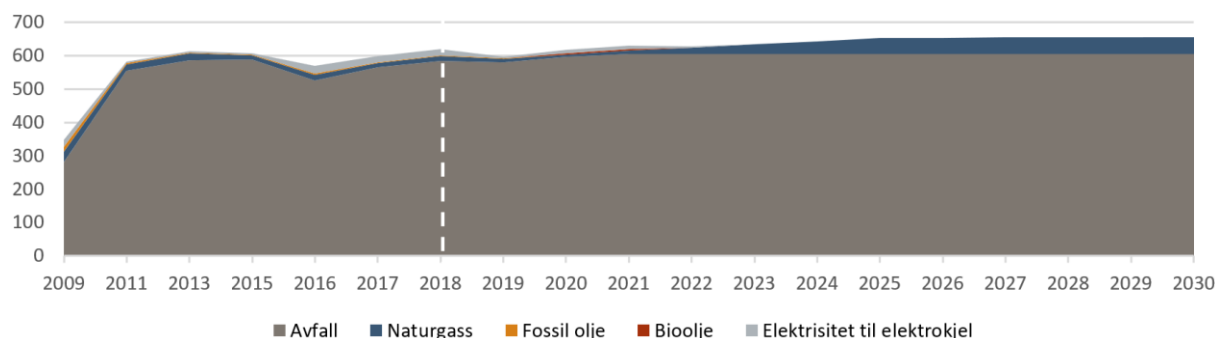
Kilde: NVE

11.2.2 Fjernvarme

Beregningene vedr fjernvarme er basert på historiske og framskrevne tall/produksjonsplaner som er rapportert fra BIR og BKK Varme.

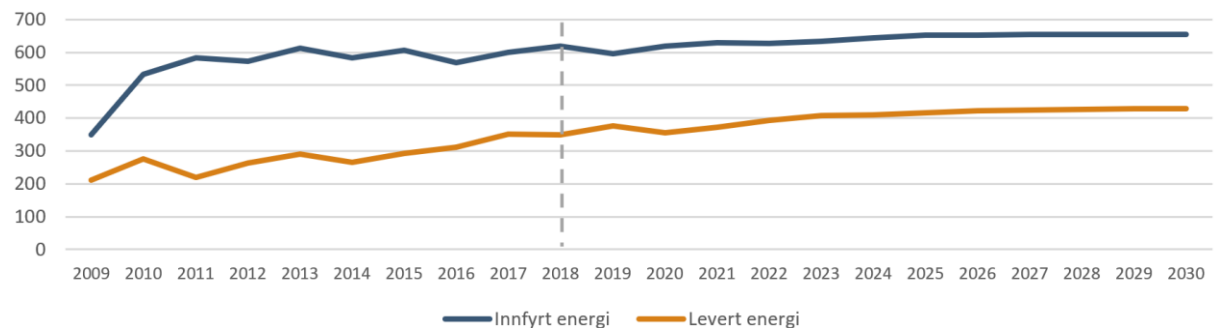
BIR produserer avfallsbasert varme som selges til BKK varme. BKK varme supplerer med annen varmeproduksjon, og selger varmen gjennom sitt fjernvarmesystem i Bergen sentrum. Nedenfor vises innfyrt energi (brutto energimengde som benyttes) i fjernvarmeproduksjonen 2009-2018 og i referansebanen 2019-2030.

Figur 11.4 Innfyrt energi i fjernvarmeproduksjonen, samlet for BIR og BKK, 2009-2018 og i referansebanen 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics, basert på data fra BKK Varme, BIR og Miljødirektoratet

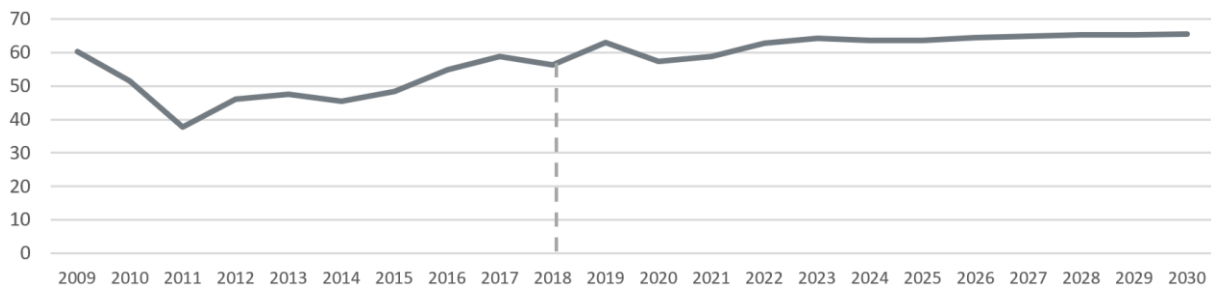
Figur 11.5 Innfyrt og levert energi i fjernvarmeproduksjonen, samlet for BIR og BKK, 2009-2018 og i referansebanen 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics, basert på data fra BKK Varme, BIR og Miljødirektoratet

Figur 11.6 viser samlet energitutteltelse (levert fjernvarme som andel av innfyrt energi). Den har variert mye i perioden 2009-2018, stort sett mellom 40 og 60 prosent. I 2019 var den 63 prosent, og antas å ligge forholdsvis stabilt mellom 60 og 65 prosent i årene frem mot 2030. Den relativt lave energitutteltelsen bør ses i lys av at BIRs anlegg for avfallsforbrenning driftes som et destruksjonsanlegg, og at anleggets forbrenningskapasitet derfor utnyttes også i perioder det ikke er avsetning for produsert varme.

Figur 11.6 Energiutnyttelse i fjernvarmeproduksjon 2009-2018 og referansebane 2019 – 2030, prosent



Kilde: Menon Economics, basert på data fra BKK Varme, BIR og Miljødirektoratet

Det er utvilsomt muligheter for å øke fjernvarmedekningen utover den som allerede er gjennomført og planlagt. Begrensningene vil dels være økonomiske, dels tekniske. Høy tetthet av brukere med anlegg for vannbåren varme vil være gunstig. Likeledes vil det være gunstig hvis alle varmebehov kan dekkes med lave temperaturnivåer, slik at de kan samspille med eller baseres på varmepumper og solenergi. Med byens nærhet til sjøen er det nærliggende undersøke om sjøvanns-varmepumper kan dekke varmebehovet store deler av året, mens biobrensler benyttes til toppplast-dekning. Dette er antagelig mest aktuelt dersom disse forsyningsalternativene integreres i nye nær- og fjernvarmeanlegg. En variant kan være å distribuere sjøvann eller ferskvann som er oppvarmet av sjøvann, og tilby brukere å hente varme og kjøle-energi gjennom egne energiinstallasjoner (varmepumper, ventilasjonsanlegg, frikjølere og lignende).

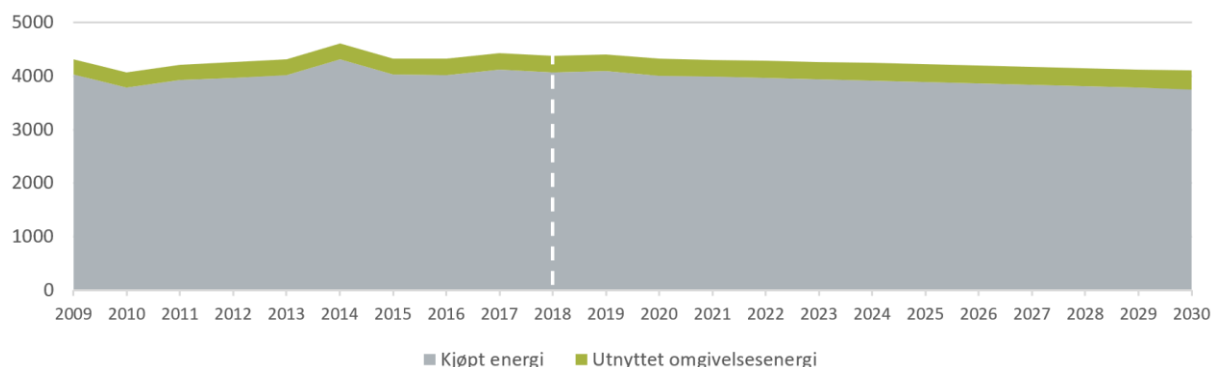
11.2.3 Varmepumper

Varmepumpebestanden i Bergen er ikke kjent, men ved å sammenholde antagelser og data vedrørende bygningsmassens omfang, spesifikt energiforbruk og forbruk av energivarer, anslås varmepumpenes bidrag i Bergens bygninger i 2015 til rundt 530 GWh. Dette er betydelig mindre enn Bergens forholdsmessige andel av varmebidraget fra varmepumper i landet som helhet, på om lag 1 TWh. I beregningene er det benyttet samme årsvarmefaktor som i NVE (2016b). Nye varmepumper kan ha betydelig bedre årsvarmefaktor enn dette, og vil også kunne produsere ved lavere temperaturer.

NVEs trendframskrivninger mot 2030 (NVE 2016b) tilsier en økning til 18-20 TWh varme i Norge 2030. NVE viser videre til teknisk-økonomisk modellering som gir et potensial på ytterligere 8 TWh fra varmepumper. Hvis en fordeler det samlede potensialet etter folketall, vil Bergens andel være 1,5-2,0 TWh i 2030. Dette indikerer at det kan være et potensial for ytterligere varmeproduksjon fra varmepumper i størrelsesorden 500-1000 GWh. Et slikt tilskudd til varmepumpebestanden vil kunne frigjøre anslagsvis 300-750 GWh elektrisitet fra bygningssektoren i 2030, avhengig av hvilke installasjoner og varmekilder som benyttes.

Figur 11.7 viser beregnede bidrag av omgivelsesvarme fra varmepumper til oppvarming i bygningssektoren (samlet for boliger og næringsbygg), sammen med kjøpt energi. Fra og med 2019 beskriver det gule feltet i figuren referansebanen for utnyttelse av omgivelsesvarme ved hjelp av varmepumper. Merk at levert varmebidrag fra varmepumpene er om lag 40 prosent større enn andelen omgivelsesvarme. Dette tilleggskidraget består av elektrisitet til kompressordrift, som er med i mengden kjøpt energi.

Figur 11.7 Omgivelsesvarme fra varmepumper og kjøpt energi i bygningssektoren i Bergen 2009-2018 og referansebane 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics

11.2.4 Biogass

Ifølge Miljødirektoratets estimater ble det produsert om lag 800 tonn biogass (målt som metan) i 2017 og om lag 1100 tonn i 2018, tilsvarende henholdsvis rundt hhv. 12 og 17 GWh. Biogassen er i hovedsak benyttet til bussdrift. Råstoffet består i hovedsak av slam fra avløpsrensning i Bergen biogassanlegget er dimensjonert å kunne behandle større mengder enn dette i fremtiden. Det er gjennomført lovende laboratorieforsøk med tilførsel av glykol fra avising av fly, og dette vil bli undersøkt videre for å se på mulighetene for bruk i fullskala. Det vil bli vurdert å gjennomføre forsøk med andre substrat, som f.eks. avfall fra fiskeoppdrett. Nabokommuner leverer også slam til anlegget, men denne leveransen har liten betydning for kapasiteten på anlegget.

Matafall er også aktuelt i biogassproduksjonen. Dette forbrennes i dag sammen med restavfallet. BIR skriver at matafall fra husholdningene i BIR samles inn med restavfallet og brennes med god energiutnyttelse.³² Mataffallet har imidlertid høyt fuktinnhold, og avfallsenergien er generelt relativt dårlig utnyttet i anlegget.

11.2.5 Solenergi

Solenergi kan benyttes til produksjon av varme og elektrisitet, og som energikilde for kjemiske/fotokjemiske/termiske prosesser. I dette underkapittelet drøftes status og potensiale for utnyttelse av solenergi i Bergen kommune på et overordnet nivå, avgrenset til solkraft og solvarme.

Solkraft

Solkraft er utnyttelse av solenergi til produksjon av elektrisitet, i de fleste aktuelle sammenhenger ved å utnytte silisiumbaserte solceller. Solkraft har blitt installert i økende tempo de seneste årene, både i og utenfor Norge. Solkraftanlegg knyttet til nettet vokser mest i Norge, og større, tak-monterte anlegg utgjør mesteparten av den installerte kapasiteten. Betydelig lavere priser og en økende interesse for grønn energi i befolkningen og hos næringsaktørene er viktige drivere for denne utviklingen. Noen bedrifter ser nok også dette som en profileringsmulighet på grunn av solcelleanleggenes synlighet.

De siste årene er det montert solkraftanlegg på flere store bygg i Bergen, blant på ASKOs lagerbygninger, på sjøforsvarets hovedbase Haakonvern og på skoler. Av en oversikt fra Bergen kommune fremgår det at samlet årsproduksjon i Bergen er ca. 2 GWh/år. Oversikten er antagelig ikke fullstendig, men antyder at utnyttelsen av

³² <https://bir.no/slik-sorterer-du/restavfallmatafall-til-hjemmekompostering/matafall/>.

solenergi er mindre enn i resten av landet.³³ Om vi forenklet legger til grunn at de norske anleggene var geografisk likt spredt etter befolkningstall, ville årlig produksjon av solkraft i en befolkning med Bergens størrelse ligge på om lag 5-6 GWh, tre ganger så mye som nevnte oversikt.

Potensialet for solkraft i Bergen er stort, teknisk og ressursmessig sett, selv om produksjonspotensialet per kvadratmeter solcelleareal er mindre enn halvparten av de beste steder i verden. For praktiske formål kan en anta at produksjonen i Bergen vil være 100 - 150 kWh/år per kvadratmeter. Solceller produserer best på skrå flater som er orientert mot sør, men de kan også gir rimelig godt utbytte på flater med avvikende orientering og helningsvinkel.

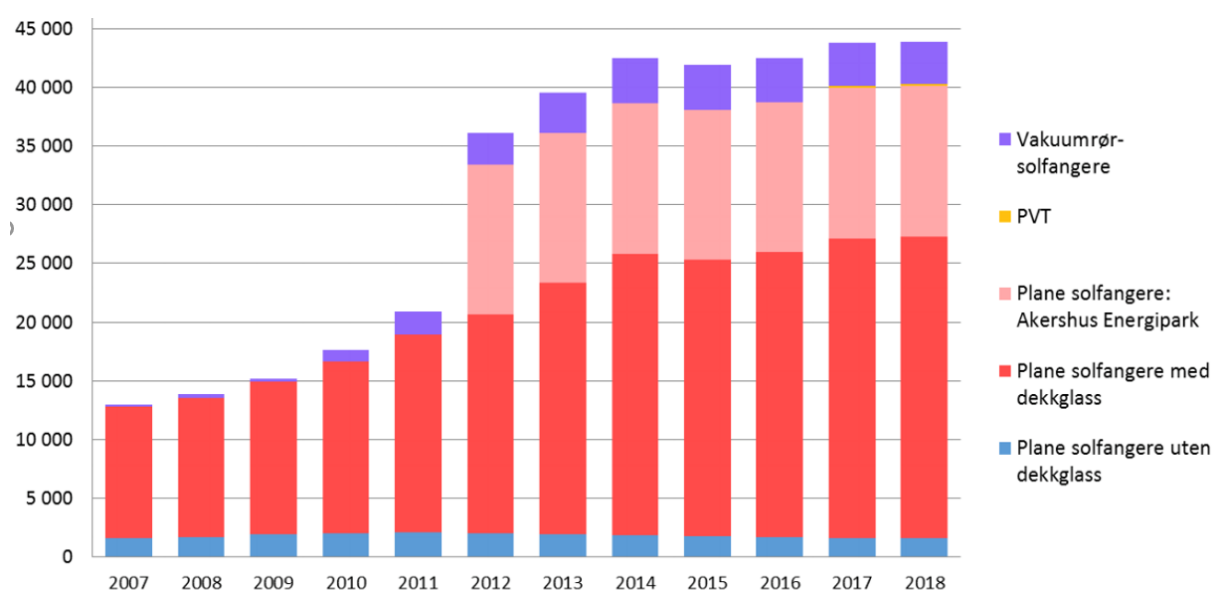
Oppvarmingsbehovet i norske bygninger er i stor grad basert på elektrisitet. Effektbehovet er derfor stort ved kalde utetemperaturer. Da er dagene korte og solen står lavt på himmelen. Solen skinner altså minst når effektbehovet er størst. Solkraft bidrar derfor i svært liten grad til økt fleksibilitet i kraftsystemet. Solkraftanlegg som har batterier for lagring av elektrisitet, kan imidlertid gi økt fleksibilitet hvis bruken av lageret styres hensiktsmessig i forhold til systembehov og -priser. Flexibiliteten gis imidlertid av batteriene, ikke solcelleanleggene per se.

Solvarme

Ved produksjon av varme fra solenergi benyttes *solfangere*. De er som oftest plane, men det finnes mange ulike teknologier og utførelser, til dels for å dekke ulike behov, dels tilpasset ulike lokale temperatur- og klimaforhold. Felles for de fleste av dem er at vann eller luft benyttes som medium for varmetransport fra solfanger til varmelager eller forbrukssted. Virkningsgrad og varmeproduksjon er avhengig av både solfangerutførelse, varmesystem, solinnstråling, vind og utetemperatur. For norske forhold kan en anta 300-500 kWh per kvadratmeter og år, forutsatt at det er avsetning for all varme som produseres. Dersom solfangeranlegget er stort i forhold til varmebehovet vil det kunne være vanskelig å få avsetning for all varme i sommerhalvåret.

I en undersøkelse bestilt av Norsk solenergiforening ble det beregnet at installert solfangerkapasitet, etter en kraftig vekst fra 2007 til 2013, var tilnærmet uforandret på rundt 30 MW i perioden 2014-2018. Figur 11.8 bygger på den samme undersøkelsen, og viser akkumulert solfangerkapasitet i Norge i kvadratmeter. Kapasiteten i 2018 tilsvarer en årsproduksjon på om lag 17 GWh.

Figur 11.8 Akkumulert solfanger-areal i Norge, m²



Kilde: Norsk solenergiforening/Ressurs & Miljø AS³³

Det er rimelig å forvente fortsatt fallende produksjonskostnadene for solkraft, og at etterspørselen vil øke. Dette vil gi et positivt energibidrag til energisystemet i store deler av året, men uten å bidra til økt fleksibilitet eller effekt i de kaldeste periodene når nettets kapasitet utfordres mest.

Om vi forenklet legger til grunn at anleggene i Norge er kommunefordelt etter befolkningstall, anslår vi årlig produksjon av solvarme i Bergen til om lag 1 GWh i 2018. I oversikten fra kommunen er oppgitt solvarme-produksjonen mindre enn 5 prosent av dette.

Mange av betingelsene som påvirker potensialet for solvarme er identiske med de som er drøftet for solkraft ovenfor. To forhold er imidlertid vesensforskjellige. Det ene er at solkraftkostnaden forventes å bli videre redusert også i de kommende årene. Slik er det ikke for solvarme i samme grad, ettersom de fleste av komponentene har vært gjennom en lang modningsprosess i andre næringer allerede. Solkraftproduksjonen kan også utnyttes fullt ut, forutsatt at anleggene er knyttet til el-nettet, mens utnyttelse av solvarme ofte blir begrenset av lokalt varmebehov.

Referansebane, framskrivning av solenergiutnyttelse i Bergen

Data for utnyttelse av solenergi i Bergen er usikre. Ifølge eksisterende data er utviklingen i Bergen vesensforskjellig fra resten av landet. Grunnlaget for en nyttig referansebane er at utgangspunktet er kjent og at drivere for videre utvikling er kjent og forstått. Ingen av disse forutsetningene er gode nok til at det gir mening å lage framskrivinger for Bergen.

Oppsummering om solenergi

Både solkraft og solvarme kan komme til å bli mer utbredt enn i dag:

- Det er rimelig å forvente fortsatt synkende kostnader for solceller og batterier og dermed økt etterspørsel etter solkraft, og full kapasitetsutnyttelse kan sikres ved å levere elektrisitet til nettet.
- I mikro-energisystemer vil solkraft være førstevalg til produksjon av elektrisitet de fleste sammenhenger, ettersom det er den enkleste hyllevare-løsningen for produksjon av elektrisitet basert på fornybar energi i små anlegg.
- Solkraftanlegg utstyres i en del tilfeller med batterilager. Dette kan, som varmelageret, gi økt fleksibilitet, forutsatt hensiktsmessig styring.
- Det er rimelig å forvente økt etterspørsel etter solvarme. Produksjonspotensialet per kvadratmeter er stort, og stadig flere nye bygninger med vannbåren varme vil antagelig kunne integrere solvarmeanlegg til en akseptabel kostnad i årene som kommer.
- Solvarmeanlegg suppleres i de fleste tilfeller med varmelager. Dersom dette er utstyrt med elkolbe og styres på hensiktsmessig måte, vil det gi en viss grad av fleksibilitet.

³³ <https://www.solenergi.no/nyhet/2019/3/22/stagnasjon-innen-solvarme>.

12 Effektbehov og fleksibilitet

12.1 Effektforbruk versus energiforbruk

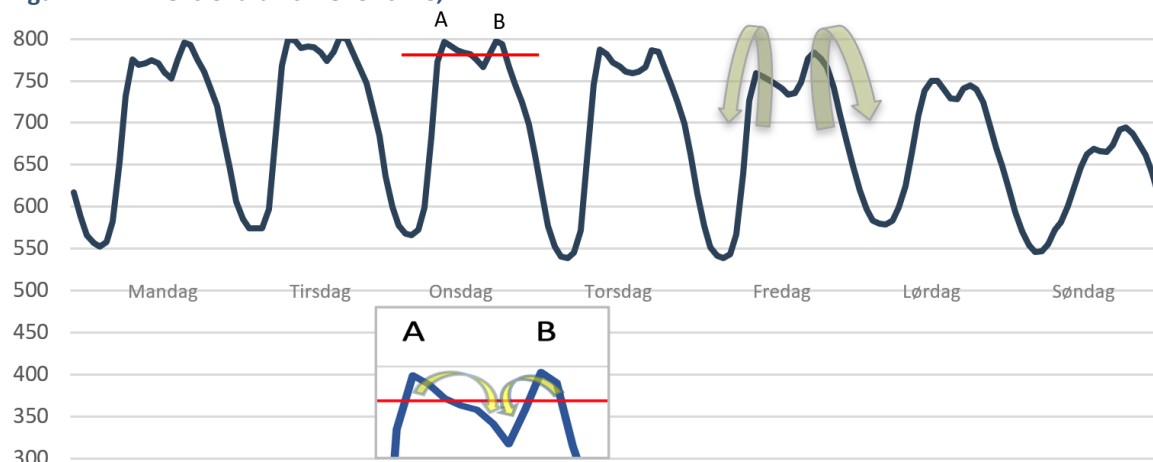
Grovt skissert står både Norge og andre land i en situasjon der klimapolitikken driver en utfasing av fossile energibærere. Parallelt følger elektrifisering og mer bruk av energibærere basert på fornybar energi, slik som hydrogen, ammoniakk og biobrensler. Sammen med et voksende innslag av uregulert kraft, særlig vindkraft, bidrar disse utviklingstrekkene til at det maksimale effektbehovet i elektrisitetssystemet øker. Slik er det i mange land, men for Norge, med store sesongvariasjoner i varmebehovet og elektrisitet som viktigste varmekilde, er denne virkningen særlig stor.

Noe forenklet er elektrisitetsnettet dimensjonert for å dekke effektbehovet de tre kaldeste dagene i en tiårsperiode. Denne (marginale) kapasiteten blir benyttet svært sjelden, men er viktig for forsyningssikkerheten. Dersom forbruk kan flyttes mellom timer og dager, eller mellom ulike energibærere, vil dette kunne avlaste nettet i de kaldeste periodene og når det av andre grunner kan gi bedre utnyttelse av hele energisystemet, fra produksjon til kunde. Muligheten til å flytte produksjon, overføring og bruk av energi i tid representerer fleksibilitet. Denne fleksibiliteten blir stadig viktigere desto lengre vi går i å elektrifisere sektorer og aktiviteter som tidligere benyttet fossil energi.

Figur 12.1 illustrerer flytting av forbruk mellom timer innenfor samme dag. Det kan for eksempel gjøres ved styrt elbil-lading. De syv «jekslene» viser typiske forbrukskurver gjennom døgnet for hver av dagene i løpet av én uke. Den røde linjen indikerer grensen for effektuttak, fordi dette er nettets dimensjonerende effekt, fordi noen nettforbindelser har falt ut, eller grunnet andre driftsproblemer. Forbrukstoppene mandag, tirsdag, og onsdag må derfor «barberes» ned til den røde linjen. Vi bruker onsdag, med toppene A (kl. 07 - 10) og B (kl. 15 - 18), i eksempelet. Ved å *utsette* elbil-lading i A og *fremskynde* lading i B, kan forbruk flyttes til tidsrommet kl. 10 - 15, der det er ledig kapasitet. Etter forbruksflyttingen vil onsdagens maksimale effektuttak være på et akseptabelt effektnivå (rød linje). Det lille bildet i figuren viser detaljene.

Effekttoppen i A kan også flates ut ved at noe effekt tas ut senere på dagen. Et eksempel på dette er forsinket oppvarming av vann som ble brukt om morgenen. Hvis fleksibiliteten er stor nok, vil forbruk kunne flyttes mer enn noen få timer. Da vil det være aktuelt å flytte dem fra dagtid til foregående eller etterfølgende natt. Dette illustreres med de grønne pilene i figuren.

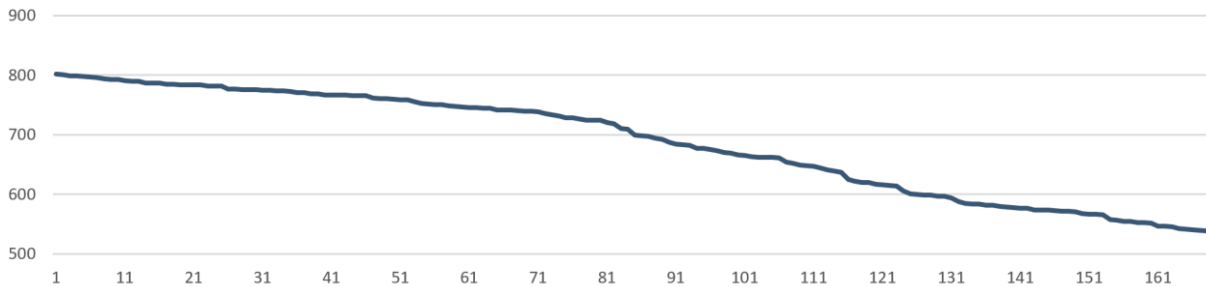
Figur 12.1 Effektforbruk time for time, MW



Kilde: Menon Economics

Timesverdiene i den viste uken kan også vises som en varighetskurve i Figur 12.2, der de 168 timeverdiene er sortert fra venstre mot høyre etter fallende størrelse.

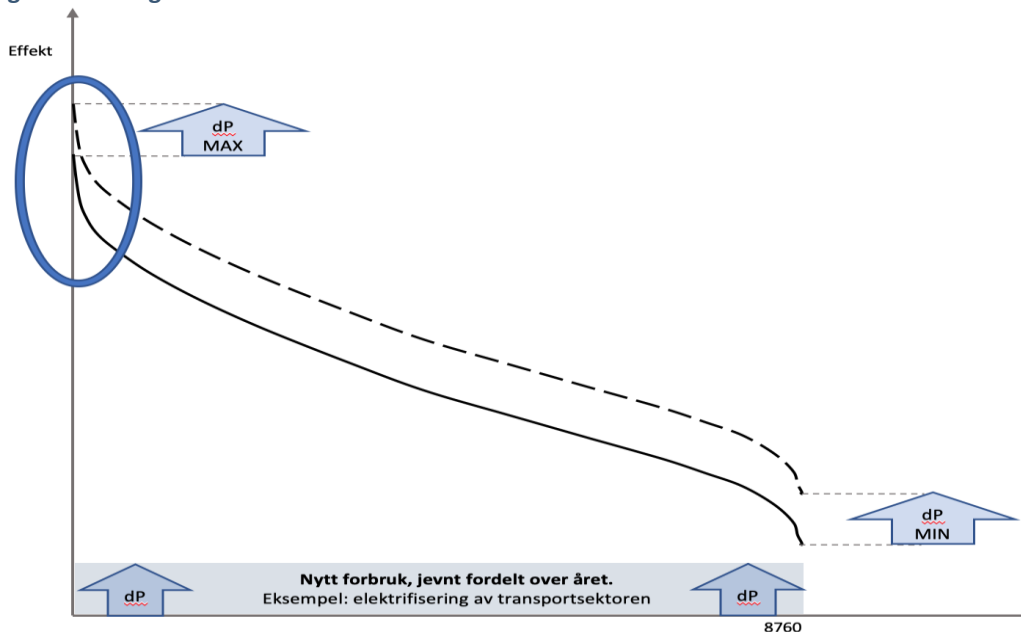
Figur 12.2 Varighetskurve, timeverdier for en uke, MW



Kilde: Menon Economics

Fremstilt på denne måten kan vi enkelt se hvor mange timer gjennomsnittsforbruket har vært høyere eller lavere enn en viss verdi. Det gir ikke mye mening for én uke, men for ett eller flere år viser varighetskurven blant annet at de siste 20 prosent av nettets kapasitet utnyttes svært lite. Varighetskurven for et helt år (8760 timer) i Figur 12.3 er markert med en blå ring i den spisse delen til venstre. Jo lengre til venstre vi kommer i varighetskurven, desto brattere stiger den. I samme figur er det lagt inn et nytt forbruk for å illustrere virkningen på maksimalt effektuttak. Det nye forbruket er jevnt fordelt over året, og den nye varighetskurven (stiplet linje) er derfor flyttet like mye opp på venstre side som på høyre. Hvis vi derimot introduserer et nytt forbruk som hovedsakelig belaster nettet i de timene det allerede er høyt belastet, for eksempel ved å ha elektrisitet som eneste spisslastdekning ved bygningsoppvarming, blir bildet et helt annet - og varighetskurven skyves opp hovedsakelig på venstre side. Den motsatte virkningen kan oppnås ved å etterisolere bygninger, ettersom det reduserer effektuttaket når det er som høyest. Varighetskurven flyttes da ned på venstre side, hvilket er gunstig.

Figur 12.3 Varighetskurven for effekt i elektrisitetsnettet



Kilde: Menon Economics

Blant energitiltakene det er naturlig å vurdere i Bergen, vil noen bidra til fleksibilitet, mens andre representerer sten til byrden for nettets kapasitet. Mange vil ligge mellom disse ytterpunktene, og noen tiltak vil dessuten kunne avlaste nettet i de kaldeste periodene, og slik gjøre energiforsyningen mer robust.

Tabell 12.1 gir noen eksempler på at ulike tiltak har forskjellige virkninger på fleksibilitet og effekt. Særlig vil varmpumper med høy COP vil kunne bidra godt til effektavlastning i kalde perioder, såfremt alternativet er direkte-elektrisk oppvarming, og styrt elbil-lading har et stort og voksende fleksibilitetspotensiale.

Tabell 12.1 Eksempler på tiltaksvirkninger på fleksibilitet og effekt

Tiltak	Beskrivelse
Solkraft	Solkraft gir energibidrag sommer, vår og høst, men ikke når det er som kaldest ute og kraftprisene er høye. Batterilagring kan gi fleksibilitet, men den er ikke knyttet til solkraftanlegget som sådant.
Varmeanlegg med elektrisk spisslastdekning	Med varmeproduksjon fra andre kilder det meste av året, og elektrisitet til dekning av maksimalt varmebehov, vil slike anlegg forsterke skjevheten i kraftnettets belastning over året.
Etterisolering av bygninger	Når bygninger isoleres bedre, reduseres effektbehovet, og skjevheten blir mindre. Når elektrisitet er oppvarmingskilde frigjøres dermed både energi og effektkapasitet til andre formål og/eller sektorer.
Varmepumper	Varmepumper kan dekke varmebehovet i store deler av året, men effektdekningen i kalde perioder varierer mellom ulike typer varmpumper og installasjoner. Gamle luft/luft-varmpumper kan gi tilnærmet null effektbidrag ved de laveste vintertemperaturene, mens nye kan bidra godt ved dimensjonerende utetemperatur, som for Bergen er om lag 10 minusgrader. Noen de nye hyllevare-produktene har COP på 2 ved 25 minusgrader. Grunnvarme-/bergvarmpumper og sjøvannvarmpumper kan dekke hele effektbehovet til bygningsoppvarming, men dimensjoneres vanligvis ikke for det.
Landstrøm til skip	Nytt forbruk gir en merbelastning på kraftnettet, men bare den andelen som benyttes til oppvarmingsformål ombord bidrar til skjevbelastning. Hvis bruken av landstrøm kan kobles ut i korte perioder, vil dette representere nyttig fleksibilitet.
Elbil-lading	Dette forbruket er jevnt fordelt over året, og bidrar derfor ikke til ytterligere skjevhet. Tvert imot er fordelingen over året ideell for nettet, fordi dette forbruket har høy brukstid. Dersom lading ikke samordnes, verken med pris-signaler eller styring av ladeeffekt/-tid, vil det momentane forbruket kunne bli svært høyt i korte perioder, til dels styrt av tilfeldigheter. Hvis ladingen styres og koordineres, kan forbruk flyttes bort fra timene med høyest belastning på nettet, uten at det reduserer bruken av kjøretøyene. Styring utføres på grunnlag av kjent bruksmønster, egne avtaler med aggregatorer eller lignende

Både kommersielle aktører, slik som Tibber og Entelio, samt Statnett og andre nettselskaper arbeider aktivt for å bidra med praktiske løsninger for store og små aktører. Ifølge Thema vil det være svært utfordrende for én eller et fåtall aktører å etablere løsninger for en lokal markedsløsning alene (Thema 2017). Mange tema må avklares, og det er behov for skala på tilbudssiden for at aggregatorløsninger skal være aktuelle. Det trengs store aktører for å dra i gang de prosessene som kan gi og utnytte fleksibilitetsmuligheter på brukersiden. Kommunens roller som myndighetsorgan, utviklingsaktør og eier av infrastruktur og bygninger kan bidra til den skalaeffekten som det er behov for.

Brukervennlige produkter og systemer som kan styre effekter for alle slags formål i bygninger, basert på energipriser og brukerbehov har vært mangelvare inntil nylig, men blir etter hvert tilgjengelig fra stadig flere produsenter. Når energiledet i nett-tariffene tillegges relativt mindre vekt blir effektkostnaden høyere, og

hensiktsmessig effektstyring kan da gi besparelser for den enkelte bruker og mer effektiv og fleksibel utnyttelse av energisystemet som helhet. Elbil-ladere med effekt-styring kan representere verdifull fleksibilitet i kraftsystemet. Dette har Statnett allerede planer om å utnytte. Med BKKs og egne erfaringer fra Klimasats-prosjekter på området, bør kommunen stå godt rustet for å bidra her.

NVE arbeider også med nasjonale tiltak og virkemidler for å flytte forbruk, blant annet med en ny nettleiestruktur (NVE 2020), som også vil kunne påvirke effektbehovet i Bergen.

12.2 Mikro-energisystemer som fleksibilitetsbidrag

Det er flere definisjoner av et mikro-energisystem. Felles for de fleste er at systemet knytter flere bygninger og energisystem-komponenter i et avgrenset område sammen. Et viktig skille mellom definisjonene er knyttet til graden av selvforsyning og autonomi, hvorvidt mikro-energisystemet skal være knyttet til det lokale kraftnettet, og om så er tilfellet: hvorvidt systemet da skal sikre at de lokale energibehovene dekkes ved bortfall av nettspenning.

Sammenkobling av varme- og elproduksjon med energilager og flere brukere gjør det mulig å utnytte ressursene (energi og systemkomponenter) mer effektivt enn ved å fordele de samme ressursene på isolerte systemer i hvert enkelt bygg. Energi kan lagres på mange måter, blant annet i form av varme, elektrisitet (batterier) og hydrogen. For hydrogen er skalaeffektene betydelige, ettersom både lagertanker og elektrolysører i liten størrelse har høyere spesifikk investeringskostnad og lavere virkningsgrad enn større enheter.

I tillegg til en bedre ressursutnyttelse kan slike løsninger bidra til fleksibilitet og økt leveringssikkerhet. I praksis vil mikro-energisystemer i norske forhold antagelig knyttes til kraftnettet. Dersom de knyttes til aggregatorer i fleksibilitetsmarkedet eller på andre måter driftes slik at de kan stille elektrisitet til disposisjon for andre brukere, vil fleksibiliteten også kunne ha verdi for det omkringliggende kraftsystemet.

Forventningene til slike systemer er i en del tilfeller basert på forestillinger om at tryggheten ved å knytte seg til et kraftsystem ikke skal koste stort. Det vil sjelden være tilfellet, ettersom en tilknytning til nettet også innebærer en leveringsplikt for konsesjonæren/eieren av kraftnettet. Tariffer og tilknytningskostnader vil kunne oppfattes som urimelige barrierer for deltakerne i et mikro-energisystem, men en fullstendig fristillelse fra kraftnettet vil som oftest være mer kostbar. Med mindre det dreier seg om bebyggelse langt fra kraftnettet, vil selvforsyningsløsninger kunne føre til ineffektiv bruk av ressurser.

Mikro-energisystemer kan altså være så mangt. Noen kan være vellykket sett med både samfunnets øyne og med beboernes, mens andre kan være fiaskoer i flere henseende. Stedlige forutsetninger, tekniske løsninger og tariffstrukturen i el-systemet vil i stor grad bestemme mulighetsrommet for etablering av mikro-energisystemer.

12.2.1 Konklusjon

I områder uten eller med svak kraftforsyning kan mikro-energisystemer ha stor betydning for tilgangen til fornybar energi for mange mennesker. Varianter av mikroenergisystemer tas derfor i bruk stadig flere steder i verden, som oftest med mikro-vannkraft eller solkraft som viktigste kraftkilde. For at de skal gi vesentlige fordeler, er det viktig at de er av en størrelse som gjør at en får ut noen skala-fordeler av installasjonene. I Bergen vil det antagelig ikke være mange lokaliteter hvor mikro-energisystemenes fordeler kan utnyttes fullt ut. De kommer antagelig til å bli utviklet likevel. Ettersom slike systemer har egen kraftproduksjon og systemer for energilagring, vil de kunne tilby både effekt og fleksibilitet til nettet, men i svært begrenset omfang, sammenlignet med f.eks. endre lademønster for elbilene i kommunen.

12.3 Overordnet om nettkapasitet og effektilgang i Bergen

Equinor planlegger å utvikle produksjonen ved Energiverk Mongstad, og det er planer om store forbruksøkninger fra petroleumssektoren offshore i tillegg til generell forbruksvekst rundt Bergen by. Sentralnettet i Bergen og Haugaland er ifølge Statnett³⁴ allerede fullt utnyttet, og det er derfor nødvendig å vurdere ytterligere tiltak for å opprettholde en sikker strømforsyning. Statnett gjennomfører (2020) en konseptvalgutredning for Bergen og omegn i samarbeid med aktørene, med sikte på å finne frem til de mest aktuelle tiltakene som kan styrke forsyningsikkerheten og legge til rette for økt forbruk i regionen.

Dette understreker behovet for å ta effekt- og fleksibilitetsutfordringene på alvor når kommunen utvikler strategi og tiltakspakker på energiområdet. I følgende kapittel nedenfor inngår derfor denne dimensjonen i gjennomgangen av tiltak.

³⁴ *Nettutviklingsplan 2019, Statnett.*

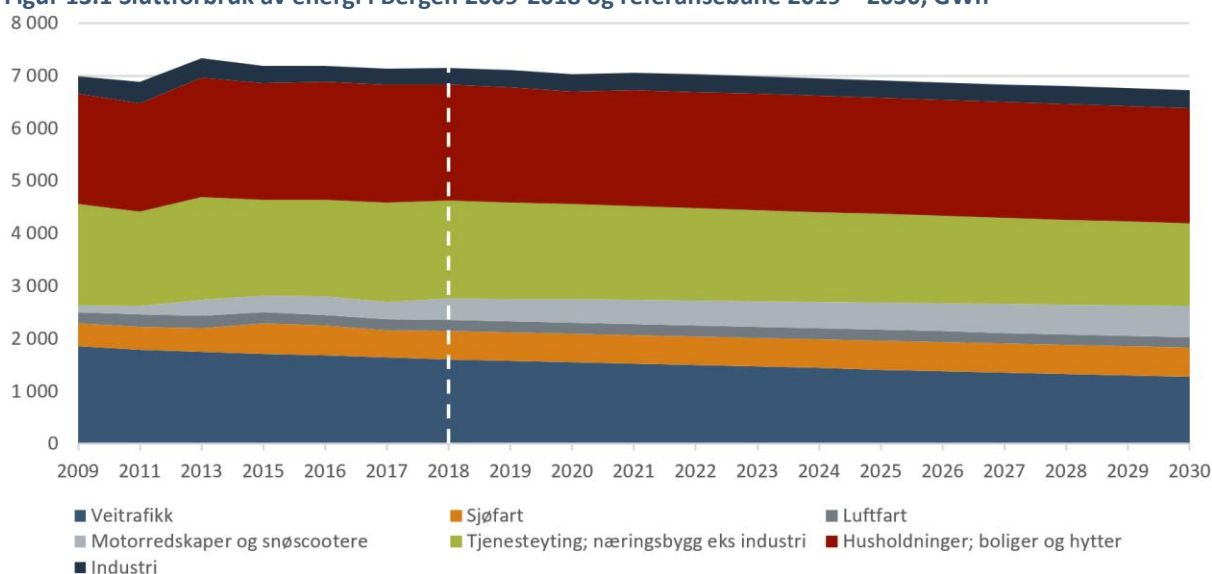
13 Drøftinger av tiltak

13.1 Hovedpunkter

Energiforbruk hos sluttbrukere har vært om lag 7100 GWh/år i Bergen i perioden 2009-2018. Basert på beregningene redegjort for i kapitlene 3-10, anslås framskrevet forbruk i referansebanen i runde tall til 6700 GWh i 2030, tilsvarende en reduksjon på 5 prosent fra 2018, se Figur 13.1.

Energiforbruket i fjernvarmeproduksjonen er ikke inkludert, for å unngå dobbelttelling. For totalt energiforbruk, inkludert innfyrt energi i fjernvarmeproduksjonen, se kapittel 11.

Figur 13.1 Sluttforbruk av energi i Bergen 2009-2018 og referansebane 2019 – 2030, GWh



Kilde: Menon Economics

Forbruksreduksjonen på fem prosent i referansebanen fra 2018 til 2030 gir kanskje grunn til optimisme, men når det tas i betraktning at målet er å kutte all bruk av fossil energi i Bergen 2030, synes det klart at utfordringene er store. Fossil energi utgjør rundt en tredjedel av energiforbruket i 2030, og er dominerende energibærer i transportsektoren og til drift av motorredskaper og snøscootere. Her kan effektivisering og substitusjon av fossilt drivstoff med klimanøytrale energibærere gi reduserte klimagassutslipp. I dette kapitlet presenteres beregninger som illustrerer dette, med utgangspunkt i energitiltak og tiltak fra utslippsutredningen. Felles for tiltaksområdene er at det vil være nødvendig med et bedre beslutningsgrunnlag for å utvikle og prioritere tiltak, sikre hensiktsmessig bruk av virkemidler og rette dem mot relevante aktører. Felles for tiltaksområdene er at det vil være nødvendig med et bedre beslutningsgrunnlag for å utvikle og prioritere tiltak, sikre hensiktsmessig bruk av virkemidler og rette dem mot relevante aktører.

I de neste underkapitlene gjennomgås aktuelle tiltak i utslippsutredningen, supplert med rene energitiltak. Utslippstiltakene består i hovedsak av at fossil energi erstattes med fornybar energi, hovedsakelig elektrisitet, men også ammoniakk, hydrogen eller biobrensler.

Ingen tiltak er beregnet å ha effekt før 2019, og tiltaksbanene vises derfor fra dette året.

13.2 Tiltak på tilbudssiden – produksjon av energi

13.2.1 Vannkraft

Potensialet for ny vannkraftproduksjon i Bergen er 71 GWh, til varierende kostnad, basert på NVEs registrerte data, se Tabell 11.2. Det kan finnes utbyggingsmuligheter utover dette, men de vil antagelig være små, ettersom de mest verdifulle ressursene er kartlagt allerede. Vi har ikke forutsetninger for å ta stilling til hvorvidt disse utbyggingsmulighetene bør utnyttes, men hensyn tatt til planleggings- og byggetid vil ikke ny produksjon herfra kunne fases inn på flere år, med mindre planprosessene allerede har kommet et godt stykke på vei.

13.2.2 Fjernvarme

Potensialet for ytterligere fjernvarmedekning basert på fornybar energi er ikke tidligere beregnet. Betingelsene som bestemmer dette er dels knyttet til hvor tett bebyggelsen er i de aktuelle områdene, og hvor stor andel av varmebehovet som vil kunne dekkes ved bruk av vannbåren varme. De mest aktuelle løsningene er antagelig flisfyring, bioolje og varmepumper, men spillvarme fra industri vil også være relevant. Ved bruk av varmepumper kan sjøvann og berg-/grunnvarme vurderes som varmekilder for grunnlast. For begge kilder kan spisslast dekkes med bioolje eller biogass. Bruk av elektrisitet til dekning av spisslaster er også mulig, men da bør det suppleres med bioolje-fyring, slik at dette forbruket er fleksibelt (at det kan veksles mellom bioolje og elektrisitet, avhengig av priser og status i energiforsyningen). Vesentlige utvidelser av nåværende fjernvarmesystem og større investeringer i ny fjernvarmeproduksjon andre steder i kommunen vil kunne ta lang tid fra investeringsbeslutning til drift. Dagens fjernvarmesystem gir føringer med hensyn til temperaturnivå, og ny utbygging kan derfor gi flere muligheter dersom den gjennomføres uten direkte (hydraulisk) tilknytning til eksisterende system. Dette utelukker ikke at systemene kan knyttes sammen på andre måter.

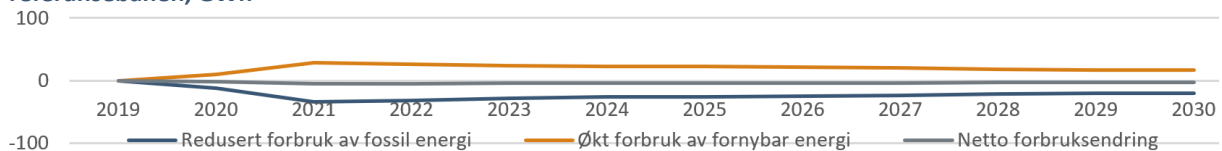
Utslippstiltak: Utbygging av fossilfri fjernvarme

Tiltaket fossilfri fjernvarme i utslippsutredningen innebærer at forbruket av naturgass i fjernvarmeproduksjonen erstattes med elektrisitet og bioolje. Ettersom virkningsgraden ved bruk av naturgass er høy, påvirkes samlet energiforbruk i liten grad. Energivirkningene vises i Figur 13.2.

Tabell 13.1 Utslippstiltak, fossilfri fjernvarme

Tiltak
07: BE02_fossilfri_fjernvarme

Figur 13.2 Energivirkninger av å fjerne all bruk av fossil energi i fjernvarmeproduksjonen, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

13.2.3 Varmepumper

Varmepumper kan benyttes i bygninger, i industrien og i fjernvarmeproduksjon, avhengig av temperaturkrav og lokale forutsetninger. For at varmepumpene skal bidra til redusert effektbehov er det viktig å bruke andre

varmekilder enn uteluft når forholdene ligger til rette for det, det vil si fjell, grunnvann, sjøvann og spillvarme fra industrien.

NVE (2016b) har anslått at varmepumper leverte 15 TWh varme i Norge i 2015, og forventer at dette bidraget øker til 18-20 TWh i 2030 (dvs referansebanen for landet som helhet). For 2030 tilsvarer dette om lag 1,2 TWh for Bergen, dersom en fordeler NVEs anslag på kommunene etter folketall. Til sammenligning er varmepumpenes bidrag i bygninger 2030 anslått til om lag 600 GWh i referansebanen for Bergen, altså mindre enn halvparten av det kommunefordelte potensialet. Dette indikerer at det kan være et ytterligere varmepumpe-potensial på mer enn 600 GWh/år i 2030. Med dimensjonerende utetemperatur på minus 10 grader C i Bergen vil økt varmepumpekapasitet kunne redusere det maksimale effektbehovet med anslagsvis 100-300 MW.

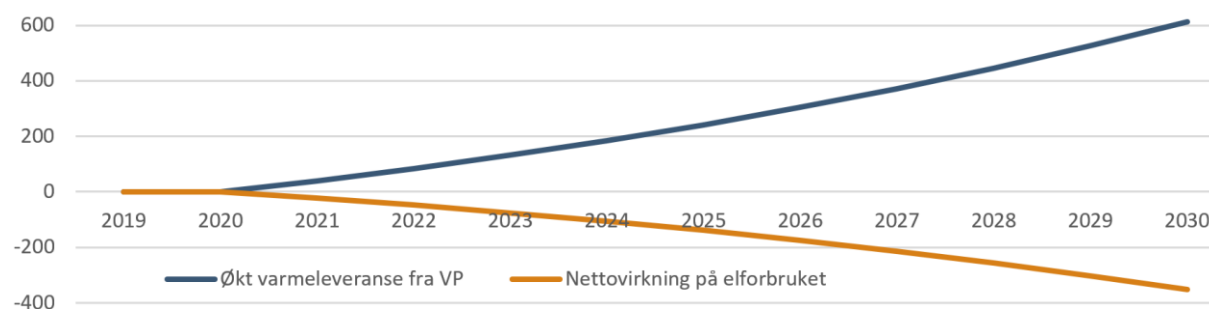
Energiltak: Varmepumper til bygningsoppvarming

Tabell 13.2 Energiltak, fossilfri fjernvarme

Tiltak
E01: Varmepumper til bygningsoppvarming

Tiltaket går ut på å øke varmepumpekapasiteten med 8 prosent per år fra og med 2021, mot 1 prosent i referansebanen. Da korresponderer årsproduksjonen av varme med NVEs beregnede potensial for landet som helhet i 2030. NVE mener at det også er et tilleggspotensial, men det er her ikke forutsatt utnyttet. Som det framgår av Figur 13.3 gir tiltaket en merproduksjon av varme fra varmepumper på vel 600 GWh/år i 2030, samtidig som forbruket av elektrisitet reduseres med om lag 350 GWh; begge deler sammenlignet med referansebanen. Merk at en endelig tiltaksutforming må ta utgangspunkt i et bedre datagrunnlag enn det foreliggende, ettersom varmepumpebestanden i Bergen ikke er kartlagt.

Figur 13.3 Ænergivirkninger av økt bruk av varmepumper, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics

13.2.4 Bioenergi

Biogassproduksjonen i Bergen vil antagelig kunne oppskaleres noe, basert på lokale ressurser. Særlig bør det vurderes å benytte matavfallet som ressurs, ettersom både gjødselverdi og energi blir lite utnyttet ved forbrenning. Det er lite jordbruksvirksomhet i kommunen, og biomasse til en betydelig produksjon av bioenergi må derfor hentes fra skogen eller fra områder utenfor kommunen. På sikt kan det bli aktuelt å benytte marin biomasse til energiformål, og i så tilfelle har Bergen antagelig et mer naturlig, ressursmessig utgangspunkt for lokal produksjon av bioenergi. Kjøp fra produsenter utenfor Bergen vil være den mest realistiske måten å fremskaffe store mengder bioenergi til Bergen på kort sikt.

13.2.5 Solenergi

Det er ikke mangel på ressurser som bør stå i veien for omfattende utnyttelse av solenergi i Bergen, og et regneeksempel kan illustrere dette:

I våre framskrivninger for 2018-2030 antas oppvarmet boligareal å vokse fra 14,8 mill. kvadratmeter til 15,9 mill. kvadratmeter, dvs. en tilvekst på 1,1 mill. kvadratmeter. Hvis vi antar tre etasjer i gjennomsnitt, og at en tredjedel av takarealet (projisert i horisontalplanet) utnyttes, gir dette et solkraft- eller solfanger-areal på ca. 120 000 kvadratmeter. Ved produksjon av solkraft vil forventet produksjon da bli om lag 12-18 GWh/år. Hvis arealene benyttes til solfangere kan nyttiggjort produksjonen bli to - tre ganger større enn dette, avhengig av hvor godt produksjonspotensialet utnyttes i varmeanlegg, tappevannsproduksjon og andre formål. Dersom eksisterende takflater på alle bygninger i Bergen benyttes i samme grad som i eksempelet over, kan det dreie seg om en årsproduksjon i størrelsesorden 200-300 GWh. Det er imidlertid mange hensyn som kan forhindre en slik utnyttelse, dels av praktisk karakter, som f.eks. skygge fra fjell, trær og omkringliggende bygninger, dels av systemtekniske, økonomiske og estetiske grunner. Det er verdt å merke seg at mange økonomiske beregninger det vises til innenfor solenergi ikke tar hensyn til faktisk effektprofil over året. Det medfører at verdien av produsert energi ofte overvurderes.

Solkraft og solvarme kan installeres uten å søke, hvis tiltak ikke er i strid med regler i loven eller kommunens planer, de oppfyller alle tekniske krav, og etableres innenfor én bruksenhet eller branncelle. Det finnes eksempler på at bygningseiere har fått avvist søknader om takmonterte solcelleanlegg, med henvisning til estetikk.³⁵

På privatrettslig grunnlag er det ingenting i veien for at kommunen bidrar til og deltar i utbygging av solenergi. Som samfunnsutvikler kan kommunen vurdere å ta en tilretteleggerrolle, der f.eks. kartressurser og andre data benyttes til å gjennomføre beregninger av forventet solkraftproduksjon på ulike lokaliteter og bygninger.

Solenergi bidrar i seg selv ikke til økt fleksibilitet i kraftsystemet, men energilagrene (batterier, varmelagre) som ofte installeres i tilknytning til solenergianlegg kan gi økt fleksibilitet hvis bruken av batteri/lager styres hensiktsmessig i forhold til systembehov og -priser.

13.3 Tiltak på etterspørselssiden – bruk av energi

13.3.1 Transport

De omfattende elbilfordelene nasjonalt har vært virkningsfulle for innfasingen av utslippsfrie **personbiler**, spesielt i de større byene, og Bergen topper statistikken med en andel på 19 prosent. I de nasjonale framskrivningene ventes denne trenden å fortsette, med en stadig økende andel elbiler i nybilsalget (TØI 2020). Elektrifisering av kjøretøyparken sammen med generell effektivisering av kjøretøyteknologiene vil trekke i retning av lavere energibruk i transportsektoren. Aktuelle virkemidler er å tilrettelegge for ladestasjoner og styre parkeringspolitikken i byene.

Elektrifisering av transportsektoren har i enkelte sammenhenger vært nevnt som eksempel på merforbruk som kraftsystemet kanskje ikke har kapasitet til, men dette forbruket er forholdsvis jevn fordelt over året. Elbilenes

³⁵ Som myndighetsorgan har kommunen begrenset mulighet til å påvirke solkraft-produksjonen, men kan påse at saksbehandling og gebyrpolitikk i minst mulig grad begrenser installering av solenergianlegg. Fremtidige bestemmelser i reguleringsplaner og kommuneplan kan også utformes med samme siktemål.

batterikapasitet kan dessuten bidra til fleksibilitet dersom avanserte systemer for styrt lading tas i bruk - og benyttes til flytting av effekter. Dette behandles i tekst og figurer under avsnitt 12.1.

Ved seilas i **sjøfarten** benyttes i dag nesten utelukkende fossilt drivstoff. Elektrifiseringen har imidlertid begynt, og bruk av ammoniakk utvikles til bruk i forbrenningsmotorer. Ammoniakk kan også brukes som hydrogenbærer, der hydrogen spaltes fra underveis, og benyttes i brenselcelleanlegg. Hydrogen i ren form kan også lagres om bord og benyttes i brenselcelleanlegg. Batterielektrisk drift vil være mest energieffektiv, men mindre konkurransedyktig desto større energiforbruket er mellom hvert landligge – på grunn av batterikostnadene. Lagring av energi i form av ammoniakk og hydrogen er rimeligere i store volumer, og disse energibærerne vil derfor være mer aktuelle ved stort energiforbruk mellom hvert havneanløp, på tross av at de er mindre energieffektive enn batterielektrisk drift. De største energibrukerne i seilas innenfor kommunegrensene har mesteparten av sin fart andre steder, og det vil være krevende å sette spesifikke krav til disse skipenes energibruk innenfor Bergen kommunes farvann. Kommunens handlingsrom med hensyn til energi og utslipp er åpenbart større for energibruk ved landligge. Tiltak bør da rettes mot enkeltfartøy som ligger i havn ofte og lenge. Blant disse er det store energibrukere som kan betjenes med samme løsninger som bør prioriteres.

Generelt har kommunen få virkemidler å stille opp med overfor **luftfarten**, som styres av rammebetingelser bestemt på nasjonalt og internasjonalt nivå, men luftfartsaktørene har elektrifisering, energieffektivisering og biodrivstoff høyt på agendaen. Ammoniakk som substitutt for jet fuel har nettopp kommet på dagsorden etter at *Reactor Engines* offentliggjorde nye forskningsresultater i høst.³⁶

Energiforbruk og utslipp knyttet til taxing ved avgang og landing er betydelig. Et tiltak som bør vurderes er derfor å ta i bruk bakkemateriell som flytter fly mellom rullebaneposisjon og terminal. Da vil flymotorene kunne stenges ned i en fase hvor de har svært liten virkningsgrad. Dersom bakkemateriellet er drevet med fornybar energi gir dette ytterligere energi- og utslippseffekter.

Utslippstiltak: Veitrafikken

Figur 13.4 viser energivirkningene av tiltak innenfor veitrafikk, som vist i Tabell 13.3. For en nærmere beskrivelse av tiltakene vises det til utslippsutredningen (Cicero og TØI 2020).

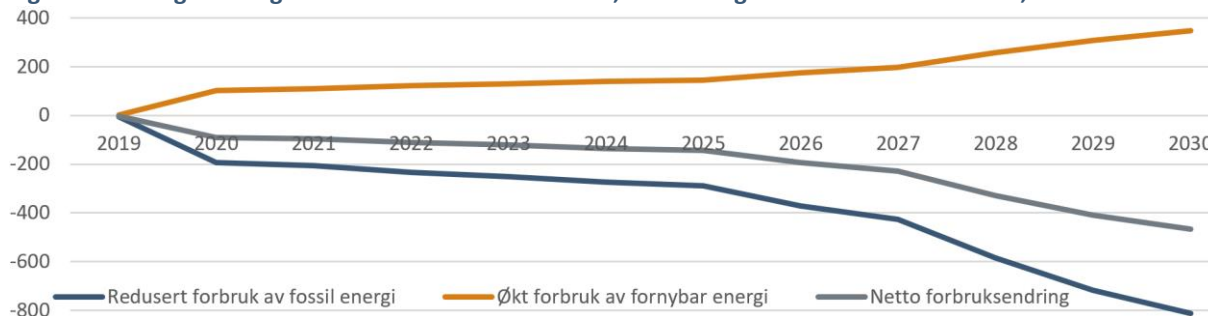
Tabell 13.3 Utslippstiltak, veitrafikk

Tiltak
02: BT01_fossilfri_kollektivt
03: BT02_lavutslipp_avfallstrans
12: KT13_Avansert_biodrivstoff
04: BT05_Samletiltak_veitrafikk
05: BT07_vridning_personbil
09: KT05_Nybilsalg_personbiler
10: KT06_07_Nybilsalg_varebiler
11: KT08_12_Nybilsalg_tunge
23: RT01_Påb_fossilfri_personbil
24: RT02_Påb_fossilfri_varebil
25: RT03_Påbud_tungtransport

³⁶ www.reactionengines.co.uk/news/news/reaction-engines-stfc-engaged-ground-breaking-study-ammonia-fuel-sustainable-aviation-propulsion-system

Utslippstiltakene i veitrafikken påvirker overgangen fra fossil energi til elektrisitet og biodrivstoff for ulike kjøretøygrupper. Dette gir økt forbruk av fornybar energi og redusert forbruk av fossile drivstoff. Nettovirkningen på totalt energiforbruk skyldes i hovedsak elektrifisering, ettersom elektrisk drift av kjøretøy er mer energieffektivt enn fossildrift. Figur 13.4 viser at netto forbruksendring er på over 400 GWh innen 2030.

Figur 13.4 Energivirkninger av tiltak innenfor veitrafikk, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

Utslippstiltak: Sjøfarten

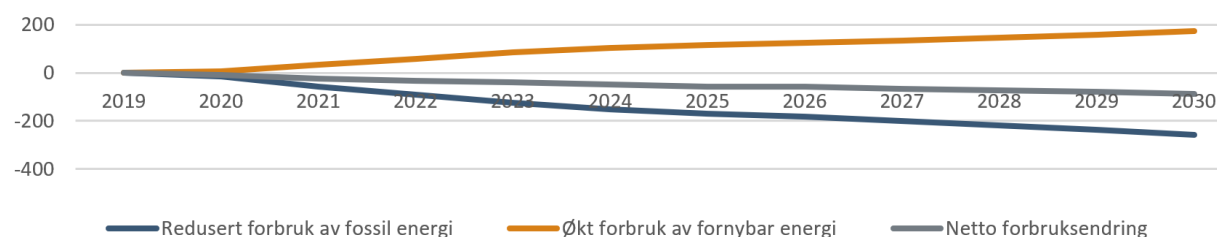
Figur 13.5 viser energivirkningene av tiltak innenfor sjøfart, som vist i Tabell 13.4. For en nærmere beskrivelse av tiltakene vises det til utslippsutredningen.

Tabell 13.4 Utslippstiltak, sjøfart

Tiltak
18: KS03_Biodrivstoff_skip
19: KS04_Landstrøm
27: RS01_Påbud_landstrøm
20: KS05_KS12_Lavutslipp_skip
01: BS01_utslippsfri_havn
14: KO01_KO02_fossil_varme

Tiltakene bidrar på ulike måter til overgang fra fossilt drivstoff til elektrisitet og biodrivstoff. Dette gir økt forbruk av fornybar energi og redusert forbruk av fossile drivstoff. Nettovirkningen på totalt energiforbruk skyldes i hovedsak landstrøm, mens andre tiltak gir økt forbruk av biodrivstoff – uten å påvirke totalt energiforbruk vesentlig. Dette vises i Figur 13.5.

Figur 13.5 Energivirkninger av tiltak innenfor sjøfart, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

Utslippstiltak: Luftfarten

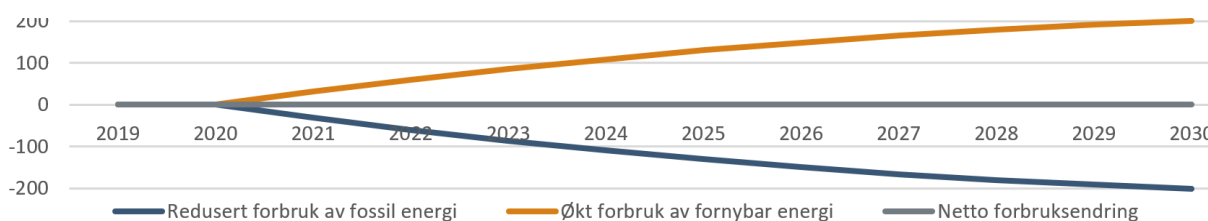
Figur 13.6 viser energivirkningene av tiltak innenfor luftfart, som vist i Tabell 13.5. For en nærmere beskrivelse av tiltakene vises det til utslippsutredningen.

Tabell 13.5 Utslippstiltak, luftfart

Tiltak
28: RL01_Utfase_fossilt_flybrenns
29: RL02_Påbud_bio_luftf_ankomst

Tiltakene bidrar til overgang fra fossilt drivstoff til biodrivstoff. Dette gir økt forbruk av fornybar energi og redusert forbruk av fossile drivstoff, som vist i Figur 13.6. Dette har tilnærmet nøytral virkning på totalt energiforbruk, ettersom energieffektivitet ved bruk av biodrivstoff er om lag den samme som ved bruk av fossilt drivstoff.

Figur 13.6 Energivirkninger av tiltak innenfor luftfart, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

13.3.2 Andre mobile kilder

Som det fremgår av drøfting og beregninger i kapittel 6, er beregnet energiforbruk til drift av motorredskaper og annen mobil forbrenning svært usikkert. Det er uansett en utfordring at det foreligger lite kommune-spesifikk kunnskap om hvilke aktører, aktiviteter og maskiner som driver dette forbruket. Mange aktuelle tiltak kan beskrives generisk, slik som å substituere fossil energi med elektrisitet og bioolje, og å sette korresponderende krav til motorredskaper som selges i fremtiden. Dersom kommunen skal bidra til at aktiviteter effektiviseres og gjøres smartere, må de kartlegges, beskrives og analyseres i samarbeid med involverte aktører. Det er rimelig å anta at andre kommuner har de samme utfordringene, og at det derfor er naturlig å samarbeide om kartlegging og analyse. Kanskje dette også kan være tema for en søknad til Klimasats.

Utslippstiltak: Mobile kilder/motorredskaper

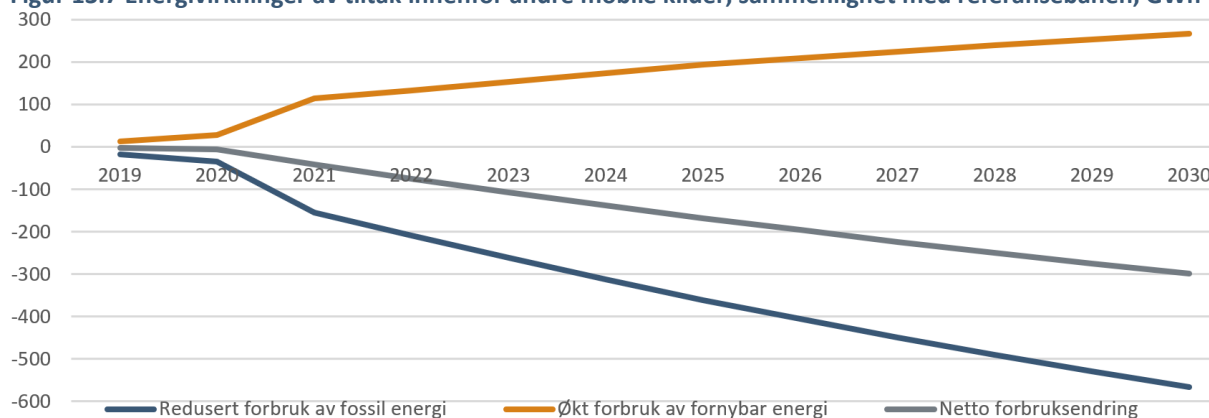
Figur 13.7 viser energivirkningene av utslippstiltak innenfor andre mobile kilder/motorredskaper, som vist i Tabell 13.6. For en nærmere beskrivelse av tiltakene vises det til utslippsutredningen.

Tabell 13.6 Utslippstiltak, mobile kilder/motorredskaper

Tiltak
08: BAT01_fossilfrie_byggeplasser
17: KAT05_Bio_anleggsdiesel
16: KAT02_Nysalg_el_motorredsk
26: RAT01_Utslippsfri_motorredsk

Tiltakene bidrar på ulike måter til overgang fra fossilt drivstoff til elektrisitet og biodrivstoff. Dette gir økt forbruk av fornybar energi og redusert forbruk av fossile drivstoff. Nettovirkningen på totalt energiforbruk skyldes i hovedsak forbedret virkningsgrad pga. elektrifisering.

Figur 13.7 Energivirkninger av tiltak innenfor andre mobile kilder, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

13.3.3 Stasjonær energibruk i tjenesteyting og husholdninger

Nedenfor presenteres to tiltak innen stasjonær energibruk; ett energitiltak (etterisoleringa av bygninger) og ett utsippstiltak (fossil varme).

Energitiltak: Bygninger

Tabell 13.7 Energitiltak, energieffektivisering

Tiltak
E02: Etterisolering av bygninger

De siste tjue år er det gjennomført mange og store analyser av energieffektiviseringspotensialet i den norske bygningsmassen. Det mest omfattende materialet ble produsert i første halvpart av denne perioden, mens det har kommet mindre etter 2010. Lavenergiutvalget³⁷ fra 2009 anslø energieffektiviseringspotensialer for landet som helhet på opptil 30 prosent fram mot 2030, se Tabell 13.8. Forskere ved Sintef har nylig anslått et effektiviseringspotensial på om lag 49 TWh elektrisitet ved omfattende energieffektivisering av bygningsmassen mot 2050, hvorav om lag 29 TWh i 2030.³⁸

Tabell 13.8 Anslått energieffektiviseringspotensiale i 2020, 2030 og 2040, sammenlignet mot energibruk i 2007

	2020	2030	2040
Boliger	4,5	13,6	23
Yrkesbygg	6,5	15,8	26,2
SUM	11	29,4	49,2

Kilde: Lavenergiutvalget (2009)

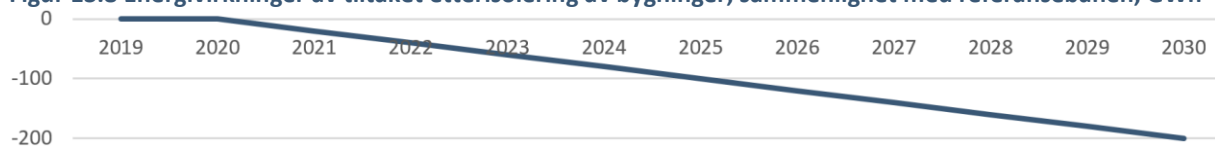
³⁷ https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/rapporter/oed_energieffektivisering_lavopp.pdf.

³⁸ <https://e24.no/norsk-oekonomi/i/GGz93B/det-er-et-stort-potensial-for-energi-effektivisering-i-bygningsmassen>.

Bergens bygningsmasse utgjør anslagsvis 4-7 prosent av bygningsmassen i Norge, og selv om tallene som er referert ovenfor ikke kan benyttes direkte, er det rimelig å anta at potensialet i Bergen er i størrelsesorden 1 TWh/år i 2030.

Det samlede varmebehovet i boliger og næringsbygg i Bergen anslås til om lag 2700 GWh/år i 2030. Bedre informasjon om bygningsmassen er nødvendig for å verifisere regnestykkene, men det antas her at gjennomføring av etterisolering og andre tiltak i 5 prosent av bygningsmassen hvert år, med 15-20 prosent reduksjon av varmebehovet i de aktuelle bygningene, vil kunne redusere varmebehovet med anslagsvis 200 GWh i 2030, sammenlignet med referansebanen. Disse tiltakene vil i tillegg redusere maksimalt effektbehov med anslagsvis 150 MW. I tiltaksbanen som vises i Figur 13.8 forutsettes at redusert elektrisitetsforbruk tilsvarer redusert varmebehov. Det vil ikke nødvendigvis være tilfellet i praksis, blant annet fordi innslaget av varmepumper kan redusere denne effekten. Ved planlegging og utvikling av tiltak må det tas hensyn til dette.

Figur 13.8 Energivirkninger av tiltaket etterisolering av bygninger, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics

Utslippstiltak: Fossil varme

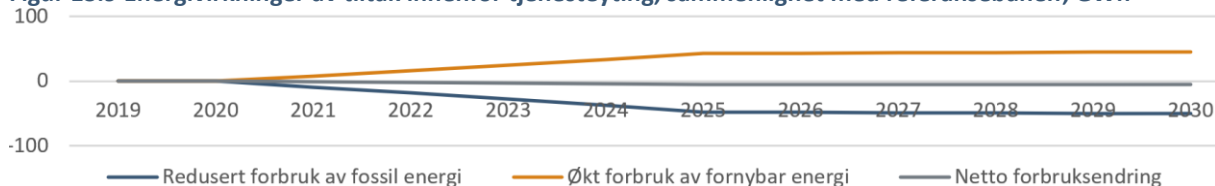
Tabell 13.9 Utslippstiltak, fossilfri varme

Tiltak
K001_K002: Fossil varme

Dette er et sammensatt tiltak som består i å erstatte fossil energi med fornybar energi, dels ved ordinær oppvarming av næringsbygg (hovedsakelig Haukeland sykehus), dels ved oppvarming av byggeplasser og bygninger under oppføring/rehabilitering.

Som det fremgår av Figur 13.9 gir dette kun en liten netto liten endring i energibruk. For en nærmere beskrivelse av tiltaket vises det til utslippsutredningen.

Figur 13.9 Energivirkninger av tiltak innenfor tjenesteyting, sammenlignet med referansebanen, GWh



Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

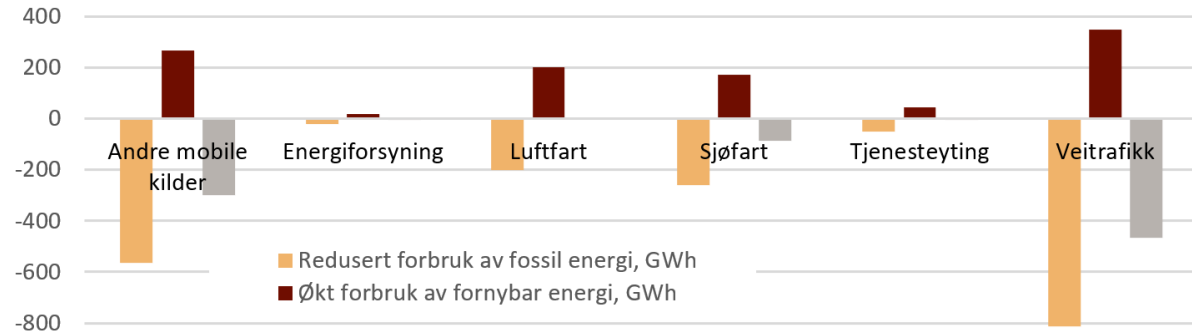
13.3.4 Industri, olje og gass

Energieffektivisering i bygninger og prosesser, samt erstatning av fossil- med fornybar energi er blant de aktuelle tiltakene i industrien. Kartlegging av prosesser og energiforbruk i samarbeid med bedriftene bør være utgangspunkt for utforming av virkemidler og tiltak.

13.4 Samlede energivirkninger av utslipps- og energitiltak

Som det fremgår av Figur 13.10, har tiltakene i utslippsutredningen energivirkninger hovedsakelig innen transport, motorredskaper og fjernvarmeproduksjon. Dette gjelder både tiltak på tilbud- og etterspørselssiden. Industriens bruk av fossile brensler er uberørt. Det samme er naturlig nok det meste av energiforbruket i næringsbygg og boliger, der fossil energibruk i hovedsak utfases i 2020.

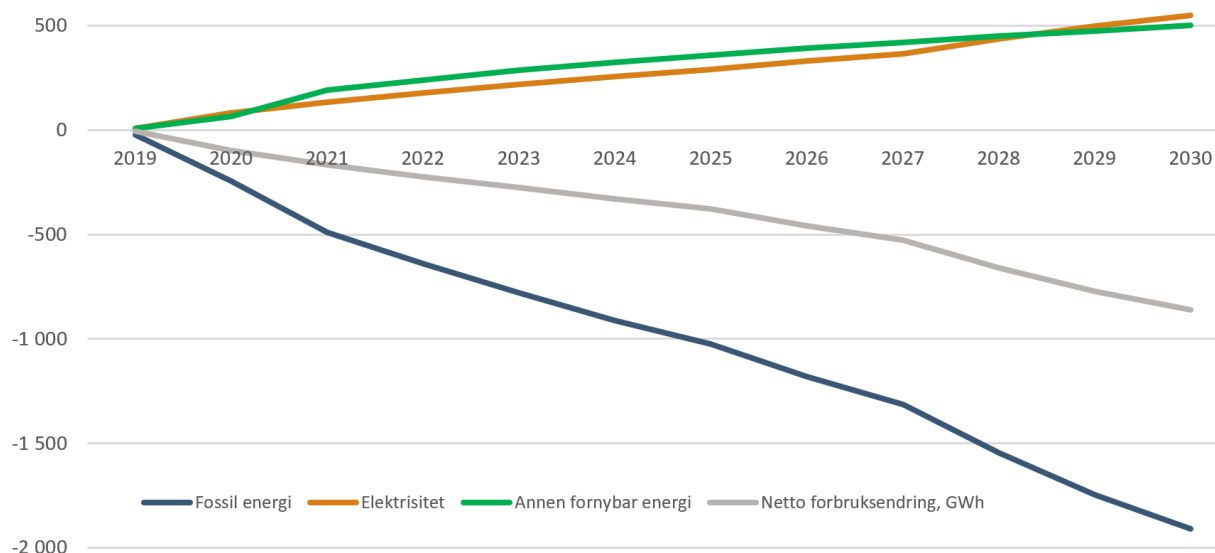
Figur 13.10 Sektorfordelte energivirkninger av energirelaterte utslippstiltak i 2030, GWh



Kilde: Menon Economics

De fleste av utslippstiltakene består i å erstatte fossile energibærere med null- eller lavutslippsenergi, dvs. elektrisitet, bioenergi, hydrogen eller ammoniakk, eller en kombinasjon av disse. Vi har gjort overslagsberegninger som i grove trekk viser hvor mye fossil energi som fases ut, og omfanget av de ulike energibærere som forutsettes å fases inn som erstatning. I Figur 13.11 er samlet utfaset fossil energi som følge av tiltakene vist som negative verdier (under x-aksen), og det økte behovet for fornybar energi er vist med positive verdier.

Figur 13.11 Energirelaterte tiltak i utslippsutredningen, energiforbruk sammenlignet med referansebanen, GWh



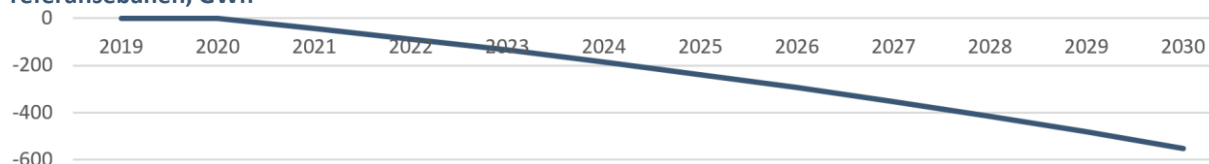
Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

Beregningene viser at årlig sluttbruk av fossil energi reduseres med om lag 1900 GWh til 2030 ved gjennomføring av alle energirelaterte tiltak i utslippsutredningen. Denne energien erstattes av om lag 1050 GWh fornybar energi, hovedsakelig elektrisitet og bioenergi. Netto reduksjonen blir dermed til 850 GWh i 2030. Reduksjonen skyldes i hovedsak at elektrifisering gir bedre energiutnyttelse enn bruk av fossile energibærere i motorer med

intern forbrenning. Bildet ville sett noe annerledes ut dersom energi til fremstilling av biodrivstoff, hydrogen m.m. var inkludert i forbrukstallene.

De to tiltakene som er konkretisert i energitredningen, varmepumper og etterisolering, gjelder bygningssektoren, som er bortimot uberørt av utslippstiltakene. I Figur 13.12 vises derfor virkningen av disse to tiltakene på elektrisitetsforbruket. Elektrisitetsbesparelsen for disse tiltakene, 552 GWh i 2030, tilsvarer omtrent det økte behovet for elektrisitet ved gjennomføring av alle de energirelaterte utslippstiltakene (549 GWh i 2030).

Figur 13.12 Energivirkninger av energitiltakene varmepumper og etterisolering, sammenlignet med referansebanen, GWh

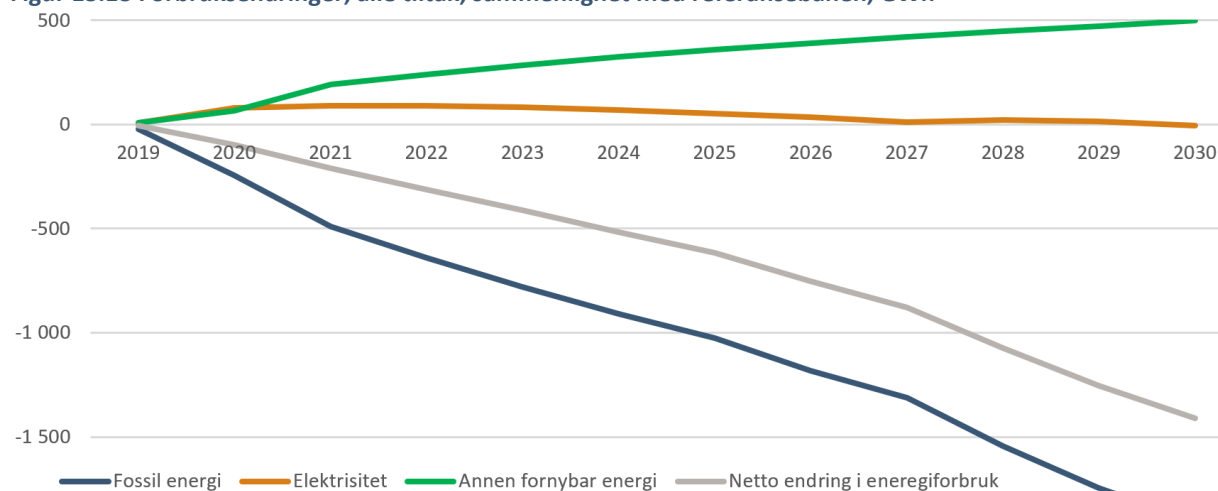


Kilde: Menon Economics

Forbruksendringer i forhold til referansebanen, alle tiltak

Figur 13.3 oppsummerer forbruksendringene for fossil energi, elektrisitet og andre fornybare energikilder, i forhold til referansebanen 2019-2030. I 2030 er elektrisitetsforbruket uforandret, forbruket av fossil energi redusert med om lag 1900 GWh og forbruket av annen fornybar energi har økt med om lag 500 GWh i forhold til referansebanen. Netto forbruksendring for alle energibærere under ett er i underkant av 1.400 GWh, hvorav 40 prosent kan tilskrives energitiltakene og 60 prosent kan tilskrives utslippstiltakene.

Figur 13.13 Forbruksendringer, alle tiltak, sammenlignet med referansebanen, GWh



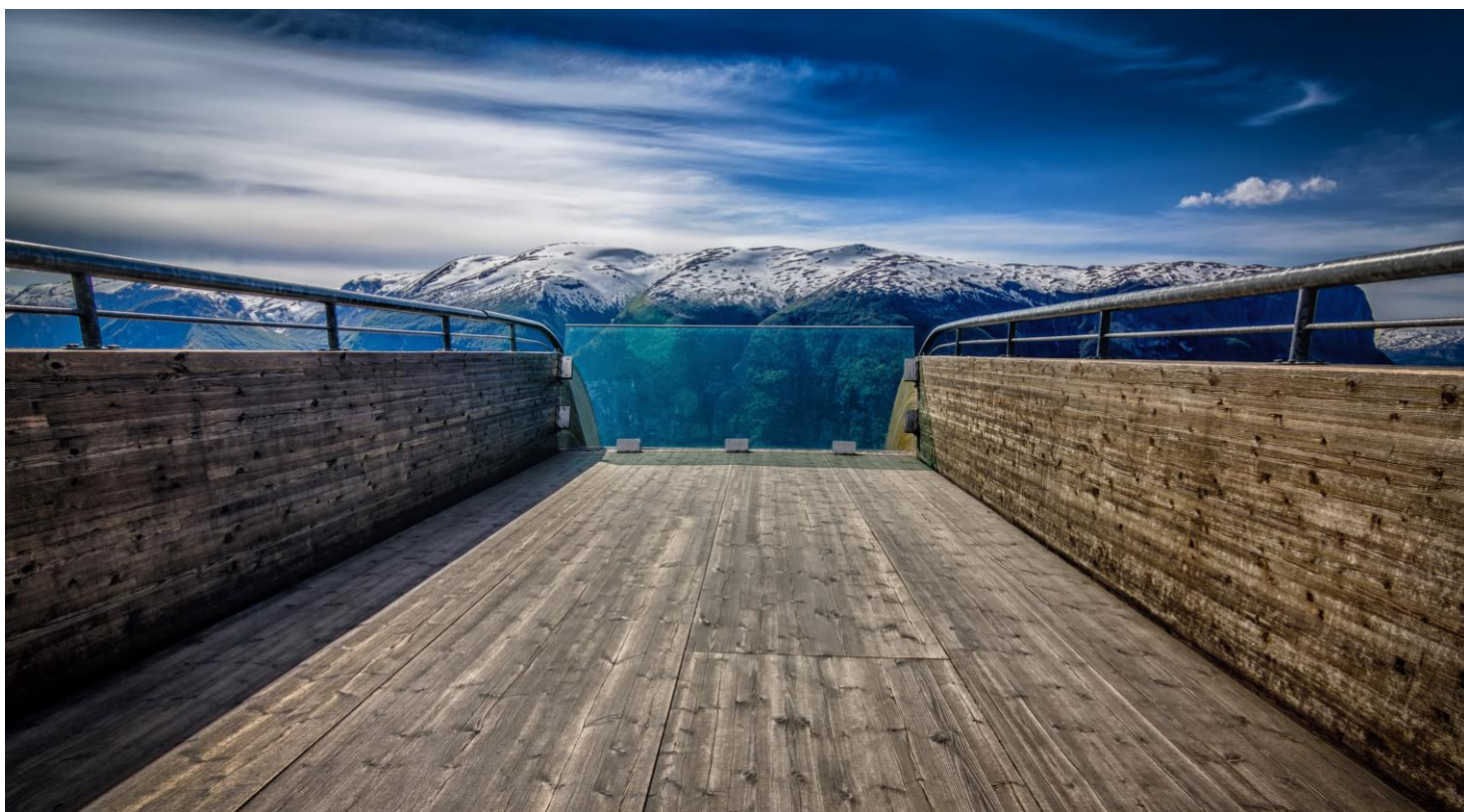
Kilde: Menon Economics, Cicero og TØI

Referanseliste

- Asplan Viak (2014): Energianalyse av norsk va-sektor, Notat på energibruk av VA-sektoren for 2014, Høgne Nersund Larsen.
- DNV GL (2019): Reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk, Miljødirektoratet-rapport nr. M-1626.
- Cicero og TØI (2020): Bergens klimagassutslipp mot 2030 - Referansebane og mulighetsscenarioer, Report 2020-08.
- Lavutslippsutvalget (209): Lavenergiutvalget 2009, utvalg utnevnt av Olje- og energiministeren, www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/rapporter/oed_energieffektivisering_lavopp.pdf.
- Miljødirektoratet (2020): Klimagassregnskap for kommuner og fylker, dokumentasjon av metode – versjon 3, Miljødirektoratet-rapport nr. M-989.
- NVE (2016a): Analyse av energibruk i yrkesbygg. NVE-rapport nr. 24.
- NVE (2016b): Varmepumper i energisystemet. NVE-rapport nr. 60.
- NVE (2020): Oppsummering av høring og anbefaling til endringer i nettleiestrukturen. NVE-rapport nr. 6.
- Thema (2017): Aggregatorrollen, fleksibilitetsmarkeder og forretningsmodeller i energisystemet. Thema-rapport nr. 20.
- TØI (2020): Framtidige bompenginntekter i Bergen, Oslo, Nord-Jæren og Trondheim – noen alternative beregninger – Rapport til Regjeringens bompengutvalg. TØI-rapport 1783.

Vedlegg: Forklaringer av skipstyper

Skipstype	Beskrivelse
Bulkskip	Skip for frakt av masse gods, for eksempel for frakt av stein, kull eller malm.
Cruiseskip	Cruiseskip
Fiskefartøy	Fiskebåter
Gasstankere	Tankere for LPG, LNG gass
Kjemikalietankere	Tankere for kjemikalier, matolje, vann
Kjøle-/ fryseskip	Skip med isolerte lasterommet forsynt med kjøle- eller frysemaskineri.
Kontinerskip	Kalles også lo-lo skip fordi frakt kan løftes av og på (lift-on-lift-off)
Offshore forsyningskip	For eksempel ankerhåndterings- eller forsyningsfartøy
Oljeprodukttankere	Tankere for olje produkter og asfalt
Passasjerskip	Passasjerferger og bilferger
RoRo-skip	Lasteskip for rullende last, for eksempel bilfrakteskip.
Råoljetankere	Tankere for råolje
Stykkogodsskip	Skip spesielt tilpasset transport av stykk gods, hovedsakelig palleantransport
Andre offshore servicefartøyer	For eksempel boreskip, stand-by fartøy, rørleggingsfartøy eller FPSO
Andre aktiviteter i sjøfart	For eksempel fartøy som benyttes til mudring, kabellegging, redningsarbeid (inkl. taubåter) og forskning. Inkluderer også utslipp fra mobile rigger med eget IMO-nummer.



Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter.

Vi er et medarbeidereiet konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked.

Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside www.menon.no.

+47 909 90 102 | post@menon.no | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | menon.no