



FFI Forsvarets
forskningsinstitutt

21/01488

FFI-RAPPORT

Hvordan kan Forsvaret kutte utslipp av drivhusgasser?

– en funksjonell studie

Brynjar Arnfinnsson
Simen Kirkhorn

Hvordan kan Forsvaret kutte utslipp av drivhusgasser?

– en funksjonell studie

Brynjar Arnfinnsson
Simen Kirkhorn

Emneord

Teknologi
Klima
Langtidsplanlegging

FFI-rapport

21/01488

Prosjektnummer

1503

Elektronisk ISBN

978-82-464-3369-1

Engelsk tittel

How can the Norwegian Armed Forces reduce its greenhouse gas emissions?

Godkjenner

Mona S. Guttelvik, *forskningsleder*
Sigurd Glærum, *forskningsjef*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammen drag

Forsvarets aktivitet medfører en rekke negative påvirkninger på miljøet. Gitt Forsvarets oppgaver er en viss negativ miljøpåvirkning uunngåelig. Forsvaret legger imidlertid en betydelig innsats i å overvåke ulike former for negativ miljøpåvirkning. Utslipp av drivhusgasser fra militær sektor har fått økt oppmerksomhet internasjonalt og nasjonalt, og Forsvarsdepartementet (FD) har gitt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å studere mulighetsrommet for klimatiltak i Forsvaret.

Målet med denne rapporten er å synliggjøre mulighetene for å kutte utslipp av drivhusgasser fra Forsvaret, innenfor rammene satt av operative hensyn og krav. Rapporten er imidlertid ikke en fullstendig liste over mulige klima- og miljøtiltak i Forsvaret eller sektoren som helhet. Vi har prioritert å dekke områder som er lite studert fra før. Vi har også vurdert klimaeffekten av et alternativt konsept for maritim krigføring. Dette alternative konseptet er først og fremst et tiltak for å øke den operative evnen og skal ikke forstås som et klimatiltak, men vi ønsker å synliggjøre klimaeffekten av slike beslutninger og hvordan teknologi kan brukes til å oppnå mer klimaeffektive løsninger i forsvarssektoren.

For å kunne vurdere effekten av klimatiltak er det modellert en referansebane for framtidige utslipp av drivhusgasser fra Forsvaret. Følgende tiltak er modellert kvantitativt: Innblanding av avansert biodrivstoff, batterihybridisering av fartøyer, energieffektivisering av fartøyer, økt bruk av simulator, alternativ erstatning for fartøy i Nornen-klassen, nytt konsept for maritim krigføring og LNG (*liquefied natural gas*) på nye kystvaktfartøy. De ulike tiltakene er vurdert og modellert med hensyn på potensialet for utslippsreduksjon og kostnader. Innblanding av avansert biodrivstoff vil medføre økte kostnader for Forsvaret. Alle de andre tiltakene har potensiale til å redusere kostnader totalt sett, men for noen av tiltakene må kostnadene vurderes nærmere.

Til sammen har de modellerte tiltakene potensiale til å redusere utslippene med 15–30 prosent sammenlignet med referansebanen, med et middelestimat på ca. 22 prosent. I tillegg er en rekke øvrige tiltak diskutert og presentert. Disse tiltakene er like viktige som tiltakene som er modellert kvantitativt, men effekten er vanskelig å kvantifisere, samtidig som temaene i disse tiltakene i større grad er omtalt i sivil sammenheng. Disse tiltakene er integrert miljøstyring, grønne anskaffelser, redusert matsvinn, klimavennlig matvalg og redusert reisevirksomhet/flyreiser.

Forsvarets materielle har lang levetid. Valg av løsninger med store utslipp vil binde sektoren til både høye kostnader og utslipp i lang tid framover. Av hensyn til både utslippene og kostnadene anbefales det derfor at framskriving av framtidige utslipp får en større rolle i investeringsbeslutninger og LTP-prosessen.

Summary

The activities of the Norwegian Armed Forces have several negative effects on the environment. Some of these effects are inevitable, given the nature of the tasks of the Armed Forces. The environmental impacts are monitored and reported on annually. Emission of greenhouse gases from the defence sector has received increased attention internationally and nationally, and the Norwegian Ministry of Defence has tasked the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) to study the potential for reducing the greenhouse gas emissions in the Norwegian Armed Forces.

The aim of this report is to model this potential within the boundaries set by the military requirements. This study does not contain a complete list of possible environmental measures in the defence sector. We have prioritized areas where current knowledge is lacking. We have also considered the emission effect of a newly proposed alternative concept for maritime warfare. This alternative concept should not be understood as an emission-reduction measure, it is primarily a measure to increase capability and reduce costs. However, we wish to demonstrate the emission consequence of such a concept, and use it as an example of how technology can be used to achieve more climate-efficient solutions in the defence sector.

To be able to quantify the consequence of emission-reduction measures we have modelled the future emission from the Norwegian Armed Forces. The following measures are modelled quantitatively: Use of advanced biofuels, battery hybridization on surface vessels, efficiency measures on surface vessels, increased use of simulator systems, an alternative replacement of the Nornen class surface vessel, a new concept for maritime warfare, and liquefied natural gas propulsion systems on new Coast Guard surface vessels. Use of advanced biofuels will increase the operating costs of the Armed Forces. All the other measures have the potential to reduce total costs. For some of the measures the costs needs to be examined more closely.

In total, the quantitatively modelled measures have the potential to reduce the greenhouse gas emissions by 15–30% relative to the baseline for future emissions, with a mean estimate of approximately 22%. In addition, several other measures are discussed and presented. These measures are just as important as the quantitatively modelled measures; however, the emission-reduction effect can be difficult to quantify. At the same time, such measures are more studied in the literature. The measures discussed here are integrated environmental management, green acquisitions, reduced food waste, climate-friendly food choices and reduced (air) travel activity.

The military platforms of the Armed Forces has a long service life. Investing in energy inefficient solutions now will bind the sector to emissions and costs for many years into the future. With regards to emissions as well as costs we therefore recommend that emission projections gain a more prominent role in procurement decisions and in the long-term defence planning process.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	9
1.1 Klimaendringer	9
1.2 Klimaendringers konsekvenser for Forsvaret	13
1.3 Utslippsrapportering og klimapolitikk	14
1.4 Problemstilling	15
2 Metode, datagrunnlag og forutsetninger	17
2.1 FFIs metode for langtidsplanlegging – oppgaver, struktur og økonomi	17
2.2 Forsvarssektorens miljøregnskap – metode og datagrunnlag	20
2.3 Kostnader – metode og datagrunnlag	26
2.4 Prinsipper for utvelgelse og vurdering av tiltak	33
3 Referansebane for framtidige utslipp	34
3.1 Metode, datagrunnlag og avgrensninger	34
3.2 Resultat	36
3.3 Kostnadsøkning for Forsvaret	39
4 Beskrivelse av relevante teknologier og endringer i adferd og forvaltning	40
4.1 Teknologiske løsninger	40
4.2 Endringer i adferd og forvaltning	54
5 Tiltak	62
5.1 Kvantitative tiltak	62
5.2 Kvalitative tiltak	75
6 Resultater	77
6.1 Resultat pakke 1	78
6.2 Resultat pakke 2	79
6.3 Kostnadsbesparelser	80

7	Diskusjon	81
7.1	Biodrivstoff	81
7.2	Utslippsintensitet og miljøprestasjonsindikatorer	81
7.3	Andre miljøeffekter	82
8	Oppsummering og veien videre	83
8.1	Videre forskning og utvikling	85
	Referanser	87
	Vedlegg	98
A	Batterihybrid framdrift på KV Tor	98
B	Arealbruk, arealendringer og biodrivstoff	105

Forord

Denne rapporten er et resultat av samarbeid mellom FFI-prosjektene 1503 – *Funksjonelle studier II* og FFI-prosjekt 1444 – *Forsvarssektorens miljødatabase III*. Funksjonelle studier er et FFI-prosjekt som skal støtte FDs langtidsplanlegging gjennom studier av utvalgte funksjoner og kapabiliteter i Forsvaret. Dette inkluderer analyser av både ytelse og kostnader. Klima er et mer overordnet tema og er ikke utelukkende knyttet til enkeltfunksjoner eller kapabiliteter i Forsvaret. Denne funksjonelle studien skiller seg dermed litt fra tidligere funksjonelle studier. Det viste seg imidlertid at prosjektets metodiske tilnærming var godt egnet til å svare på problemstillingen.

Bakgrunnen for at klima ble valgt som tema var interne diskusjoner i langtidsplanleggingsmiljøet på FFI om hvordan denne dimensjonen kunne inkluderes i langtidsplanarbeidet. Dette ble videre diskutert med oppdragsgiverne i Forsvarsdepartementet (FD). Innretning og problemstilling ble diskutert og finslipt i dialog med oppdragsgiver. Forfatterne ønsker å takke oppdragsgiverne i FD og forskningslederne Mona S. Guttelvik og Øyvind Voie for muligheten til å gjennomføre denne studien.

Prosjektserien *Forsvarssektorens miljødatabase* drifter, forvalter og videreutvikler forsvarssektorens miljødatabase (MDB) og utarbeider årlige rapporter med detaljert miljøstatistikk. Kunnskapen og datagrunnlaget herfra har vært uunnværlig i arbeidet vårt med denne rapporten.

Det er mange interne og eksterne bidragsytere som fortjener takk for sine bidrag. Vi vil takke sommerstudent Sindre Nilsen Kalvik for bidrag med beregninger av batterihybridisering, som vi har anvendt i denne rapporten. Vi ønsker å takke alle på FFI-prosjektet *STRATKOST* for hjelp med å hente ut kostnadstall og godt datagrunnlag på kostnader. Takk til Rune Fardal og Morten Nakjem for innsikt i nye mineryddersystemer. Takk også til Leif Sørsdal (FMA), Magnus Sparrevik (NTNU/FB), Catrine Mary Curle (FB), Jan Rune Samuelsen (FB), Hans H. Kolshus (Miljødirektoratet), Bård Lahn (Cicero), Paal Brevik Wangsness (TØI), Dagmar Hagen (NINA) og Pia Nessø (FABCS) for innspill og bidrag. Og til slutt takk til alle øvrige FFI-kolleger som har vist interesse for studien og diskutert temaet med oss i lunsjen eller over kaffekoppen.

Kjeller, 23. august 2021

Brynjar Arnfinnsson og Simen Kirkhorn



1 Innledning

Forsvarets aktivitet medfører en rekke negative påvirkninger på miljøet. Gitt Forsvarets oppgaver er en viss negativ miljøpåvirkning unngåelig. Forsvaret legger imidlertid en betydelig innsats i å overvåke ulike former for negativ miljøpåvirkning. Forsvarssektoren var tidlige ute med å etablere en miljødatabase som overvåker en rekke slike faktorer, heriblant energibruk, drivstofforbruk, ammunisjon, vannforbruk, helse- og miljøfarlige kjemikalier, avfall og akutte utslipp.

Utslipp av drivhusgasser fra militær sektor er noe som har fått økt oppmerksomhet internasjonalt i det siste (NATO 2021). Problemstillingen har også fått økt oppmerksomhet nasjonalt, og Forsvarsdepartementet (FD) har gitt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å studere mulighetsrommet for klimatiltak i Forsvaret gjennom FFI-prosjekt 1503 – *Funksjonelle studier II*, i tett samarbeid med FFI-prosjekt 1444 – *Forsvarssektorens miljødatabase III*.

Målet med denne rapporten er å synliggjøre mulighetsrommet for å kutte utslipp av drivhusgasser fra Forsvaret, innenfor rammene satt av operative hensyn og krav. Det er imidlertid ikke en fullstendig liste over mulige klima- og miljøtiltak i Forsvaret eller sektoren som helhet. Vi har prioritert å dekke områder som er lite studert fra før. Vi har også vurdert klimaeffekten av et alternativt konsept for maritim krigføring. Dette alternative konseptet er først og fremst et tiltak for å øke den operative evnen og skal ikke forstås som et klimatiltak, men vi ønsker å synliggjøre klimaeffekten av slike beslutninger og hvordan teknologi kan brukes til å oppnå mer klimaeffektive løsninger i forsvarssektoren.

I resten av dette kapittelet gir vi en innføring i klimaendringene og konsekvensene det kan ha for Forsvaret. Vi gir også en innføring i utslippsrapportering og klimapolitikk som er en viktig kontekst for arbeidet. Deretter diskuteres og presenteres studiens problemstilling.

Kapittel 2 redegjør for det metodiske grunnlaget og datagrunnlaget som ligger til grunn for arbeidet. I kapittel 3 etablerer vi en referansebane for framtidige utslipp, som en *baseline* som mulige tiltak og beslutninger kan måles mot. I kapittel 4 presenteres og diskuteres det faglige grunnlaget for tiltakene, før tiltakene presenteres i et kortere og mer konsist format i kapittel 5. Kapittel 6 viser hvordan resultatene summeres, med usikkerhet, og gir dermed et mulighetsrom for utslippsreduksjon sammenlignet med referansebanen. I kapittel 7 diskuteres enkelte aspekter nærmere før studien oppsummeres i kapittel 8.

1.1 Klimaendringer

Drivhuseffekten er en naturlig prosess, som har avgjørende betydning for livsbetingelsene på jorda. Den kjennetegnes ved at karbondioksid (CO₂) og andre drivhusgasser i atmosfæren har en evne til å absorbere infrarød stråling fra jordas overflate. En viss andel av absorbert stråling reemitteres tilbake til nedre atmosfærelag og jordoverflaten. Økt konsentrasjon av drivhusgasser

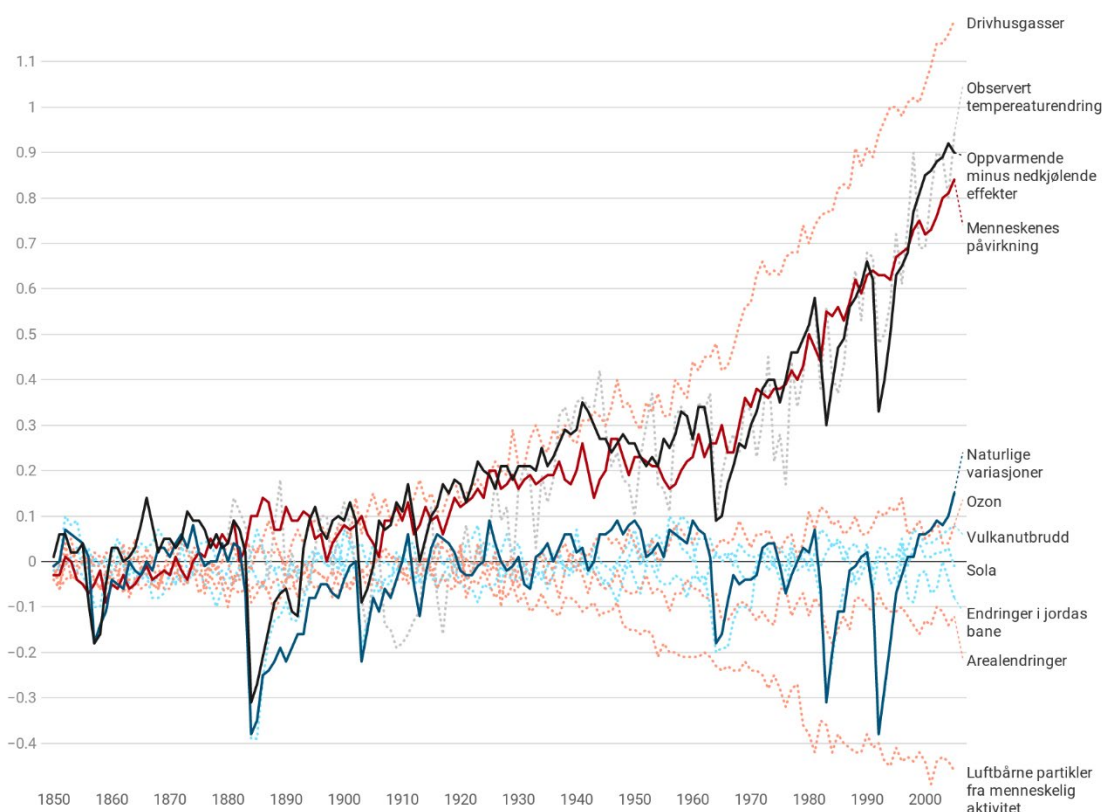
medfører derfor positivt strålingspådriv og økt temperatur på jordoverflaten (IPCC 2014, s. 126).

Temperaturøkningen handler grunnleggende sett om de endringer som har skjedd i den globale karboncyklusen. Global karboncyklus kan forstås som en rekke reservoar av karbon hvor det skjer utveksling av karbon mellom disse reservoarene. Som en forenkling, kan karbonkretsløpet deles i ett raskt og ett trekt kretsløp. Det relativt raske kretsløpet omfatter stor utveksling av karbon mellom atmosfæren, havet, overflatesediment i sjø, vegetasjon på land, i bakken og ferskvann. Karbonutveksling i det raske kretsløpet skjer på en skala fra noen få år, til tiår og hundreår. Det relativt trege kretsløpet omfatter enorme karbonlagre i bergarter og sedimenter, hvor utveksling med det raske kretsløpet skjer ved vulkanutbrudd, forvitring, erosjon og sjøbunnsedimentering. Karbonutveksling i det trege kretsløpet skjer på en tidsskala som er 10 000 år eller mer. Naturlig karbonutveksling mellom det trege og det raske kretsløpet omfatter relativt små mengder karbon og kan antas omtrent konstant de siste tiårene. Siden den industrielle revolusjon har utvinning og forbrenning av fossilt karbon fra geologiske reserver medført en enorm forflytning av karbon fra det trege til det raske karbonkretsløpet, og utslipp til atmosfæren (IPCC 2014, s. 470). I tillegg til dette, foregår store endringer i det raske karbonkretsløpet og nitrogenkretsløpet. Dette kommer blant annet av intensivt jordbruk, skogbruk, avskoging og arealendringer som særlig bidrar med CO₂, metangassutslipp (CH₄) og lystgassutslipp (N₂O). Dette utgjør 23 % av menneskeskapte utslipp av drivhusgasser (IPCC 2019).

Omtrent 52 % av karbonet som tilføres atmosfæren fra menneskelig aktivitet blir tatt opp av hav og landarealer, og karbonopptaket har økt ettersom utslippene har økt (Friedlingstein et al. 2019). Store mengder karbon tilføres atmosfæren, og konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren har økt fra ca. 277 ppm. (parts per million) i 1750 til et snitt på 410,5 (+/- 0,2) ppm. i 2019 (WMO 2021). I perioden 2009–2018 har den årlige økningen tilsvart 2,3 ppm. i snitt (Friedlingstein et al. 2019). I tillegg til CO₂, har konsentrasjonen av CH₄ økt fra rundt 700 ppb. før den industrielle revolusjon, til 1877 (+/- 2) ppb. i 2019 (WMO 2021). Årlig økning har vært særlig høy de seneste årene etter 2014, på over 5 ppb./år (Nisbet et al. 2019). Videre har konsentrasjonen av N₂O økt fra 270 ppb. til 332 ppb. i 2019 (WMO 2021). Konsentrasjonen av CO₂, CH₄ og N₂O er i dag høyere enn noen gang de siste 800 000 år (IPCC 2014, s. 11). Disse drivhusgassene er hovedårsak til oppvarmingen. I tillegg forekommer mindre utslipp fra fluorholdige gasser som hydrofluorkarboner (HFK), svovelhexafluorid (SF₆) og perfluor-karboner (PFK). Disse stammer i hovedsak fra lekkasje av kuldemedier i kjøle- og ventilasjonsanlegg, og tidligere fra industri (Miljøstatus 2020).

Figur 1.1 (brukt i Aamaas og Reed Ursin (2020), med tallgrunnlag fra Miller et al. (2014) og Bloomberg (2015)) illustrerer avvik fra normaltemperatur i perioden 1850–2005. Observert temperaturendring er målinger over land og hav fra NASA Goddard Institute for Space Studies (NASA GISS 2019). Hver faktor i figuren er et gjennomsnitt av 61 klimamodellers estimer fra GISS ModelE2 (Bloomberg 2015; NASA GISS 2020). Linjene i figur 1.1 illustrerer hvor stor påvirkning hver faktor har på temperaturøkningen som er observert. Ulike faktorer bidrar til enten positivt eller negativt strålingspådriv og temperaturendring. Naturlige variasjoner som vulkanutbrudd, solinnstråling og endringer i jordas bane er markert i lyseblått, og samlet effekt i

blått. Tilsvarende er menneskelig påvirkning fra drivhusgasser, ozon, arealendringer og luftbårne partikler markert i lyserød, og samlet effekt i rødt. Den samlede effekten av naturlige og menneskelige faktorer er markert i svart. Figuren illustrerer hvordan menneskers påvirkning bidrar til observert temperaturendring, som det er bred enighet om i litteraturen (Santer et al. 2019). Gjennomsnittstemperaturen globalt var 1,1°C grad høyere i 2019 sammenlignet med førindustriell tid. De siste fem år er de varmeste som hittil er målt, tiåret 2010–2019 er det varmeste tiåret som er målt, og de fire siste tiår har hvert eneste tiår vært suksessivt varmere enn de foregående (WMO 2021).



Figur 1.1 Avvik fra normaltemperatur fra ca. 1850–2005, og relativt bidrag fra ulike klimadrivere.

Temperaturøkningen medfører at klimaet endrer seg. Ismelting på Grønland og i Antarktisk sammen med varmere hav i ekspansjon forårsaker havnivåstigning. Økt opptak av CO₂ i hav fører til havforsuring, nedbørsmønstre endrer seg, hyppighet av tropiske sykloner, hetebølger, flom og annet ekstremvær øker (IPCC 2014; Pörtner et al. 2019). For flere av de observerte endringene, er både økt hyppighet, intensitet og lengde på slike hendelser mer sannsynlig utover århundret gitt dagens utvikling (IPCC 2014, s. 7).

Nevnte konsekvenser av klimaendringene er fysiske risikofaktorer. Klimaendringer kan også medføre risiko i forbindelse med klimapolitikk og teknologisk utvikling for overgangen mot et lavutslippssamfunn – såkalt overgangsrisiko (NOU 2018: 17). Finansiell risiko i møte med

klimaendringer, får stadig mer oppmerksomhet (Li et al. 2019; Clapp et al. 2015). I verdens økonomiske forums vurdering av globale risikoer for 2021, framheves svikt i utslippsreduksjoner og klimatilpasning, ekstremvær og naturressurskriser blant de største i innvirkning og sannsynlighet (WEF 2021). I Norge vil fysisk risiko innebære blant annet kraftigere nedbør, flere og større regnflommer, flere jord- og sørpeskred og stigende havnivå. Særlig jordbruk, skogbruk og fiskeoppdrett er næringer som er ventet å bli rammet hardest. Siden norsk økonomi er åpen, med mye import og eksport, kan Norge rammes av klimaendringer i andre land (Aall et al. 2018). For en mer detaljert beskrivelse av hvilke konsekvenser klimaendringene kan få for Norge, se rapporten Aall et al. (2018).

Klimasystemet består av såkalte tilbakekoblinger som enten kan forsterke (positiv tilbakekobling) eller dempe (negativ tilbakekobling) temperaturøkningen. For eksempel vil økt skydannelse i lavere skylag reflektere innkommende sollys, som isolert sett virker dempende mot ytterligere temperaturøkning (Benestad et al.). Positive tilbakekoblinger inkluderer blant annet: mer vandamp (drivhusgass), mindre refleksjon av innkommende stråling på isoverflater (svakere albedoeffekt) og tining av permafrost (CO₂ og CH₄-utslipp), som vil øke som en følge av økt temperatur fra menneskeskapte drivhusgassutslipp. Dette vil igjen øke temperaturen ytterligere (Lenton et al. 2019). Videre kan økt temperatur kombinert med avskogingen av Amazonas medføre en overgang fra regnskog til savanne. Da kan Amazonas potensielt miste evnen til å opprettholde sin egen hydrologiske syklus, og overgangen vil medføre utslipp (Lovejoy og Nobre 2018). I tillegg kan økte temperaturer og tørke i tropiske skoger gå ut over vekst og træs overlevelse, som har medført avtakende karbonopptak, og skogene kan bli netto kilde til utslipp på sikt (Hubau et al. 2020). Dersom selvforsterkende tilbakekoblinger blir dominerende, kan såkalte vippepunkter passeres hvor ytterligere temperaturøkning og klimaendringer blir irreversible (Steffen et al. 2018). Slike vippepunkter har det blitt advart mot tidligere og ansett som sannsynlig først ved 5 °C oppvarming. Nyere forskning tilsier at til tross for stor usikkerhet er sannsynligheten for vippepunkter høyere ved lavere temperaturer enn tidligere antatt, og noen vippepunkter kan potensielt passeres allerede mellom 1,5 °C og 2,0 °C oppvarming (Lenton et al. 2019).

For å motvirke de negative effektene av klimaendringer, ble togradersmålet vedtatt av EU i 1996, og fikk tilslutning av alle land på klimatoppmøtet i Cancun i 2010 (Olerud og Kallbekken 2020). Parisavtalen fra 2015 forsterket dette målet ved at alle nasjoner skal etterstrebe å begrense oppvarming til 1,5 °C (UNFCCC 2015). FNs klimapanel gav i 2018 ut en spesialrapport om 1,5 °C oppvarming (IPCC 2018) som viser hvilke forskjeller som kan ventes mellom 1,5 °C og 2,0 °C oppvarming. Forskjellene i risiko for klimaendringenes konsekvenser er betydelig mindre ved en oppvarming på 1,5 °C enn en oppvarming på 2,0 °C. Rapporten advarer om at dersom temperaturøkningen fortsetter i samme tempo som i dag vil global gjennomsnittstemperatur sannsynlig nå 1,5 °C over førindustriell tid mellom 2030 og 2052. Som en følge av treghet i klimasystemet vil utslipp fram til i dag fortsette å medføre endringer på lang sikt, selv ved en snarlig utslippsreduksjon, og det tar tid fra utslippsreduksjon til effekt på overflatetemperatur kan måles (Samset et al. 2020). Likevel er det ikke sannsynlig at historiske utslipp alene vil medføre 1,5 °C oppvarming (IPCC 2018, s. 5).

Ifølge klimamodeller med eller uten begrenset overskriding av 1,5 °C, kreves en utslippsreduksjon av CO₂ med omtrent 45 % innen 2030 relativt til 2010-nivå, og netto nullutslipp rundt 2050. Det kreves også raske utslippsreduksjoner i andre drivhusgasser enn CO₂. De fleste nasjoner handler ikke raskt nok for å nå målsettingene i Parisavtalen (Climate Action Tracker 2021). Nylig innmeldte mål (mai 2021), tilsier en utvikling mot 2,4 °C. Et annet anslag fra DNV-GL peker på at til tross for tydelige positive utviklingstrekk i form av økt produksjon av fornybar energi og elektrifisering, kan globalt karbonbudsjett for 1,5 °C allerede være overskredet i 2028, og 2 °C i 2051, som medfører 2,3 °C oppvarming ved utgangen av århundret (DNV-GL 2020a). For å nå Parisavtalens målsettinger kreves en utslippsreduksjon på 7,6 % hvert år mellom 2020 og 2030 for å nå 1,5 °C-målet og 2,7 % for å nå 2,0 °C-målet (UNEP 2020). Forskjellen i både konsekvens og omstillingshastighet er derfor stor mellom 1,5 °C og 2,0 °C-målet. For å begrense oppvarming til 1,5 °C, kreves det derfor dype utslippsreduksjoner i samfunnet og en systemendring på en skala som tidligere ikke er sett (IPCC 2018).

1.2 Klimaendringers konsekvenser for Forsvaret

Klimaendringers konsekvenser for konfliktnivå og nye krav, operasjoner og trusler dette kan medføre til er omtalt i FFI-rapport «Globale trender mot 2040 – et oppdatert framtidssbilde» (Beadle et al. 2019). Her trekkes fram at sammenhengen mellom konflikt og klimaendringer er svake og dels motstridende. Eksempelvis kan konfliktfare øke som følge av redusert jordbruksproduksjon, og motsatt reduseres ved at naturkatastrofer svekker kampevne og at andre behov oppstår. Samtidig forventes det at klimaendringer øker migrasjon, og stor befolkningsvekst i seg selv kan øke faren for konflikt. Faren for konflikt varierer mye i forskjellige klimahåndterings-scenarier, hvor forskjellene i konfliktfare er store i Asia og Afrika, og mindre i vestlige land (Beadle et al. 2019, s. 80–82). Klimariskoutvalget framhever økt risiko for konflikt, politisk ustabilitet og humanitære katastrofer, dersom allerede sårbare stater rammes av klimaendringene. Videre påpekes det at vellykket klimapolitikk med et desentralisert energisystem kan endre maktforhold og avhengigheter, og kan ha en destabiliserende effekt for enkelte land som er avhengig av petroleumsinntekter (NOU 2018: 17, s. 18).

En *Nature*-analyse fra juni 2019 om klimaendringer og konflikt innad i nasjoner peker også på at det er sprikende funn i litteraturen, mye som følge av forskjellige forskningsdesign og ulike metoder. Ifølge analysen har klimaendringer medført økt konfliktfare, men særlig lav sosio-økonomisk utvikling og svake stater anses som langt mer sentralt. Ved en oppvarming på 2,0 °C mot førindustriell tid, anses derimot sannsynligheten for konflikt betydelig høyere, tross større usikkerhet (Mach et al. 2019).

Beadle et al. (2019) trekker også fram potensielle nye krav, operasjoner og trusler som følge av klimaendringer. Noen sentrale elementer er:

- Økt behov for humanitær innsats. Dette kan som påpekt i Natos framtidsstudie (ACT 2017) få konsekvenser for nasjonale ressurser og alliansens evne til å respondere i kriser.

-
-
- Stigende havnivå og hyppig uvær kan få konsekvenser for kystnære baser og skader på fasiliteter.
 - Endret operasjonsplanlegging. Natos framtidstudie påpeker at allierte må bli flinkere til å ta hensyn til konsekvensene av klimaendringene i operasjonsplanleggingen.
 - Natos framtidstudie peker på større press på forsvarssektorer for å gjennomføre tiltak for å begrense miljøskader.
 - Beskyttelse av miljørelaterte mål fra andre aktører kan ikke utelukkes på sikt.
 - Arktis som strategisk viktigere område, som kan medføre økt militær aktivitet.

For mer detaljer henvises det til FFI-rapporten (Beadle et al. 2019). Rapporten framhever også at økt konflikt kan gjøre håndtering av klimaendringer vanskeligere.

1.3 Utslippsrapportering og klimapolitikk

1.3.1 Utslippsrapportering

Den internasjonale klimakonvensjonen (UNFCCC) trådte i kraft i 1994 og forplikter signerte nasjoner til å rapportere inn utslipp av drivhusgasser på årlig basis. Den nasjonale utslippsrapporteringen bygger på metodikk fra IPCC (IPCC 2006a), hvor utslipp av drivhusgasser fra militære kilder rapporteres separat under 1A5 til UNFCCC for mobil og stasjonær forbrenning (Miljødirektoratet 2019a). Ifølge IPCCs retningslinjer for utslippsrapportering er data for militært drivstofforbruk på grunn av konfidensialitetshensyn aggregert til en annen kildekategori (IPCC 2006b). Forsvarets utslipp oppstår primært fra drivstofforbruk, og drivstofforbruk føres etter geografisk avgrensning i det landet drivstoff selges, ikke hvor det brukes. Som følge av denne avgrensningen skal utslipp fra internasjonale operasjoner føres i det landet drivstoffet er solgt.¹ Utslipp fra militære luftfartøy og fartøyer i internasjonale operasjoner kan føres under henholdsvis internasjonal luftfart og sjøfart som ikke inngår i nasjonal utslippsstatistikk. Videre er operasjoner som skjer i regi av FN omtalt, og skal ikke inngå i nasjonal statistikk, men rapporteres separat (IPCC 2006b).

Utslippene fra Forsvaret som inngår i den nasjonale utslippsstatistikken til Statistisk sentralbyrå (SSB), og er fordelt til kategoriene luftfart, sjøfart og veitrafikk. Utslipp fra Forsvaret er tilsvarende kategorisert i *Klimakur 2030*. For nærmere omtale av hva som inngår i SSBs utslippsstatistikk for nasjonale utslipp, se (SSB 2019b). FFI har siden 2012 utarbeidet et klimaregnskap for forsvarssektoren etter GHG²-protokollen, som inkluderer kjente utslipp fra hele organisasjonen. Rapporteringen skiller seg derfor fra nasjonal utslippsrapportering, og er nærmere omtalt i 2.2.1.

¹ H. Kolshus, Miljødirektoratet, e-post, 4. september, 2020.

² GHG: *Greenhouse gas*.

Parisavtalen gir økt fleksibilitet i hvordan land setter utslippsmål for alle sektorer, og avtalen åpner for å velge hvilke sektorer og deler av samfunnet som omfattes av målene man melder inn. Det er likevel en forventning om at utvelgelse av sektorer er primært forbeholdt utviklingsland.³ Ifølge artikkel 4, paragraf 4 i Parisavtalen (UNFCCC 2015) skal I-land ha absolutte utslippsmål som dekker hele økonomien, og som omfatter alle utslipp. Utviklingsland oppfordres til det samme over tid.

1.3.2 Klimapolitikk

Norges klimamål for 2030 er at utslippene av drivhusgasser skal reduseres med minst 50 % og opp mot 55 %, sammenlignet med 1990-nivå (Regjeringen 2020b). Målet er meldt inn til FN, og forsterket mot tidligere mål, i tråd med Parisavtalens bestemmelser (Update of Norway's nationally determined contribution 2020). Norge har satt et mål i klimaloven om 80–90 % reduksjon av drivhusgasser fram mot 2050, relativt til 1990 (Klimaloven 2017). Videre har regjeringen en ambisjon om 90–95 % utslippsreduksjon innen 2050 (Regjeringen 2020a). Utslippsmålene gjelder alle utslipp i Norge. For ikke-kvotepliktig sektor er målet å kutte minst 45 % sammenlignet med 2005-nivå (Meld. St. 13 (2020–2021)). Etersom Norge samarbeider med EU om klimamål, er Norge en del av EUs klimarammeverk. Dette består av tre pilarer, med egne regelverk og mål. Dette er henholdsvis kvotepliktige utslipp etter EUs kvotesystem (EU ETS), ikke-kvotepliktige utslipp etter innsatsfordelingsforordningen og skog- og arealbrukssektoren med eget regelverk (Miljødirektoratet 2020a).

Klimakur 2030 (Miljødirektoratet 2020a) er en omfattende utredning om hvilke tiltak som kan redusere utslippene fra ikke-kvotepliktige utslipp og skog- og arealbrukssektoren. For ikke-kvotepliktige utslipp er det vurdert 60 ulike tiltak som kan redusere utslipp med 50 % relativt til 2005 samt barrierer og virkemidler. Ikke-kvotepliktige utslipp omfatter utslipp fra transport, oppvarming, jordbruk, avfall, fluorholdige gasser og deler av industrien. En rekke tiltak krever både teknologiutvikling og endret adferd, med rask implementering på ulike samfunnsnivå. Skog- og arealbrukssektoren er forpliktet til at utslippene ikke skal overstige opptaket, det vil si netto nullutslipp. En rekke tiltak for økt karbonopptak og reduserte utslipp er vurdert. I tillegg til selve utredningen, har SSB gjennomført en makroøkonomisk analyse av norske økonomi i to ulike scenarioer som oppnår 50 % kutt i ikke-kvotepliktig sektor (Fæhn et al. 2020). Utslippene fra Forsvarssektoren inngår i ikke-kvotepliktig sektor, og *Klimakur 2030* og SSB-rapporten er derfor et viktig grunnlag for denne rapporten. *Klimakur 2030* har imidlertid ikke vurdert tiltak for militære fartøy og luftfartøy (Miljødirektoratet 2020a, s. 122,165).

1.4 Problemstilling

Gitt den store utfordringen med å kutte utslipp av drivhusgasser i hele samfunnet kan det være aktuelt å undersøke hvordan forsvarssektoren kan bidra til å kutte utslipp. Siden *Klimakur 2030*

³ B. Lahn, Cicero, e-post, 21 august 2020.

ikke har vurdert tiltak for militære fartøy og luftfartøy har vi valgt å fokusere på disse utslippene i denne studien. Studien kan dermed bidra til å dekke dette kunnskapsgapet.

Videre vil mange av utslippene fra forsvarssektorens øvrige etater (FFI, FB, FMA og FD) bli omfattet av tiltakene fra *Klimakur 2030* i en eller annen forstand, siden disse utslippene i mindre grad kommer fra militærspesifikke kilder og systemer, men i stedet er av sivil art og underlagt sivile reguleringer og virkemiddelbruk.

Forsvaret ivaretar samfunnskritiske funksjoner og det er derfor helt essensielt at potensielle klimatiltak ikke går negativt ut over den operative evnen til Forsvaret.

Problemstillingen i denne studien er dermed:

Hvordan kan Forsvaret kutte utslipp av drivhusgasser, og samtidig opprettholde og videreutvikle operativ evne?

Å vurdere utslippsreduksjoner i forsvarssektoren behøver ikke bare forstås som en følge av overordnede klimamål. For Forsvaret og for Nato er forsyningssikkerhet av energi avgjørende for å kunne operere. Å redusere drivstoffavhengigheten kan derfor være et gode operativt sett. Flere land som ikke er selvforsynte med olje har dette som en viktig motivasjon for å kutte utslipp (Forsvarsmakten Högkvarteret 2020).

FFI har tidligere gjort en innledende vurdering av teknologiske løsninger for energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren (Myhre et al. 2012). Rask teknologiutvikling, ny kunnskap og behov for å se utviklingen i sammenheng med forsvarsstruktur, gjør at en oppdatert analyse kan bidra med relevant kunnskap. I denne rapporten avgrensers vi oss til primært operative systemer og drivstofforbruket i sektoren. I tillegg omtales enkelte områder hvor forsvarssektoren kan redusere indirekte utslipp i samfunnet. I praksis omfatter dette *scope 1* og *scope 3* slik det framstår i klimaregnskapet for forsvarssektoren, se kapittel 2.2. *Scope 2* og energirelaterte utslippskilder på bygg omtales ikke i denne rapporten. Dette omfatter utslipp fra innkjøpt elektrisitet og fjernvarme, bruk av gass, fyringsolje og kuldemedier på EBA i sektoren. Forsvarsbygg jobber kontinuerlig med å redusere energiforbruket, fyringsolje og gass i oppvarming er under utfasing, og det skjer en overgang mot naturlige kuldemedier. Disse utslippskildene påvirkes også direkte av markedsutvikling og klimapolitiske virkemidler, og representerer utslippskilder som har gått nedover de seneste årene (Kirkhorn et al. 2021; Forsvarsbygg 2019). Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) har målsettinger for leasing av elektriske administrative kjøretøyer, og de omtales ikke i rapporten. Disse utslippskildene er også mindre i sektorens klimaregnskap, med unntak av elektrisitet som kan betraktes ulikt avhengig av om fysisk strømmiks eller markedsbasert metodikk legges til grunn (Kirkhorn et al. 2021). Drivstofforbruket i sektoren avhenger derimot av de operative kravene som stilles til Forsvaret, og påvirkes i mindre grad av klimapolitikk direkte. Det er i denne sammenheng interessant å vurdere utviklingen av disse utslippskildene og mulighetsrommet for utslipps-reduksjoner innenfor Forsvarets operative rammer.

På grunn av et stort antall temaer, er rapporten på et overordnet nivå og er ment å tjene som et utgangspunkt for mer spesifikke og inngående analyser. Dette gjelder både vurderinger av utslippsreduksjoner og kostnadsestimater av ulike tiltak. Potensialet for utslippsreduksjoner kan bestå av en hel rekke større og mindre tiltak. Denne analysen gir derfor ikke en uttømmende liste over alle mulige tiltak, men de potensielle tiltakene er valgt ut ifra en vurdering av mulig effekt og gjennomførbarhet.

Rapporten inneholder en oppdatert referansebane for framtidige utslipp fram mot 2040, gitt sammensetning av materiell og aktivitetsnivå i henhold til planverk i sektoren.

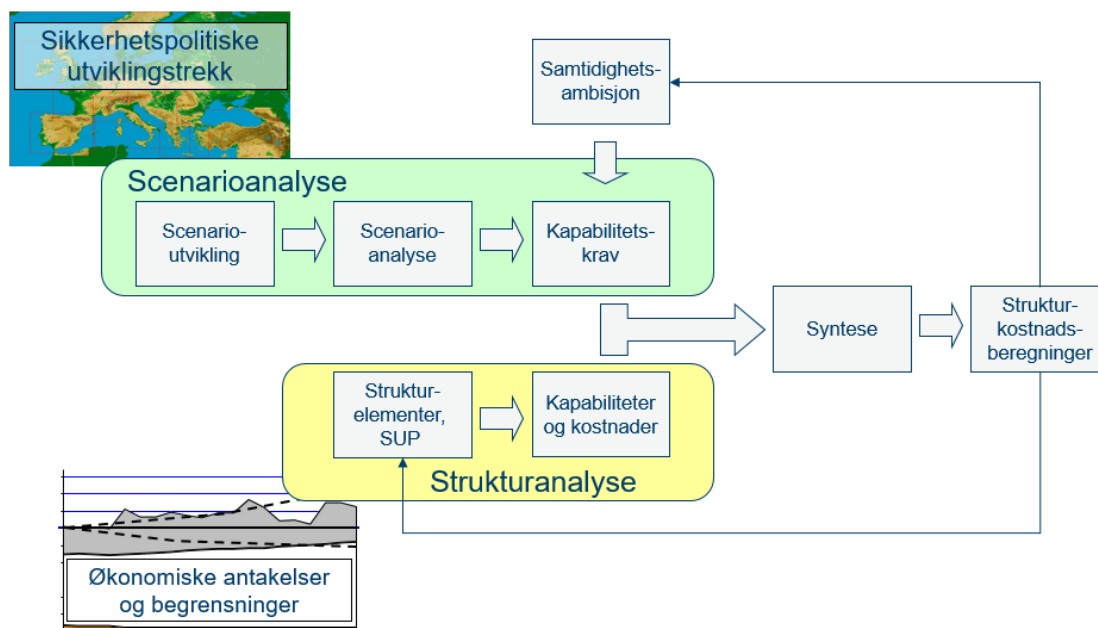
Vi ønsker også å belyse sentrale utviklingstrekk som påvirker forsvarssektoren på et overordnet nivå. Teknologit utvikling, forsvarsstruktur og rammebetingelser kan endres, og slik ha en effekt på bruken av energi og dermed utslipp. Vi estimerer også effekten av denne type utviklingstrekk, selv om det ikke er direkte utslippsreducerende tiltak. Sammen med de potensielle tiltakene, vil det samlede utslippsreduksjonspotensialet presenteres i resultater, sammen med kostnadsestimater.

Vi har på bakgrunn av dette forsøkt å identifisere mulige tiltak og et mulighetsrom for utslippsreduksjoner i forsvarssektoren, innenfor operative rammer. Tiltak som medfører reduserte utslipp, men som har en negativ effekt for operativ evne, er ikke vurdert. Tiltakene må kunne opprettholde eller forbedre den operative evnen.

2 Metode, datagrunnlag og forutsetninger

2.1 FFIs metode for langtidsplanlegging – oppgaver, struktur og økonomi

FFI støtter FDs langtidsplanlegging med analyser av Forsvarets oppgaver, struktur og økonomi. Hensikten med analysene er å gi kunnskapsbaserte råd og anbefalinger om Forsvarets framtidige utvikling, på en mest mulig rasjonell og sporbar måte. For dette formålet har FFI utviklet en metode for langtidsplanlegging som har vært benyttet ved instituttet siden 2006 (Hennum og Glærum 2007; Vatne et al. 2020).



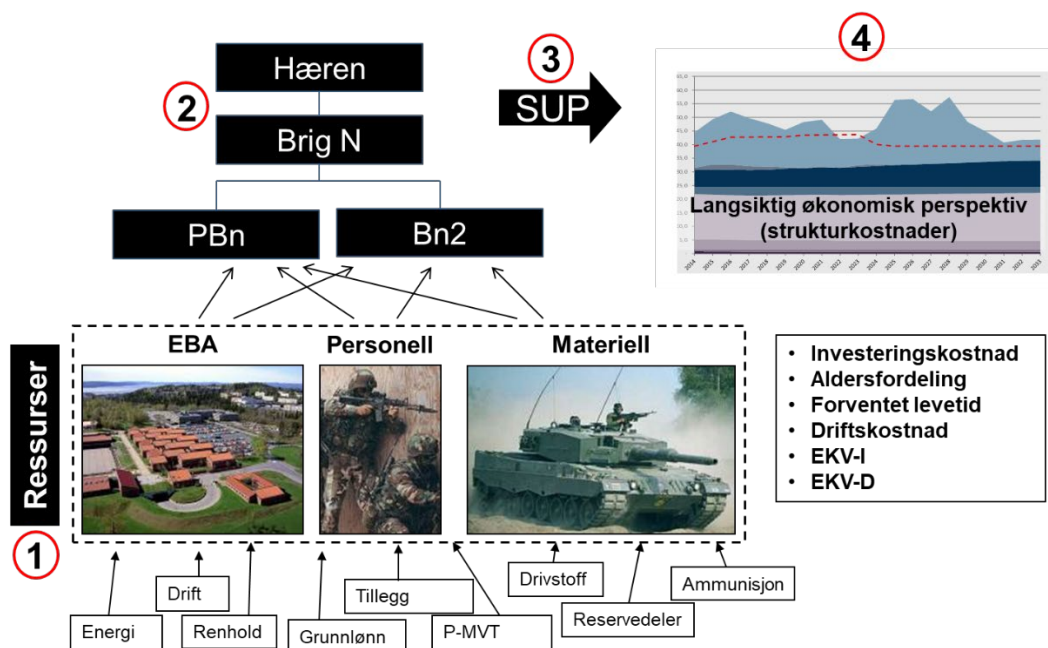
Figur 2.1 FFI's metode for langtidsplanlegging.

Metoden tar utgangspunkt i en sikkerhetspolitisk analyse av framtiden for å identifisere hvilke sikkerhetsutfordringer Norge og det norske forsvaret kan møte på lang sikt (Beadle et al. 2019). Den sikkerhetspolitiske analysen resulterer i en rekke faktorer og parametere som er relevante for norsk sikkerhet. Basert på dette utledes det scenarioklasser som beskriver generiske utfordringer for Forsvaret og norsk sikkerhet (Vatne et al. 2018). Videre spesifiseres et utvalg scenarioer innen hver scenarioklasse. Disse scenarioene inneholder detaljer om fiendtlige aktører, styrkeinnsats, tidslinjer og geografi, som gjør det mulig å analysere scenarioene i krigsspill, «table tops» (strukturerte diskusjoner) og simuleringsmodeller. Basert på denne typen spill, strukturerte diskusjoner og simuleringer utledes krav til Forsvarets evner til oppgaveløsning (kapabilitetskrav). Sett med kapabilitetskrav representerer dermed en målbar konkretisering av Forsvarets oppgaver.

Videre analyseres Forsvarets struktur. Her skiller vi mellom analyser av Forsvarets nåværende struktur, og ulike framtidige strukturer. Analysen av Forsvarets nåværende struktur gir et bilde av gapene i dagens struktur, men sier ingen ting om hvordan gapene kan eller bør dekkes. FFI utarbeider årlig en slik analyse (Rise og Hakvåg 2021).

Analysene av framtidige strukturer kan ha ulike hensikter og omfang. Noen studier går bredt ut og analyserer potensialet til ulike forsvarskonsepter og/eller strategiske veivalg (Skjelland et al. 2015; Skjelland et al. 2019). Vanligere er analyser av ulike konkrete strukturforslag sett opp mot hverandre, eller analyser av en konkret langtidsplan (Arnfinnsson og Barstad 2019). I disse studiene vurderes de ulike konkrete strukturplanene opp mot kapabilitetskravene fra scenarioanalysen. Analysen gir dermed et bilde av i hvilken grad strukturene er i stand til å løse Forsvarets oppgaver i et framtidsperspektiv.

For å kunne si noe om kostnadseffektivitet/kost-nytte må også strukturenes kostnader analyseres. For dette formålet benyttes verktøyet KOSTMOD (Nielsen et al. 2018). Økonomiske data og historiske kostnadstall for enheter («ressurser») i forsvarsstrukturen samles inn, bearbejdes og legges inn i KOSTMOD-databasen, og aggregeres opp til kostnader for avdelinger og forsvarsgrener. De aktuelle strukturplanene legges inn og brukes til å framskrive kostnadene for den aktuelle forsvarsstrukturen i 20-årsperspektivet. Se prinsippskissen i figur 2.2.



Figur 2.2 Skjematisk beskrivelse av KOSTMOD. Modellen består av 1) ressurser som tilordnes til 2) avdelinger som summeres opp til 4) strukturkostnader via 3) strukturutviklingsplan (SUP).

Metoden er altså fokusert rundt Forsvarets oppgaver, struktur og økonomi, og tar ikke hensyn til andre, eksterne virkninger, slik som påvirkning på klima eller naturmangfold.

2.1.1 Klimatiltak, operativ evne og økonomi

Som nevnt i kapittel 1.1, kreves dype utslippsreduksjoner i hele samfunnet for å begrense global oppvarming til 1,5 °C, og utslipp av CO₂ må nå netto null i 2050 for å nå dette målet. Samtidig vet vi at investeringer Forsvaret gjør i dag vil medføre utslipp enda lengre fram i tid. Gitt de alvorlige konsekvensene klimaendringene medfører argumenterer vi derfor for at vi bør kjenne til langtidsplanleggingens konsekvens for utslipp av drivhusgasser.

Forsvaret er definert som en samfunnskritisk funksjon og bidrar til å dekke vårt grunnleggende behov for sikkerhet gjennom ivaretagelse av statssikkerheten. I denne studien er det derfor en forutsetning at tiltakene vi vurderer ikke skal ha negative konsekvenser for den operative evnen. Tiltak som har potensiale for å øke eller opprettholde den operative evnen blir vurdert.

Klimatiltak kan medføre økte kostnader. Det er imidlertid viktig å ha et levetidsperspektiv. For eksempel vil en del klimatiltak medføre investeringskostnader på kort sikt, men besparelser i driftskostnader vil kunne gjøre det økonomisk lønnsomt på lengre sikt. Samtidig må vi også ha i bakhodet at noen tiltak ikke lønner seg for Forsvaret isolert sett, men kan være et kostnads-effektivt klimatiltak for samfunnet. For å illustrere dette kan man tenke seg et hypotetisk klimatiltak i Forsvaret som kommer til å koste Forsvaret 500 kr per tonn CO₂. Etter hvert som resten av samfunnet får strengere krav til utslipp vil kostnaden for å kutte neste tonn CO₂ gå opp. Når denne kostnaden overstiger 500 kr per tonn CO₂ vil det for samfunnet være mer effektivt å gjøre det hypotetiske tiltaket i Forsvaret enn å gjøre et dyrere tiltak i sivilsamfunnet.

En annen illustrasjon på det kan være å sammenligne kostnadene av klimatiltak med kostnadene av klimaendringene dersom man ikke gjør tiltak. En slik analyse gir bare mening på globalt nivå, og har en rekke usikkerheter knyttet til seg. Flere større analyser peker imidlertid klart i retning av at kostnadene ved klimaendringene i et «*business as usual*»-scenario langt vil overstige kostnadene ved å gjøre klimatiltak som holder den globale oppvarmingen under 1,5 °C (IEA 2021; Andersson et al. 2020; OECD 2015; Stern 2006). Forsvaret finansieres av statsbudsjettet, og både kostnadene for mange øvrige klimatiltak samt mange av kostnadene av konsekvensene av klimaendringene vil belaste statsbudsjettet. Det er derfor ingen grunn til at ikke man skal finansiere samfunnsøkonomisk effektive klimatiltak i Forsvaret, så lenge dette ikke går negativt utover finansieringen av Forsvarets operative virksomhet.

Vi har derfor tre hovedparametere vi må vurdere for de ulike tiltakene: klima, operativ evne og økonomi.

2.2 Forsvarssektorens miljøregnskap – metode og datagrunnlag

For å sikre Forsvarets sektoransvar på miljøområdet har forsvarssektoren innført miljøledelse, og etablert forsvarssektorens miljødatabase (MDB) som administreres av FFI på oppdrag fra FD. MDB har vært et forvaltningsoppdrag siden 2008. Det dekker etatenes krav til rapportering, og fungerer som et verktøy i miljøledelse etter standarden ISO 14001. MDB inneholder data på følgende miljøaspekter: Avfall, energi, drivstofforbruk, utslipp fra ammunisjonsforbruk, vannforbruk, kjemikalier, akutte utslipp, og utslipp av drivhusgasser og andre utslippskomponenter. FFI utarbeider et årlig miljø- og klimaregnskap som presenterer miljøstatistikk fra det foregående året (Kirkhorn et al. 2021).

I denne rapporten er forsvarssektorens klimaregnskap (avsnitt 2.2.1) benyttet som utgangspunkt for å modellere en referansebane for framtidige utslipp (se kapittel 3). Referansebanen er utgangspunktet for å vurdere tiltak kvantitativt. Ytterligere utslipp genereres også fra innkjøp av varer og tjenester, som ikke er en del av klimaregnskapet. Disse redegjøres for i avsnitt 2.2.2.

2.2.1 Forsvarssektorens klimaregnskap

I henhold til iverksettelsesbrev for forsvarssektoren (IVB LTP) for langtidsplanperioden 2013–2016 skulle det etableres et klimaregnskap basert på *Greenhouse gas protocol* (GHG-

protokollen) (Forsvarsdepartementet 2016). FFI har siden 2012 utarbeidet et årlig klimaregnskap for forsvarssektoren i henhold til GHG-protokollen, sammen med miljøregnskapet. GHG-protokollen er en internasjonal anerkjent standard for klimaregnskap på virksomhets-/organisasjonsnivå.

Tabell 2.1 er hentet fra forsvarssektorens klimaregnskap fra 2020 og synliggjør sektorens utslipp fordelt etter kilde, energivare/aktivitet og type drivhusgass. Utslippene er inndelt i såkalte *scopes*. *Scope 1* er direkte utslipp fra drivstofforbruk på Forsvarets materiell og bruk av energivarer lokalt. Utslippene oppstår altså fra kilder som eies eller kontrolleres av Forsvaret selv. *Scope 2* er indirekte utslipp som omfatter elektrisitet og fjernvarme. *Scope 3* omfatter en del indirekte kilder til utslipp som vi har robuste årlige data for, slik som flyreiser, innleid logistikk og avfallsbehandling, men er ikke et komplett regnskap for indirekte utslipp. For eksempel er ikke produksjon av innkjøpt materiell og utslipp fra bygg- og anleggsvirksomhet inkludert, se avsnitt 2.2.2.

Forsvarssektorens utslipp i *scope 1* er 238 917 tonn CO₂-ekvivalenter i 2020, som tilsvarer omtrent 0,5 % av utslippene fra norsk territorium (SSB 2021).⁴ Forsvarssektorens andel av nasjonale utslipp vil variere mellom år, men ettersom både nasjonale utslipp og sektorens utslipp har vært stabile de senere år, er andelen i 2019 representativ for sektorens andel. I henhold til protokollen er det *scope 1* og *2* som er obligatorisk å føre, og som danner grunnlag for sammenligning mot andre organisasjoner og virksomheter. *Scope 3* er ikke obligatorisk å rapportere, men anbefales dersom disse utslippene utgjør en betydelig andel. Dette er tilfelle for forsvarssektoren som er en stor innkjøper og bruker av varer og tjenester. Disse utslippene omfatter et større datagrunnlag, gir høyere totale estimerte utslipp og omtales nærmere i avsnitt 2.2.2.

Det må likevel understrekes at sektorens utslipp ikke er direkte sammenlignbare med nasjonale utslipp. Dette følger av at sektorens klimaregnskap er utarbeidet etter GHG-protokollen og i stor grad forbruksbasert etter prinsipp om operasjonell kontroll, mens nasjonale utslipp fra SSB er basert på hvor drivstoffet er solgt og gjelder norsk territorium (IPCC 2006b; SSB 2021). I sektorens regnskap er for eksempel drivstofforbruk på fartøy utenfor norsk farvann regnet med. For internasjonale operasjoner har Forsvaret kjøpt inn drivstoff lokalt som rapporteres til FFI. Se tidligere regnskaper (Nybakke et al. 2014) for utslipp i forbindelse med aktivitet i slike operasjoner. Dette påvirker også sektorens utslipp, og er som annen aktivitet en årsak til varierende utslipp mellom år. De siste årene har aktivitet i internasjonale operasjoner vært av mindre omfang, og majoriteten av sektorens utslipp oppstår uansett innenfor norsk territorium.

I klimaregnskapet beregnes utslipp av hver enkelt drivhusgass, og disse vektet mot hverandre til en felles enhet etter hvilket globalt oppvarmingspotensial (GWP) de har relativt til CO₂ i et 100-års perspektiv i henhold til retningslinjene fra IPCC (IPCC 2006a). Utslipp av drivhusgasser føres derfor i denne rapporten som tonn CO₂-ekvivalenter (heretter CO₂-ekv). Merk at klimaregnskapet er under kontinuerlig utvikling, og oppdatering av modeller, identifisering av feil og mangler medfører at data korrigeres og rekalkuleres. Derfor henvises det alltid til seneste

⁴ Sammenlignet direkte mot utslipp i 2019. 2020-tall var ikke publisert ved rapportens utgivelse.

regnskap for en mer detaljert beskrivelse at forsvarssektorens klimaregnskap (Kirkhorn et al. 2021).

Tabell 2.1 *Utslipp (CO₂, CH₄, N₂O, tonn CO₂-ekv) fordelt på ulike kategorier, varer og tjenester fordelt på scope 1–3 for 2020 (Kirkhorn et al. 2021).*

Scope	Kategori	Vare	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFK	CO ₂ -ekv
1	Bygg og anlegg	Bioenergi	-	9,81	3,40	-	1 346,28
		Fyringsolje	630,68	9,E-02	5,E-03	-	635,13
		Gass	1 056,39	8,E-02	2,E-03	-	1 059,57
		Kuldemedier	-	-	-	318,72	446,97
		Avisingskjemikalier	-	-	-	-	99,95
	Fartøy	Bensin	0,65	1,1E-03	4,2E-06	-	0,69
		LNG	3 249,96	52,82	-	-	5 045,70
		Marine gas oil	125 043,89	9,07	3,15	-	126 291,32
	Kjøretøy, administrative	Bensin	194,62	0,02	2,49E-03	-	196,19
		Diesel	4 602,32	0,02	0,13	-	4 641,97
	Kjøretøy, militære	Bensin	878,77	0,18	3,E-02	-	892,45
		Diesel	5 566,84	0,02	0,15	-	5 611,45
	Luftfartøy	F-34	7 604,51	2,27E-02	1,88E-01	-	7 661,42
		Avgas	262,09	1,08E-03	0,01	-	264,62
F-44		83 336,18	3,38	2,65	-	84 239,42	
		F-44	480	-	2,E-02	-	484,12
Sum scope 1			232 906	75	10	319	238 917
2		Elektrisitet	7 027,20	-	-	-	7 027,20
		Fjernvarme	586	1	0,5	-	769,71
Sum scope 2			7 614	1	0,5	-	7 797
Sum scope 1-2			240 520	77	10	-	246 714
3	Avfall generert i virksomheten	Bygg- og avhendingsavfall	-	-	-	-	496,21
		Næringsavfall	-	-	-	-	2 472,20
	Drivstoff og energirel.aktiviteter	Avgas	22,20	0,12	4,59E-03	-	27,75
		Bensin	90,99	0,50	2,E-02	-	113,70
		Diesel	947,97	4,92	0,02	-	1 119,89
		F-34	6 498,59	36,38	6,36E-02	-	7 754,54
		F-44	34,07	0,19	3,33E-04	-	40,66
		LNG	387,94	2,57	2,E-02	-	481,13
		Marine gas oil	12 218,41	136,15	2,79E-01	-	16 930,66
		LPG	72,63	3,57	3,43E-11	-	193,85
		Naturgass	20,23	0,99	1,E-11	-	53,98
		Biopellets	67,28	0,16	0,E+00	-	72,66
	Lett fyringsolje	44,59	0,25	4,E-04	-	53,17	
	Svovelfri fyringsolje	-	-	0,E+00	-	0,00	
	Trevirke	895,32	1,21	3,E-03	-	937,11	
	Oppstrøms transport og distribusjon	Godstransport jernbane	93,61	0,01	2,E-03	-	94,53
		Godstransport sjø	74,42	0,01	0,00	-	76,28
		Sivil charter	4 062,76	2,E-04	2,E-04	-	4 062,83
		Spedisjon innland	7 194,83	0,09	0,07	-	7 217,66
	Pendlerreise	Spedisjon utland	2 394,18	0,12	0,06	-	2 416,68
		Pendlerreise med fly	690,67	7,33E-03	0,02	-	704,71
	Tjenestereise	Innlandsreiser med fly	19 664	0,20	0,6	-	19 857,07
		Utlandsreise med fly	2 205	2,42E-04	0,02	-	2 209,98
		Tjenestereise med bil	2 407	0,14	0,05	-	2 425,47
Sum scope 3			60 086	187	1	-	69 813
Sum scope 1-3			300 606	264	11	319	316 527
CO ₂ -utslipp bioenergi			99 708				
Alt. beregning utslipp fra el., basert på nasjonal varedeklarasjon			213 763				

Produksjon og distribusjon av drivstoff genererer også utslipp, og kan sees i klimaregnskapet i scope 3. Kategorien synliggjør først om fremst at reduksjon i drivstofforbruk også vil medføre reduserte indirekte utslipp, i tillegg til de direkte utslippene. Indirekte utslipp som følge av

produksjon og distribusjon av drivstoff er betydelige for forsvarssektoren som stor drivstoffkunde, og var i 2020 på 26 464 tonn CO₂-ekv.

I henhold til GHG-protokollen skal CO₂-utslipp fra forbrenning av biomasse ikke inngå innenfor *scope* 1–3 (og regnes dermed som null-utslipp), men presenteres separat i klimaregnskapet (The Greenhouse Gas Protocol 2015). Det er vist på nest siste linje i tabell 2.1. Biomasse og biodrivstoff blir diskutert nærmere i avsnitt 4.1.2.2 og vedlegg B.

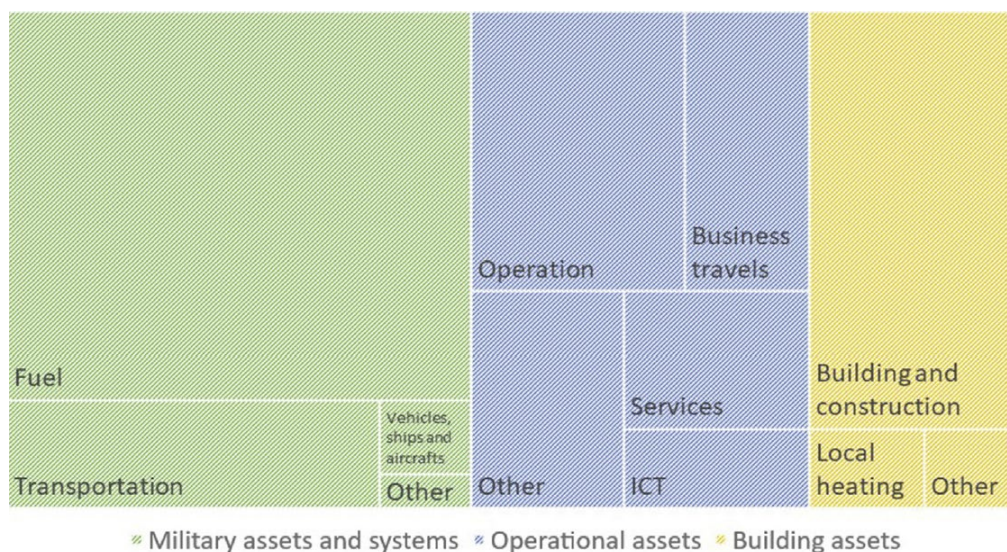
2.2.2 Indirekte kilder til utslipp

2.2.2.1 Indirekte utslipp fra innkjøp – en organisatorisk livssyklusanalyse

Forsvarsbygg (FB) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har i samarbeid med FFI utarbeidet en organisatorisk livssyklusanalyse over drivhusgassutslippene i forsvarssektoren, *Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation* (Sparrevik og Utstøl 2020). Studien bruker en hybrid metodikk hvor fysiske data fra MDB brukes så langt som mulig. For miljøbelastende aktivitet hvor slik data manglet, ble innkjøpsdata benyttet.

I en livssyklusanalyse inkluderes mer enn bare utslippene som oppstår fra ordinær drift i en organisasjon. Utslipp fra EBA er et eksempel. I forsvarssektorens miljøregnskap er utslipp fra drift av EBA relatert til elektrisitet, fjernvarme, lokal oppvarming inkludert. I tillegg er utslipp fra produksjon av energivarene inkludert som indirekte utslipp i *scope* 3, se avsnitt 2.2.1. I livssyklusanalysen derimot, er en rekke andre EBA-relaterte utslipp inkludert i tillegg, som sektoren påvirker gjennom innkjøp. Dette inkluderer blant annet utslipp fra materialer til nye bygg, innleid arbeidskraft til anleggsfasen, innleide tjenester og reparasjon og vedlikehold.

I livssyklusanalysen er utslipp estimert fra kostnadskategorier i nasjonalbudsjettet og utslippsfaktorer (CO₂-ekv/kr) for hver kostnadskategori. Utslippsfaktorene stammer fra såkalt miljø-utvidet input-output analyse som inkluderer utslipp i hele livssyklusen. Innkjøpsdataene inkluderer en rekke forskjellige kategorier av varer og tjenester. For eksempel er utslipp fra produksjon av kjøretøy, fartøy og luftfartøy inkludert, basert på nærmeste sivile kategorier, og fordelt utover levetiden slik at produksjonsutslippet inkluderes for ett enkelt år.



Figur 2.3 Trekkart som viser utslippkildenes bidrag til totale livssyklusutslipp i 2017 (Sparrevik og Utstøl 2020).

Resultat over utslippskategoriene i studien er gjengitt i tabell 2.2 og illustrert i figur 2.3. Utslipp i driftsfasen samsvarer godt med *scope 1* og *2* i det offisielle klimaregnskapet. Utslipp fra særlig oppstrøms verdikjeder fra organisasjonen er derimot vesentlig høyere enn hva som inngår i det offisielle klimaregnskapet (*scope 3*). Utslippene er også inndelt i militære, driftsmessige og bygningsrelaterte eiendeler i figur 2.3. Dette synliggjør også hvordan innkjøp til drift og bygningsmasse er vesentlig i et livssyklusperspektiv.

De totale estimerte utslippene fra forsvarssektoren i et organisatorisk livssyklusperspektiv er for 2017 dermed 807 764 tonn CO₂-ekv. Sammenlignet mot totale utslipp fra norsk økonomisk aktivitet hvor anskaffelser og import medregnes, utgjør dette 1,1 % av de totale utslippene. Oppsummert synliggjør studien hvordan forsvarssektoren er en betydelig innkjøpsmakt, og at ressursbruken og drivhusgassutslippene fra innkjøp av varer og tjenester til sammen er større enn de direkte utslippene i sektoren. Selv om det er betydelig usikkerhet tilknyttet utslippene fra en rekke kategorier, er det sannsynlig at utslipp er underestimert heller enn overestimert. Dette som følge av at produksjon og avhending av kjøretøy, fartøy og luftfartøy er basert på nærmeste sivile kategorier til materiellet som er i bruk. Selv om estimatene fra en slik studie er usikre, gir den et mer overordnet bilde av de totale utslippene som oppstår fra den årlige aktiviteten i forsvarssektoren.

I miljøstyringssammenheng er det ofte høyt prioritert å redusere direkte utslipp innenfor organisasjonen, ettersom dette omhandler utslippene man har direkte kontroll over. Det å nå Norges klimamål mot 2030 og 2050 krever at utslipp reduseres der det kan gjøres mest mulig effektivt, uavhengig av hvor utslippene oppstår. Å bidra med resten av offentlig sektor til mer klima-vennlige innkjøp og anskaffelser kan ha vesentlig effekt.

Redusert forbruk av fossilt drivstoff, og andre tiltak innenfor forsvarssektoren bør derfor ikke være de eneste tiltakene som får oppmerksomhet. Klimavennlige innkjøp av varer og tjenester

bør prioriteres som egne fokusområder. I motsetning til eventuelle endringer på materiell som kan ha en levetid på flere tiår, vil anskaffelser av varer og tjenester typisk ha regelmessige kontrakter på 4–5 år. Med dette tatt i betraktning, kan forsvarssektoren gjennom klimavennlige innkjøp av varer og tjenester bidra til å redusere utslipp i samfunnet også på kort sikt.

Livssyklusanalysen danner likevel ikke et utgangspunkt for detaljert oppfølging i videre miljøstyring. Ettersom utslippsfaktorene tilknyttet innkjøp benytter nasjonale og internasjonale data, er de i mindre grad egnet for å bli fulgt opp av tiltak på lokalt nivå.

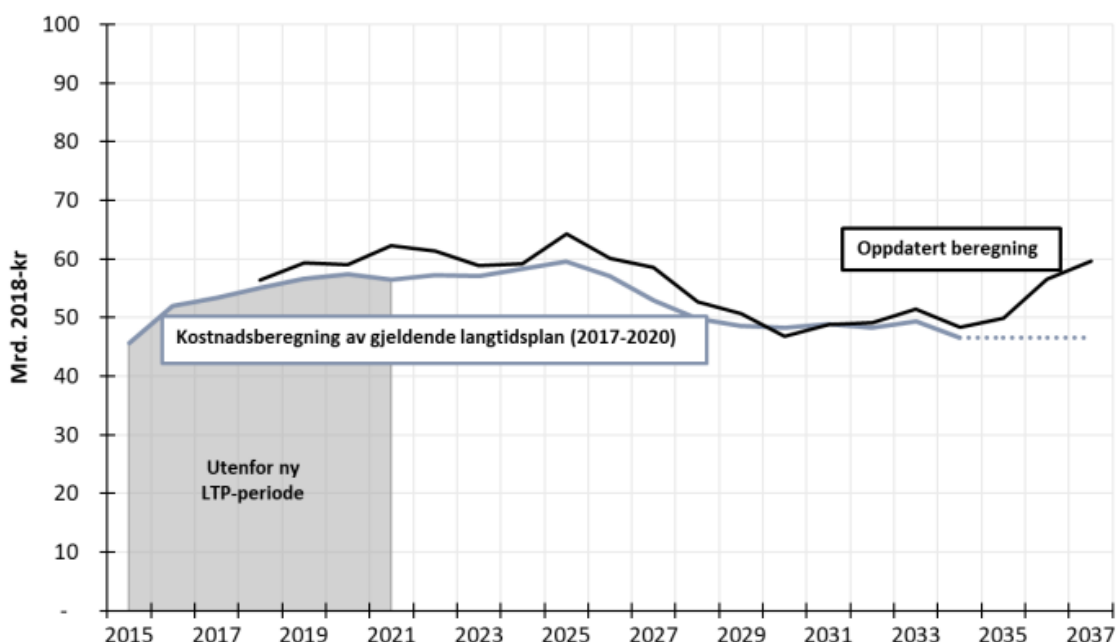
Tabell 2.2 Organisasjonelle livssyklus drivhusgassutslipp i forsvarssektoren i 2017 (tonn CO₂-ekv) (Sparrevik og Utstøl 2020).

Activity	Source	Annual emissions (tonnes CO ₂ eq. pr year)					Activity total
		Upstream	Reporting	Downstream	Total		
Military assets and systems	Vehicles, ships, aircraft	10 832	–	106	10 938	370 313	
	Fuel	41 611	248 088	–	289 699		
	Munition	5343	0.06	–377	4966		
	Transportation	64 710	–	–	64 710		
Operation assets	De-icing activity	2293	426	–	2719	269 218	
	Operation	96 048	–	–	96 048		
	Services	40 912	–	–	40 912		
	Other	36 850	–	–	36 850		
	ICT	23 647	–	–	23 647		
	Competence	6737	–	–	6737		
	Personnel	4930	–	–	4930		
	Communication	2816	–	–	2816		
	Business travels	55 721	–	–	55 721		
Waste management	–	–	–1162	–1162			
Building assets	Purchased energy	7298	–	–	7298	168 233	
	District heating	577	1453	–	2030		
	Local heating	2867	11 774	–	14 641		
	Water consumption	849	–	1255	2104		
	Fugitive emissions	–	778	–	778		
	Building and construction	141 382	–	–	141 382		
		545 423	262 519	–178	807 764		

2.3 Kostnader – metode og datagrunnlag

2.3.1 Kostnadsberegninger til støtte for langtidsplanleggingen

For å analysere det langsiktige kostnadsbildet for forsvarssektoren bruker FFI beregningsmodellen KOSTMOD (Nielsen et al. 2018). Modellen krever detaljert innsikt i Forsvarets kostnadsstruktur og kostnadsdrivere, og resultatene fra beregningene er viktige innspill til departementets langtidsplanprosess. FFI legger derfor betydelig innsats i å utvikle og oppdatere metode- og datagrunnlaget. Kostnadsbildet bygges fra bunnen av. I KOSTMOD modelleres kostnader per enhet materiell, personell og infrastruktur. Inputdataene hentes fra mange kilder – regnskap, budsjetter, ulike databaser med oversikt over forbruk og vedlikehold (herunder Forsvarssektorens miljødatabase (MDB)), framtidige planer, prosjektdokumentasjon, intervjuer med ulike eksperter, med mer.



Figur 2.4 Eksempel på to KOSTMOD-beregninger. I dette eksempelet er kostnadsberegningen av forrige langtidsplan vist før og etter en oppdatering av datagrunnlaget. Hentet fra (Skjelland et al. 2019).

I denne rapporten benyttes siste oppdaterte KOSTMOD-beregning⁵ av nåværende langtidsplan for forsvarssektoren (Prop. 14 S (2020–2021)) som referanse for kostnader. For å hensynta effekten av økt CO₂-avgift må framtidige utslipp også modelleres. Det gjøres i kapittel 3.

⁵ Ikke tilgjengelig i ugradert publikasjon.

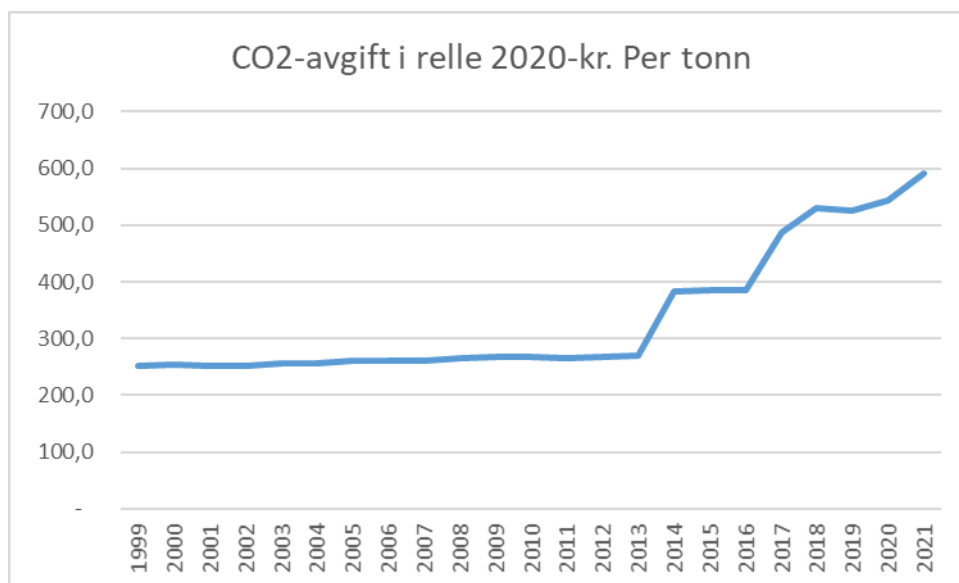
2.3.2 Klimaøkonomi – prissetting av CO₂-utslipp

De to vanligste metodene for å prissette utslipp av drivhusgasser (og annen forurensning) er kvotesystemer og avgifter. Norge er tilknyttet EUs kvotesystem (EU ETS), som omfatter klimagassutslipp fra kraftproduksjon, kraftkrevende industri og luftfart innenfor EØS. Dette kvotesystemet er et *cap-and-trade*-system som betyr at det settes et øvre tak på utslippene fra kvotepliktig sektor, og at kvoter handles fritt mellom aktørene. Prisen på disse utslippene blir dermed bestemt av markedet. Prisen på en klimakvote på ett tonn CO₂ er ca. 500 kr per juni 2021.

Alle andre utslipp (utenom utslipp fra skog- og arealbruk, som er en egen kategori) er såkalt ikke-kvotepliktige utslipp (transport, jordbruk, oppvarming, avfall, fluorholdige gasser og deler av utslippene fra industri og petroleum). I Norge er de fleste av disse utslippene, med en del unntak, avgiftsbelagt med en CO₂-avgift. I 2020 var denne CO₂-avgiften på 544 kr per tonn CO₂.

CO₂-avgiften ble innført i Norge i 1990. Endringer både i omfang (hva som er avgiftsbelagt) og endringer i andre relaterte avgifter gjør det krevende å lage en detaljert historikk på avgiftsnivået, men trenden er at avgiften har økt (Skattedirektoratet 2021). I 1999, etter en vesentlig endring i avgiftssystemet, var CO₂-avgiften på 46 øre (1999-kr) per liter mineralolje. I 2020 er denne på 1,45 kr (2020-kr). Figur 2.5 viser den historiske utviklingen av CO₂-avgiften, målt i reelle 2020-kr per tonn CO₂.

Ifølge Grønn Skattekomisjon (NOU 2015: 15) tilsier prinsippet om kostnadseffektivitet at alle utslipp fra ikke-kvotepliktig sektor bør ha lik CO₂-avgift per tonn CO₂-ekv, hvis målet er å kutte utslipp på en mest mulig samfunnsøkonomisk lønnsom måte. Trenden de siste årene er at stadig flere unntak og særregler forsvinner, selv om det er et stykke igjen til prinsippet er oppfylt (Skattedirektoratet 2021). Det er dermed rimelig å anta at denne trenden vil fortsette. Det kan få konsekvenser for Forsvaret, som har noen unntak og reduserte avgiftssatser, se avsnitt 2.3.2.2. Vi forutsetter imidlertid at fritakene vedvarer i de økonomiske beregningene i denne rapporten.



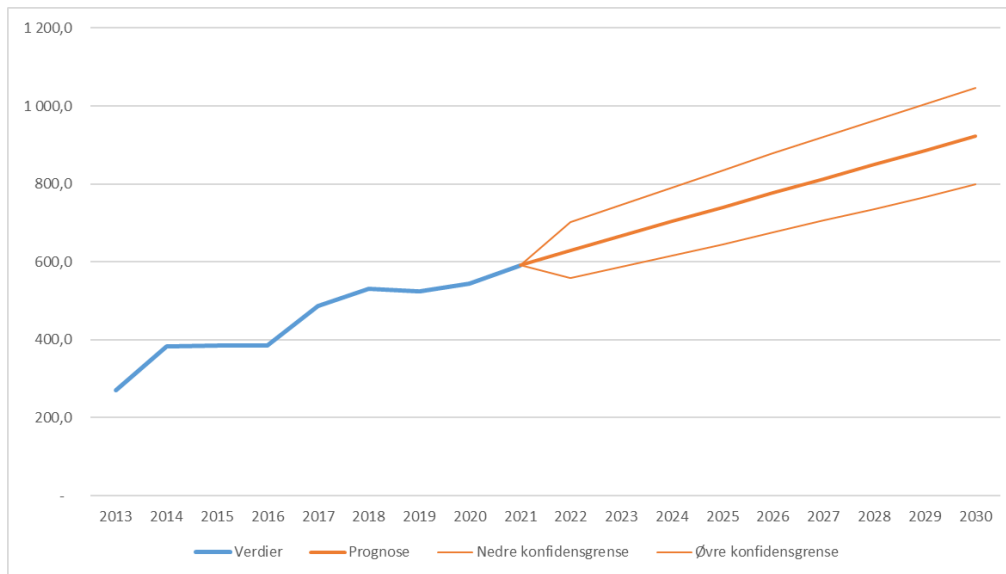
Figur 2.5 Historisk utvikling av nivået på CO₂-avgiften i Norge (Skattedirektoratet 2021). Endringer i omfang kommer ikke fram av figuren.

2.3.2.1 Framtidig CO₂-avgift – ulike metoder

Avgiftsnivået for påfølgende år bestemmes formelt i statsbudsjettet for hvert år. Per mai 2021 er det ikke inngått noen forpliktende avtale i Stortinget om å øke CO₂-avgiften. Derfor er den framtidige CO₂-avgiften svært usikker.

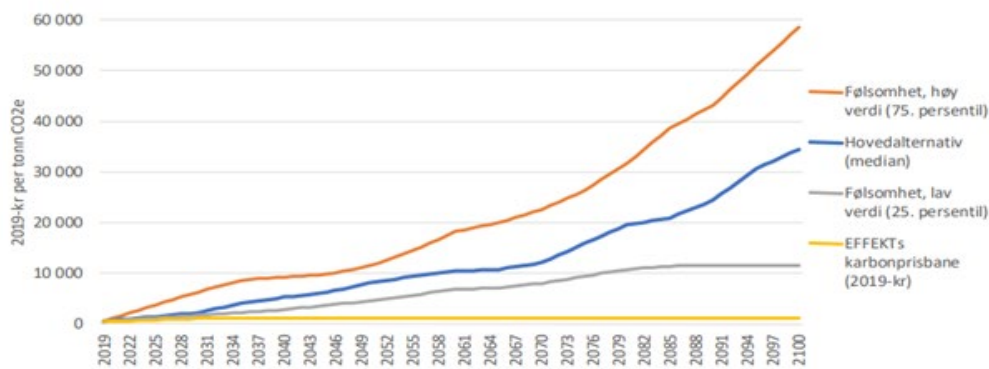
Siden den framtidige CO₂-avgiften er så usikker, og det bare er de siste årene den har hatt en reell markant økning, er det ikke uvanlig med en flat framskrivning av dagens avgiftsnivå i framtidige kostnadsberegninger og investeringsbeslutninger (Rødseth et al. 2019). Men siden man vet at CO₂-avgiften har økt de senere årene, og det er en politisk bevissthet rundt økt CO₂-avgift som et viktig klimapolitisk virkemiddel, kan det være rimelig å regne med en økning av CO₂-avgiften framover også. Dette kan igjen gjøres på flere måter.

Én framgangsmåte er å bruke regresjon til å ekstrapolere trenden de siste årene. Et viktig spørsmål med denne metoden er hvilke år man skal regne trenden ut fra og ikke. I perioden 1999–2013 er utviklingen rimelig flat (målt i reelle kroner), før den begynner å vokse fra 2014, med ujevn vekst fra år til år. Tar man for eksempel utgangspunkt i årene 2013–2021, gir en lineær regresjonsmodell en prognostisert CO₂-avgift på 923 2020-kr/tCO₂ i 2030. Se figur 2.6.



Figur 2.6 Estimering av framtidig CO₂-avgift basert på historikk.

En annen metode, benyttet av Transportøkonomisk Institutt (TØI) (Rødseth et al. 2019) tar utgangspunkt i en global CO₂-prisutvikling som er konsistent med 1,5-graders målet. Den prognostiserer en CO₂-avgift på 2159 2019-kr/tCO₂ i 2030. Se figur 2.7.



Figur 2.7 TØIs karbonprisbane (blå) konsistent med 1,5-gradersmålet til IPCC, med usikkerhet og tidligere benyttet karbonprisbane i Statens vegvesens EFFEKT-modell (gul). Hentet fra Rødseth et al. (2019).

En tredje metode er benyttet av Statistisk Sentralbyrå (SSB) i oppdraget de fikk i forbindelse med *Klimakur 2030* (Fæhn et al. 2020). I dette mandatet ble SSB bedt om å gjennomføre en makroøkonomisk analyse av utslippskutt på 50 % i ikke-kvotepiktig sektor. For å gjennomføre analysen benyttes SNOW-modellen, en framskrivningsmodell for norsk økonomi og norske utslipp. Ved rekursiv kjøring av modellen med ulike utslippsmål oppnås en karbonpriskurve, dvs. nivåer av CO₂-avgiften som er konsistent med ulike utslippsmål.

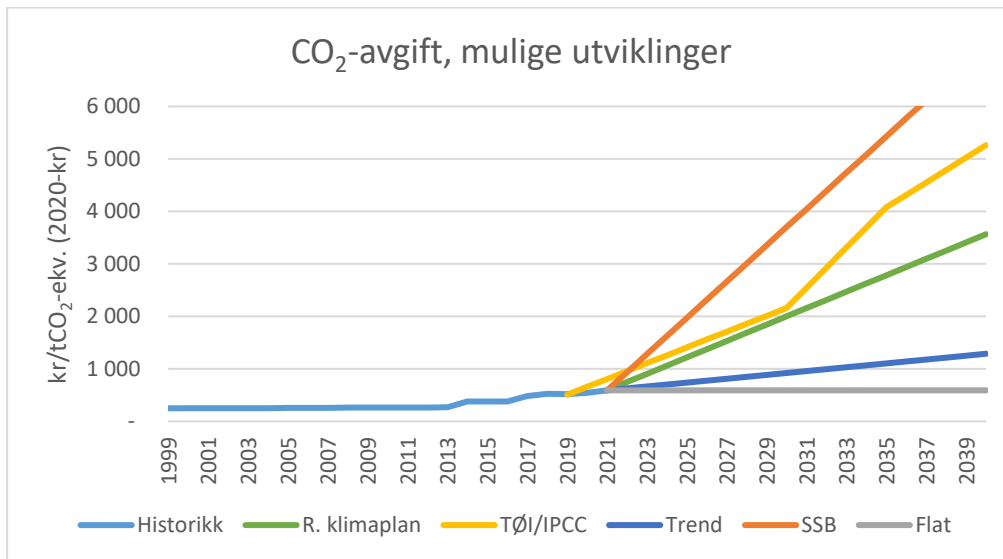
Siden modellen modellerer hele den norske økonomien, må modellen også gis input på hva de økte inntektene forbundet med økt CO₂-avgift skal brukes på. Ulik bruk av de økte inntektene har ulik effekt på økonomien, som resulterer i ulike karbonpriser. SSB brukte to ulike scenarier som oppnådde 50 % utslippskutt, og CO₂-avgiften i de to scenarioene ble prognostisert til å være hhv. 3700 kr/tCO₂ og 4000 kr/tCO₂ (oppjustert til 2020-kr) i 2030.

Våren 2021 ble Regjeringens forslag til klimaplan lagt fram (Meld. St. 13 (2020–2021)). Der foreslås en gradvis økning av CO₂-avgiften til 2000 kr/tCO₂ i 2030. Klimaplanen fikk ikke flertall og man kan dermed ikke regne denne økningen som sikker.

Tabell 2.3 oppsummerer de ulike anslagene for CO₂-avgiften i 2030 gitt ulike kilder. Det er en vesentlig politisk usikkerhet knyttet til framtidig CO₂-avgift. Det framstår imidlertid rimelig å anta at avgiften vil komme til å øke mot 2030 sammenlignet med dagens nivå.

Tabell 2.3 Ulike anslag for CO₂-avgiften i 2030 basert på ulike framskrivningsmetoder og forutsetninger.

Metode/kilde	Anslag på CO₂-avgift i 2030 (kr/tCO₂, 2020-kr)
Flat	591
Trend	850–950
Regjeringens klimaplan	2 000
TØI	2 200
SSB	3 700–4 000



Figur 2.8 Ulike framskrivninger av CO₂-avgiften fram til 2040 basert på ulike metoder og kilder.

Man kunne brukt alle de ulike avgiftsscenarioene videre i analysene. For enkelhets skyld forholder vi oss imidlertid til kun to avgiftsscenarioer til bruk i denne analysen: ingen økning (flat), og lineær økning iht. Regjeringens klimaplan. For sistnevnte antar vi at avgiften fortsetter å øke lineært også etter 2030, se figur 2.8.

Basert på dette kan vi da plassere mulige tiltak og beslutninger i ulike kostnadskategorier:

- Kostnadsbesparende – ved dagens avgiftsnivå.
- Kostnadsbesparende – ved økt CO₂-avgift iht. Regjeringens klimahandlingsplan.
- Ikke-kostnadsbesparende – selv ved økt CO₂-avgift iht. Regjeringens klimaplan. Det kan da oppgis en ekstraavgift per tonn CO₂-ekv.

2.3.2.2 CO₂-avgiften i Forsvaret

De direkte utslippene fra Forsvaret er en del av ikke-kvotepiktig sektor, og Forsvaret er dermed ikke underlagt kvotesystemet, men betaler i stedet CO₂-avgift på drivstoff. Forsvaret benytter følgende typer drivstoff: F-34/F-35 (fly og militære kjøretøy), marin gassolje (MGO), F-44 (helikopterdrivstoff) samt anleggsgassolje, autodiesel og bensin. F-34/F-35 og MGO utgjør størstedelen av volumet⁶ og utslippene. Forsvaret betaler ulike satser for CO₂-avgiften for de ulike produktene.

⁶ 91,6 volumprosent.

Tabell 2.4 CO₂-avgift i Forsvaret per 2020 for ulike drivstoff oppgitt i epostkorrespondanse med FLO Forsyning.

Drivstoff	CO ₂ -avgift	Kommentar
F-34	Redusert sats: kr 1,39/l ⁷	
MGO	Generell sats: kr 1,45/l	Fartøyer i YKV har avgiftsfritak (gjelder også andre avgifter)
LNG	Generell sats: 1,08 kr/Sm ³	
F-44	Redusert sats: kr 1,39/l	
Anleggsdiesel, autodiesel og bensin	Generelle satser iht. bruk.	

I tillegg til dette er det også fritak for avgifter for fartøyer som skal anlegge ved internasjonal havn ved neste havneanløp, og generelt fritak for alle avgifter under Nato-øvelser.

2.3.3 Drivstoffkostnader

For å vurdere kostnad/lønnsomhet ved et klimatiltak må det tas hensyn både til endringer av avgiftsnivå og kostnader ved drivstoff, herunder endringer av mengde og type.

Tabell 2.5 Pris per tonn drivstoff for utvalgte drivstofftyper inkl. avgifter, men uten avgiftsøkning. Hentet fra (DNV-GL 2019b)⁸.

Drivstoff	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
MGO	8 852	8 852	8 852	8 852	8 852	8 852	8 852	8 852	8 852	8 852
HVO	14 385	14 615	14 769	15 192	15 423	15 654	15 897	16 038	16 167	16 308
LNG	7 912	7 912	7 912	7 912	7 912	7 912	7 912	7 912	7 912	7 912
LBG	15 088	15 324	15 574	15 824	16 074	16 324	16 588	16 853	17 118	17 382

Kostnadene for avansert biodrivstoff er framskrevet av Argus Consulting på oppdrag fra Miljødirektoratet, og gjengitt i (DNV-GL 2019b). Basert på en forventning om økt etterspørsel forventes det økte priser på biodrivstoff. Selv om prisene på ordinært drivstoff kan komme til å øke som følge av økt CO₂-avgift, er det grunn til å forvente at avansert biodrivstoff vil være dyrere i overskuelig framtid på grunn av markedskreftene. Dersom avansert biodrivstoff skulle bli billigere enn fossilt drivstoff etter avgiftsøkninger, vil etterspørselen øke så drastisk at en ny likevekt oppstår der avansert biodrivstoff vil være minst like dyrt som fossilt drivstoff inkludert avgifter. Det eneste som kan motvirke dette vil være en teknologisk revolusjon i produksjon av

⁷ Redusert sammenlignet med generell sats på kr 1,45/l.

⁸ Kroneverdi ikke oppgitt i kilden, men er antatt å være 2019-kr.

avansert biodrivstoff som muliggjør bærekraftig og billig produksjon i stor skala (for eksempel ved bruk av alger).

Vi antar i denne analysen at prisene gjengitt i tabell 2.5 kan ekstrapoleres lineært etter 2030, fram til 2040.

En masteroppgave fra NHH har estimert priseffekten innblanding av biodrivstoff har hatt på pumpeprisen på autodiesel basert på empiriske data (Einarsdottir og Osen 2021). De finner en enda høyere tiltakskostnad enn det DNV-GL og Miljødirektoratet legger til grunn, og at tiltakskostnaden er noe høyere for Forsvaret enn for sivilsamfunnet, grunnet manglende substitusjonsmuligheter. I denne rapporten legges kostnadene gjengitt i tabell 2.5 til grunn for de videre analysene.

2.4 Prinsipper for utvelgelse og vurdering av tiltak

Premisset for tiltakene vi vurderer er at den operative evnen til Forsvaret skal opprettholdes eller videreutvikles. I denne rapporten vurderer vi dermed ingen tiltak som reduserer den operative evnen slik vi ser det. Tiltak som er nøytrale med hensyn til den operative evnen vil da være motivert som rene klimatiltak. Vi har også vurdert tiltak som potensielt bedrer den operative evnen. Disse er ikke primært motivert som et klimatiltak, men vi har inkludert slike tiltak for å demonstrere nytten av å se samlet på klimaaspektet og operativ evne i langtidsplanarbeidet.

Vi har vurdert ulike tilnærminger for å identifisere mulige strukturtiltak/strukturendringer. Man kan se for seg en 1-til-1-utskiftning av eksisterende strukturelementer med nye og mer klimavennlige strukturelementer. Dette er en utvikling man kan observere i veitransporten og i noen deler av skipsfarten. Det forutsetter imidlertid at vi kan se for oss bruk av klimavennlig teknologi, slik som batterier eller hydrogen, som energikilde i et våpensystem som er utviklet for fossil teknologi. Dette er ikke prinsipielt umulig, men i gjennomgangen av forsvarsstrukturen har vi kun funnet én slik teknologi som møter de operative kravene, og det er alternativ framdriftsteknologi til sjøs basert på LNG/LBG. På grunn av Natos enhetsdrivstoff-policy er dette bare et aktuelt tiltak på nye kystvaktfartøy.

I tillegg til dette har vi vurdert om det er militære oppgaver som kan løses på en annen måte enn slik det gjøres i dag, på en måte som både ivaretar operative hensyn og med et potensiale for lavere klimaavtrykk. For å identifisere disse oppgavene har vi gjennomført en systematisk gjennomgang av kapabilitetskravene og forsvarsstrukturen. Basert på en helhetlig vurdering av strukturelementenes klimaavtrykk og alternative teknologier for å løse oppgavene har vi kommet fram til krigføringsområder hvor det er et *potensiale* i å løse oppgavene på en like bra, eller bedre måte, samtidig som man kutter utslipp. Det er særlig kapabiliteter i det maritime domenet som har utpekt seg her. Flere av de maritime strukturelementene i dagens (og planlagt) struktur er både sårbare⁹ og har store utslipp. Basert på disse sårbarhetene og den teknologiske utviklingen har FFI studert ulike framtidrettede utviklingsretninger for krigføring i det

⁹ Se for eksempel <http://www.ausairpower.net/Warship-Hits.html> og <https://www.savetheroyalnavy.org/how-vulnerable-is-the-royal-navys-surface-fleet-to-a-new-generation-of-weapons/> [Aksessert 21.09.2020].

maritime domenet (Hansen og Dahlmo 2021) og vi har inkludert en slik retning som ett av tiltakene. Et slikt tiltak er først og fremst et tiltak for økt operativ evne og må ikke forstås som et klimatiltak, men vi ønsker å synliggjøre klimaeffekten av slike beslutninger.

Av strukturelementene som bidrar i luftdomenet er det særlig kampflyene som har svært store utslipp, men her ser vi ingen gode alternative måter å løse kampflyenes oppgaver på. I landdomenet er de totale utslippene mindre og fordelt på mange flere ulike systemer slik at vi ikke har vurdert alternative måter å løse disse oppgavene på. Dette er også i større grad et område det allerede forskes på.

For hvert tiltak i denne rapporten presenteres en beskrivelse av tiltak, usikkerhet, kostnader, øvrige fordeler/ulempes samt resultater i form av oppnådd klimaeffekt.

3 Referansebane for framtidige utslipp

For å kunne beregne effekten av mulige klimatiltak i Forsvaret/forsvarssektoren trengs det en framskrivning av framtidige utslipp som tiltakene kan måles mot. FFI har tidligere utarbeidet en slik referansebane basert på målsettinger og kostnader i forrige langtidsplan (Forsvarsdepartementet 2017). Den referansebanen indikerte en svak økning av utslippene utover 2020-tallet, etterfulgt av en stabilisering fra 2026 (FFI 2019). For arbeidet med denne rapporten er referansebanen oppdatert etter siste vedtatte langtidsplan (Prop. 14 S (2020–2021)).

3.1 Metode, datagrunnlag og avgrensninger

Referansebanen tar utgangspunkt i nasjonalt drivstofforbruk i 2019 og 2020, og potensielle framtidige internasjonale oppdrag er ikke inkludert i prognosen.

Referansebanen inkluderer direkte utslipp (*scope 1*) fra Forsvarets materiell og operative plattformer. Dette utgjør 96,5 % av utslippene innenfor *scope 1* (Kirkhorn et al. 2021). Denne avgrensningen er valgt for å fokusere på et område som er lite utredet fra før (Miljødirektoratet 2020a). Det betyr at energibruk fra EBA og administrative kjøretøy er ekskludert.

Referansebanen er basert på den framtidige forsvarsstrukturen slik den er vedtatt i siste langtidsplan (Innst. 87 S (2020–2021) ; Prop. 14 S (2020–2021)). Et unntak som ikke er hensyntatt i prognosen er nye helikoptre til Hæren, ettersom Stortinget har bedt Regjeringen komme tilbake til Stortinget med egen sak om dette (Innst. 87 S (2020–2021)). For forsvarsstrukturen for øvrig er alle kilder til direkte utslipp forsøkt inkludert.

For eksisterende systemer i Luftforsvaret og Sjøforsvaret finnes det grundig dokumentasjon på drivstofforbruk per system, som kan regnes om til utslipp av CO₂-ekv. Totalt drivstofforbruk for hvert system regnes som produktet av et aktivitetsvektet snittforbruk per time og timeantallet med total aktivitet. Metoden er derfor sensitiv for både endringer i aktivitet/ambisjon (endret antall flytimer/seilingsdøgn) og endring av forbruksrater (drivstofforbruk per time/døgn).

For nye systemer som er under anskaffelse benyttes drivstofforbruk fra anskaffelsesprosjektene (det er også dette som ligger inne i KOSTMOD). For nye systemer som er så langt fram i tid at det ikke er igangsatt nye anskaffelsesprosjekter benyttes datagrunnlaget i KOSTMOD. I noen tilfeller er det spesifisert for eksempel hva slags type fartøy som skal erstatte en fartøysklasse som faller for levetid (f.eks. Nornen-klassen), mens for andre benyttes en generisk erstatning som vi i prognosen antar har likt forbruk (f.eks. fregatter).

Militære kjøretøy er alle grønne kjøretøy i strukturen (administrative kjøretøy er ekskludert), og omfatter dermed alt fra stridsvogner til lette feltvogner. For militære kjøretøy finnes det ikke datagrunnlag for forbruk per system. Det som derimot finnes er et totalt forbruk for alle disse systemene. Referansebanen er basert på en antagelse om at utslippene er proporsjonale med materielldriftskostnadene i Hæren og HV, fratrukket den forsvarsspesifikke kostnadsveksten¹⁰ som ligger inne i de totale materielldriftskostnadene (det er antatt at den forsvarsspesifikke kostnadsveksten skyldes andre forhold enn økt drivstofforbruk). Denne antagelsen er rimelig så lenge sammensetningen av systemer og aktivitet er forholdsvis uendret. Vesentlige endringer i materiellparken og/eller aktivitetsnivået vil kunne medføre at faktiske utslipp avviker vesentlig fra prognosen.

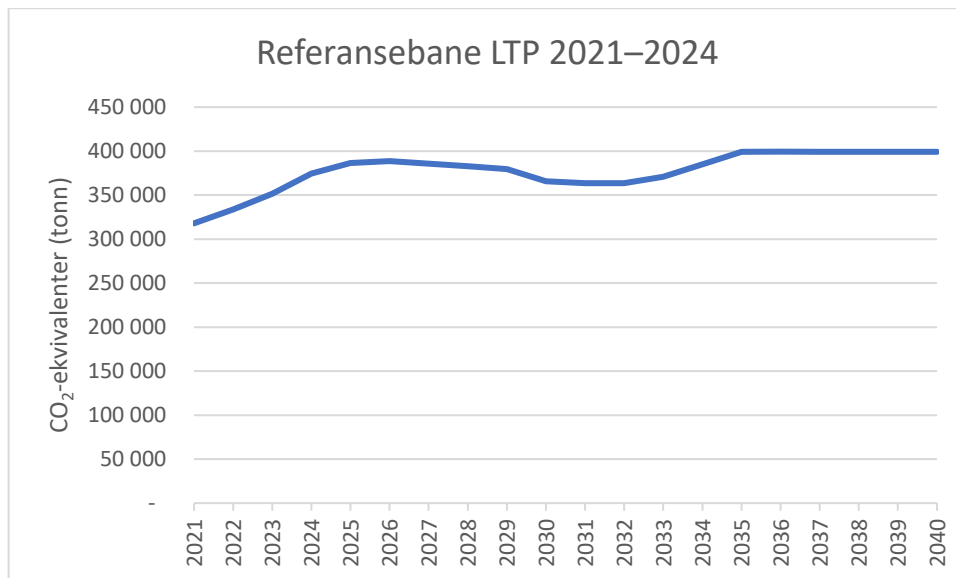
Der forsvarsstrukturen slik den er definert i langtidsplanen ikke er detaljert nok (for eksempel på antall flytimer eller inn- og utfasingstakt på systemer) har vi benyttet strukturutviklingsplanen per 17. april 2020, grunnlagsdata fra KOSTMOD, Eriksen og Roald (2019), samt informasjon fra eksperter som er involvert i anskaffelsesprosjekter. Der datakildene har vært i konflikt med hverandre har vi valgt datakilden av nyest dato. Det medfører at det for eksempel er noe ulik inn- og utfasingstakt i denne prognosen sammenlignet med det som er kostnadsberegnet i forbindelse med langtidsplanen.

Merk at referansebanen er en teoretisk framskrivning av utslippene gitt at vedtatt langtidsplan blir gjennomført med alle de forutsetninger som ligger til grunn for denne. Referansebanen er ingen prognose eller forsøk på å predikere hva de reelle utslippene i framtiden faktisk vil bli, ettersom virkeligheten ofte vil avvike noe fra plangrunnlaget, samt at nye planer vil endre forutsetningene som ligger til grunn. Formålet med referansebanen er å synliggjøre klima-effektene av langtidsplanen, og å ha en *baseline* for å vurdere effekten av mulige tiltak opp mot.

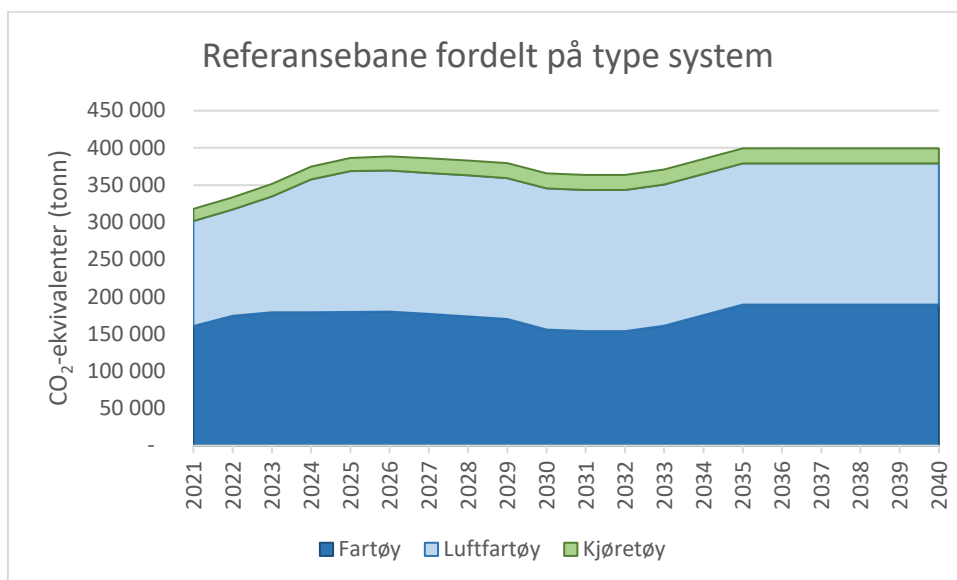
¹⁰ Forsvarssektoren har høyere prisvekst enn samfunnet for øvrig. Se Hove og Lillekvelland (2017).

3.2 Resultat

Figur 3.1 viser resultatet av framskrivningen for perioden 2021–2040. Gitt planlagt aktivitet, vil utslippene øke utover 2020-tallet, til det når en topp i 2026 på drøyt 388 000 tonn CO₂-ekv. Etter det vil utslippene en periode reduseres noe, ned mot 363 000 tonn CO₂-ekv. i 2031 før de igjen øker opp mot 400 000 tonn CO₂-ekv. fra 2035 og ut perioden.

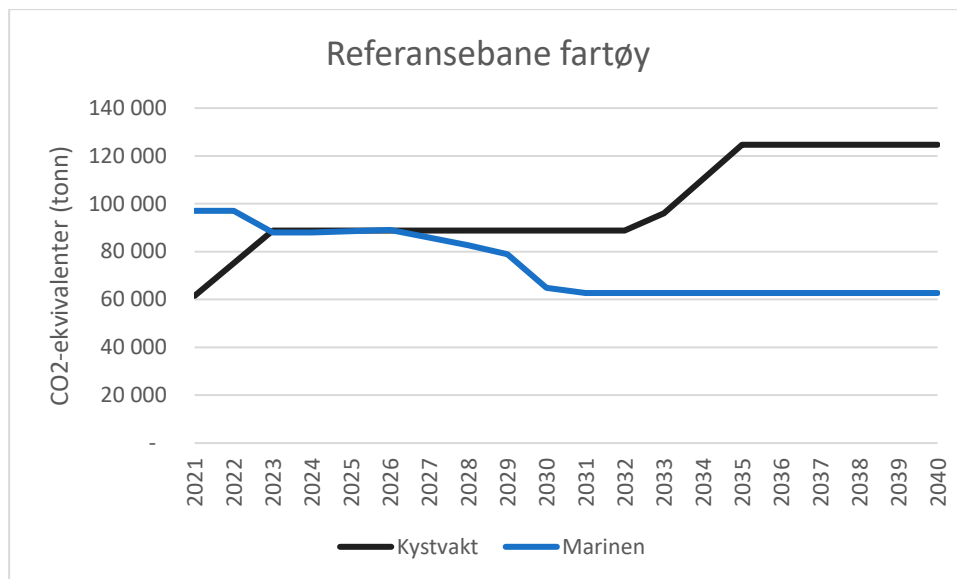


Figur 3.1 Referansebane som viser framskrivning av direkte utslipp (scope 1) fra Forsvarets operative materiell, basert på siste vedtatte langtidsplan.



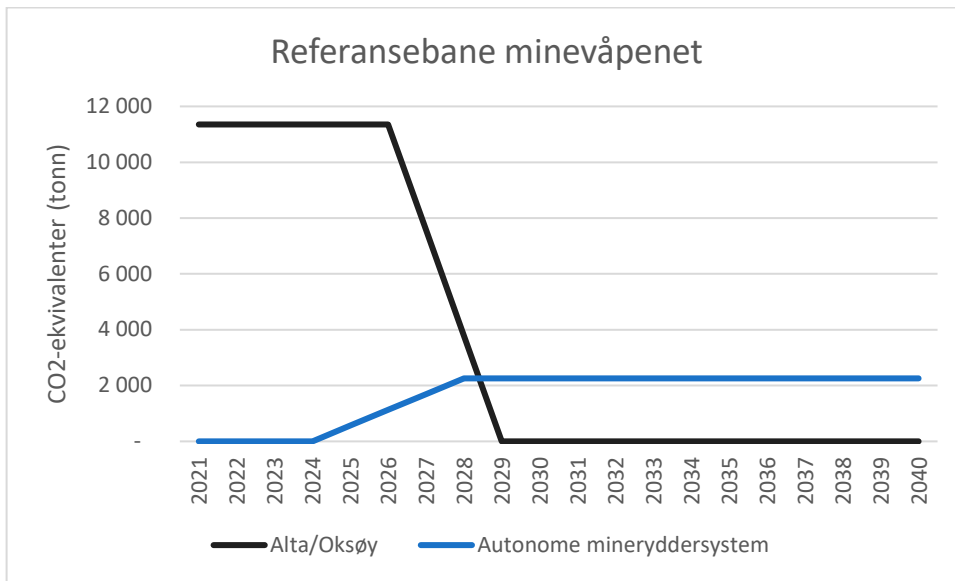
Figur 3.2 Referansebanen fordelt på kategoriene fartøy, luftfartøy og militære kjøretøy.

Fordeelingen mellom utslipp fra fartøy, luftfartøy og militære kjøretøy er vist i figur 3.2. Som vi ser av figuren er det en økning i utslippene fra luftfartøy. Utslippene fra fartøy reduseres noe midt i perioden før de øker utover 2030-tallet.

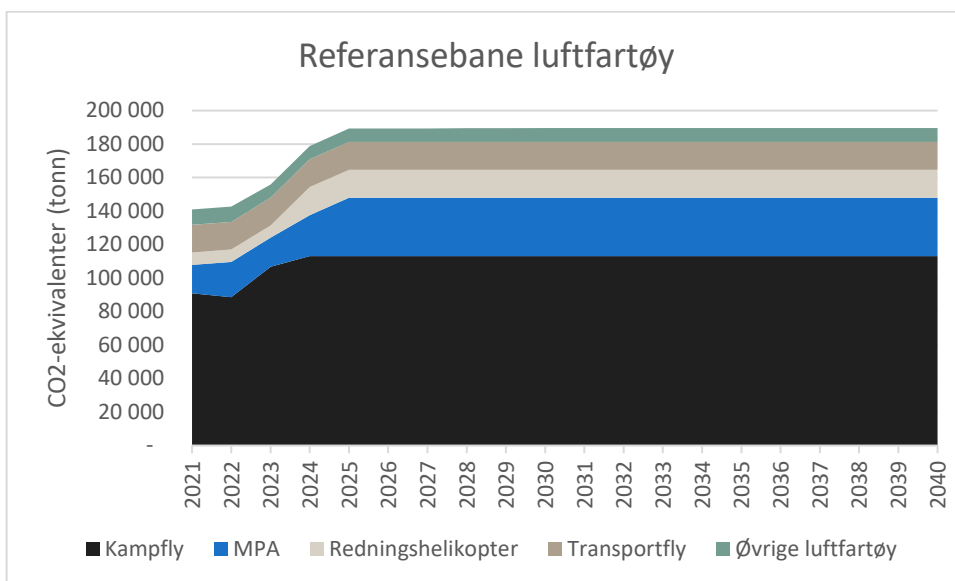


Figur 3.3 Referansebanen for fartøy i Marinen og Kystvakten.

Utslippene fra marinefartøyene reduseres gjennom hele perioden som vi ser av figur 3.3. Det skyldes landstrøm på Haakonsværn (effekt fra 2023), overgang til nytt konsept for minerydding (2027–2030, se også figur 3.4) og utfasing av kystkorvetter (2030). Økningen i Kystvakten skyldes innføring av Jan Mayen-klassen (2021–2023), og at Nornen-klassen erstattes i perioden 2033–2036 med et større fartøy. Sistnevnte er etter det forfatterne kjenner til ikke et uttrykk for en ambisjonsøkning, men et ønske fra departementet om å kostnadsmodellere anskaffelse av et standardfartøy, og at standardfartøyet som da er brukt som modell er vesentlig større enn dagens Nornen-klasse fartøyer.

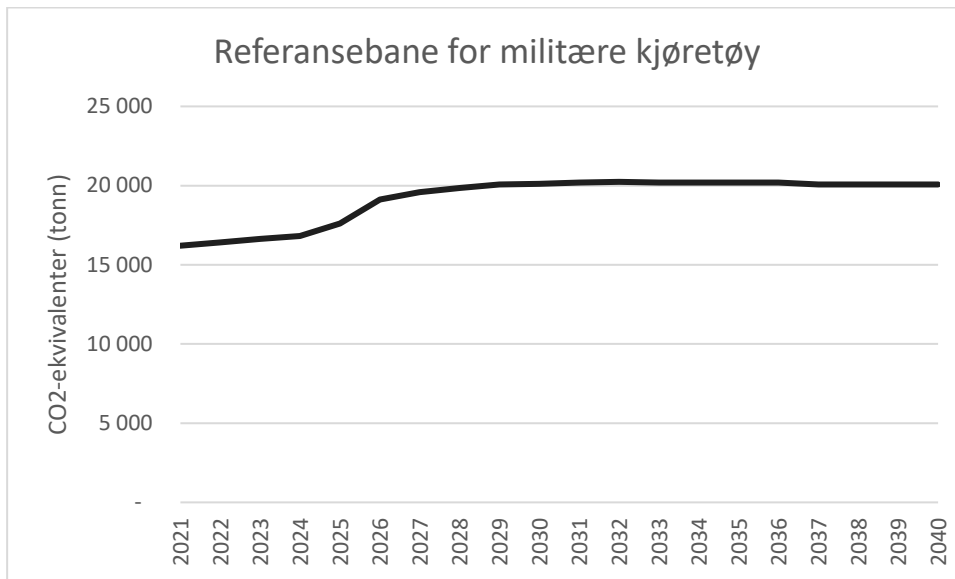


Figur 3.4 Referansebanen for gamle og nye systemer (inkludert moderfartøy) i minevåpenet.



Figur 3.5 Referansebanen fordelt på ulike kategorier av luftfartøy.

Figur 3.5 viser referansebanen fordelt på ulike kategorier av luftfartøy. Utslippene fra kampfly går litt ned i 2022 som følge av utfasing av F-16, før de øker mot 2025 som følge av innfasing av F-35. Utslippene fra maritime patruljefly (MPA) øker også mot 2025 som følge av innfasing av P-8 Poseidon overvåkingsfly. Utslipp fra redningshelikoptre øker i 2024 som følge av innfasing av nytt redningshelikopter AW-101 til erstatning for Sea King.



Figur 3.6 Referansebane for militære kjøretøy.

Referansebanen for militære kjøretøy er utarbeidet etter en annen metodikk (se delkapittel 3.1). Utslippene øker i takt med driftskostnadsøkningen (fratrasket forsvarsspesifikk enhetskostnadsvekst) som følger innføringen av en fjerde mekanisert bataljon i Brigade Nord.

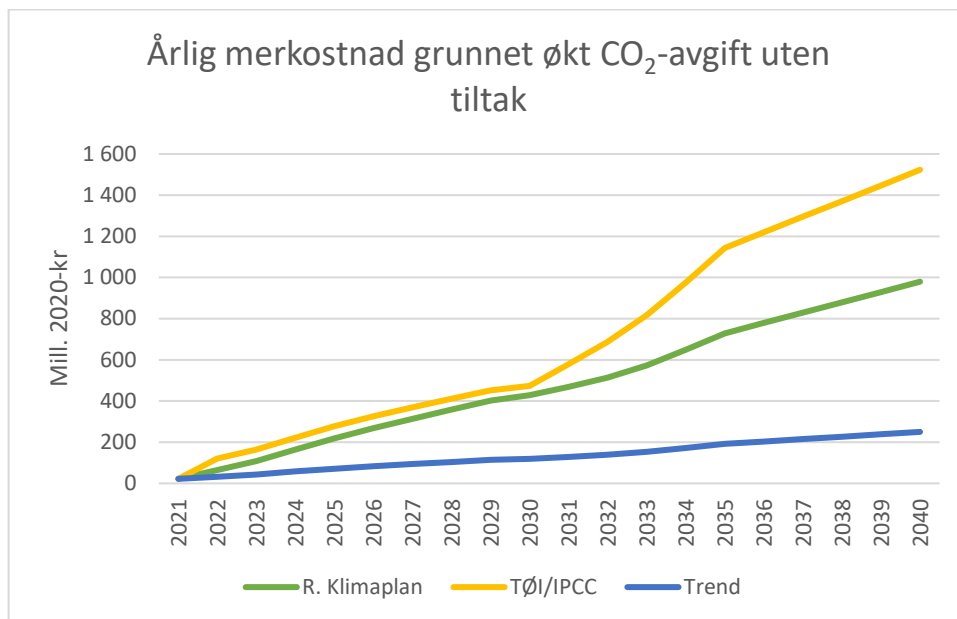
3.3 Kostnadsøkning for Forsvaret

Gjeldende langtidsplan for forsvarssektoren er kostnadsberegnet i KOSTMOD gjennom FFI-prosjektet STRATKOST som beskrevet i delkapittel 2.3. Denne kostnadsberegningen ligger til grunn for kostnadsberegningene i denne rapporten, og alle kostnadsberegningene i denne rapporten er relativt til denne basislinjen. Vi presenterer ikke en fullstendig kostnadsberegning av langtidsplanen i denne studien.

I KOSTMOD-beregningen er drivstoffutgifter inkl. avgifter videreført med flate satser (justert i henhold til aktivitetsnivå). Som vi har sett i avsnitt 2.3.2.1 er det imidlertid ikke urimelig at CO₂-avgiften kommer til å øke framover, men det er betydelig usikkerhet knyttet til hvor mye og hvor raskt økningen kommer.

Siden Ytre Kystvakt per mai 2021 er fritatt for CO₂-avgift antar vi i beregningene at dette fritaket videreføres. På de resterende utslippene legger vi til økt CO₂-avgift etter de ulike metodene beskrevet i avsnitt 2.3.2.1.

Som vi så i avsnitt 2.3.2.2 har drivstoffene F-34 og F-44 redusert sats. Forskjellen mellom redusert sats og generell sats er imidlertid lav (ca. 4 %), og vi antar i beregningene at de er gjenstand for samme økning målt i absolutte kroner per tonn CO₂.



Figur 3.7 Årlig kostnadsøkning for Forsvaret i ulike scenarier for avgiftsøkning.

Som vi ser av figur 3.7 er det et stort spenn i hva framtidig årlig merkostnad blir for Forsvaret i de ulike avgiftsscenarioene. Selv med en moderat økning vil årlige merkostnader for Forsvaret kunne overstige 200 millioner kroner innen 2040. Ved økninger i henhold til Regjeringens klimaplan eller basert på TØI/IPCCs karbonprisbane, kan kostnadsøkningen komme til å bli henholdsvis 1 mrd. kr eller 1,5 mrd. kr årlig. Kostnaden kan imidlertid reduseres ved å gjennomføre klimatiltak som kutter utslipp. Det vises i kapittel 6.

4 Beskrivelse av relevante teknologier og endringer i adferd og forvaltning

4.1 Teknologiske løsninger

4.1.1 Energieffektivisering

Enhver bruk av energi medfører en viss miljøbelastning. For å minimere klima- og miljøbelastningen knyttet til energi- og drivstofforbruk er det alltid nyttig å bruke energien mest mulig effektivt. Dette prinsippet gjelder uavhengig av energiform/drivstoff/framdriftsteknologi. Ved å bruke energi mest mulig effektivt oppnår man i tillegg operative fordeler slik som redusert signatur og lengre utholdenhet, i tillegg til lavere driftskostnader. Moderne teknologi og verktøy er i dag tilgjengelig for ytterligere å forsterke tradisjonelt energieffektiviseringsarbeid,

slik som sensor- og styringssystemer som optimaliserer drift og fluidmekaniske beregninger som kan minimere luft- og vannmotstand.

For skipsfart har DNV GL beskrevet 33 mulige teknisk-operasjonelle tiltak som kan gjennomføres på fartøy, med formål om å redusere drivstofforbruk og dermed utslipp (DNV-GL 2016). FFI har tidligere gjennomført en studie på teknologiske løsninger for energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren (Myhre et al. 2012). Den beskriver 7 slike effektiviserings tiltak som kan være aktuelle for Forsvarets fartøyer, hovedsakelig basert på studier fra US Navy (O'Rourke 2007). Eksempler på enkelttiltak i denne kategorien er skrogoptimalisering, mer effektive propelløsninger, skrogvask, energisparing, m.m.

Når man ser de militære studiene (FFI og US Navy) opp mot de sivile studiene (DNV GL) ser man at de ikke gir det samme bildet når det kommer til reduksjonspotensial. De sivile studiene inneholder flere tiltak, men med vesentlig mindre innsparingspotensial per tiltak. Flere begrensninger i hvilke tiltak som er aktuelle for ulike typer fartøy gjør at det totale potensialet framstår mindre enn summen av enkelttiltakene. De militære studiene nevner færre tiltak, men opererer med større effektiviseringspotensial per tiltak og større totalt effektiviseringspotensial.

En forklaring på dette kan være at DNV GL-rapportene tar utgangspunkt i sivil skipsfart som er konkurranseutsatt. Markedsmekanismer vil sørge for at effektiviseringstiltak blir iverksatt så snart det blir driftsøkonomisk lønnsomt. Det samme er ikke tilfellet for Forsvaret. Selv om Forsvaret har en viss egeninteresse av å spare driftsutgifter er ikke Forsvaret konkurranseutsatt, og det får ingen direkte konsekvenser hvis de lar være å gjennomføre en oppgradering som vil finansiere seg selv gjennom lavere driftskostnader. Tidligere studier av effektivisering og insentiver i forsvarssektoren (Kvalvik 2019; Presterud 2015) har også pekt på hvordan sektoren ikke i tilstrekkelig grad evner å se kostnader i et levetidsperspektiv. Det vil si at det er ingen automatikk i at investeringer som vil være lønnsomme i et levetidsperspektiv faktisk blir gjennomført. Tvert om er det mange eksempler på at dette ikke er gjort.

Det er derfor rimelig å anta at det vil være flere «lavthengende frukter» i denne kategorien for Forsvaret, enn det som er tilfellet for sivil skipsfart. Dette kan være en forklarende årsak til at de militære studiene oppgir høyere besparelsespotensial enn de sivile.

Det som kan trekke ned potensialet er at Forsvarets fartøy er veldig spesialiserte og at det dermed er færre av tiltakene som lar seg gjennomføre i praksis, eller at de kan gjennomføres, men med redusert effekt.

4.1.2 Alternative drivstoff

Som redegjort for i avsnitt 2.2.1 er forsvarssektoren en storforbruker av fossilt drivstoff. Dette følger av aktiviteten, og at fartøy, luftfartøy, militære kjøretøy og maskiner er energikrevende i drift. Luftfartøy og militære kjøretøy bruker F-34 (F-44 brukes kun til maritime helikoptre). Drivstoffet tilsvarer omtrent sivilt Jet A-1, med spesialtilpassede tilsetningsstoffer. Fartøy benytter primært marin gassolje (MGO), samt flytende naturgass (LNG) på kystvaktens Barentshav-klasse (Kirkhorn et al. 2021). Foruten teknologiske løsninger som er mer energi-

effektive og reduserer forbruk av fossile drivstoff, kan fossilt drivstofforbruk og utslipp reduseres ved innblanding eller erstatning med alternative drivstoff.

Forsvarets systemer har alltid vært tilpasset bruk av fossilt drivstoff, og levetiden er lang på Forsvarets materiell. Dette gjør at Forsvaret er avhengig av drivstoff tilpasset materiellet som benyttes. I tillegg må drivstoffer være tilpasset systemer for distribusjon og lagring. Overordnet gjelder Natos *single fuel policy*, som tilsier at alle Nato-land skal kunne bruke samme drivstoff på luftfartøy, bakkekjøretøy og maskiner (F-34). Drivstoffet som brukes må være godkjent i henhold til Nato-spesifikasjoner, og det pågår standardiseringsarbeid i Nato (NATO 2017a, 2017b) og flere prosjekter i Nato angående alternativt drivstoff. Nato er opptatt av alternative drivstoffer av flere årsaker, tilknyttet det faktum at petroleumsressurser er endelige, bekymringer rundt politisk sikkerhet i oljeproduserende regioner, og utslippseffekten (NATO STO 2019, 2014). Nato har med *Green Defence Framework* fra 2014 fastsatt policy som hviler på tre pilarer: operativ evne, energieffektivitet og redusert miljøbelastning. Dette henger tett sammen med erfaringer med logistiske utfordringer ved distribuering av drivstoff, soldaters risiko ved beskyttelse av drivstoffkonvoier og økende drivstoffkostnader. Disse faktorene gjør alternativ energi på energiforsyning i leir ved operasjoner og alternativt drivstoff til en prioritet (NATO 2014a).

Energisikkerhet er en sentral årsak til interessen for alternative drivstoff. For eksempel henger satsingen «*The Great Green Fleet*» (se 4.1.2.2) i den amerikanske marinen, tett sammen med avhengigheten til fossil energi. Et annet eksempel er hvordan Sverige anser forsvarets bruk av fossilt drivstoff i budsjettforslag for 2020 (Regeringen 2019, s. 46): «*Försvarssektorn ska fortsätta minska sitt fossilberoende. Det är i linje med Sveriges mål om att vara klimatneutralt senast 2045, men sker även av säkerhetspolitiska skäl.*» Med sikkerhetspolitiske hensyn menes drivstoff og energi som kan produseres internt for å sikre selvforsyning og redusere sårbarheter (Försvarsmakten Högkvarteret 2020).

Gitt den lange levetiden på Forsvarets materiell, kan en innlåsingeffekt oppstå. I dette ligger at man er avhengig av drivstoff som kan brukes på forbrenningsmotorer, og at man da er avhengig av fossilt drivstoff eller alternativt drivstoff som kan brukes på materiellet. Da er man også prisgitt markedsutviklingen for drivstofftypene, og endret tilgjengelighet. Ettersom de fleste plattformene i Forsvaret har en levetid på minst 30 år, kan teknologier som gir operativ effekt og er lønnsomme i dag, potensielt bli svært kostbare i drift mot slutten av levetiden.

Transportsektoren er avgjørende for oljeetterspørsel, og transportbehovet globalt er økende. Sioshansi og Webb (2019) påpeker at opptak av elektriske kjøretøy kan gå raskere enn tidligere forventet da stadig større produksjon av elbiler hos produsenter, fallende batteripris og lavere drift- og vedlikeholdskostnader gjør at storskalafordeler kan inntreffe tidligere. Lavere kostnad per km, sammenholdt med utviklingen innen autonomi og bildeling øker konkurransekraften. Elektriske kjøretøyers energieffektivitet og forventet større konkurransedyktighet gjør transportsektoren til en kostnadseffektiv sektor for utslippsreduksjoner på kort sikt i tråd med klimamålsettinger. I tillegg er økningen i transportbehov størst i bysentre i Kina og India, som av hensyn til luftforurensning ønsker rask overgang mot elektriske kjøretøy, i tillegg til et ønske om mindre avhengighet av importert olje. Batteriteknologi kan også benyttes i enkelte tyngre

transportsegmenter og i sjøtransport som blir hel- eller deelektrifisert. Sammenholdt med utviklingen innen sol- og vindenergi globalt, peker DNV-GL på at effektiviseringsgevinsten overgår befolkningsvekst og vekst i BNP, og kan gi en topp i primært energibehov rundt 2030–2035 (DNV-GL 2020a). «Peak oil» forstått som globalt toppunkt for oljeproduksjon vil ifølge de fleste energibyråer skje mellom 2030 og 2050, men en tidligere topp kan ikke utelukkes ved raskere markedsendringer med mer aktiv klimapolitisk virkemiddelbruk (Norouzi et al. 2020).

Nato har en komite for drivstoff som i 2014 publiserte sin visjon for framtidig drivstoff i *Petroleum comitee vision on future fuels* (NATO 2014b). Her framgår det at drivstoff basert på FT (Fischer-Tropsch) og HEFA (*hydroprocessed esters and fatty acids*)/HVO (*hydrotreated vegetable oil*)¹¹ og GTL (*gas to liquids*) er aktuelle til drop-in¹² bruk på militært materiell, og ikke FAME (*fatty acid methyl-ester*). FAME har annen kjemisk struktur enn fossil diesel og har ugunstige kuldeegenskaper, problemer med begrenset lagringsstabilitet og vannseparering, i tillegg til å være sensitivt for vekst av mikrober. Det kan gå på bekostning av ytelse, utgjøre en sikkerhetsrisiko, komplisere drivstoffleveranse og lagring, medføre vedlikeholdskostnader og er derfor ikke et aktuelt drivstoff (European Defence Agency 2017).

Ifølge komiteen kan HEFA/HVO og FT-drivstoff være særlig gunstig, ettersom prosessene kan justeres og skreddersys for å møte nødvendige spesifikasjoner. Fordeler inkluderer blant annet bedre termisk stabilitet, lavere frysepunkt (høyere flyvning) og drivstoffene er derfor mer stabile, og egner seg svært godt for militær bruk (European Defence Agency 2017). På lengre sikt ser komiteen for seg at syntetiske drivstoff produseres i større omfang fra en rekke kilder (*XTL-anything to liquid*). Kort forklart er dette drivstoffer som kan produseres via en rekke prosesser fra en karbonkilde (biogen eller fossilt CO₂-utslipp fra industri, eller fossile karbonkilder som ikke gir lave utslipp) og hydrogenkilde (fra elektrolyse basert på fornybar overskuddskraft). Utfordringene med slik teknologi er høyt energitap som forutsetter at annen energibruk ikke er praktisk og høye produksjonskostnader (Pregger et al. 2019). Produksjon globalt er på et tidlig stadium, og planlagt produksjon er lav på kort sikt (Heyne et al. 2019).

Avhengig av råstoff kan dette gi robust drivstoffproduksjon og forsyning, men utslippseffekten er svært variabel. Hydrogen betraktes som lite aktuelt på lengre sikt, men utelukkes ikke. Komiteen påpeker særlig at militæret er en liten sektor i drivstoffetterspørsel og har liten innvirkning på framtidig drivstoff, og de behøver derfor standardiseringsarbeid for alternative drivstoffer samt energieffektivisering. Ifølge komiteen er det nødvendig med omstilling bort fra fossile drivstoff, men policyen om enhetsdrivstoff vil ikke fravikes. Alternativt drivstoff må derfor være i henhold til enhetsdrivstoffet som benyttes.

Nye alternative drivstoffer må gjennomgå en rekke tester i henhold til ASTM D4054 (standard for jet-drivstoff) for å godkjennes til sivil og militær bruk. Drivstoffer som produseres fra syntetiske hydrokarboner har en egen standard ASTM D7566. Fornybart drivstoff produsert fra spesifiserte prosesser kan innblandes opp til 50 % med kommersiell og militært jet-fuel (Bryant

¹¹ Betegnelsen HVO brukes ofte også om andre hydrogenbehandlede råstoff som animalske fettstoffer. Betegnelsene HVO og HEFA brukes ofte om hverandre.

¹² Drivstoff som er funksjonelt likt fossilt drivstoff og kan brukes drop-in på eksisterende materiell.

og Love 2017). For marine drivstoff er det ikke standardisert metode for godkjenning av syntetiske drivstoff, men det kan godkjennes gjennom protokoller hos US Navy (European Defence Agency 2017).

I det følgende vil ulike alternative drivstoffers anvendelighet for forsvarssektoren diskuteres.

4.1.2.1 LNG

Kystvakten bruker i dag LNG for fartøyene i Barentshavklassen. Bruk av LNG reduserer utslipp av partikler og NO_x relativt til MGO. Utslipp av CO₂-ekv. reduseres også sammenlignet med MGO, men utslippsreduksjonen avhenger av uforbrent metan (CH₄) i eksosgassen. Ifølge DNV-GL kan drivhusgassutslipp være litt høyere eller inntil 25 % lavere enn konvensjonell diesel-drift. DNV-GL legger til grunn at LNG reduserer utslippene med 12 % sammenlignet med MGO for perioden mot 2030 (DNV-GL 2019b). Samtidig påpekes at utslipp kan reduseres ytterligere ved batteridrift ettersom motorer da i større grad opererer innenfor mer optimalt last-område, noe som gir mindre uforbrent metan.

En forutsetning for at nye kystvaktfartøy kan bruke LNG som drivstoff framfor MGO er tilstrekkelig bunkringsalternativer i operasjonsområdene. Ved langvarig utfart vil trykk i tanker stige og må hensynstas ved å bunkre før trykket blir for høyt. For Barentshavklassen har det ikke medført problem i drift da bunkring skjer hyppig. Bruk av LNG krever at tanker gassfries ved vedlikeholdsarbeider i dokk.

4.1.2.2 Biodrivstoff

Biodrivstoff produseres fra biologisk materiale, og flytende biodrivstoff produseres primært ved fermentering av stivelse og sukker til bioetanol, eller ved prosessering av planteoljer og avfall til biodiesel. Biodiesel framstilles oftest som fettsyremetylester (FAME), eller prosesseres med hydrogen (HVO). Biomasse kan også gassifiseres til syngas og gjennom Fischer-Tropsch-syntese viderebehandles til biohydrokarboner (Bryant og Love 2017) eller produseres fra pyrolyse med oppgradering (Zhang et al. 2018). Det finnes også andre produksjonsmetoder for å framstille biodrivstoff, omtalt i (Prussi et al. 2019). På grunnlag av råstofftype og teknologi, blir biodrivstoff ofte klassifisert i forskjellige generasjoner (Saladini et al. 2016):

- Førstegenerasjon¹³: Produseres fra dyrking av energivekster, som sukkerrør, stivelse, og vegetabiliske oljer.
- Andre- og tredjegerasjon¹⁴: Omfatter lignocellulosisk¹⁵ biomasse som benytter avfall og biprodukter fra jordbruk, skogbruk og næringsmiddelindustri, i tillegg til energivekster.
- Tredjegerasjon: Produseres fra akvatisk kultivert råstoff fra alger.

¹³ Ofte også kalt konvensjonelt biodrivstoff.

¹⁴ Andre- og tredjegerasjons biodrivstoff omtales også ofte som avansert biodrivstoff.

¹⁵ Med lignocellulosisk biomasse menes biologisk råstoff som inneholder lignin, cellulose, hemicellulose og pektin.

Biodrivstoff er dermed et begrep som favner vidt, og omfatter en rekke forskjellige råstoff, og teknologier. Sluttproduktet vil kunne ha svært forskjellig kvalitet og egenskaper avhengig av framstillingsmetode, selv om råstoffet er det samme. Avhengig av råstoff og teknologi, kan biodrivstoff enten brukes alene, eller blandes med fossile drivstoff. Avansert biodrivstoff er et begrep som ofte brukes om produksjon som ikke konkurrerer direkte med matproduksjon, altså andregenerasjon og nyere. Konvensjonelle biodrivstoff omfatter førstegenerasjons biodrivstoff.

For at Forsvaret kan benytte biodrivstoff, må aktuelt drivstoff møte spesifikasjonskrav som også må være godkjent for aktuelle materiellkategorier. FAME tillates ikke i drivstofforsyningen da drivstoffet kan ha egenskaper som er uegnet for militært bruk. Drivstoff med syntetiske komponenter (eks. HEFA, HVO, FT) er derimot egnet, da de har tilsvarende eller ønskede egenskaper som fossilt drivstoff.¹⁶ Biodrivstoffer kan ha noe lavere energiinnhold per liter sammenlignet med fossile drivstoffer. Av potensielle produkter for bruk i Forsvaret, gjelder dette HVO biodiesel hvor energiinnholdet er 95 % av MGO, ordinær diesel og anleggsdiesel (Miljødirektoratet 2020a ,s. 538).

Overnevnte drivstoff omfatter flytende biodrivstoff. En annen form for biodrivstoff er biogass. Biogass produseres når biologisk materiale gjennomgår anaerob nedbrytning. Biogass kan produseres fra en rekke forskjellige råstoff som blant annet avløps slam, matavfall, husdyrgjødsel, halm og avfall fra skogbruk og fiskeoppdrett (Bryant og Love 2017). Biogassproduksjon baseres ofte på avfallsstrømmer og man unngår utfordringer med arealbruk i større grad enn for konvensjonelt flytende biodrivstoff. I tillegg reduseres luftforurensning og fosfor resirkuleres (Isakova et al. 2019). I et større perspektiv kan biogass sørge for redusert utslipp både i transportsektoren, gjennom effektiv avfallshåndtering, og i jordbruket, gjennom bruk av biorest som erstatning for kunstgjødsel. Såfremt biogass produseres med avfallsstrømmer anses det som avansert biodrivstoff (Miljødirektoratet 2018).

For flytende biodrivstoff som omsettes i Norge, går utviklingen i retning økte volum i henhold til produktforskriften og mer avansert biodrivstoff. Avansert biodrivstoff utgjorde 66 % i 2020, og kommer primært fra slakteriavfall (53,6 %) og brukt fritureolje (6,4 %), mens det konvensjonelle biodrivstoffet er hovedsakelig fra raps. Bruken av palmeolje er redusert betydelig de siste årene. Ettersom nasjonalt utslippsregnskap regner CO₂ fra biodrivstoff som karbonnøytralt tilsier bruken av biodrivstoff et utslippskutt på 1,2 millioner tonn CO₂-ekv. i 2020. Biodrivstoff som omsettes i Norge må oppfylle bærekraftskriterier som skal rapporteres årlig til Miljødirektoratet. Her må utslipp fra produksjon hensynstas i livsløpet, og da gir bruk av biodrivstoff et utslippskutt på 1,0 millioner tonn CO₂-ekv. (Miljødirektoratet 2021). I tillegg til dette, kommer ILUC¹⁷-effekter som bærekraftskriteriene ikke fanger opp (Miljødirektoratet 2020a, s. 393). Når dette også inkluderes er utslippskuttet på i underkant av 800 000 tonn CO₂-ekv. i 2020, en reduksjon på ca. 66 %. Selv om ILUC-beregninger har høyere usikkerhet, så illustrerer resultatet viktigheten av indirekte effekter ved etterspørsel av biodrivstoff, i tillegg til å betrakte oppstrøms verdikjede for et produkt. Ved eventuelt innkjøp og valg av drivstoff bør en mer

¹⁶ L. Sørsdal, FMA, e-post 09.12.2020.

¹⁷ *Indirect land use change*, eller indirekte arealbruksendringer. Se vedlegg B.2 for detaljer.

inngående vurdering gjøres, da variasjonen i klimagassreduksjoner kan være betydelig, og det er risiko for bruk av alternative drivstoffer som ikke gir utslippsreduksjoner. Dersom Forsvaret blir omfattet av omsetningskrav som samfunnet ellers (for HVO, HEFA og LBG), vil nivået på utslippsreduksjoner følge de reguleringer som fastsetter hvilket biodrivstoff som godtas på markedet og gjeldende bærekraftskriterier. For enkelhets skyld i denne rapporten beregnes utslippsreduksjoner fra flytende biodrivstoff med 66 % basert på Miljødirektoratets anslag (gjengitt ovenfor). Med klart forbehold om at reell utslippsreduksjon kan være betydelig lavere eller utebli grunnet risiko for såkalt karbonlekkasje. For ytterligere forklaring og diskusjon, se vedlegg B. For biogass antas 70–90 % utslippsreduksjon.

4.1.2.3 Syntetiske drivstoff

Det pågår forskning i Nato (2019–2021) gjennom Nato AVT 309 – *Implication of Synthetic Fuels on Land Systems and on Nato single fuel policy* som skal svare på hvordan syntetisk drivstoff påvirker ytelse, drivstoffspesifikasjoner, distribusjon og lagring samt policy om enhetsdrivstoff. Resultater her vil være relevant også for Forsvaret.

Produksjon av syntetisk drivstoff basert på CO₂ er svært energiineffektivt og er derfor ikke særlig klimavennlig der energi har alternative bruksområder. I en framtid med stor grad av variabel fornybar kraft kan det oppstå «inneklemt kraftoverskudd» dersom kraftutvekslingsnettet ikke er tilstrekkelig utbygget, og i slike tilfeller kan produksjon av syntetisk drivstoff være en nyttig bruk av dette kraftoverskuddet.

4.1.2.4 Øvrige alternative drivstoff og framdriftsteknologier

Øvrige potensielt klimavennlige drivstoff kan være hydrogen og ammoniakk. Det er ikke vurdert nærmere i denne rapporten av flere grunner; bunkringsinfrastrukturen er ikke utbygget, det kreves annet framdriftssystem og kan ikke blandes inn i dagens maskiner, og det bryter med Natos enhetsdrivstoff policy. En annen potensiell klimavennlig framdriftsteknologi er bruk av kjernekraft, men dette anses ikke relevant siden det kreves fartøyer som er større og dyrere enn det som er realistisk og relevant for det norske forsvaret. Bruk av batterier omtales i avsnitt 4.1.4.

4.1.3 Muligheter for alternative drivstoff på Forsvarets materiell

4.1.3.1 Militære kjøretøy

Forsvarsmakten har i 2020 publisert en delrapport for en studie om alternative drivstoffer for militære bakkekjøretøy i Sverige (Högkvarteret. 2020). I likhet med EDA (European Defence Agency 2017) påpekes det at FAME som drivstoff er uegnet for militære formål. Etanol, biogass og en rekke andre alternative drivstoffer redegjøres også for i studien, men er lite aktuelt for Forsvarets bakkekjøretøy da kjøretøyer i all hovedsak benytter dieselmotorer, hvor etanol og biogass og andre alternativer ikke kan brukes, og infrastruktur er dyr og mangler. Med henvisning til (Ek og Carlsson 2019; Region 2017) har studien også vurdert fordeler og ulemper ved bruk av HVO for militære kjøretøy. Tekniske fordeler er at drivstoffet kan benyttes i eksisterende dieselmotorer, at drivstoffet normalt kan blandes inn etter ønsket blandings-

forhold, drivstoffet utnyttes energieffektivt, det har lav brukerterskel da drivstoffet fungerer som fossilt drivstoff og det er parafinbasert med lavt innhold av aromatiske forbindelser som gir lavere partikkelutslipp og bedre kald-start egenskaper. Videre kan drivstoffet benyttes i eksisterende infrastruktur for lagring og distribusjon og gir mindre NO_x-utslipp. Ulemper er blant annet at motoreffekt er 3–4 % lavere enn EN 590¹⁸ (ordinær diesel i Norge uten innblandede biokomponenter) og fravær av aromater kan påvirke eldre pakninger og gi drivstofflekkasje. Enkelte kjøretøyer har ikke godkjenning for høyinnblanding da ren HVO ikke oppfyller EN 590 på grunn av noen prosent lavere tetthet. En potensiell utfordring ligger også i tilgang og pris som følge av virkemiddelbruk som omsetningskrav. Studien peker på flere avgjørende kriterier for bruk av alternative drivstoffer. Tilstrekkelig og sikker tilgang og forsyning av drivstoff, geografisk tilgjengelighet til enhver tid og enkel logistikk for flere kjøretøytyper på samme tid er nødvendig for å sikre betydelig forflytning på kort varsel. Videre må drivstoffet håndtere temperaturekstremere og kunne lagres over flere år. Operative hensyn og hensyn til enhetsdrivstoff tilsier også at antallet drivstoff som brukes holdes så lavt som mulig. BAE Systems har også vist gjennom en studie at 100 % HVO kan teknisk sett erstatte diesel på bakkemateriell, når HVO er i henhold til drivstoffstandarden NS-EN 15940:2016 (BAE systems 2018). Mikrobiell forurensning er et vanlig problem ved bruk av fossil diesel, og ingen spesielle krav gjelder for HVO100 (Högkvarteret. 2020).

Forsvaret bruker F-34 på bakkekjøretøy, og materiellet er i dag godkjent for å bruke F-34 med biokomponenter. Ved eventuell framtidig godkjenning for luftfartøy vil F-34 med biokomponenter kunne brukes også av bakkemateriell.

Mindre mengder anleggsdiesel brukes også på diverse kjøretøyer, traktorer o.l. Forbruket varierer en del mellom år og et 5-årig snitt (2015–2019) gir 400 m³, som tilsvarer 1190 tonn CO₂-ekv. Som tidligere vist, kan HVO blandes inn på kjøretøyene. Et utredet tiltak i *Klimakur 2030* er en utvidelse av omsetningskravet for veitransport for avansert HVO biodiesel på ikke-veigående maskiner og annen transport. Omsetningskravet er satt til 20 %, som tilsier fysisk innblanding på 10 % dersom tiltaket gjennomføres¹⁹, fra 2021. Dersom tiltaket gjennomføres og omfatter salg til forsvarssektoren, og 10 % faktisk innblanding antas vil det redusere utslipp med opptil omtrent 120 tonn CO₂-ekv. årlig basert på forbruket ovenfor. I prisforutsetningene til *Klimakur 2030* gir det en kostnadsøkning på 7 og 9 % i henholdsvis 2021 og 2030. Tiltaks-kostnad er satt til omtrent 1500 kr/tonn CO₂-ekv. eller i overkant av 2000 kr/tonn CO₂-ekv. avhengig av råstofftype (Miljødirektoratet 2020a). Dette tilsvarer en økning på 180 000–250 000 kr årlig for en reduksjon på cirka 120 tonn CO₂-ekv.

Forsvaret benytter også leasede administrative kjøretøyer, og disse tanker ordinært sivilt drivstoff ved bensinstasjoner, og utslipp påvirkes av det til enhver tid gjeldende nivået på omsetningskravet i veitrafikken. Administrative kjøretøyer er utenfor omfanget til denne rapporten.

¹⁸ Bransjenorm for diesel.

¹⁹ Iht produktforskriftens §3-3 skal avansert biodrivstoff telle dobbelt i oppfyllelse av omsetningskrav.

4.1.3.2 Fartøy

I sivil skipsfart er det en rekke potensielle alternative drivstoffer som på sikt kan implementeres for utslippsreduksjoner. Dette omfatter blant annet LNG, hydrogen, ammoniakk, biodiesel og LBG, i tillegg til batterihibridisering. Hydrogen og ammoniakk gir null utslipp gitt fornybar drivstoffproduksjon. Det er ikke laget Nato standarder for hydrogen og ammoniakk, bunkringsinfrastrukturen er mangelfull, og de har lavere energitetthet for selve drivstoffet og tilhørende system for lagring og bruk. Dette krever hyppigere bunkring og går dermed negativt utover fartøyers utholdenhet. Biodiesel har derimot omtrent samme energitetthet og lagringsforutsetninger som fossilt diesel, og LBG har tilsvarende egenskaper som LNG (DNV-GL 2019b). Ifølge DNV GL er HVO og LNG de alternative drivstoffene med lavest barrierer i skipsfart. HVO har barrierer tilknyttet drivstoffkostnad og produksjonsvolumer, mens for LNG er investeringskostnad og infrastruktur barrierer. Infrastruktur for LNG er riktignok bedre i Norge sammenlignet med situasjonen globalt (DNV-GL 2020b). HVO har fordelen med at det kan brukes direkte på eksisterende skipsmotorer (drop-in biodrivstoff) og kan blandes med, eller erstatte, MGO. HVO krever derfor ikke tekniske tilpasninger (Miljødirektoratet 2020a). I likhet med HVO på motorer som benytter MGO, kan LBG brukes direkte på LNG-motorer (Miljødirektoratet 2018). LBG er i praksis flytende biometan (oppgradert biogass) og tilsvarer LNG, men skiller seg ved at LBG er produsert fra biologiske og ikke fossile kilder.

Noen Nato land har i de senere år fått erfaring med bruk av biodrivstoff på sine fartøyer. I USA ble marineøvelsen «*Rim of the Pacific*» gjennomført i 2012 med flere fartøyer som benyttet en 50/50 drivstoffblanding med avansert biodrivstoff (brukt fritureolje og alger som råstoff) (USDA). Også luftfartøy tilknyttet hangarskipet USS Nimitz, deltok i øvelsen med bruk av biodrivstoff. Det ble ikke registrert noen negative erfaringer med bruk av drivstoffet under øvelsen (Mabus 2013). Hensikten var å demonstrere «*The Great Green Fleet*» innen 2016, som var en del av et program for å redusere avhengighet til fossilt drivstoff (Chambers og Yetiv 2011; Mabus 2009). Senere har biodrivstoff basert på slakteriavfall vært innblandet (10 %) med konvensjonelt drivstoff og har vært kostnadseffektivt, ifølge marinen (Greenley 2019). US Navy har i 2018-2019 hatt en årskontrakt på en 30 % F-76 drivstoffmiks for 220 millioner liter («*Altair Fuels wins another DLA energy contract to provide renewable diesel to the U.S. Navy*» 2019). Den amerikanske marinen gjennomførte i 2016 også en øvelse med den italienske marinen i Middelhavet, hvor Nato-kompatibelt HVO-drivstoff ble brukt (USNI 2016). Den amerikanske marinen har videre gjennomført en rekke tester for ulike alternative drivstoff. I 2016 ble to typer utprøvd av et testfartøy: En syntetisk isoparafin (SIP) bestående av en blanding av fornybar og petroleumbasert drivstoff, i tillegg til et helt fornybart CHCD²⁰-drivstoff. Testen viste at begge drivstofftypene fungerte som drop-in fuel for F-76, og tester av drivstoffmiksene har påvist bedre lagrings- og oksideringsstabilitet enn fossil F-76 (Fu og Turn 2019).

For biodrivstoff er det utarbeidet kunnskapsgrunnlag for et omsetningskrav i skipsfart (Miljødirektoratet 2018) som senere er videre utredet (Miljødirektoratet 2019b, s. 100). Omsetningskravet er omtalt i *Klimakur 2030* som et tiltak, og gjelder gradvis økning av omsatt flytende biodrivstoff og biogass (LBG) for innenriks skipsfart fra 2022. Skissert omsetningskrav

²⁰ CHCD: *Catalytic hydrothermolysis conversion diesel*.

innebærer en antagelse om 90 % biogass og 10 % HVO. Sett sammen med gjennomføring av andre tiltak i *Klimakur 2030* antas 7 TWh MGO og LNG i 2030, hvorav 1 TWh (15 %) er biogass og HVO. I tiltaket er identifiserte barrierer blant annet begrenset tilgang på LBG, og at det ikke er etablert et system for handel etter massebalanseringsprinsipper.

Forsvarets fartøyer inngår ikke i kunnskapsgrunnlaget (Miljødirektoratet 2018 ,s.13), og det er uvisst om Forsvaret vil inkluderes i et omsetningskrav. Sjøforsvarets materiell er godkjent for bruk av HVO biodrivstoff. Sjøforsvaret og kystvakten bruker ordinær MGO, mens Barentshavklassen i ytre kystvakt bruker også LNG.

Det er omtalt at det kan være krevende å avgrense omsetningskravet og tiltaket til innenriks skipsfart, da drivstoffmarkedet gjelder for flere sektorer. Det kan kreve fysisk leveranse til innenrikskunder eller massebalanseprinsipp (Miljødirektoratet 2020a). For beregninger av utslippsreduksjoner ved omsetningskrav er det viktig å være klar over at omsetningskrav ikke er det samme som innblandingskrav. Omsetningskrav gir fleksibilitet til omsettere, da de har mulighet til å blande inn ønsket mengde hvor og når det er kostnadseffektivt og hensiktsmessig. Mengde biodrivstoff på en gitt fylling er dermed ukjent, men gjennom et år skal omsetningskravet oppfylles av omsettere (Miljødirektoratet 2018, s. 11). Skulle Forsvaret bli omfattet av omsetningskrav, legger vi til grunn innblanding etter omsetningskravet ved beregninger av utslippsreduksjoner i rapporten. Det antas at drivstoffet blir tilgjengelig for tanking for både MGO og LNG²¹. For bruk av LBG, er Hurtigruten et eksempel fra sivil sektor hvor de inngikk kontrakt med Biokraft for å levere biogass fra avfall fra skogbruk og oppdrettsnæringen til seks av hurtigrutens skip (Hurtigruten 2020; NRK 2019). Hurtigruten planlegger at framdriften baseres på LNG, LBG og batteripakker. Valg av LNG til framtidige kystvaktfartøy gir utslippsreduksjoner i seg selv sammenlignet mot MGO, men vil med bruk av LBG gi et enda større potensial for utslippsreduksjoner.

4.1.3.3 Luftfartøy

US Air Force har ifølge dem selv kvalifisert biodrivstoff til bruk på det meste av deres eget materiell uten modifikasjoner, og incentivordninger er opprettet for produksjon og utvikling i private selskaper til militær og industriell bruk (Force 2016). Det nederlandske luftvåpenet har også igangsatt et initiativ for bruk av biodrivstoff, hvor F-16 har brukt en drivstoffblanding med 5 % brukt fritureolje som råstoff. Luftvåpenet har satt mål om 20 % biodrivstoff innen 2030, og 70 % innen 2050 (Herald 2019).

Militære luftfartøy er i motsetning til sivil luftfart unntatt kvoteplikt og omfatter derfor ikke-kvotepliktige utslipp. *Klimakur 2030* har ikke utredet tiltak på militære luftfartøy på grunn av knapp tidsramme i utredningen (Miljødirektoratet 2020a ,s.165). Regjeringen har en uttalt målsetting om 30 % biodrivstoff (Regjeringen 2019) i luftfart innen 2030, og i sivil luftfart i Norge er det for 2020 innført et omsetningskrav på 0,5 volumprosent avansert biodrivstoff av total omsatt mengde årlig (Produktforskriften). Militære luftfartøy er unntatt kravet og mottar derfor ikke drivstoff innblandet biokomponenter. Dette skyldes at det materiellet som brukes

²¹ Barentshavklassen bruker nordligste tankanlegg for LNG, og det er usikkert om LBG vil bli tilgjengelig der.

ikke enda er godkjent for bruk av biodrivstoff av produsentene. Det er uvisst når slike godkjenninger foreligger, men det kan anslås å være klart i 2025.²² Dersom Forsvaret senere blir omfattet av omsetningskravet for luftfart kan innblanding av biodrivstoff i Jet-A1 (F-35 som med spesialtilpassede tilsetningsstoffer gir F-34) redusere utslipp. Nivået for omsetningskrav i årene framover er ukjent per mai 2021.

4.1.4 Batterihybrid framdrift på fartøy

Batteridrift til fartøy forekommer ved flere fergestrekninger i Norge allerede i dag i Norge. På grunn av rekkeviddebegrensninger kan ikke batteri brukes alene til framdrift for fartøy med lengre utfarter. Batteri kombinert med eksisterende diesel/gassmotorer i et batterihybrid framdriftssystem er derimot aktuelle løsninger som kan bidra med utslippsreduksjoner. I de senere år er det stadig flere skip med batterihybrid framdrift (DNV-GL). Fordelene ved batterihybrid framdrift er flere. Aktivitetene til et fartøy og værforholdene medfører lastvariasjoner på framdriftssystemet. Batteri kan brukes i et dielelektrisk framdriftssystem for å jevne ut lasten slik at dieselgeneratorer brukes i optimalt lastområde med høy virkningsgrad (Jalkanen et al. 2012). For kystvaktfartøy kan eksempelvis batteri brukes til å dekke kraftbehov ved inspeksjoner, slik at ikke flere motorer enn nødvendig benyttes. Batteri gir også kraftbehov umiddelbart til å dekke stor last som oppstår på kort tid som ved dynamisk posisjonering, og gir økt sikkerhet som ekstra kraftreserve. Hensikten er derfor mer energieffektiv, kostnadsbesparende og sikker drift. Miljøfordelene inkluderer redusert drivstofforbruk som gir mindre drivhusgasser, NO_x, SO_x og støy (Lindstad et al. 2017).

FFI har gjort innledende beregninger på kostnader og klimaeffekt ved etterinstallasjon av batteripakke på KV Tor til erstatning for en av motorene. Det er benyttet historiske posisjonsdata, anslag fra skipssjef og drivstofforbruk fra MDB for å anslå drivstofforbruk ved ulike aktiviteter. En forenklet livsløpsanalyse som inkluderer utslipp fra produksjon av batteri inngår i beregningene, og det er gjort nåverdiberegninger over batteripakkens levetid. Mer detaljert beskrivelse av beregningene finnes i vedlegg A.

Med en framskrivning av aktivitetsprofilen og drivstofforbruket til KV Tor over batteriets levetid (10 år), forventes 14 % drivstoffreduksjon. Som følge av varierende aktivitet og usikkerhet ved antagelser er det også benyttet verdier for lavere (7 %) og høy (21 %) drivstoffreduksjon. Anslaget for høy drivstoffreduksjon anses som mindre realistisk enn middels og lav, men tas med for å vise utfallsrommet. Hovedresultatene er angitt i tabell 4.1 og viser at forventet middels drivstoffreduksjon gir 242,8 tonn CO₂-ekv. årlig utslippsreduksjon og at tiltaket så vidt er lønnsomt over levetiden. Lav drivstoffreduksjon er ikke lønnsomt over levetiden, og høy drivstoffreduksjon nedbetales i løpet av omtrent 6 år.

²² L. Sørsdal, FMA, e-post 09.12.20.

Tabell 4.1 Potensielt utfallsrom for drivstoffreduksjon, reduksjon CO₂-ekv, og nåverdi.

	Lav	Middels	Høy
Reduksjon MGO (l)	41 000	81 000	122 000
Kraftforbruk kWh	47 000	111 000	167 000
Reduksjon CO ₂ -ekv. 10 år (tonn)	1 150	2 428	3 702
Årlig reduksjon CO ₂ -ekv. (tonn)	115	242,8	370,2
Nåverdi	-2 298 000	406 000	3 149 000

Dette tjener imidlertid kun som et eksempel og har flere usikkerhetsmomenter, særlig de kostnadmessige resultatene må tolkes med varsomhet. Slike analyser er sårbare for usikkerhet tilknyttet batterikostnadene, ekstratilpasninger ved installasjon og pris på drivstoff over lengre tidsrom. Drivstoffkostnadene er sannsynligvis største usikkerhet, som følge av store svingninger historisk, og hvor andre parametere som batterikostnad utvikler seg i en retning av lavere kostnader (Lindstad et al. 2017). Kailigge og ev. tilgjengelighet av landstrøm er også usikkert, men kapasitet antas å øke de nærmeste årene (Miljødirektoratet 2020a). Kostnader ved ut-rangering og vedlikeholdskostnader er ikke vurdert. I tillegg er aktivitetsdata basert på et kort tidsrom, mens aktivitet varierer hos flere fartøyer over og mellom år, og bruk av batteri og besparelse i drivstoff vil ikke være konstant over levetiden slik som antatt. Lønnsomheten bør derfor vurderes spesifikt for hvert fartøys aktivitetsprofil og planlagte drift. I praksis vil gevinstpotensialet fra batteri avhenge av hvordan det brukes, og påvirkes særlig av temperatur og ladestatus (DNV-GL 2015). DNV-GL oppgir generelt anslag på 5–25 % drivstoffreduksjon for fartøyskategorier passasjerfartøy, ferger, offshorefartøy, fiskefartøy og slepebåter (DNV-GL 2018).

En forutsetning for batterihybrid framdrift på kystvaktfartøy er at batteriene kan installeres sikkert og vil kunne kreve andre sikkerhetshensyn enn for sivile skip. Dersom dette krever store spesialtilpasninger kan det medføre større installasjonskostnader. I en helhetlig vurdering bør også de driftsmessige og operative fordelene ved batterihybrid drift inngå, i tillegg til levetidskostnader. Batterihybrid framdrift muliggjør kjøring med lavere signatur og økt rekkevidde.

Overordnet viser beregningene at installasjon av batteri er en løsning som reduserer utslipp over batteriets levetid, selv med relativ lav drivstoffreduksjon. Det er i tråd med andre livsløpsberegninger (Lasselle et al. 2016; Ellingsen et al. 2014; Peralta et al. 2019; Hoekstra og Steinbuch 2020; DNV-GL 2015). Kostnadmessig er man derimot mer avhengig av middels til høy drivstoffreduksjon for å nedbetale investeringen i batteripakker. Mer inngående analyser som omfatter flere fartøyer og batteriløsninger av ulik levetid vil bedre kunne belyse hvilke fartøyer som er mest tjent med investeringen. Selv med høy drivstoffreduksjon og lønnsomhet, blir slike investeringer kun lønnsomme i et levetidsperspektiv for batteripakkene.

Beregningene er gjort i 2018, og raskt fallende kostnader for batterier (Lindstad et al. 2017; Misyris et al. 2017), variabel drivstoffpris, økende CO₂-avgift, NO_x-avgift, økt sivil landstrømdekning og at vedlikeholdskostnader ikke er vurdert taler for at installasjon av batteri kan bli stadig mer lønnsomt, med kortere nedbetalingstid. Vedlikeholdskostnader er viktig ettersom motorer som opererer på lav last kan medføre ufullstendig forbrenning, som kan kontaminere smøreolje og gi karbonholdige avsetninger på vitale deler av motor. Motorer med lav belastning gir også generelt høyere spesifikke utslipp, og kan gi metanutslipp. Systemer for lagring av overskuddsvarme og regenerativ bremsing for fartøy med krandrifft representerer løsninger som kan gi ytterligere drivstoffreduksjon (DNV-GL 2015).

Ovennevnte case tar utgangspunkt i etterinstallasjon av batteripakke. Ved nyanskaffelse kan kostnader reduseres. Mer inngående analyser er imidlertid nødvendig for å fastslå nytte og kostnader mer presist. FFI vil i 2021 starte opp en analyse for utslippsreducerende tiltak i Sjøforsvaret, som kan bidra med oppdaterte beregninger. Tiltak for militære fartøy er ikke utredet i *Klimakur 2030*, men Kystvaktens fartøyer er omfattet av tiltak S13 «Tiltak på andre spesialfartøy» (Miljødirektoratet 2020a).

Potensial for utslippsreduksjoner hos Kystvakten er grovt estimert på bakgrunn av ovennevnte case for indre kystvakt²³. Kystvaktfartøy i ytre kystvakt bruker betydelig mer drivstoff i året enn indre kystvakt, og absolutte besparelser vil derfor være større per fartøy. Relativ besparelse er ikke kartlagt, men vi legger til grunn rundt 10 % drivstoffreduksjon, da tid ved kailigge er mindre, og fartøyene har større andel patrulje. Usikkerhetsestimater tilsvarende 50 og 150 % er også lagt til grunn for et mulig utfallsrom, hvor høyeste drivstoffreduksjon anses som mindre sannsynlig.

4.1.5 Autonomi og ubemannede plattformer

Utviklingen innen autonomi og ubemannede plattformer er en av de viktigste teknologiske trendene de siste årene, og er forventet å fortsette å være det i mange år framover (Beadle et al. 2019; Andås 2020). Utviklingen i militær sammenheng er primært motivert av en kombinasjon av økt personellsikkerhet, kostnadsbesparelser, økt utholdenhet og mindre behov for understøttelse.

Utviklingen viser seg også å ha en effekt på klimagassutslippene. Når man ikke trenger å ta hensyn til menneskelige behov gir det muligheter for å designe plattformer på en mye mer energieffektiv måte. Ved å ta i bruk denne teknologien ligger det dermed et stort potensiale for utslippsreduksjoner som monner, samtidig som operativ evne ivaretas og potensielt forbedres. Et interessant case-studie i denne sammenhengen er de nye mineryddersystemene Norge er i ferd med å utvikle og anskaffe.

²³ Fartøy som i dag har diesel-elektrisk framdrift hos kystvakten inngår i vurderingen.

4.1.5.1 Case-studie: Nye mineryddersystemer

I anskaffelsesprosjekt *P6359 – Fremtidig maritim minemottiltakskapasitet* anskaffes det tre pakker med autonome, modulære mineryddesystemer samt to moderfartøy. Den ene pakken er planlagt å opereres fra land eller på et innleid eller rekvirert fartøy ved behov. Systemene er containerbasert og kan flyttes både på kjøll og på land, og kan tilpasses etter oppdrag.

I det nye konseptet skal moderfartøyet ligge i mer eller mindre ro i sikkerhet utenfor minefeltet, mens det er ulike mindre, ubemannede plattformer som gjennomfører minejakt og minesveip i minefeltet.

De tre pakkene ble opprinnelig dimensjonert for å erstatte seks minerydderfartøy, men det forventes også en effektivitetsgevinst i operasjon på 50 %, slik at oppgraderingen medfører en kapasitetsøkning (tilsvarende ni minerydderfartøy totalt) og dermed økt operativ evne.

På nåværende tidspunkt er det ikke avgjort hva slags type fartøy moderfartøyet skal være. I samarbeid med prosjektmiljøet på FFI/Horten har vi gjort en rekke forutsetninger om moderfartøy og aktivitetsnivå for å anslå klimautslippene til den nye mineryddekapasiteten.

Som vi så i figur 3.4 reduseres klimagassutslippene med 80 % med det nye konseptet. Når vi hensyntar den økte operative effekten av de nye systemene kan vi si at de er 11 ganger mer klimaeffektive enn de eksisterende minerydderne (målt i operativ evne per tonn CO₂).

4.1.5.2 Et mulig nytt konsept for maritim krigføring

Dagens plattformer for overvåkning og bekjempning i det maritime domenet er hovedsakelig fregatter, korvetter, ubåter, maritime patruljefly (MPA) og kampfly.

En mulig framtidig struktur som har potensialet til å løse samme spekter av oppgaver kan bestå av et nettverk av satellitter, undervannssensorer, UAV-er, USV-er, landbaserte, mobile sjømålsmissiler med lang rekkevidde og standardiserte fartøy som kan utstyres med ulike oppdragsspesifikke innsatspakker. I tillegg kan strukturen fortsatt inneholde ubåter og kampfly for tapspåføring og mineryddersystemer for beskyttelse. Kystvakt kan potensielt inngå som bruker av standardfartøyene og bidra med maritim tilstedeværelse, ressursforvaltning samt øvrig myndighetsutøvelse og suverenitetshevdelse. Rollen til MPA i et slikt konsept på lang sikt må vurderes på et senere tidspunkt hvor konseptet er mer modent.

4.1.6 Simulator og distribuert trening

Forsvarets aktivitet kan grovt sett deles inn i to kategorier: Oppdragsløsning og trening. I fravær av krise/krig, er oppdragsløsning løsning av oppdrag Forsvaret har i fredstid, slik som *Quick Reaction Alert (QRA)*, ressursforvaltning til havs, myndighets- og suverenitetshevdelse, terrorberedskap og deltakelse i Nato-operasjoner/internasjonale oppdrag. Trening omfatter all form for trening og øving som er forberedelse til å løse oppdrag, enten det er fredstidsoppdrag eller krise-/krigsoppdrag. Noen aktiviteter kan havne i begge disse kategoriene. For eksempel kan større øvelser både ha en egenverdi for treningens skyld, men også fungere som et viktig

sikkerhetspolitisk signal. I denne sammenhengen kategoriserer vi slike øvelser som oppdragsløsning, da det ikke vil være hensiktstjenelig å erstatte slike øvelser med simulatorbaserte øvelser.

Det som da står igjen som ren trening, er aktivitet som potensielt kan gjøres i simulator. Det er viktig å presisere at ikke all trening kan erstattes med simulatortrening da det alltid vil være forskjeller mellom en simulator og det å operere det reelle materiellet. Men det er allikevel et potensiale for at deler av denne treningen gjøres i simulator. Det vil variere fra våpensystem til våpensystem hvor mye av treningen som kan gjøres, eller er hensiktsmessig å gjøre, i simulator. Det varierer også i dag hvor langt de ulike våpensystemene er kommet i implementeringen av simulator i treningen. For eksempel er det kjøpt inn et antall simulatorer til F-35 og treningsprogrammet til F-35-piloter inkluderer allerede en del simulatortrening.

4.2 Endringer i adferd og forvaltning

4.2.1 Miljøstyring

Siden 1992 har ambisjonen til Forsvaret vært å være en foregangsetat innen miljøvern. Etter 26 år med flagging av denne ambisjonen kan det være på sin plass å spørre om Forsvaret i dag er en foregangsetat innenfor miljøvern. Den nasjonale miljøvernpolitikken bygger på prinsippet om at alle samfunnsaktører har ansvar for sine egne miljøpåvirkninger. Den første handlingsplanen for miljøvern i Forsvaret kom i 1992 (St.meld. nr. 21) og var – på papiret – et lite paradigmeskifte. Alle styrende dokumenter viser at denne ambisjonen fortsatt står ved lag. Forsvarssektorens retningslinjer for miljøstyring fra 2015 sier blant annet at sektoren skal «gjennom et systematisk miljøarbeid være en foregangsvirksomhet» (Forsvarsdepartementet 2015). På mange områder gjør sektoren godt arbeid. Forsvarsbygg og Forsvaret har gjort et stort løft når det gjelder å begrense miljøkonsekvensene.

Miljøstyringssystemet i forsvarssektoren baserer seg på ISO14001-standard og består av fire trinn:

- 1) Planlegg: Gjennomfør miljøevaluering og definer målsettinger.
- 2) Utfør: Implementer miljøstyring i organisasjonen.
- 3) Kontroller: Overvåk og rapporter om målene nås.
- 4) Korrigjer: Gjennomfør aktivitetene som er nødvendig for å bli bedre.

Rapportering av egne miljø-påvirkninger er helt sentralt i dette arbeidet. Forsvarets ambisjon var at dette miljøstyrings-systemet skulle være på plass i løpet av 2003. Prosessen har vist seg å være mer krevende enn forventet. Hæren har implementert et overordnet miljøstyringssystem, men jobber fortsatt med å få opp rapporteringsgraden fra bruk av våpen og ammunisjon i skyte- og øvingsfelt. Under øvelser tar Forsvaret hensyn til biomangfold, sårbar natur og kulturminner.

Forsvaret kaller dette operativt miljøvern og ser også på det som viktig for å styrke sitt omdømme.

Miljøstyring er avhengig av kvantifiserbare miljømål, både kortsiktige og langsiktige, som er i samsvar med den strategiske planen. I forsvarssektoren vil det si konkrete og målbare sektor-overgripende miljømål som samtidig er konsistent med Forsvarets langtidsplan og andre overordnede politiske og strategiske mål. I forsvarssektorens retningslinjer for miljøstyring har en valgt å unngå å sette miljømål og heller formulere ambisjoner. Deretter blir det foreslått handlinger som kan støtte opp om ambisjonene. Litteraturen anbefaler imidlertid at det settes kvantifiserbare miljømål (Matthews et al. 2004).

Ettersom utslipp av drivhusgasser er en miljøpåvirkning som forsvarssektoren allerede måler og rapporterer på, vil det være enkelt å dokumentere forbedringer og hvordan de ligger an i forhold til målsettingen.

I styringen av all annen virksomhet i Forsvaret er det innført et system som kalles mål-, resultat- og risikostyring (MRR). Dette systemet tar utgangspunkt i målbilde og styringsparametere, ikke ulikt det som benyttes i miljøstyring. I MRR skal målene være spesifikke, målbare, aksepterte, realistiske, tidfestede og enkle. De samme kravene vil gjelde for miljømål. Siden tilnærmingen i prinsippet er lik, bør det være mulig å integrere miljøstyring i den generelle virksomhetsstyringen til Forsvaret og de andre etatene. Miljømål og miljøstyring må alltid ses i sammenheng med andre mål og planer i organisasjonen. Dersom miljøstyring blir liggende på utsiden av alt det andre som skjer i virksomheten, vil det alltid bli en salderingspost.

4.2.2 Grønne innkjøp

Som vi har sett i avsnitt 2.2.2.1 er det vesentlige utslipp forbundet med innkjøp/anskaffelse av varer og tjenester. Forsvarssektoren er en stor innkjøper og har dermed stor innkjøpsmakt. Å bruke markedsmekanismer er en effektiv strategi for å redusere miljøpåvirkninger. Det stilles miljøkrav til alle leverandører av varer og tjenester. Når Forsvaret velger leverandører som kan dokumentere gode miljøprestasjoner, gir det lavere miljøpåvirkning i produktenes levetid. Klimasmarte offentlige anskaffelser kan redusere utslippene med opp mot 70 % (Oslo Economics 2017). Å stille strengere klimakrav til leverandører er altså noe av det mest effektive vi som samfunn kan gjøre.

Det stilles ikke samme miljøkrav til Forsvaret som til resten av samfunnet. Anskaffelsesregelverket for forsvarssektoren (ARF) § 6-7 sier likevel følgende: «Det skal under planlegging av den enkelte anskaffelse tas hensyn til miljømessige konsekvenser av anskaffelsen. Det skal så langt som mulig stilles konkrete miljøkrav til produktets ytelse og funksjon. Det skal kunne dokumenteres at slike vurderinger har blitt foretatt i forhold til de krav som normalt framgår av Framskaffelsesløsningen...». På dette området er det et stort potensial for forbedring (FFI 2019).

For å drive arbeidet med miljøeffektivisering framover ser vi et behov for å bygge opp kompetanse i sektoren. I tillegg bør det utvikles veiledere som gjør det enklere å ta miljøhensyn

i alle faser av materiellets livsløp. I 2002 var FFI med på å utvikle nettopp en slik veileder. Den ble imidlertid aldri fullt ut tatt i bruk i Forsvarets system for anskaffelser (PRINSIX).

4.2.3 Reduksjon av utslipp fra reisevirksomhet

En stor del av Forsvarets utslipp i *scope 3* er knyttet til reisevirksomhet, og særlig flyreiser. Covid-19-pandemien har gitt hele samfunnet en ufrivillig test med bruk av digitale møteløsninger. Økt bruk av digitale møteløsninger kan sammen med valg av reisemåter påvirke utslippene positivt.

4.2.3.1 Digitale møteløsninger

Digitale møteløsninger kan bidra til at møterelatert reisevirksomhet reduseres. Dette avhenger av at digitale møteløsninger substituerer fysiske møter som krever flyreiser. Tidligere forskning fra helt tilbake til 70-tallet fram til årtusenskiftet uttrykte stor optimisme for substitusjonseffekt, men hvor senere anslag er mer nyanserte (Denstadli et al. 2013). Substitusjonseffekt kan være forskjellig avhengig av type møte. Lu og Peeta (2009) finner at teknisk informasjonsutveksling, administrative møter, rådgivning og opplæring og rapport-/prosjektpresentasjoner egner seg godt for digitale møteløsninger. Møter som omhandler strategi/langsiktig utvikling, forhandlinger og finansielle spørsmål vil i betydelig større grad kreve kommunikasjon ansikt til ansikt. Sistnevnte kategori er mer formelle, og krever ofte ustrukturert kontakt med mer komplekst innhold (Lian og Denstadli 2004). Økt bruk av digitale løsninger kan for øvrig også bidra til nettverksbygging, som igjen kan gi flere møter, også fysiske (Denstadli et al. 2013; Saffo 1993). Økt bruk av digitale møter kan ifølge Haynes (2010) også henge sammen med at mail/telefonmøter erstattes, og ikke nødvendigvis de fysiske møtene. Denstadli et al. (2013) med datagrunnlag fra 2009 og 2010, peker også på at norske arbeidstakere har større tiltro til en substitusjonseffekt dersom de finnes VTC-rom hvor kvaliteten på lyd og bilde er høy, sammenlignet med digitale møteløsninger fra PC (Denstadli et al. 2013). Studien fant også at 48 % av de som hadde digitale kommunikasjonsløsninger tilgjengelig, ikke brukte det.

Covid-19-pandemien har gitt hele samfunnet en ufrivillig test med bruk av digitale møteløsninger, som ble brukt betraktelig mer i 2020 sammenlignet med tidligere år. Dette gjelder i stor grad også forsvarssektoren. Digitale møteløsninger har i de senere årene gjennomgått stadige forbedringer der det finnes en rekke forskjellige plattformer å velge mellom.

4.2.3.2 Flyreiser

Tabell 4.2 angir antall flyreiser i forsvarssektoren fra 2016 til 2020, og viser hvordan sektorens bruk av flyreiser²⁴ er økende. Antall flyreiser har hatt en vekst på omtrent 19 % i perioden 2016–2019. Covid-19-pandemien i 2020 medførte redusert reiseaktivitet og antall flyreiser ble nesten halvert sammenlignet med året før.

²⁴ Omfatter flyreiser bestilt gjennom sektorens avtalekoder. Antallet vil inkludere reiser utenfor arbeid i den grad de benyttes privat.

Tabell 4.3 Antall km kjørt i leiebil og tilhørende utslipp (tonn CO₂-ekv).

År	2016	2017	2018	2019	2020
Kjøredistanse (1000 km)	4 931	4 699	5 031	5 386	5 573
Utslipp	802	680	735	717	742

Tabell 4.4 Antall mil kjørt for privatbil i tjeneste og tilhørende utslipp (tonn CO₂-ekv).

År	2016	2017	2018	2019	2020
Kjøredistanse (1000 km)	13 479	10 690	12 626	13 344	12 634
Utslipp	2 192	1 549	1 846	1 724	1 683

4.2.4 Matsvinn

Matsvinn er en internasjonal utfordring som innvirker på økonomisk utvikling, matsikkerhet, sult, og har i tillegg negativ miljøeffekt gjennom bortkastet ressursbruk og utslipp av drivhusgasser. FFI har tidligere utarbeidet et notat med data fra 2017 som er en innledende vurdering av omfanget av matsvinn i sektoren (Utstøl 2018). Avfallsdata fra MDB ble benyttet sammen med data fra nasjonal kartlegging av matsvinn (Syversen et al. 2018) og plukkanalyser gjort ved spisesteder med buffetservering. 87 % av avfallsmengdene fra messene i Forsvaret inngikk i datagrunnlaget. Kostnader fra matsvinn ble beregnet på bakgrunn av mengden matsvinn i ulike matvaregrupper og deres medianpris, i tillegg til kostnader ved avfallsbehandling av andelen matsvinn. Utslipp av drivhusgasser fra matsvinnet ble estimert fra både oppstrøms og nedstrøms verdikjede i et livsløpsperspektiv for varegruppene, med utslippsfaktorer fra NORSUS (Raadal et al. 2009). Det ble estimert 620 tonn matavfall, hvorav 261 tonn er estimert matsvinn (42 %). Kostnader ble estimert til 11,7 millioner 2017-kr og utslippet estimert til 630 tonn CO₂-ekv.

Årsakene til matsvinn er ikke systematisk kartlagt, men noen årsaker er sannsynlige. Tallerkenrester hos gjester er sentralt, og henger sammen med feilberegning av mengde, at gjester ikke liker maten som er tilgjengelig eller ikke har tid til å fullføre måltidet. Usikkerhet ved beregning av antall gjester, kan medføre overproduksjon og dermed matsvinn. Dette kan delvis kompenseres for ved gjenvarming av mat, men potensialet er begrenset av helsemessige årsaker. Utgatte varer som ikke kan serveres eller utnyttes på annen måte er også en kilde til matsvinn.

Det er betydelig usikkerhet tilknyttet estimert mengde matsvinn. Dette hovedsakelig som følge av at det ikke er utført plukkanalyser ved messene. Analysen omfatter heller ikke alt matavfall, ettersom 13 % av totalt matavfall fra enkelte messer hvor man ikke kunne gjøre knytning mot avfallspunkt, ikke inngikk i datagrunnlaget. Matsvinn fra øvelser er ikke vurdert. Det anbefales derfor at notatet følges opp med plukkanalyser på utvalgte messer for å få et mer presist bilde av

matsvinn i sektoren. For en mer detaljert beskrivelse av hvilke forutsetninger som ligger til grunn for analysen, henvises det til notatet (Utstøl 2018).

4.2.5 Valg av matvarer

Matvarer har forskjellig klimaavtrykk. Det er gjennomgående og veldokumentert at produksjon og distribusjon av korn, frukt, grønnsaker og belgvekster generelt genererer mindre utslipp enn kjøtt (Clune et al. 2017; Poore og Nemecek 2018; van Oort og Holmelin 2019; Nijdam et al. 2012). Det er også forskjeller innad i forskjellige matvarekategorier, hvor f.eks. kylling og svin har lavere utslipp i produksjon enn drøvtyggere. Generelt vil produksjon av matvarene ha større betydning enn transportleddet (Poore og Nemecek 2018; Oort et al. 2020; Nijdam et al. 2012).

Forsvaret forsøkte i 2014 å innføre kjøttfri mandag som et pilotprosjekt for å få ned kjøttforbruket. Kjøkkener ble bedt om å redusere bruk av kjøtt i måltider enten ved kjøttfri dag, kjøttfrie måltider eller mindre kjøtt i måltidene. Omtrent 1/3 av leirene som ble spurt valgte å implementere prosjektet (Milford og Kildal 2019).

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) har utarbeidet studien «*Meat reduction by force, the case of meatless Monday in the Norwegian Armed Forces*» (Milford og Kildal 2019) hvor det ble gjort kvalitative intervju med kjøkkensjefer, kokker, ernæringspersonell og administrasjonen i FLO. Studien benyttet også data fra FFI-rapporten *Kartlegging av tilfredshet med Forsvarets spisemesser* (Gundersen et al. 2016), hvor det ble sendt ut en spørreundersøkelse til omtrent 9000 vernepliktige. Svarprosent på undersøkelsen var 32 %, og varierte fra 9–70 % avhengig av leir. I tillegg fikk enkelte mer tid til å besvare undersøkelsen enn andre, og alle spørsmål ble ikke alltid besvart. Til sammen kan det ha påvirket resultatet. Noen av funnene i rapporten er (Milford og Kildal 2019):

- Manglende informasjon til kjøkkenpersonale og soldater om helse- og miljøgevinster med vegetarisk mat.
- Kjøkkenpersonale ble ikke involvert tilstrekkelig i prosessen, og fikk heller ikke opplæring eller informasjon om hvordan tilberede vegetarmåltider. Kjøkkenpersonale påpeker at de ønsker å servere mat som brukerne av messa ønsker, og som blir spist opp.
- Enkelte kokker rapporterte om økt matsvinn etter vegetariske måltider, som sammen med negative tilbakemeldinger førte til at initiativet ble avsluttet. Andre kokker som ikke fikk negativ tilbakemelding hadde i enkelte tilfeller brukt kjøtterstatning og fjernet vegetarmerking fra menyen. Enkelte steder ble det servert vegetariske måltider regelmessig med positive tilbakemeldinger.
- Vernepliktige var generelt negative til påstandene; «reduert kjøttforbruk er et effektivt miljøtiltak» (21 %), «høyt kjøttforbruk er skadelig for helsen» (21 %), «et balansert vegetarisk kosthold inneholder alle essensielle næringsstoffer» (23 %) og «når jeg

flytter for meg selv, vil jeg spise middag uten kjøtt og fisk en til to ganger i uka» (51 %). Andel respondenter sterkt uenig er angitt i parentes.

- Jo mer respondentene er enig i at redusert kjøttinntak er effektivt miljøtiltak, høyt kjøttinntak er helseskadelig, og balansert vegetarkost inneholder essensielle næringsstoffer, desto mer sannsynlig er det at de oppgir ønske om vegetarmåltider en til to ganger i uka når de flytter for seg selv.
- Selv om respondentene generelt ikke ønsker å spise mer vegetarisk i framtiden, finner studien en positiv korrelasjon mellom å ha opplevd tiltak om kjøttfri mandag og å hevde å bli mer positivt innstilt til vegetarmat.

Oppsummert viser NIBIOs undersøkelse at økt kunnskap om positive helse- og miljømessige effekter av plantebasert mat blant vernepliktige, og opplæring av kjøkkenpersonale for å lage smakfulle og næringsrike måltider, kan gjøre nye lignende forsøk mer vellykket. Større grad av institusjonell forankring og involvering av kjøkkenpersonell kan også bidra. Undersøkelsen viser også at positive holdninger til plantebaserte måltider kan øke ved at man eksponeres for vegetarmat og får mer kunnskap om temaet, til tross for negative holdninger. For mer detaljer, henvises det til rapporten (Milford og Kildal 2019).

Den overordnede kartleggingen av tilfredshet ved Forsvarets spisemesser utført av FFI/FLO viser også at tilfredshet varierer med type måltid. Lunsj er det mest populære måltidet, mens kveldsmat kommer dårligst ut. Tilfredshet med middag varierer etter type rett. Biff, pizza og kylling er populært, mens torsk og fiskepinner blir i langt mindre grad satt pris på. Variasjon framheves som en viktig faktor for at soldatene skal være tilfreds med måltidene (Gundersen et al. 2016). Eventuelle tiltak ved en senere anledning bør også ses i lys av disse funnene.

Ifølge artikkelen *Meat and masculinity in the Norwegian Armed Forces* (Kildal og Syse 2017) må sosio-kulturelle faktorer som driver kjøttforbruk vektlegges i større grad for å oppnå at tiltak lykkes. Artikkelen peker på at kjøtt er assosiert med protein, styrke og komfort, og at kjøttforbruk sammenfaller med militær kultur og maskulinitet. Siden militær aktivitet stiller fysiske krav, og kjøtt i tillegg anses som komfortabel mat, kan vernepliktige og ansatte derfor føle både et fysisk og psykologisk behov for det. Studien gjennomførte kvalitative intervju med 11 fokusgrupper av 61 vernepliktige og kadetter i to leire. De ble spurt om hva de syntes om redusert kjøttforbruk. Noen representative tilbakemeldinger trekkes fram i studien. For mange er mat en viktig del av hverdagen og en viktig motivasjonsfaktor. Kjøtt ble framstilt som fundamentalt viktig mat med mye protein som også gir god smak og velvære. Tiltaket opplevdes urettferdig for enkelte og potensielt som grønnvasking, siden de tror tiltaket har marginal effekt sammenlignet med andre utslipp fra Forsvaret. Det var også uttrykt skepsis til at vegetarmåltider er mettende nok. Studien understreker viktigheten av godt informasjonsarbeid, særlig på grunn av de sosio-kulturelle forholdene i Forsvaret. Tiltak med sikte på å redusere kjøttforbruk kan oppleves som et offer eller virke moraliserende og vanskelig å godta, særlig tatt i betraktning at respondenter i studien oppgir at de allerede gir et stort bidrag til samfunnet. Hvordan budskapet

innrammes trekkes derfor fram som en viktig faktor i informasjonsarbeidet. NIBIOs undersøkelse drøftet også hvorvidt budskapet «kjøttfri mandag» er gunstig innramming, fordi det budskapet minner den enkelte på hva man ikke får servert.

Regelmessig fysisk arbeid og aktivitet for en stor andel av vernepliktige og ansatte gir et relativt høyt kaloribehov sammenlignet med andre yrker og samfunnssektorer. Det er en overvekt av menn som er vernepliktige og ansatte i Forsvaret. I 2020 var kvinneandel 14 % og 33 % i henholdsvis militære stillinger og sivile stillinger (Forsvaret 2021). For verneplikt er kvinneandelen 33 %. Ifølge Norkost (Totland et al.) oppfylder 55 % av alle menn og 33 % av alle kvinner ikke Helsedirektoratets kostråd om et maksimalt inntak på 500 gram rødt kjøtt og bearbeidet rødt kjøtt i uka. Omtrent 25 % av alle menn spiser det dobbelte av anbefalingen. *Klimakur*-rapporten har utredet effekten av at de delene av befolkningen som overstiger Helsedirektoratets anbefaling, reduserer inntaket av rødt kjøtt og bearbeidet rødt kjøtt til 500 gram i uka. Tiltaket er usikkert og krever atferdsendring i befolkningen, men er det enkelttiltaket med høyest estimert utslippsreduksjonspotensial i rapporten (2,9 millioner tonn CO₂-ekv. i perioden 2021–2030). Utslippsreduksjonene kommer av endret sammensetning og omfang av jordbruksproduksjon som kan føre til lavere utslipp av særlig CH₄ og N₂O.

Kjøttforbruk i Norge har gått svakt nedover de senere årene, men sett over flere år, er forbruket likevel fortsatt stabilt (Animalia 2020, s. 123). Det kan tenkes at økt fokus på kjøttforbruk og miljømessige konsekvenser etter 2014 (IPCC 2019; Miljødirektoratet 2020a), potensielt kan gi en annen respons nå dersom tiltak implementeres på nytt i Forsvaret. Et interessant funn fra SIFO i denne sammenheng er at i undersøkelser fra 2018 uttrykker yngre mennesker generelt større interesse for vegetarmat og miljømessige aspekter med mat, men har likevel høyere kjøttforbruk enn eldre. Ifølge undersøkelsen er det lite som tyder på en stor forandring i kjøttforbruk de nærmeste årene, men det er et stort markedspotensial for plantebaserte produkter særlig hos yngre (Bugge og Alfnes 2018).

Gitt kaloribehovet og demografisk status for vernepliktige og ansatte i Forsvaret, er det sannsynlig at en betydelig andel ikke følger Helsedirektoratets råd. Valg av plantebaserte måltider og fisk i Forsvaret som virker mettende og tilfredsstillende, kan bidra til at forbruk av rødt kjøtt reduseres i større omfang enn hva antall ansatte og vernepliktige rent alene skulle tilsi. Forsvaret er også en sosial arena i samfunnet, og holdningsendring og potensielt forbruksendring etter endt tjeneste, kan ha en større samfunns effekt (Kildal og Syse 2017). Med andre ord kan et tiltak for mindre kjøttkonsum eller mer vegetarisk mat som lykkes, ha betydelig effekt. En analyse av forbruk av matvarekategorier og pris basert på innkjøpsdata kombinert med utslippsfaktorer, vil kunne belyse status for utslipp fra matkonsum og potensial for utslippsreduksjoner. Dette vil også kunne bidra med informasjon over hvilke typer tiltak på matsiden som har størst betydning for utslipp.

5 Tiltak

5.1 Kvantitative tiltak

I dette delkapittelet beskrives sju tiltak hvor vi har gjort kvantitative beregninger på klimaeffekt og kostnad. For hvert tiltak beskrives usikkerheter, kostnader, øvrige fordeler/ulempes og den modellerte klimaeffekten.

5.1.1 Tiltak 1 – Avansert biodrivstoff

5.1.1.1 *Beskrivelse av tiltaket*

Som beskrevet i avsnitt 4.1.2.2 kan bruk av drivstoff med innblanding av avansert biodrivstoff bidra til å redusere utslipp. I prinsippet kan man blande inn så mye avansert biodrivstoff som man er villig til å betale for. Dette tiltaket er utformet slik at Forsvaret følger tilsvarende innblandingsforhold som omsetningskravene i sivilsamfunnet (Miljødirektoratet 2020a).

For fartøyer har vi brukt samme forutsetninger som tiltak SO3 fra *Klimakur 2030* (Miljødirektoratet 2020a, Vedlegg I, s. 100). Der innblandes stadig mer HVO og LBG fra og med 2022. Tiltaket er utformet slik at 90 % av omsatt energi fra avansert biodrivstoff skal være i form av LBG. Det medfører at innblandingen av LBG i LNG vil vokse til opp mot 38 % i 2030, mens innblandingen av HVO i MGO vil være på under 2 % i 2030. Etter 2030 forutsetter vi en flat videreføring av disse innblandingsforholdene. Siden Forsvarets fartøyer hovedsakelig bruker MGO (Barentshav-klassen har todelt framdriftssystem som gjør at de benytter både LNG og MGO) gjør dette at tiltaket får relativt liten effekt isolert sett for Forsvaret. Imidlertid ser vi at dersom vi kombinerer dette tiltaket med økt grad av framdriftssystemer på LNG vil tiltaket få betydelig effekt.

Forsvarets militære kjøretøy og luftfartøy går på identisk drivstoff (F-34). Det er dermed ikke helt åpenbart om dette drivstoffet skal innblandes med biodrivstoff tilsvarende kravet for veitransport eller lufttransport. Veitrafikken har et høyere omsetningskrav enn lufttrafikken, og er forventet å øke ytterligere framover (Miljødirektoratet 2020a). Det finnes derimot ikke et bestemt mål for omsetningskravet i luftfarten; det skal vurderes nærmere på et senere tidspunkt (Meld. St. 13 (2020–2021)). Siden det går klart mest drivstoff til luftfartøy, og drivstoffet er basert på sivilt flydrivstoff (Jet-A1), antar vi at det er mest relevant å følge et eventuelt omsetningskrav tilsvarende det for sivil luftfart. Vi antar at dette omsetningskravet blir mellom 0,5 % (dagens omsetningskrav i luftfarten) og 5 %. Det antas videre at det vil ta noe tid å få godkjent avansert biodrivstoff på Forsvarets materiell. Det er dermed antatt at det vil fases inn for bakkekjøretøy og luftfartøy først fra 2025.

5.1.1.2 *Usikkerhet*

I beregningen av tiltaket er det medregnet to typer usikkerhet: usikkerhet i effekt (hvor mye utslipp som kuttes ved innblanding) og usikkerhet i innblandingsandel.

Basert på (Miljødirektoratet 2020c; Produktforskriften ; Isakova et al. 2019) antar vi at LBG reduserer utslipp med 70–90 %. For innblanding av HVO antar vi 66 % utslippsreduksjon basert på Miljødirektoratets anslag.

Tabell 5.1 Forutsetninger og usikkerhetsspenn for biodrivstoff.

Drivstoffinnblanding	Innblandingsprosent	Utslippsreduksjon
HVO i MGO	Økende til 1,8 %	66 %
HVO i F-34	0,5 %–5 %	66 %
LBG i LNG	Økende til 38 %	70–90 %

Dette er usikkerheter som gjelder dersom man gjennomfører tiltaket som skissert, hvor innblandingen søker å speile omsetningskravet i sivilsamfunnet. Imidlertid er det stor frihet til å gjennomføre tiltaket med helt andre forutsetninger. Denne ikke-modellerte usikkerheten er derfor stor.

5.1.1.3 *Kostnader*

Klimakur 2030 anslår at dette tiltaket vil koste over 1500 kr/tCO₂-ekv. å gjennomføre. Som diskutert i avsnitt 2.3.3 forventer vi at tiltaket vil representere en merkostnad for Forsvaret i overskuelig framtid. Basert på disse forutsetningene vil tiltaket gi en årlig merkostnad for Forsvaret på 1–40 millioner kroner, avhengig av innblandingsprosent, prisutviklingen og CO₂-avgiften.

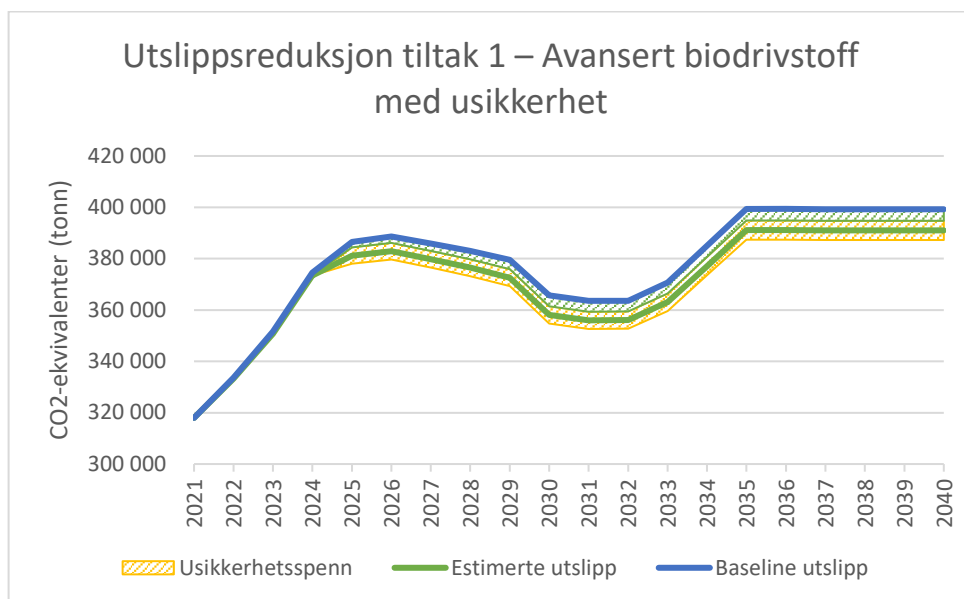
5.1.1.4 *Øvrige fordeler/ulemper*

Den store fordelen til biodrivstoff er at det kan blandes rett inn i eksisterende drivstoff og fungere på eksisterende materiell, uten store tilpasninger eller store investeringer/endringer av materiellparken. Dette gjør avansert biodrivstoff ettertraktet, og gir høy pris. Utenom den høye prisen er det ingen vesentlige ulemper.

5.1.1.5 *Resultater*

I 2040 vil tiltaket kutte mellom 4 000 og 11 000 tonn CO₂-ekv, med et middelestimat på ca. 7 500 tonn CO₂-ekv. Figur 5.1 viser resultatet over tid.

Merk at figuren viser total global utslippsreduksjon som følge av tiltaket, relativt til referansebanen. Figuren viser ikke hva utslippene (*scope 1*) vil bli dersom tiltaket gjennomføres. Dette er et bevisst valg for å illustrere hva de reelle globale utslippsreduksjonene kan bli. Dersom kun *scope 1* utslippsreduksjoner hadde vært vist, ville det overestimert effekten av tiltaket.



Figur 5.1 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 1 – avansert biodrivstoff. Grønt skravert område viser utslippsreduksjonen dersom det laveste anslaget for utslippsreduksjon inntreffer.

5.1.2 Tiltak 2 – Batterihybridisering av fartøy

5.1.2.1 Beskrivelse av tiltaket

Dette tiltaket innebærer å installere batteripakker på en rekke fartøyer enten ved *Mid-Life Update* (MLU) eller ved nybygg. Fartøyene dette gjøres for er alle KV-fartøy, KNM Maud og nytt moderfartøy for nye mineryddersystemer. Se oversikten i tabell 5.1.

Tabell 5.2 Oversikt over tidspunkt for MLU og (re)anskaffelse for fartøyer inkludert i tiltaket.

Fartøy	MLU	(Re)Anskaffelse
KV Harstad	2023–24	2033
KV Svalbard	2021–22	2031
Nornen-klassen	2025–28	2033–35
Barentshav-klassen	2023–24–25	
Jan Mayen-klassen	2036–39	
KNM Maud	2034	
MCM Moderfartøy		2025–28

5.1.2.2 Usikkerhet

Effekten av tiltaket er avhengig av både type fartøy og operasjonsmønsteret til fartøyet. Beregningene tar utgangspunkt i beregningene for KV Tor (vedlegg A), og usikkerheter beskrives nærmere der. En kvalitativ vurdering av operasjonsmønster tilsier lavere potensial for drivstoffreduksjon hos YKV og KNM Maud enn for IKV og MCM relativt sett. Tabell 5.2 viser usikkerheten i den modellerte effekten. Ytterligere detaljer og usikkerheter vises i vedlegg A.

Tabell 5.3 Ulike satser for estimert drivstoffreduksjon brukt i tiltak 2.

	Drivstoffreduksjon IKV og MCM	Drivstoffreduksjon YKV og KNM Maud
Lav sats	7 %	5 %
Estimat	14 %	10 %
Høy sats	21 %	15 %

De ikke-modellerte usikkerhetene er hvorvidt alle disse fartøyene egner seg til batteri-hybridisering (det kan være plasshensyn eller andre hensyn som gjør at de ikke egner seg for tiltaket), og hvorvidt andre fartøy kan egne seg for tiltaket.

5.1.2.3 Kostnader

I vedlegg A.2 vises en lønnsomhetsvurdering for KV Tor, et Nornen-klasse fartøy (IKV). Beregningen er særlig følsom for effekt (drivstoffbesparelse), investeringskostnad og kalkulasjonsrente, i tillegg til framtidig CO₂-avgift (ikke beregnet i vedlegget). Beregningen viser at tiltaket vil være lønnsomt i et tiårsperspektiv (forventet levetid for batteripakken) dersom effekten (drivstoffreduksjonen) er 12,9 % eller høyere. Siden effekten antas å være noe lavere for YKV og KNM Maud er det større usikkerhet om lønnsomheten for disse fartøyene. Med forutsetningene som brukt i vedlegg A er det ikke gitt at disse er lønnsomme. Imidlertid er det viktig å ta hensyn til tidsfasingen av oppgraderingene. I dette tiltaket antar vi at batteripakkene installeres ved MLU, og som tabell 5.2 viser gjennomgår de ulike fartøyene MLU på ulikt tidspunkt. Generelt kan vi si at desto senere MLU-en gjennomføres, desto større sannsynlighet er det at en batteripakke vil være lønnsom. Dette grunnet trender innen batteriteknologi som tilsier at effekten øker og kostnaden faller over tid. I tillegg kommer en potensiell økning av CO₂-avgiften, som gjør kostnadsbesparelsen større jo senere batteriet installeres (dette gjelder imidlertid ikke for YKV siden de per mai 2021 er fritatt for CO₂-avgift).

Oppsummert konkluderer vi derfor med at det er stor sannsynlighet for at tiltaket er kostnadsbesparende for IKV (Nornen-lassen). Det er større usikkerhet om tiltaket er kostnadsbesparende for YKV og KNM Maud, og det må gjøres mer grundige analyser basert på blant annet operasjonsmønster for endelig å avgjøre om tiltaket vil være kostnadsbesparende for disse fartøyene.

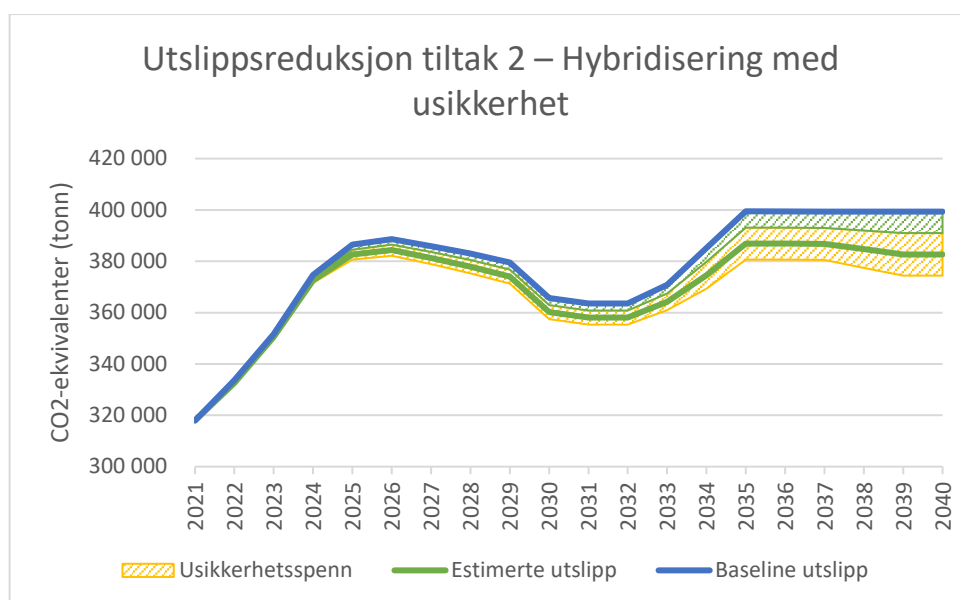
5.1.2.4 Øvrige fordeler/ulempes

Installasjon av slike batterier medfører at motorer opererer på mer optimalt turtall som kan føre til redusert vedlikeholdsbehov, med reduserte vedlikeholdskostnader og redusert nedetid som resultat. Det vil også redusere signaturen til fartøyet, noe som vil være en operativ fordel. Redusert drivstofforbruk vil også føre til økt rekkevidde.

Batteripakkene vil imidlertid kunne ta opp verdifull plass på fartøyene. Det kan også potensielt medføre en ekstra sikkerhetsutfordring som må håndteres.

5.1.2.5 Resultater

I 2040 vil tiltaket kunne redusere utslippene mellom 8 000 og 25 000 tonn CO₂-ekv, med et middelestimat på 16 500 tonn CO₂-ekv. Se figur 5.2.



Figur 5.2 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 2 – hybridisering av fartøy.

5.1.3 Tiltak 3 – Effektiviseringstiltak på fartøy

5.1.3.1 Beskrivelse av tiltaket

Dette tiltaket er en samlepost av mange mulige teknisk-operasjonelle tiltak som kan gjennomføres på fartøy, med formål om å redusere drivstofforbruk og dermed utslipp. DNV GL har beskrevet 33 slike tiltak (DNV-GL 2016), hvorav batterihybridisering (tiltak 2) inngår.

FFI har tidligere gjennomført en studie på teknologiske løsninger for energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren (Myhre et al. 2012). Den beskriver sju slike effektiviserings-tiltak som kan være aktuelle for Forsvarets fartøyer, hovedsakelig basert på studier fra US Navy

(O'Rourke 2007). Eksempler på enkelttiltak i denne kategorien er skrogoptimalisering, mer effektive propelløsninger, skrogvask, energisparing m.m.

Å gjøre en grundig analyse av alle tiltakene som inngår i denne kategorien ville vært for omfattende for denne studien. I dette tiltaket har vi dermed ikke gått i detalj på hvert enkelt mulig tiltak i denne kategorien, men basert på resultatene fra disse tidligere studiene har vi satt noen satser for effektiviseringspotensial vi mener er realistiske for Forsvaret ved hhv. MLU og nybygg.

Tabell 5.4 *Satser brukt i tiltak 3 – Effektiviseringstiltak på fartøy.*

	MLU	Nybygg
Lav sats	5 %	15 %
Middels sats	10 %	25 %
Høy sats	25 %	40 %

5.1.3.2 *Usikkerhet*

Basert på de tidligere studiene og diskusjonen i 4.1.1 har vi modellert det vi anser som en relativt stor usikkerhet for dette tiltaket (se tabell 5.4). Den ikke-modellerte usikkerheten knytter seg til hvorvidt alle fartøyene egner seg for effektiviseringstiltak, og muligheten for at flere tiltak kan iverksettes tidligere uten å vente på en MLU (f.eks. skrogvask). Totalt anser vi ikke-modellert usikkerhet som moderat.

5.1.3.3 *Kostnader*

Siden dette tiltaket er en samlekategori med tiltak, vil det være ulik kostnad og nytte for de ulike tiltakene i kategorien. Basert på diskusjonen i avsnitt 4.1.1 forventer vi at mange av tiltakene vil være i kategorien «kostnadsbesparende», særlig når man legger økning i CO₂-avgiften til grunn, men enkelte av tiltakene kan være kostbare. Kostnadene for de ulike tiltakene må vurderes nærmere før det kan konkluderes endelig.

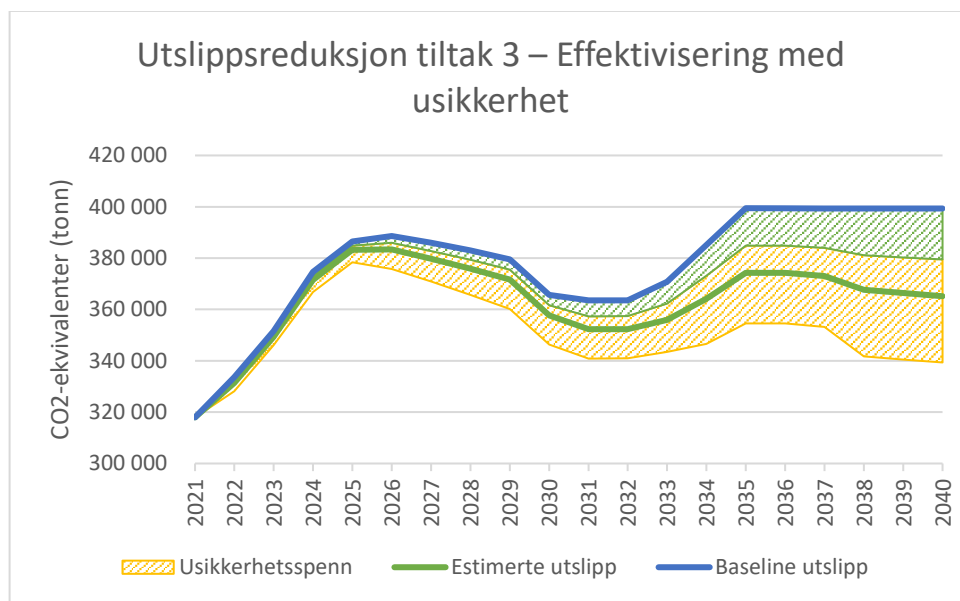
5.1.3.4 *Øvrige fordeler/ulemp*

Noen av tiltakene i denne samlekategorien vil kunne redusere signaturen. Siden alle tiltakene bidrar til redusert drivstofforbruk bidrar de også til økt rekkevidde.

Enkelte av tiltakene fra DNV-GL (2016) vil muligens kunne påvirke operasjoner/manøvrering negativt, men det er ikke gitt. Det må vurderes nærmere i hvert enkelt tilfelle, og det er i usikkerhetsvurderingen tatt høyde for at ikke alle tiltakene kan implementeres av denne grunnen.

5.1.3.5 Resultater

Figur 5.3 viser utslippene med usikkerhet etter tiltaket. Særlig mot slutten av perioden er potensialet for utslippsreduksjon stort, da både Nornen-klassen og fregatter skal erstattes med nybygde fartøy. Estimert utslippsreduksjon i 2040 er mellom 19 000 og 60 000 tonn CO₂-ekv, med forventingsestimat på 34 000 tonn.



Figur 5.3 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 3 – effektiviseringstiltak på fartøy.

5.1.4 Tiltak 4 – Økt bruk av simulator

5.1.4.1 Beskrivelse av tiltaket

I dette tiltaket forutsetter man innkjøp av simulator til NH90 og P-8, og antar økt bruk av fregattsimulatoren på Haakonsværn. Økt bruk av fregattsimulatoren kan iverksettes allerede fra 2021, og simulatorer til NH90 og P-8 forutsettes levert samtidig med flyene.

5.1.4.2 Usikkerhet

I den modellerte usikkerheten har vi tatt i betraktning at de ulike systemene har ulike potensialer for å redusere *live* trening og øving, som er det som medfører reduksjon av utslipp.

Tabell 5.5 *Utslippsreduksjon som følge av bruk av simulator til å erstatte live trening og øving.*

System	Lav sats	Middels sats	Høy sats
Fregatt	5 %	10 %	15 %
NH90	5 %	10 %	15 %
P-8	10 %	15 %	20 %

For fregatt og NH90 har vi satt det vi anser som relativt lave satser for hvor mye *live* trening som kan erstattes av simulator basert på kvalitative vurderinger (det er allerede er planlagt med relativt få flytimer på NH90 og antallet flytimer ble redusert i siste langtidsplan grunnet høye kostnader per flytime). For P-8 har vi satt noe høyere satser. Dette er grunnet et høyt antall planlagte flytimer (økt i siste langtidsplan) som inkluderer trening og øving. Vi påpeker imidlertid at det ikke er gjort en inngående treningsanalyse og usikkerheten er derfor stor.

Den ikke-modellerte usikkerheten knytter seg primært til utvelgelse av systemer for tiltaket. Det finnes også andre systemer hvor simulator kan spille en rolle og bidra til å redusere utslipp.

5.1.4.3 *Kostnader*

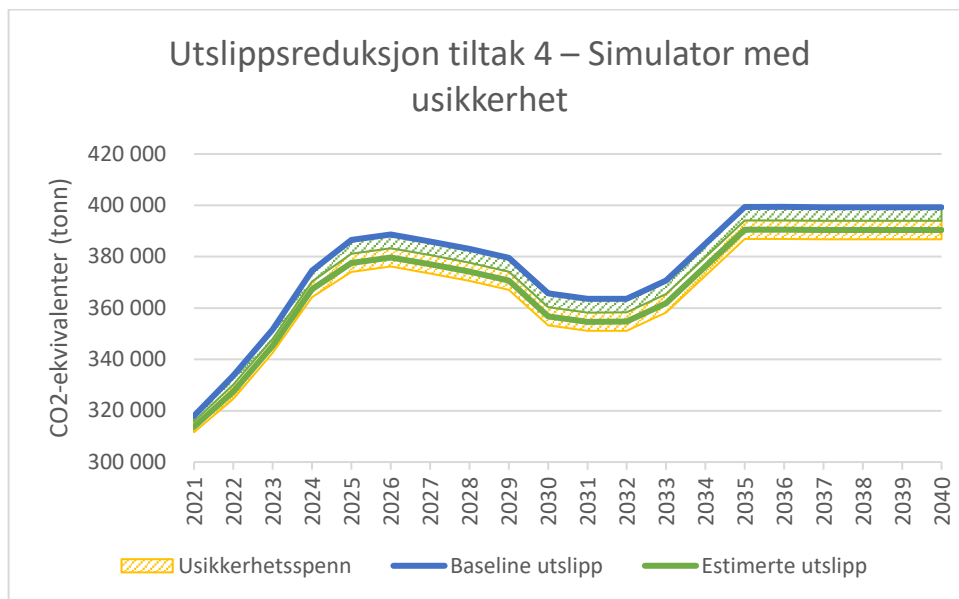
Foreløpige beregninger fra prosjektdokumentasjonen viser at NH90-simulator vil være kostnadsbesparende (LST 2020). Det foreligger ingen offisiell kostnadsberegning for P-8-simulator. Basert på erfaringer og beregninger fra andre luftsystemer (NH90, F-35 kampfly) er det imidlertid rimelig å anta at innkjøp av P-8-simulator vil være kostnadsbesparende. Forsvaret har allerede en simulator for fregatt, og redusert *live* trening og øving vil være ytterligere kostnadsbesparende.

5.1.4.4 *Øvrige fordeler/ulemp*

Bruk av simulator muliggjør mengdetrening på prosedyrer som er dyre/tidkrevende å gjennomføre live, samt trening på scenarioer og prosedyrer som man ønsker å holde skjult for utenlandsk etterretning.

5.1.4.5 *Resultater*

Resultatet i figur 5.4. viser at tiltaket får effekt tidlig, men at effekten øker etter hvert som P-8 og NH90 innfases med fullt antall flytimer. I 2040 er utslippsreduksjonen mellom 5 000 og 12 500 tonn CO₂-ekv, med et forventningsestimat i underkant av 9 000 tonn CO₂-ekv.



Figur 5.4 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 4 – økt bruk av simulator.

5.1.5 Tiltak 5 – Alternativ erstatning for Nornen-klassen

5.1.5.1 Beskrivelse av tiltaket

Som beskrevet i kapittel 3 er det i KOSTMOD/LTP forutsatt at Nornen-klassen erstattes med dyrere/større fartøyer (størrelsesorden Barentshav-klassen). Tiltaket går ut på å erstatte Nornen-klassen med fartøyer i samme størrelsesorden som den eksisterende fartøysklassen.

5.1.5.2 Usikkerhet

Usikkerhet er modellert ved å multiplisere utslippene fra de alternative erstatningsfartøylene med usikkerhetssatser. Ikke-modellert usikkerhet anslås som lav.

5.1.5.3 Kostnader

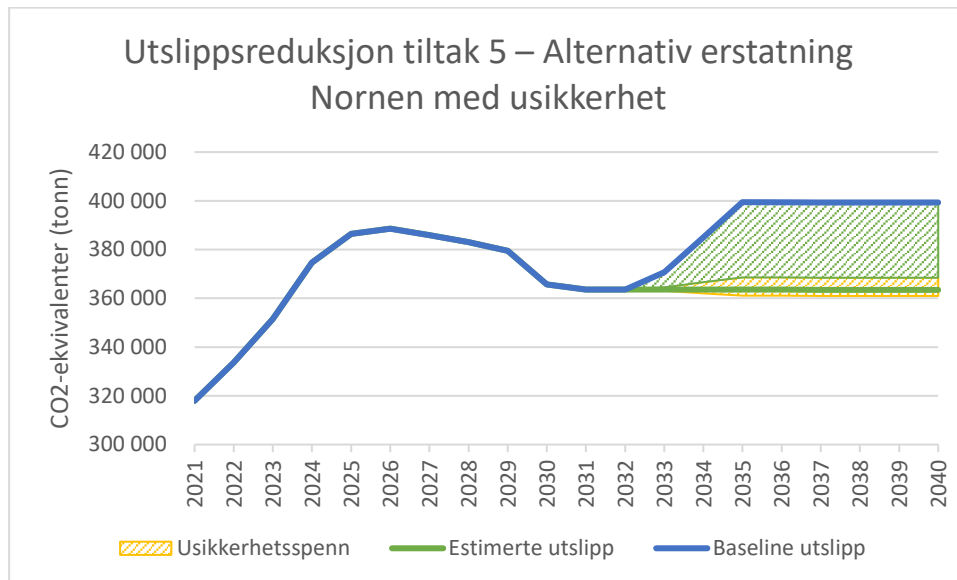
Tiltaket er kostnadsbesparende ettersom mindre fartøyer er billigere både i anskaffelse og drift.

5.1.5.4 Øvrige fordeler/ulemp

Tiltaket vil ikke oppnå samme kapasitetsøkning som den opprinnelige erstatningen ville representert. Den større fartøysklassen representerer ikke en økt ambisjon slik vi forstår det, men et ønske om å fange opp kostnadseffektene av å begynne en innføring av en standardklasse fartøyer for kystvakten. Derfor representerer ikke tiltaket en ambisjonsreduksjon, men en videreføring av dagens ambisjonsnivå.

5.1.5.5 Resultater

Figur 5.5 viser utslippene etter tiltaket. I 2040 forventes en reduksjon mellom 30 000 og 38 000 tonn CO₂-ekv, med et forventningsestimert på 35 800 t CO₂-ekv, sammenlignet med referansebanen.



Figur 5.5 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 5 – alternativ erstatning for Nornen-klassen.

5.1.6 Tiltak 6 – Nytt konsept for maritim krigføring

5.1.6.1 Beskrivelse av tiltaket

Dette tiltaket skal ikke forstås som et miljøtiltak, men er et mulig tiltak for bedret operativ evne og reduserte kostnader, slik det er demonstrert av Hansen og Dahlmo (2021). Tiltaket vil imidlertid også kunne ha en positiv miljøkonsekvens i form av lavere klimagassutslipp.

Tiltaket går ut på å gå over til et nytt, alternativt konsept for maritim krigføring, som beskrevet i (Hansen og Dahlmo 2021). Små vakt- og sikringsfartøyer innføres i perioden 2022–2026. En ny klasse basisfartøyer, som erstatter både KV- og marinefartøyer, innføres etter hvert som eksisterende fartøyer faller for levetid. Se oversikt over de to strukturalternativene i tabell 5.6.

Tabell 5.6 To alternative strukturer som realiserer et nytt konsept for maritim krigføring.

Struktur I	Beskrivelse	Struktur II
	212 CD konvensjonell ubåt	
	MPA (P-8)	
	YKV med helikopter (Jan Mayen)	
MCM 4 KV 12 Krigføring 4	Basisfartøy og innsatspakker	MCM 4 KV 12
	Autonom USV m/liten VTOL UAV (ASW)	
	Langtrekkende landbasert missilsystem (Nytt NSM)	
	Satellittnettverk (ISTAR)	128
	Deployerbart sensorsystem (ASW)	
1000 200 30	Sjøminer (konvensjonell-avansert-mobil)	1000 200 30
	Vakt- og sikringsfartøy (SA og FP)	
4 tropper + fartøystropp	Forsterket KJK	4 tropper + fartøystropp

5.1.6.2 Usikkerhet

Struktur I og struktur II fra Hansen og Dahlmo (2021) avviker i antall basisfartøy samt flere andre elementer (se tabell 5.6). For klimautslippene er det antall basisfartøy som er drivende. De to strukturene er brukt for å modellere usikkerheten i konseptet.

De ikke-modellerte usikkerhetene for dette tiltaket er imidlertid store. Særlig er effekten av tiltaket sensitivt for utslippene til det nye basisfartøyet. Men også utslipp fra vakt- og sikringsfartøy og ubemannede plattformer kan påvirke totalbildet.

5.1.6.3 Kostnader

Dette tiltaket vil være kostnadsbesparende. Kostnadsberegningene av struktur I og II er beregnet til å være henholdsvis ca. 13 og 21 mrd. NOK (2018-FI-kr) rimeligere enn nullalternativet i et 20-årsperspektiv (Hansen og Dahlmo 2021). Det er en betydelig usikkerhet knyttet til disse estimatene. Imidlertid er det ikke inkludert økt CO₂-avgift, slik at besparelsen kan være større.

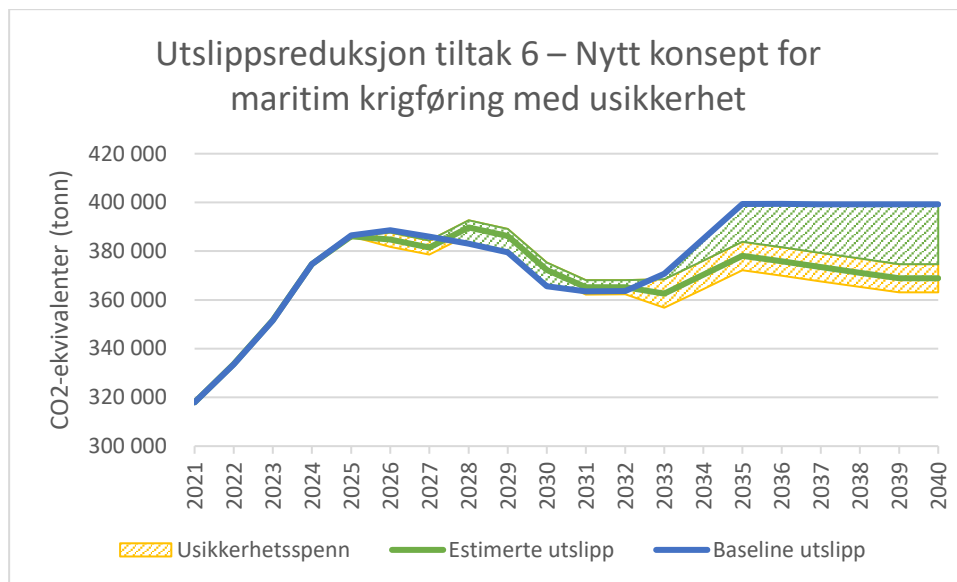
5.1.6.4 Øvrige fordeler/ulempes

Analysene viser at tiltaket vil medføre økt operativ evne sammenlignet med planlagt struktur (Hansen og Dahlmo 2021).

5.1.6.5 Resultater

Figur 5.6 viser utslippene etter tiltaket. Som vi ser av figuren vil utslippene faktisk øke litt i årene 2028–2032 sammenlignet med referansebanen, før utslippene synker (sammenlignet med referansebanen) resten av perioden. Årsaken til dette er at fartøyene som fases ut er av varierende størrelse, mens fartøyene som fases inn er like. Når små fartøy fases ut samtidig som

basisfartøy fases inn øker utslippene. Dette blir mer enn kompensert mot slutten av perioden da relativt store fartøy som fregatter fases ut. I 2040 er utslippsreduksjonen beregnet til å være mellom 24 000 og 36 000 tonn CO₂-ekv, med et middelestimat på 30 000 tonn.



Figur 5.6 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 6 – nytt konsept for maritim krigføring.

5.1.7 Tiltak 7 – LNG på KV

5.1.7.1 Beskrivelse av tiltaket

Ved reanskaffelse av KV-fartøy anskaffes fartøy som går på LNG. Det vil gjelde KV Svalbard, KV Harstad og erstatning for Nornen-klassen, i perioden 2031–2035.

5.1.7.2 Usikkerhet

Den største usikkerhetsfaktoren i tiltaket er i hvor stor grad overgang til LNG-framdriftssystem faktisk kutter utslipp. LNG er flytende metangass, og er i seg selv en svært potent klimagass. En liten lekkasje av gassen kan medføre at klimagevinsten man oppnår ved overgang til LNG-framdriftssystem blir mer enn opphevet av lekkasjeeffekten («vinninga går opp i spinninga»). Det er anslått at fram mot 2030 vil man få en gjennomsnittlig utslippsreduksjon på 12 %, men at dette kan økes til 20 % ved å kombinere det med batterihybridisering (som bidrar til å redusere metanutslippet) (DNV-GL 2018). Siden tiltaket treffer etter 2030 bruker vi 12 % som nedre grense for tiltaket og 20 % som øvre grense.

Den ikke-modellerte usikkerheten anses som lav.

5.1.7.3 *Kostnader*

Ved nybygg medfører installasjon av LNG-framdriftssystem en merkostnad på 10–20 % av investeringskostnaden sammenlignet med konvensjonelt framdriftssystem som benytter MGO (DNV-GL 2019a). Imidlertid vil bruk av LNG som drivstoff redusere drivstoffutgiftene, CO₂-avgift og NO_x-avgift (DNV-GL 2018). Fartøyene i YKV er derimot fritatt for avgifter per dags dato, og vi antar i kostnadsberegningen at fritaket videreføres.

Spørsmålet om tiltaket er lønnsomt må dermed besvares ved en nåverdiberegning hvor sparte utgifter sammenlignes med økte investeringskostnader.

Som diskutert i avsnitt 2.3.2.1 er framtidig avgiftsnivå usikkert. Vi gjør dermed to beregninger for framtidige avgiftsscenarioer: Ett scenario uten avgiftsøkning i det hele tatt, og ett scenario som følger økning i CO₂-avgiften iht. Regjeringens klimaplan (Meld. St. 13 (2020–2021)).²⁶

Tabell 5.7 *Forutsetninger brukt i kostnadsberegningen av tiltak 7 – LNG på KV.*

Parameter	Forutsetning
Merkostnad investering LNG	15 %
Utslippsreduksjon etter tiltak (snitt)	16 %
Reduksjon NO _x -utslipp etter tiltak	90 %
Fremtidige drivstoffpriser	Hentet fra (DNV-GL 2019b)
Kalkulasjonsrente	2 %

Med disse forutsetningene er tiltaket kostnadsbesparende allerede ved dagens avgiftsnivå, og vil bare bli mer kostnadsbesparende ved økte avgifter.

Sensitivitetsbetraktninger:

Ved å variere parameterne i tabell 5.7 kan man undersøke sensitiviteten til konklusjonen. Dersom merkostnaden for LNG-framdrift er 20 %, vil ikke tiltaket være kostnadsbesparende uten CO₂-avgiftstøkning. Det samme vil være tilfelle med en kalkulasjonsrente på 4 %. Jo lavere disse to parameterne er, jo høyere blir lønnsomheten.

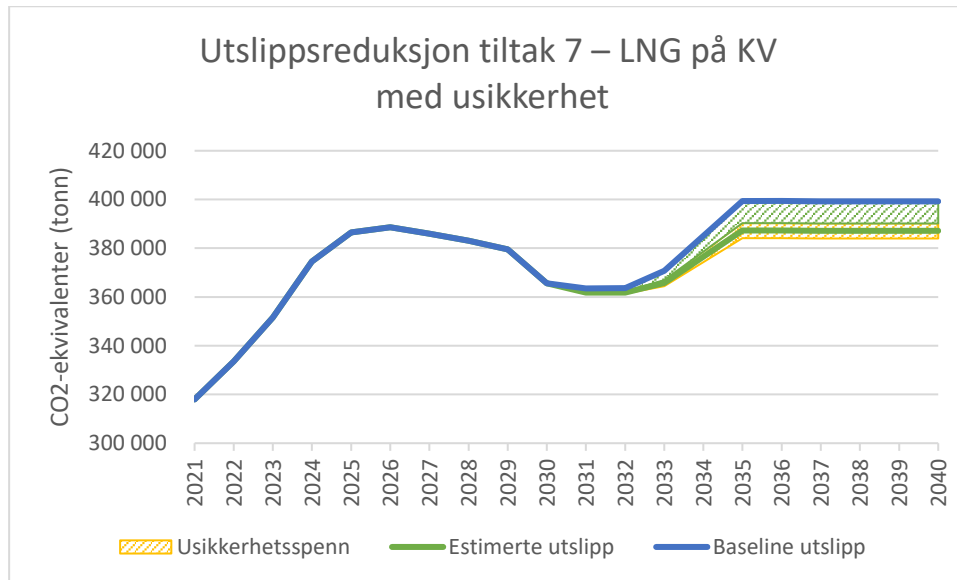
5.1.7.4 *Øvrige fordeler/ulemp*

Drivstoffinfrastrukturen for LNG er noe dårligere utbygget enn infrastrukturen for MGO i dag, men dette forventes å bli bedre mot 2030. Ingen ytterligere fordeler eller ulemper forventes av tiltaket.

²⁶ Vi viderefører avgiftsøkningen lineært også etter 2030.

5.1.7.5 Resultater

Figur 5.7 viser utslippene etter tiltaket. I 2040 er utslippsreduksjonen mellom 9 000 og 15 000 tonn CO₂-ekv, med et middelestimat på 12 000 tonn CO₂-ekv.



Figur 5.7 Estimerte utslipp med usikkerhet etter tiltak 7 – LNG på KV.

5.2 Kvalitative tiltak

I dette delkapittelet presenterer vi kort en rekke mulige tiltak kvalitativt. Tiltakene har solid støtte i litteraturen som reelle klimatiltak som monner, og går ikke negativt ut over operativ evne. Det som imidlertid skiller disse tiltakene fra de foregående er at det er vanskelig å kvantifisere effekten. En del av tiltakene vil heller ikke bli synlige i sektorens klimaregnskap på grunn av reglene for hvordan dette regnskapsføres, selv om det fører til en reell reduksjon av utslipp av drivhusgasser.

Disse tiltakene er ikke mindre viktige eller virkningsfulle enn de kvantitative tiltakene. Men en del av disse tiltakene er i større grad dekket av tidligere kunnskapsgrunnlag, slik som *Klimakur 2030*. Fokuset på de kvantitative tiltakene i denne rapporten må ikke forstås som en prioritering av disse tiltakene framfor de kvalitative, men er et resultat av at det har vært et kunnskapshull innen kategorien militære fartøy og luftfartøy som det har vært viktig å prioritere for å danne et mer helhetlig beslutningsgrunnlag.

5.2.1 Tiltak A – Integriert miljøstyring

I styringen av all annen virksomhet i Forsvaret er det innført et system som heter mål-, resultat- og risikostyring (MRR). I dette systemet er det utarbeidet en rekke styringsparametere designet for å kunne styre virksomheten mot et ønsket målbilde. Miljøstyring er bygget opp etter samme

prinsipp. Det gjøres miljøstyring i sektoren i dag, men miljøstyringsarbeidet er ikke integrert med øvrig styring og planlegging i sektoren. Miljøsmål og miljøstyring må alltid ses i sammenheng med andre mål og planer i virksomheten dersom det skal få full effekt (FFI 2019).

Siden noen av de øvrige tiltakene i dette delkapittelet ikke lett lar seg måle i sektorens klimaregnskap (særlig innkjøp og matvalg) anbefales det at det settes egne mål og styringsparametere for dette. For eksempel kan man måle mengden kjøtt og/eller animalske varer innkjøpt, eller andel måltider som er vegetariske og/eller plantebaserte.

5.2.2 Tiltak B – Grønne anskaffelser

Som vi har sett i avsnitt 2.2.2.1 er det vesentlige utslipp forbundet med innkjøp/anskaffelse av varer og tjenester. Forsvarssektoren er en stor innkjøper og har dermed stor innkjøpsmakt. Klimasmarte offentlige anskaffelser kan redusere utslippene med opp mot 70 % (Oslo Economics 2017). For å drive arbeidet med miljøeffektivisering framover ser vi et behov for å bygge opp kompetanse i sektoren. I tillegg bør det utvikles veiledere som gjør det enklere å ta miljøhensyn i alle faser av materiellets livsløp. I 2002 var FFI med på å utvikle nettopp en slik veileder. Den ble imidlertid aldri fullt ut tatt i bruk i Forsvarets system for anskaffelser (PRINSIX). Vi anbefaler at denne veilederen oppgraderes, implementeres digitalt og holdes oppdatert.

Grønne anskaffelser skal gi lavere miljømessig påvirkning i et levetidsperspektiv, ikke bare ved produksjon. Det er derfor viktig å se materialforvaltning i sammenheng med anskaffelsespolicy slik at dette blir ivaretatt gjennom produktenes levetid.

5.2.3 Tiltak C – Redusert matsvinn

Som påpekt i avsnitt 4.2.7 er eksisterende estimer av matsvinn i Forsvaret svært usikre. Det er allikevel ingen tvil i litteraturen om at tiltak for å redusere matsvinn har betydelig potensial for utslippsreduksjon og vil være kostnadsbesparende (Miljødirektoratet 2020a).

5.2.4 Tiltak D – Klimavennlig matvalg

Som diskutert i avsnitt 4.2.8 har det tidligere vært gjennomført forsøk med kjøttfri mandag i Forsvaret. Forsøket kan ikke karakteriseres som en suksess, men brakte med seg mange viktige læringspunkter. Det er ingen tvil i litteraturen om de miljømessige og helsemessige fordelene forbundet med lavere kjøttinntak og økt inntak av plantebasert mat (Jarmul et al. 2020). Det er også et kostnadseffektivt tiltak (Miljødirektoratet 2020a). Basert på lærdommene fra det tidligere forsøket kan det iverksettes nye og forbedrede forsøk med mer klimavennlige matvalg i Forsvarets kantiner og messer. I tillegg til effektiv utslippsreduksjon kan dette potensielt gi langsiktige helsegevinster for yrkesmilitære.

5.2.5 Tiltak E – Redusert reisevirksomhet/flyreiser

Som diskutert i 4.2.3 vil redusert reisevirksomhet, særlig bruk av flyreiser, redusere utslippene fra sektoren. Grunnet covid-19-pandemien falt disse utslippene mye i 2020. Forsvarssjefen har uttalt at store deler av denne innsparingen skal gjøres permanent (VG 2020).

6 Resultater

I dette kapittelet sammenstilles de kvantitative tiltakene for å presentere et samlet mulighetsrom for utslippsreduksjon sammenlignet med referansebanen. For å unngå dobbelttelling av utslippsreduksjoner må det vurderes om noen av tiltakene utelukker hverandre. Siden tiltak 6 – Nytt konsept for maritim krigføring medfører en overgang til en felles fartøysklasse for Marinen og Kystvakten, samt at Natos enhetsdrivstoffpolicy ligger fast, gir det ikke mening å sette tiltak 7 LNG på KV sammen med dette tiltaket. Heller ikke tiltak 5 – Alternativ erstatning for Nornen-klassen gir mening i sammenheng med tiltak 6. Utenom dette er det ingen tiltak som utelukker hverandre. Videre spiller rekkefølgen en rolle når utslippskutt skal settes sammen. Valg av rekkefølge vil ikke påvirke totalt utslippskutt, men hvor mye hvert tiltak bidrar med relativt sett. For å sammenligne tiltak direkte er det dermed bedre å bruke tallene fra kapittel 5. Rekkefølgen brukt i pakkene er valgt kun av praktiske hensyn for beregningens skyld. Det gir følgende to «pakker» av tiltak:

Pakke 1, bestående av følgende tiltak (i rekkefølge):

- Tiltak 6 – Nytt konsept for maritim krigføring
- Tiltak 2 – Batterihybridisering fartøy
- Tiltak 3 – Effektiviseringstiltak fartøy
- Tiltak 4 – Økt bruk av simulator
- Tiltak 1 – Avansert biodrivstoff

Pakke 2, bestående av følgende tiltak (i rekkefølge):

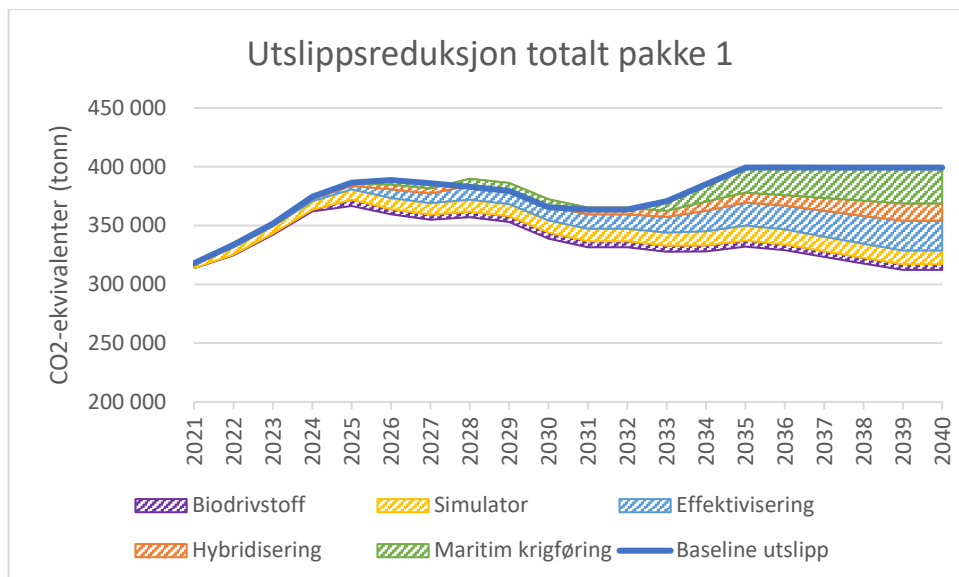
- Tiltak 5 – Alternativ erstatning for Nornen-klassen
- Tiltak 7 – LNG på KV
- Tiltak 2 – Batterihybridisering fartøy

- Tiltak 3 – Effektiviseringstiltak fartøy
- Tiltak 4 – Økt bruk av simulator
- Tiltak 1 – Avansert biodrivstoff

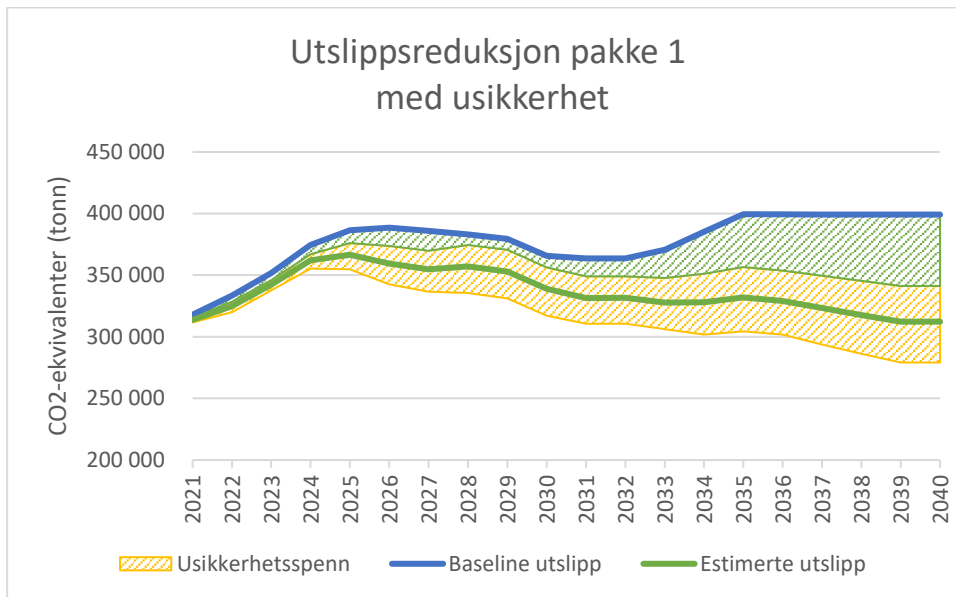
6.1 Resultat pakke 1

Figur 6.1 viser middelestimatet for totale utslippsreduksjoner sammenlignet med referansebanen fordelt på tiltakene. Samlede utslipp er estimert til å være ca. 87 000 tonn CO₂-ekv. lavere enn referansebanen, en reduksjon på ca. 22 %. Hoveddelen av utslippsreduksjonene kommer fra tiltak som har stor sannsynlighet for å være kostnadsbesparende: Nytt konsept for maritim krigføring, effektivisering av fartøy og økt bruk av simulator. Også batterihibridisering av fartøy har potensiale til å være kostnadsbesparende, men det er sensitivt for markedsutviklingen og framtidig CO₂-avgift. Bidraget fra biodrivstoff, det eneste tiltaket som relativt sikkert vil føre til en økt kostnad, er beskjedent (i underkant av 5 000 tonn CO₂-ekv). Samlet sett vil derfor en slik pakke med tiltak høyst sannsynlig være kostnadsbesparende for Forsvaret.

Figur 6.2 viser utslippsreduksjonen for pakke 1 med den modellerte usikkerheten. Usikkerheten til enkelttiltakene er lagt sammen med kumulativ relativ effekt. Hvis tiltak 1 kutter 10–25 %, og tiltak 2 kutter 10–25 %, kutter de til sammen 19–43,75 %. Den modellerte usikkerheten har et spenn på ca. 62 000 tonn CO₂-ekv, og viser at total utslippsreduksjon kan være mellom 58 000 og 120 000 tonn CO₂-ekv. Totale utslipp kan da bli mellom 279 000 og 341 000 tonn CO₂-ekv, en reduksjon på ca. 15–30 % relativt til referansebanen.



Figur 6.1 Estimerte utslippsreduksjoner totalt for pakke 1, fordelt på tiltak.

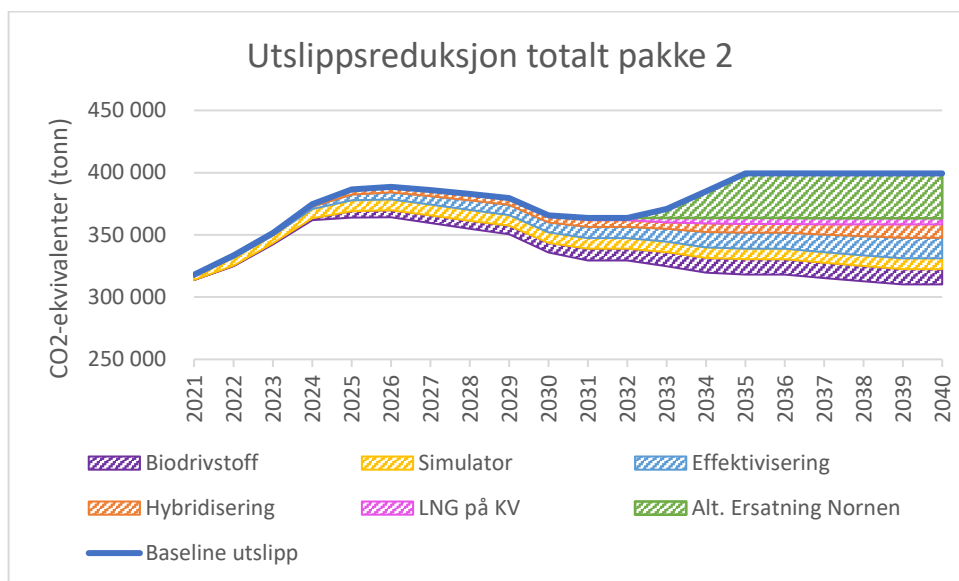


Figur 6.2 Estimert utslippsreduksjon totalt for pakke 1 med usikkerhet.

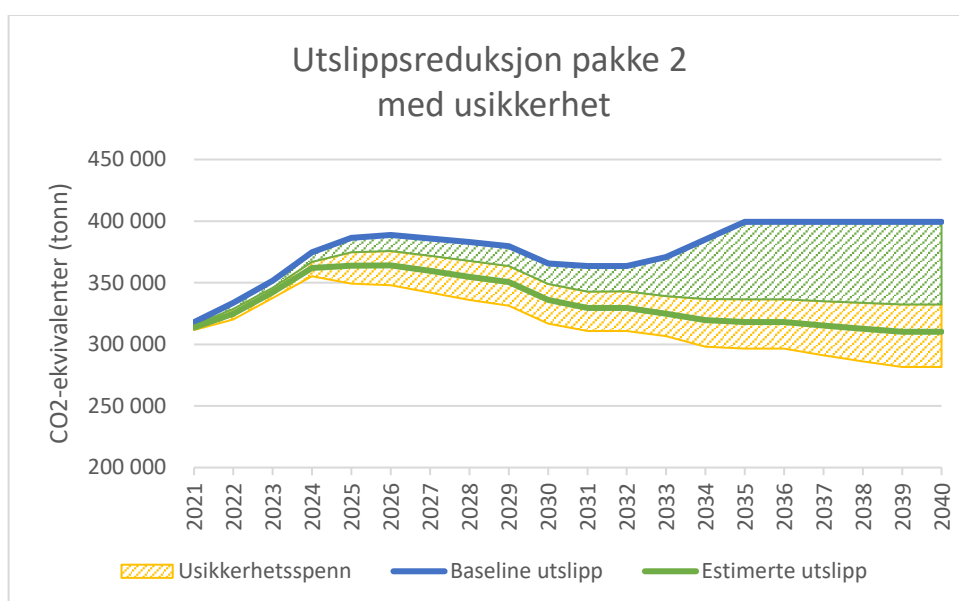
6.2 Resultat pakke 2

Figur 6.3 viser middelestimatet for totale utslippsreduksjoner sammenlignet med referansebanen fordelt på tiltakene. Samlede utslipp er estimert til å være ca. 89 000 tonn CO₂-ekv. lavere enn referansebanen, en reduksjon på ca. 22 %. Hoveddelen av utslippsreduksjonene kommer fra tiltak som med stor sannsynlighet vil være kostnadsbesparende: Alternativ erstatning for Nornen-klassen, effektiviseringstiltak på fartøy og økt bruk av simulator. I denne pakken ser vi også et større bidrag fra biodrivstoff. Det er fordi pakken inkluderer en overgang til LNG-fartøyer i Kystvakten, og slik biodrivstofftiltaket er utformet (i tråd med tilsvarende tiltak i *Klimakur 2030*) medfører det en relativt stor innblanding av biogass. Som vist i avsnitt 5.1.7.3 vil LNG-tiltaket mest sannsynlig være kostnadsbesparende, men innblanding av LBG vil kunne føre til økte kostnader. Denne merkostnaden vil imidlertid være vesentlig lavere enn besparelsen for LNG-tiltaket.

Figur 6.4 viser utslippsreduksjonen for pakke 2 med den modellerte usikkerheten. Den modellerte usikkerheten har et spenn på ca. 51 000 tonn CO₂-ekv, og viser at total utslippsreduksjon kan være mellom 67 000 og 118 000 tonn CO₂-ekv. Totale utslipp kan da bli mellom 281 000 og 332 000 tonn CO₂-ekv, en reduksjon på ca. 17–30 % relativt til referansebanen.



Figur 6.3 Estimerte utslippsreduksjoner totalt for pakke 2, fordelt på tiltak.



Figur 6.4 Estimert utslippsreduksjon totalt for pakke 2 med usikkerhet.

6.3 Kostnadsbesparelser

Flere av tiltakene vil medføre til dels store kostnadsbesparelser i seg selv, også uten å regne med reduserte kostnader til CO₂-avgift. For eksempel er tiltak 6 er beregnet til å være ca. 13–21 mrd. NOK (2018-kr) rimeligere enn nullalternativet (fornyelse av dagens struktur). I delkapittel 3.3

så vi hvordan økt CO₂-avgift kan gi økte kostnader for Forsvaret. Ved utslippskutt tilsvarende pakke 1 eller 2 vil denne merkostnaden reduseres med ca. 100–300 mill. NOK (2020-kr).

Et totalt kostnadsbilde for de to pakkene er imidlertid mer komplisert å sette sammen da noen av tiltakene (særlig tiltak 3) er svært vanskelig å kostnadsberegne med de forutsetninger og data vi har tilgjengelig i skrivende stund.

7 Diskusjon

7.1 Biodrivstoff

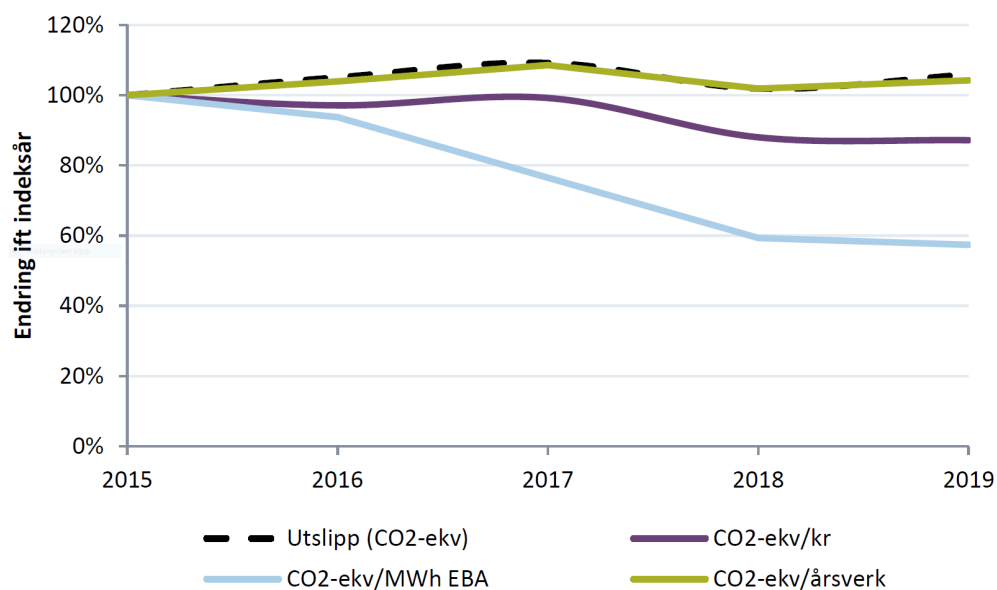
Eventuell bruk av biodrivstoff og inkludering i omsetningskrav er sentrale spørsmål ved tiltak for utslippsreduksjon i forsvarssektoren. Som påpekt i *Klimakur 2030*, er avanserte råstoff en begrenset ressurs, og det er en hel rekke sektorer som vil etterspørre bioressurser for å redusere utslipp, både til drivstoff, men også til materialproduksjon, potensielle nye produkter (Alfredsen et al. 2018) og eksempelvis biokull i kvotepliktig sektor (Miljødirektoratet 2020a, s. 383). Global etterspørselsøkning for avansert biodrivstoff vil kunne påvirke prisutvikling, og gjør kostnads-estimerer svært usikre (Miljødirektoratet 2020a). Biodrivstoff i veitrafikken kan anses som et klimapolitisk verktøy som bidrar med utslippsreduksjoner på kort og mellomlang sikt i en overgangsfase på veien fra fossile til elektriske biler og andre transportmidler. For andre transportsegmenter som ikke kan bruke batteri, forventes det at alternative drivstoffer som hydrogen, ammoniakk og LBG i større grad vil tas i bruk for å oppnå utslippsreduksjoner i samfunnet. I motsetning til biltrafikken og transportsegmenter som kan benytte andre drivstoff, vil Forsvaret benytte materiell med levetid mot 2050 med forbrenningsmotorer og i utgangspunktet bruk av fossilt drivstoff. Forsvarssektoren representerer derfor en sektor som sannsynligvis er mer avhengig av biodrivstoff for å oppnå utslippsreduksjoner enn mange andre sektorer på lengre sikt. Økt total bruk av biodrivstoff i samfunnet er imidlertid en stor utfordring i dag, og i dagens situasjon er det ikke gitt at økt bruk av biodrivstoff er miljøvennlig eller bærekraftig.

7.2 Utslippsintensitet og miljøprestasjonsindikatorer

Økt aktivitetsnivå og styrking av forsvarsbudsjett vil som regel øke absolutte utslipp fra forsvarssektoren. På grunn av slike endringer, kan parametere som antall årsverk, forsvarsbudsjett og forbrukt lokalprodusert energi (flis, fyringsolje, gass) brukes for å kontrollere for sektorens størrelse og brukes til sammenligning over år. Figur 7.1 viser hvordan utslippsintensitet er relativt stabil for CO₂-ekv/kr og CO₂-ekv/årsverk, mens lokalprodusert energi gir lavere utslipp som følge av redusert bruk av fyringsolje og gass i perioden 2015–2019. Antall seilingstimer og flytimer er antatt å øke gitt dagens LTP (Prop. 14 S (2020–2021)). Dersom

større andel av forsvarsbudsjett brukes på øvingsaktivitet, vil det isolert øke utslippsintensitet CO₂-ekv/kr (Kirkhorn et al. 2020).

FFI har tidligere utviklet et generelt rammeverk for utvikling av miljøprestasjonsindikatorer (Myhre et al. 2013). De årlige miljø- og klimaregnskapene inneholder både relative og absolutte verdier for miljøprestasjon, og kan brukes på flere nivå i organisasjonen (Kirkhorn et al. 2021). Parametere for utslippsintensitet og bruk av miljøprestasjonsindikatorer bør ikke utelukkende forstås isolert, men tolkes sammen med de absolutte utslippene for å danne et helhetlig bilde av utviklingen i utslipp over tid.



Figur 7.1 Prosentvis endring i utslipp i tonn CO₂-ekv. og utslippsintensitet for parameterne energibruk (MWh) EBA, kr og årsverk. Målt mot indeksår 2015. Datagrunnlaget omfatter Scope 1 og 2. Figur hentet fra Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap i 2019 (Kirkhorn et al. 2020).

7.3 Andre miljøeffekter

Denne rapporten fokuserer på utslipp av drivhusgasser som miljøaspekt. Tiltak som reduserer utslipp vil i en del tilfeller også bidra positivt til andre miljøaspekter, og omtales kort her. Forbrenning av fossilt drivstoff medfører også utslipp av gasser og partikler som har negativ effekt på helse og miljø. Nitrogenoksider (NO_x), flyktige organiske forbindelser (NMVOC) og karbonmonoksid (CO) fra forbrenningsprosesser bidrar til at bakkenær ozon dannes. NO_x, ammoniakk (NH₃) og svoveldioksid (SO₂) bidrar til forurening og kan medføre overgjødning. Partikulært materiale (PM)/svevestøv fra forbrenning og mekanisk slitasje kan være helseskadelig.

Naturrestaureringsprosjektene til Forsvarsbygg bidrar positivt til å forbedre økologisk funksjon og ivareta biologisk mangfold ved at restaurering legger til rette for at stedegne arter kan reetablere seg.

Forsvarssektoren har en rekke miljøaspekter tilknyttet sin virksomhet, og eventuelle utslippsreducerende tiltak bør vurderes sammen med andre miljøaspekter for en mer helhetlig vurdering.

8 Oppsummering og veien videre

Forsvarets virksomhet medfører en rekke negative påvirkninger på miljøet. I denne rapporten er det modellert en referansebane for framtidige utslipp av drivhusgasser, gitt gjeldende LTP. Sju ulike tiltak vurdert og modellert med hensyn til potensialet for utslippsreduksjon og kostnader. En rekke øvrige tiltak er også presentert og diskutert.

CO₂-avgiften er et klimapolitisk virkemiddel som kan gi Forsvaret økte kostnader framover. Denne kostnaden er beregnet for flere avgiftsscenarioer. Kostnaden kan imidlertid reduseres ved å gjennomføre utslippsreducerende tiltak.

Innblanding av avansert biodrivstoff kan være et utslippsreducerende tiltak. Tiltaket vil imidlertid medføre økte kostnader for Forsvaret, samtidig som den globale klimaeffekten i dagens situasjon er svært usikker. På lengre sikt og i en annen markeds- og reguleringsituasjon for biomasseprodukter kan imidlertid avansert biodrivstoff i Forsvaret være hensiktsmessig ressursbruk siden flere av Forsvarets plattformer er avhengig av tradisjonell forbrenningsmotor i mange år framover, uten mulighet for å substituere denne til annen teknologi.

Batterihibridisering av fartøy er et utslippsreducerende tiltak som med stor sannsynlighet vil være kostnadsbesparende for fartøy i indre kystvakt og nye moderfartøy til nye minerydder-systemer. Det er større usikkerhet om kostnadseffektiviteten for større fartøyer med annet operasjonsmønster, men gitt markeds- og teknologiutviklingen på området er det mulig det blir kostnadsbesparende også for slike fartøyer. Batterihibridisering kan bidra til lengre rekkevidde og lavere signatur og dermed økt operativ evne.

Øvrige effektiviseringstiltak på fartøy har både stort potensiale for utslippsreduksjoner og kostnadsbesparelser. Tiltaket er en samlepost for mange ulike teknisk-operasjonelle tiltak for reduserte utslipp, og alle tiltakene må vurderes nærmere for hver enkelt fartøysklasse for å avgjøre hvilke tiltak som er aktuelle. Effektiviseringstiltakene kan bidra til lengre rekkevidde og lavere signatur og dermed økt operativ evne.

Økt bruk av simulator er et tiltak som både kan redusere utslipp og være kostnadsbesparende. Tiltaket krever både innkjøp av simulatorsystemer i forbindelse med anskaffelser (NH90, P-8) og økt bruk av eksisterende simulatorsystemer (fregatt). Simulatorsystemer til andre plattformer burde også vurderes, men er ikke modellert i tiltaket. Tiltaket kan øke den operative evnen ved å muliggjøre økt mengdetrening på prosedyrer og scenarioer det enten er dyrt og/eller tidkrevende å gjennomføre *live*. Sett i en større sammenheng kan også sammenkobling av flere simulator-systemer gi nye muligheter for kostnadseffektiv fellesoperativ trening i simulator, som kan gi økt operativ evne.

Å erstatte Nornen-klassen, et mindre fartøy som brukes til indre kystvakt, med et stort standardfartøy for kystvakt vil gi økte kostnader og utslipp. Derfor er tiltaket med en alternativ erstatning for Nornen-klassen foreslått. Tiltaket vil gi reduserte utgifter og utslipp, og vil opprettholde dagens ambisjonsnivå og operative evne for indre kystvakt.

Et nytt konsept for maritim krigføring må ikke forstås som et klimatiltak, men et tiltak for økt operativ evne. Tiltaket vil imidlertid redusere både kostnader og utslipp.

Det å velge LNG-framdriftssystem på nye kystvaktfartøy kan både redusere kostnader og utslipp. Utslippsreduksjonen kan økes ytterligere ved å kombinere dette tiltaket med batteri-hybridisering (minimerer utslipp av uforbrent metan) og innblanding av LBG.

Til sammen har tiltakene som er vurdert kvantitativt potensiale til å redusere utslippene med 15–30 % sammenlignet med referansebanen, med et middelestimat på ca. 22 %.

I tillegg er fem øvrige tiltak presentert og diskutert. Disse tiltakene er like viktige som tiltakene som er modellert kvantitativt, men effekten er vanskelig å kvantifisere, samtidig som temaene i disse tiltakene i større grad er adressert i sivil sammenheng. Disse tiltakene er integrert miljøstyring, grønne anskaffelser, redusert matsvinn, klimavennlig matvalg og redusert reisevirksomhet/flyreiser.

Forsvarets materiell har lang levetid. Valg av løsninger med store utslipp vil binde sektoren til både høye kostnader og utslipp i lang tid framover. Av hensyn både til utslippene og kostnadene anbefales det derfor at framskrivning av framtidige utslipp får en mer framtreddende rolle i investeringsbeslutninger og LTP-prosessen.

Norge og EU har satt klimamål for å nå målsettingene i Parisavtalen. Utviklingen mot lavutslippssamfunnet vil løfte fram nye løsninger for drivstoff og energiforsyning. Samfunnets utfasing av fossil energi krever sannsynligvis flere forskjellige teknologiske løsninger, og det er usikkert hvilke som blir mest framtreddende, særlig på lengre sikt. Vi har forsøkt å trekke fram hvilke av disse utviklingstrekkene Forsvaret kan bruke til å redusere sine utslipp mot 2040. På kort sikt representerer LNG/LBG, avansert biodrivstoff, batteri-hybridisering og energi-effektivisering de mest aktuelle tekniske løsningene. På lenger sikt kan andre syntetiske drivstoffer og enkelte bruksområder for hydrogen bli viktigere tekniske løsninger, men dette avhenger også av utviklingen i Nato. Flere av disse tiltakene er derimot kostbare på kort og mellomlang sikt.

Vi vil særlig framheve viktigheten av å vurdere utslippene helhetlig og inkludere indirekte utslipp i miljøstyringsarbeidet. Selv om ansvaret for utslipp fra slike kilder faller på produsenter og leverandører av varer og tjenester og ikke forsvarssektoren, har sektoren likevel betydelig påvirkningskraft som en stor aktør ved valg av innkjøp av varer og tjenester. Å bidra sammen med resten av offentlig sektor til mer klimavennlige innkjøp, kan ha større betydning for utslippsutviklingen i samfunnet enn isolerte klimatiltak i forsvarssektoren. Eventuelle tiltak innen sektorens direkte utslipp i *scope 1* bør balanseres med innsats for de indirekte utslippene. Den organisatoriske livssyklusanalysen av sektorens utslipp gir først og fremst nyttig informasjon om sektorens totale utslipp i et bredere perspektiv og viktigheten av innkjøp. Dette synliggjør også muligheten for å påvirke utslipp på kortere sikt enn *scope 1*-tiltak som kan kreve et lengre tidsperspektiv grunnet levetiden på materiell. Analysen er derimot mindre egnet til oppfølging av utslippsutvikling. Her vil prosessdata på flyreiser, avfallshåndtering, innleid transport som allerede inkluderes i *scope 3* bidra til oppfølging av eventuelle tiltak.

Arealendringer får stadig større oppmerksomhet og har stor betydning for både naturmangfold og utslipp av drivhusgasser. Både arealbruk og aktivitet over store områder er en nødvendig del av forsvarrets virksomhet. Hvordan dette arealet disponeres har stor betydning både for naturmangfold og utslipp og opptak av drivhusgasser. Forsvarssektoren har gode forutsetninger for å sammenfatte et regnskap for arealdisponering.

8.1 Videre forskning og utvikling

8.1.1 Bruk og videreutvikling av forsvarssektorens miljødatabase

Som forklart i innledningen er denne analysen av overordnet karakter, og ment til å tjene som et utgangspunkt for vurdering av eventuelle tiltak. FFI har gjennom prosjektserien *Forsvarssektorens miljødatabase*, fått inn mer relevante miljødata og fått opp rapporteringsgrad for en rekke miljøaspekter. I 2008 ble prosjektet et forvaltningsoppdrag fra FD, etter arbeid fra 1999 om å etablere databasen. Gjennom prosjektet har FFI opprettet rapporteringsrutiner for å sikre miljøinformasjon i databasen og jobber kontinuerlig for å få opp rapporteringsgrad på eksisterende miljøaspekter og innhente data på miljøaspekter som ikke er inkludert (Kirkhorn et al. 2021). Datagrunnlaget i MDB gir i dag sektoren et godt grunnlag for oppfølging av eventuelle miljøtiltak. MDB gir også sektoren et utgangspunkt for å gjøre mer spesifikke analyser for utvalgte miljøaspekter.

For indirekte utslipp i *scope 3*, gir avfallsdata et grunnlag for analyser av behandling av avfall og matsvinn. For valg av andre matvarer kan en analyse av innkjøpsdata kombinert med utslippsfaktorer for matvarer, synliggjøre status for utslipp, og effekten av for eksempel redusert kjøttforbruk kan estimeres.

Forsvarssektoren har gode forutsetninger for å inkorporere arealbruk som en del av miljøregnskapet. En sammenfatning av kartdata, tidligere og framtidig arealdisponering, kombinert med modeller for både bruk og restaurering av arealer, kan gi god oversikt til miljøregnskapet. Dersom et slik regnskap etableres, kan det kombineres med data for naturtypers karboninnhold

og oppdateres i henhold til nyere forskning og slik gi bedre innsikt i både utslipp og opptak av drivhusgasser fra forsvarssektorens arealbruk.

8.1.2 Relevante FoU-områder og videre forskning

FFIs forskning på batteriteknologi, batterisikkerhet og brenselceller kan bidra til bedre operativ evne, reduserte driftskostnader og økt utholdenhet for ulike plattformer samt lettere soldatutstyr. Løsningene vil også kunne bidra til å redusere utslipp.

FFI jobber for tiden med å styrke kompetansen innenfor systemarkitektur, og har en målsetting om å gjøre FFI i bedre stand til å bistå i tidligfase av materiellinvesteringsprosjekter i forsvarssektoren. Miljøhensyn er en viktig kontekst i systemarkitektur, og arbeidet kan dermed bidra til at FFI gir råd som integrerer miljørelaterte problemstillinger i tidligfase av materiellinvesteringer.

Forskning på alternativ framdriftsteknologi vil være nødvendig dersom Forsvaret skal gjøre seg uavhengig av forbrenningsmotoren på lang sikt. Slik framdriftsteknologi vil også kunne ha stor relevans for sivilsamfunnet.

Denne rapporten er på et overordnet nivå og omtaler en rekke utslippskilder både kvantitativt og kvalitativt. En av hensiktene med rapporten er å kunne være et utgangspunkt og grunnlag for videre analyser. Dersom mer konkrete tiltak skulle bli aktuelt, vil mer spesifikke analyser med grunnlag i MDB kunne gi nyttig kunnskap. Slike analyser bør da så langt det er mulig bruke livsløpsmetodikk, for å estimere både kostnader og utslipp over livsløpet.

Referanser

- ACT (2017). "Strategic foresight analysis. NATO. Allied command transformation".
- Alfredsen, Gry, Knut Magnar Sandland, Simen Gjølsjø, Lone Gobakken, og Even Bergseng (2018). "Sekundærråstoff fra trebaserte verdikjeder i Norge", *NIBIO Rapport*.
- "Altair Fuels wins another DLA energy contract to provide renewable diesel to the U.S. Navy", (2019). <https://advancedbiofuelsusa.info/altair-fuels-wins-another-dla-energy-contract-to-provide-renewable-diesel-to-the-u-s-navy/>
- Anderson, Kevin, og Glen Peters (2016). "The trouble with negative emissions", *Science*, 354: 182-83.
- Andersson, Malin, Claudio Baccianti, og Julian Morgan (2020). "Climate change and the macro economy". European Central Bank. No 243.
- Andås, Harald (2020). "Emerging technology trends for defence and security". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 20/01050.
- Animalia (2020). "Kjøttets tilstand 2020. Status i norsk kjøtt- og eggproduksjon".
- Arnfinnsson, Brynjar, og Andreas Barstad (2019). "(U) Gapanalyse av den planlagte forsvarsstrukturen – oppdatert 2018". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 19/00930, KONFIDENSIELT.
- BAE systems (2018). "Analys av förutsättningar för nyttjande av HVO100 strf 90, Bv 410, BV 309. BAE system 985334".
- Bartlett, J., G.M. Rusch, M.O. Kyrkjeeide, H. Sandvik, og J. Nordén (2020). "Carbon storage in Norwegian ecosystems".
- Bastin, Jean-Francois, Yelena Finegold, Claude Garcia, Danilo Mollicone, Marcelo Rezende, Devin Routh, Constantin M. Zohner, og Thomas W. Crowther (2019). "The global tree restoration potential", *Science (New York, N.Y.)*, 365: 76.
- Beadle, Alexander William, Sverre Diesen, Tore Nyhamar, og Eline Knarrum Bostad (2019). "Globale trender mot 2040 – et oppdatert fremtidsbilde". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 19/00045.
- Benestad, Rasmus, Jostein Mamen, Knut Harstveit, og Jan Sigurd Fuglestedt "Klimaendringer, Store norske leksikon", Accessed 29.04.2021. <https://snl.no/klimaendringer>.
- Bloomberg (2015). "Whats really warming the world?", Accessed 28.04.2020. <https://www.bloomberg.com/graphics/2015-whats-warming-the-world/>.
- Bryant, John A., og John Love (2017). *Biofuels and bioenergy* (Wiley-Blackwell: Chichester).
- Brynolf, Selma, Erik Fridell, og Karin Andersson (2014). "Environmental assessment of marine fuels: Liquefied natural gas, liquefied biogas, methanol and biomethanol.", *Journal of Cleaner Production*, 74: 86-95.
- Bugge, Annechen Bahr., og Frode. Alfnes (2018). "Kjøttfrie spisevaner – hva tenker forbrukerne?".
- Carbon Limits (2020). "Verktøy for beregning av klimaeffekten ved produksjon og bruk av biogass og biorest".
- Cashman, Sarah A, Kevin M Moran, og Anthony G Gaglione (2016). "Greenhouse gas and energy life cycle assessment of pine chemicals derived from crude tall oil and their substitutes", *Journal of Industrial Ecology*, 20: 1108-21.
- Chambers, Alaina M, og Steve A Yetiv (2011). "The great green fleet: The US Navy and fossil-fuel alternatives", *Naval War College Review*, 64: 61-77.
- Clapp, Christa S., Knut H. Alfsen, Asbjørn Torvanger, og Harald Francke Lund (2015). "Influence of climate science on financial decisions", *Nature Climate Change*, 5: 84-85.

-
- Climate Action Tracker (2021). "Warming Projections Global Update. May 2021. Climate summit momentum: Paris commitments improved warming estimate to 2.4°C". Climate Action Tracker.
- Clune, Stephen, Enda Crossin, og Karli Verghese (2017). "Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories", *Journal of Cleaner Production*, 140: 766-83.
- Denstadli, Jon Martin, Mattias Gripsrud, Randi Hjorthol, og Tom Erik Julsrud (2013). "Videoconferencing and business air travel: Do new technologies produce new interaction patterns?", *Transportation research. Part C, Emerging technologies*, 29: 1-13.
- DNV-GL "Alternative fuels Insight portal". <https://afi.dnvgl.com>.
- DNV-GL (2015). "In focus- the future is hybrid- a guide to use batteries in shipping".
- DNV-GL (2016). "Teknologier og tiltak for energieffektivisering av skip. KARTLEGGING AV TEKNOLOGISTATUS. Rapportnr.: 2016-0511, Rev. A Oppdragsrapport for Enova SF".
- DNV-GL (2018). "Analyse av tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk. KARTLEGGING AV UTSLIPPSKUTT I MARITIM NÆRING. M-1027|2018. Rapportnr.: 2018-0181, Rev. 2 Oppdragsrapport for Miljødirektoratet".
- DNV-GL (2019a). "Barometer for grønn omstilling av skipsfarten". Klima- og miljødepartementet. 2019-0080, Rev. 0.
- DNV-GL (2019b). "Reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk. Rapport nr. 2019-0939. M-1626|2020. Oppdragsrapport for Miljødirektoratet".
- DNV-GL (2020a). "Energy transition outlook. A global and regional forecast to 2050".
- DNV-GL (2020b). "Maritime Forecast to 2050".
- Einarsdottir, Iris Eva, og Julie Osen (2021). "Er et omsetningskrav for biodrivstoff et kostnadseffektivt klimatiltak? En empirisk analyse av priseffekten ved biodieselinblanding i autodiesel", Norges Handelshøyskole.
- Ek, Felix., og V. Carlsson (2019). "Handlingsplan för hållbara transporter i Örebro län Version 1. 2019-06-11".
- Ellingsen, Linda Ager-Wick, Guillaume Majeau-Bettez, Bhawna Singh, Akhilesh Kumar Srivastava, Lars Ole Valøen, og Anders Hammer Strømman (2014). "Life cycle assessment of a lithium-ion battery vehicle pack", *Journal of Industrial Ecology*, 18: 113-24.
- EMEP/EEA (2016). "European Environmental Agency, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook- 2016, København 2016".
- Emilson, E, og Lisbeth Dahllöf (2019). "Lithium-Ion Vehicle Battery Production", *Svenska Miljöinstitutet*.
- Enova (2017). "Programkriterier for Energi- og klimatiltak i skip. ". <https://www.enova.no/bedrift/maritim-transport/elektrifisering-av-sjotransport/>.
- European Defence Agency (2017). "The Use of Alternative and Synthetic Fuels in the Military. EDA Fact sheet 23.10.2017".
- Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky, og P. Hawthorne (2008). "Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt", *Science*, 319: 1235-38.
- FFI (2019). "Viten. Det grønne forsvaret? Forskningsfaglig rapport 2.2019. Forsvarets forskningsinstitutt".
- FOH (2018). "Environmental responsibilities. Important information to tall participants. Exercise Trident Juncture 2018". <https://forsvaret.no/en/ForsvaretDocuments/ENGLISH.pdf>.

-
-
- Force, US Air (2016). "Fueling the future: AF works to 'home-grow' biofuels for DOD, industry". <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/929168/fueling-the-future-af-works-to-home-grow-biofuels-for-dod-industry/>.
- Forsvaret (2021). "Årsrapport 2020".
- Forsvarsbygg "REGIONFELT ØSTLANDET: ET MILJØTILPASSET UTENDØRS "KLASSEROM"". <https://www.forsvarsbygg.no/no/miljo/regionfelt-ostlandet-et-miljotilpasset-utendørs-klasserom/>.
- Forsvarsbygg (2019). "Miljørapport".
- Forsvarsbygg (2020). "Takk for lånet, Dovrefjell! Forsvarsbygg nyhetsbrev juni 2020". <https://www.forsvarsbygg.no/globalassets/nyhetsbrev-hjerkin-2020-a4-ferdig.pdf>.
- Forsvarsdepartementet (2015). "Retningslinjer for forsvarssektorens miljøstyring".
- Forsvarsdepartementet (2016). "Et forsvar for vår tid. Iverksettingsbrev til forsvarssektoren for langtidsperioden for 2013–2016. Versjon 22.0".
- Forsvarsdepartementet (2017). "Kampkraft og bærekraft-Iverksettingsbrev til forsvarssektoren for langtidsperioden 2017–2020".
- Friedlingstein, Pierre, Matthew W. Jones, Michael O'Sullivan, Robbie M. Andrew, Judith Hauck, Glen P. Peters, Wouter Peters, et al. (2019). "Global carbon budget 2019", *Earth System Science Data*, 11: 1783-838.
- Fu, Jinxia, og Scott Q Turn (2019). "Characteristics and stability of biofuels used as drop-in replacement for NATO marine diesel", *Fuel*, 236: 516-24.
- Fæhn, Taran, Kevin R Kaushal, Halvor Storrøsten, Hidemichi Yonezawa, og Brita Bye (2020). "Abating greenhouse gases in the Norwegian non-ETS sector by 50 per cent by 2030. A macroeconomic analysis of Climate Cure 2030.". 2020/23.
- Försvarsmakten Högkvarteret (2020). "Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten - Armén Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020. Försvarsmakten Högkvarteret".
- Gode, J., F. Martinsson, L. Hagberg, A. öman, J. Höglund, og D. Palm (2011). "Miljöfaktaboken 2011 uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter, Värmeforsk, Stockholm, A-08-033,2011".
- Greenley, H. (2019). "Department of Defense Energy Management: Background and Issues for Congress", *Congressional Research Service*.
- Gundersen, Yngvar, Marte Melnes, Pål H Stenberg, og Kristine Gulliksrud (2016). "Kartlegging av tilfredshet med Forsvarets spisemesser".
- Hansen, Jørgen André, og Dag Henrik Onarheim Dahlmo (2021). "Fremtidsrettede alternativer for effekter i sjødomenet – oppfølging av funksjonell studie". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 21/00767, BEGRENSET.
- Haynes, Paul (2010). "Information and communication technology and international business travel: mobility allies?", *Mobilities*, 5: 547-64.
- Hennum, Alf Christian, og Sigurd Glærum (2007). "Metode for langtidsplanlegging – støtte til FS 07". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 2007/02174.
- Herald, Wings (2019). "The Netherlands will transfer all military aviation to biofuel". <https://www.wingsherald.com/the-netherlands-will-transfer-all-military-aviation-to-biofuel/>.
- Heyne, Stefan, Pontus Bokinge, og Ingrid Nyström (2019). "Global production of bio-methane and synthetic fuels - overview". CIT Industriell Energi AB.
- Hoekstra, A., og M. Steinbuch (2020). "Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel. Eindhoven university of technology".

-
- Hove, Kjetil, og Tobias Lillekvelland (2017). "Kostnadsvekst i forsvarssektoren. En grunnleggende innføring". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 17/00629.
- Hubau, Wannes, Simon L. Lewis, Oliver L. Phillips, Kofi Affum-Baffoe, Hans Beeckman, Aida Cuní-Sanchez, Armandu K. Daniels, et al. (2020). "Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests", *Nature*, 579: 80-87.
- Hurtigruten (2020). "Vi setter standaren innen bærekraftig teknologi", Accessed 30.04.2020. <https://www.hurtigruten.no/skip/ms-roald-amundsen/vi-setter-standaren-innen-barekraftig-teknologi/>.
- Högkvarteret., Forsvarsmakten (2020). "Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Forsvarsmakten - Armén Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020".
- Haaland, Ståle (2020). "Overvåkning av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt. Årsrapport for 2019.". NIBIO. 49.
- IEA (2021). "Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector.". International Energy Agency.
- Innst. 87 S (2020–2021) (2020). "Innstilling til Stortinget fra utenriks- og forsvarskomiteen. Prop. 14 S (2020–2021)". Stortinget.
- IPCC (2006a). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Institute for Global Environmental Strategies Hayama, Japan).
- IPCC (2006b). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Chapter 3 Mobile combustion. 3.5.1.4. Military & 3.2.4.. 3.8-3.10* (Institute for Global Environmental Strategies Hayama, Japan).
- IPCC (2014). "Climate Change 2013 - The Physical Science Basis : Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press. 9781107415324.
- IPCC (2018). "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press."
- IPCC (2019). "Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems".
- Isakova, Irina, Kaja Voss, Valentin Vandenbussche, og John Morken (2019). "Ressursgrunnlaget for produksjon av biogass i Norge i 2030. Sammenfatning av kunnskap og oppdaterte analyser. ". Carbon Limits. M-1533|2019.
- Jalkanen, J-P., L. Johansson, J. Kukkonen, A. Brink, J. Kalli, T. Stipa, og V-M. Kerminen (2012). "Extension of an assessment model of ship traffic exhaust emissions for particulate matter and carbon monoxide", *Atmospheric Chemistry & Physics*, 12.
- Jarmul, S., A. D. Dangour, R. Green, Z. Liew, A. Haines, og P. F. Scheelbeek (2020). "Climate change mitigation through dietary change: a systematic review of empirical and modelling studies on the environmental footprints and health effects of 'sustainable diets'", *Environ Res Lett*, 15: 123014.
- Kildal, Charlotte Lilleby, og Karen Lykke Syse (2017). "Meat and masculinity in the Norwegian Armed Forces", *Appetite*, 112: 69-77.
- Kirkhorn, S., T. Engen Karsrud, og P. Prydz (2020). "Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap for 2019". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 20/01849.

-
-
- Kirkhorn, Simen, Tove Engen Karsrud, og Petter André Prydz (2021). "Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap for 2020". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 21/00812.
- Klimaloven (2017). "Lov om klimamål. §4 (2) : Klimamål for 2050".
- Kvalvik, Sverre Nyhus; Berg, Helene; Elman, Elisabeth; Graarud, Emil; Halvorsen, Ola Krogh; Hanson, Torbjørn; Lien, Brage; Waage, Kristin; (2019). "Hvordan skape økonomisk handlingsrom i den nye langtidsplanen? – potensial for forbedring og effektivisering 2021–2024". FFI. 19/01934.
- Lasselle, S., O.V. Valøen, B. Gundersen, og S. Henningsgård (2016). "Life cycle analysis of batteries in maritime sector.". DNV-GL. for næringslivets NOx-fond, Grenland Energy, Maritime Battery Forum, ABB.
- Lenton, Timothy M., Johan Rockström, Owen Gaffney, Stefan Rahmstorf, Katherine Richardson, Will Steffen, og Hans Joachim Schellnhuber (2019). "Climate tipping points - too risky to bet against", *Nature*, 575: 592.
- Li, Ao, Marina Michaelides, Meina Rose, og Mukesh Garg (2019). "Climate-related Risk and Financial Statements: Implications for Regulators, Preparers, Auditors and Users", *Australian Accounting Review*, 29: 599-605.
- Lian, Jon Inge, og Jon Martin Denstadli (2004). "Norwegian business air travel–segments and trends", *Journal of Air Transport Management*, 10: 109-18.
- Lindstad, Haakon Elizabeth, Gunnar S Eskeland, og Agathe Rialland (2017). "Batteries in offshore support vessels–Pollution, climate impact and economics", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50: 409-17.
- Lovejoy, Thomas E., og Carlos Nobre (2018). "Amazon Tipping Point", *Science advances*, 4: eaat2340.
- LST (2020). "Prosjektidé (PI) for Mission Simulator - NH90 NNWN. Versjon 1.0. UNTATT OFFENTLIGHET (UO)".
- Lu, Jin-Long, og Srinivas Peeta (2009). "Analysis of the factors that influence the relationship between business air travel and videoconferencing", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43: 709-21.
- Mabus, R. (2009). "Remarks by the Honorable Ray Mabus." In *Naval Energy Forum*.
- Mabus, R. (2013). "Statement of the honorable Ray Mabus secretary of the navy before the house armed services committee".
<https://docs.house.gov/meetings/AS/AS00/20130416/100659/HHRG-113-AS00-Wstate-MabusR-20130416.pdf>.
- Mach, Katharine J., Caroline M. Kraan, W. Neil Adger, Halvard Buhaug, Marshall Burke, James D. Fearon, Christopher B. Field, Cullen S. Hendrix, Jean-Francois Maystadt, og John O’Loughlin (2019). "Climate as a risk factor for armed conflict", *Nature*, 571: 193-97.
- Marine Traffic. <https://www.marinetraffic.com/no/ais/home/centerx:7.1/centery:62.7/zoom:10>.
- Matthews, Deanna H., Gwen C. Christini, og Chris T. Hendrickson (2004). "Five Elements for Organizational Decision-Making with an Environmental Management System", *Environmental Science & Technology*, 38: 1927-32.
- Meld. St. 13 (2020–2021) "Melding til Stortinget. Klimaplan for 2021–2030". Klima- og miljødepartementet.
- Milford, Anna Birgitte, og Charlotte Kildal (2019). "Meat Reduction by Force: The Case of “Meatless Monday” in the Norwegian Armed Forces", *Sustainability*, 11: 2741.
- Miljødirektoratet "Biodrivstoff. Indirekte arealbruksendringer. Beregning av risiko for ILUC-utslipp". <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fornybar-energi/biodrivstoff/>.

-
- Miljødirektoratet (2018). "Kunnskapsgrunnlag for omsetningskrav i skipsfart. Rapport M-1125|2018. ".
- Miljødirektoratet (2019a). "Greenhouse Gas Emissions 1990-2017, National Inventory Report. M-1271|2019. Norwegian Environment Agency, Statistics Norway, Norwegian Institute of Bioeconomy Research. Norges utslippsrapportering av klimagasser for perioden 1990-2017 til FN."
- Miljødirektoratet (2019b). "Svar på oppdrag om videre utredning av et omsetningskrav for avansert biodrivstoff, inkludert biogass i skipsfart, levert Klima- og miljødepartementet, 26.08.19."
- Miljødirektoratet (2020a). "Klimakur 2030. Tiltak og virkemidler mot 2030. M-1625|2020. Miljødirektoratet, Enova, Statens vegvesen, kystverket, landbruksdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat."
- Miljødirektoratet (2020b). "Konsekvensutredning: Endret omsetningskrav for biodrivstoff til veitrafikk fra 1. juli 2020 og 1. januar 2021".
- Miljødirektoratet (2020c). "Veileder Kjøpe inn klimavennlige kjøretøy og maskiner". <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/transport/klimavennlige-kjoretoy/>.
- Miljødirektoratet (2021). "Mer avansert biodrivstoff på norske veier", Accessed 20.05.2021. <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2021/mai-2021/mer-avansert-biodrivstoff-pa-norske-veier/>.
- Miljøstatus (2020). "F-gasser". <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/f-gasser/>.
- Miller, Ron L., Gavin A. Schmidt, Larissa S. Nazarenko, Nick Tausnev, Susanne E. Bauer, Anthony D. Delgenio, Max Kelley, et al. (2014). "CMIP5 historical simulations (1850–2012) with GISS ModelE2", *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 6: 441–78.
- Misyris, George S., Antonios Marinopoulos, Dimitrios I. Doukas, Tomas Tengnér, og Dimitris P. Labridis (2017). "On battery state estimation algorithms for electric ship applications", *Electric power systems research*, 151: 115-24.
- Myhre, Oddvar, Kristin Fjellheim, Hege Ringnes, Trine Reistad, Kjetil S Longva, og Tomás B Ramos (2013). "Development of environmental performance indicators supported by an environmental information system: Application to the Norwegian defence sector", *Ecological Indicators*, 29: 293-306.
- Myhre, Oddvar, Trine Reistad, Kristin Fjellheim, Hege Ringnes, og Kjetil Sager Longva (2012). "Teknologiske løsninger for energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 2012/00605.
- NASA GISS (2019). "GISS Surface Temperature Analysis (v3)", Accessed 28.04.2020. https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/.
- NASA GISS (2020). "GISS GCM ModelE", Accessed 28.04.2020. <https://www.giss.nasa.gov/tools/modelE/>.
- NATO (2014a). "GREEN DEFENCE FRAMEWORK. Approved by the North Atlantic Council in February 2014".
- NATO (2014b). "NATO'S PETROLEUM COMMITTEE VISION ON FUTURE FUELS 17 April 2014".
- NATO (2017a). "Interchangeability of Fuels, Lubricants and Associated Products used by the Armed Forces of the North Atlantic Treaty Organisations (AFLP-1135, Ed 6, Nov 2017)".

-
-
- NATO (2017b). "Interchangeability of Fuels, Lubricants and Associated Products used by the Armed Forces of the North Atlantic Treaty Organisations (STANAG 1135, Ed 6, Nov 2017).".
- NATO (2021). "Remarks by NATO Secretary General Jens Stoltenberg at the Leaders Summit on Climate", Accessed 04.06.21.
https://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_183257.htm.
- NATO SPS (2008). "NATO/SPS Short Term Project ENVIRONMENTAL ASPECTS of MILITARY COMPOUNDS (PHASE II). Report no.283".
- NATO STO (2014). "AVT-255 2014-2016".
- NATO STO (2019). "AVT-309 Implication of Synthetic Fuels on Land Systems and on NATO Single Fuel Policy. RTG".
- NHO luftfart, Norwegian, SAS, AVINOR (2017). "Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart. Rapport 3, August 2017".
- Nielsen, Martin Nordmann, Harald Hoff, Andreas Barstad, og Raymond Haakseth (2018). "Arkitekturbeskrivelse av programvaren KOSTMOD 5". FFI. 18/02066.
- Nijdam, Durk, Trudy Rood, og Henk Westhoek (2012). "The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes", *Food policy*, 37: 760-70.
- Nisbet, E. G., M. R. Manning, E. J. Dlugokencky, R. E. Fisher, D. Lowry, S. E. Michel, Cathrine Lund Myhre, et al. (2019). "Very strong atmospheric methane growth in the four years 2014-2017: Implications for the Paris Agreement".
- Norouzi, Nima, Maryam Fani, og Zahra Karami Ziarani (2020). "The fall of oil Age: A scenario planning approach over the last peak oil of human history by 2040", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 188: 106827.
- NOU 2015: 15 "Sett pris på miljøet. Rapport fra grønn skattekomisjon".
- NOU 2018: 17 "Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 6. oktober 2017 for å vurdere klimarelaterte risikofaktorer og deres betydning for norsk økonomi".
- NRK (2019). "Hurtigruten skal gå på død fisk og gammel kvist. NRK".
<https://www.nrk.no/trondelag/hurtigruten-skal-begynne-a-ga-pa-biogass-fra-biokraft-pa-skogn-i-trondelag-1.14561440>.
- Nybakke, Even., Simon. Utstøl-Klein, Marte. Melnes, Petter. Prydz, og Øyvind. Voie (2014). "Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap for 2014. FFI-rapport 2015/00814".
- O'Rourke, Ronald (2007). "Navy Ship Propulsion Technologies: Options for Reducing Oil Use — Background for Congress". Congressional Research Service. RL33360.
- OECD (2015). "The Economic Consequences of Climate Change".
- Olerud, Kåre., og Steffen. Kallbekken (2020). "Klimakonvensjonen i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 29. april 2020 fra <https://snl.no/Klimakonvensjonen>".
- Oort, Bob van, Karina Standal, og Hege Westskog (2020). "Endring på menyen".
<https://cicero.oslo.no/no/posts/klima/endring-paa-menyen>.
- Oslo Economics (2017). "Gevinstanalyser av grønne anskaffelser. Utredning for Direktoratet for forvaltning og IKT (Difi) og Miljødirektoratet. Oslo Economics rapport 2017-28-Miljødirektoratet rapport M-960|2018.Utarbeidet i samarbeid med CICERO og Inventura".
- Pavlenko, Nikita, Stephanie Searle, og Chelsea Baldino (2019). "Assessing the potential advanced alternative fuel volumes in Germany in 2030", *Working Paper*.
- Peralta, César, Giovanni Vieira, Simon Meunier, Rodrigo Vale, Mauricio Salles, og Bruno Carmo (2019). "Evaluation of the CO2 Emissions Reduction Potential of Li-ion Batteries in Ship Power Systems", *Energies (Basel)*, 12: 375.

-
- Poore, Joseph, og Thomas Nemecek (2018). "Reducing food's environmental impacts through producers and consumers", *Science*, 360: 987-92.
- Pregger, Thomas, Günter Schiller, Felix Cebulla, Ralph-Uwe Dietrich, Simon Maier, André Theß, Andreas Lischke, et al. (2019). "Future Fuels—Analyses of the Future Prospects of Renewable Synthetic Fuels", *Energies*, 13: 138.
- Presterud, Ane Ofstad; Øhrn, Morten; (2015). "Effektive materiellanskaffelser i Forsvaret – en studie av insentiver i investeringsprosessen". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 2015/00555.
- Produktforskriften "Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften). §3-4 Krav til omsetning av avansert biodrivstoff til luftfart. Kapittel 3 Vedlegg VI. Utslipp fra indirekte arealbruksendringer".
- Produktforskriften "Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften). Vedlegg til kapittel 3. Vedlegg II. Regler for beregning av virkningen på klimagassene av biodrivstoff, flytende biobrensel og tilsvarende fossilt brensel som de sammenlignes med. A. Standardverdier for biodrivstoff som produseres uten netto karbonutslipp som følge av arealbruksendring".
- Prop. 14 S (2020–2021) (2020). "*Proposisjon til Stortinget (forslag til stortingsvedtak)* Evne til forsvar – vilje til beredskap. Langtidsplan for forsvarssektoren". Forsvarsdepartementet.
- Prussi, M, A O'Connell, og L Lonza (2019). "Analysis of current aviation biofuel technical production potential in EU28", *Biomass and Bioenergy*, 130: 105371.
- Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, et al. (2019). "Summary for Policymakers. I IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Intergovernmental Panel on Climate Change".
- Rambøll (2017). "Bærekraftig drivstoff til luftfart. Status 2017. Rambøll, Vista analyse, SINTEF".
- Regeringen (2019). "Regeringens proposition 2019/20:1 Budgetpropositionen för 2020 Förslag till statens budget för 2020, finansplan och skattefrågor".
- Region, Biofuel (2017). "En studie om förnybara drivmedel och dess förutsättningar i norra Sverige. Utbildningskompendium".
- Regeringen (2019). "Mer avansert biodrivstoff i luftfarten", Accessed 09.12.2020. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/mer-avansert-biodrivstoff-i-luftfarten/id2643700/>.
- Regeringen (2020a). "Klimaendringer og norsk klimapolitikk. 13.03.2020". <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>.
- Regeringen (2020b). "Norge forsterker klimamålet for 2030 til minst 50 prosent og opp mot 55 prosent. 07.02.2020". <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-forsterker-klimamalet-for-2030-til-minst-50-prosent-og-opp-mot-55-prosent/id2689679/>.
- Rekvisisjonsloven "Lov om militære rekvisisjoner [rekvisisjonsloven] §12".
- Rise, Ørjan Rogne, og Una Hakvåg (2021). "(U) Vurdering av Forsvarets operative kapabiliteter per 15 juli 2020". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 21/00183, HEMMELIG.
- Romare, Mia, og Lisbeth Dahllöf (2017). "The life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions from lithium-ion batteries". IVL Swedish Environmental Research Institute. C 243.
- Rødseth, Kenneth Løvold, Paal Brevik Wangsness, Knut Veisten, Alena Katharina Høye, Rune Elvik, Ronny Klæboe, Harald Thune-Larsen, et al. (2019). "Eksterne kostnader ved transport i Norge. Estimer av marginale skadeposter for person og godstransport". TØI. 1704/2019.

-
-
- Raadal, H., S.I. Modahl, og K.A. Lyng (2009). "Klimaregnskap for avfallshåndtering, fase I og II. Østfoldforskning".
- Saffo, P. (1993). "The future of travel. Fortune magazine 128 (7), 112-119".
- Saladini, Fabrizio, Nicoletta Patrizi, Federico M. Pulselli, Nadia Marchettini, og Simone Bastianoni (2016). "Guidelines for emergy evaluation of first, second and third generation biofuels", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66: 221-27.
- Samsø, B.H., JS Fuglestad, og MT Lund (2020). "Delayed emergence of a global temperature response after emission mitigation", *Nature Communications*, 11: 1-10.
- Santer, Benjamin D., Céline J. W. Bonfils, Qiang Fu, John C. Fyfe, Gabriele C. Hegerl, Carl Mears, Jeffrey F. Painter, et al. (2019). "Celebrating the anniversary of three key events in climate change science", *Nature Climate Change*, 9: 180-82.
- Searchinger, T., R. Heimlich, R. A. Houghton, F. Dong, A. Elobeid, J. Fabiosa, S. Tokgoz, D. Hayes, og T. H. Yu (2008). "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change", *Science*, 319: 1238-40.
- Sioshansi, Fereidoon, og Jeremy Webb (2019). "Transitioning from conventional to electric vehicles: The effect of cost and environmental drivers on peak oil demand", *Economic analysis and policy*, 61: 7-15.
- Skattedirektoratet (2021). "Avgiftshistorie 2021".
- Skipsrevyen "KV TOR". <https://www.skipsrevyen.no/batomtaler/k-v-tor/>.
- Skjelland, Espen, Sigurd Glærum, Alexander Beadle, Monica Endregard, Mona Sagsveen Guttelvik, Alf Christian Hennum, Sverre Kvalvik, et al. (2019). "Hvordan styrke forsvaret av Norge? Et innspill til ny langtidsplan (2021–2024)". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 19/00328.
- Skjelland, Espen, Alf Christian Hennum, Andreas Barstad, Sigurd Glærum, og Torbjørn Hanson (2015). "Operasjonell nektelse – et radikalt terskelforsvar". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 15/01450, BEGRENSET.
- Sparrevik, Magnus, og Simon Utstøl (2020). "Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation", *Journal of Cleaner Production*, 248: 119196.
- SSB "Elektrisitetspriser. 09366 : Kraftpriser i sluttbrukermarkedet, etter kontraktstype (øre/kWh) 2012 - 2018.". <https://www.ssb.no/statbank/table/09366/>.
- SSB (2019a). "Emission factors used in the estimations of emissions from combustion 2019".
- SSB (2019b). "Norske utslipp av klimagasser. Hvilke utslipp dekkes av statistikkene?". <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/hvilke-utslipp-dekkes-av-statistikkene>.
- SSB (2021). "Utslipp til luft". <https://www.ssb.no/klimagassn/>.
- Steffen, Will, Johan Rockström, Katherine Richardson, Timothy M. Lenton, Carl Folke, Diana Liverman, Colin P. Summerhayes, et al. (2018). "Trajectories of the Earth System in the Anthropocene", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115: 8252-59.
- Stern, Nicholas (2006). "Stern Review on the Economics of Climate Change". Cambridge University Press.
- Svenningsen, Stig Roar, Gregor Levin, Mads Linnet Perner, og Thomas Theis Nielsen (2018). "Military land use and the impact on nature and landscape a study of Danish military areas 1900-2017." In *Military and postmilitary landscapes*.
- Syversen, F., O.J. Hanssen, og H. Bratland (2018). "Nasjonal kartlegging av matsvinn på forbrukerleddet. Avfall Norge 2018".
- Sørensen, Mia Vedel (2018). "Carbon budget consequences of deciduous shrub expansion in alpine tundra ecosystems." In.: NTNU.

-
- The Greenhouse Gas Protocol (2015). "The Greenhouse Gas Protocol. A corporate accounting and reporting standard". World resources Institute. World business council for sustainable development.
- Totland, T.H., B. Melnæs, N. Lundberg-Hallen, N. Lund-Blix, J. Myhre, E. Løken, og L. Andersen "Norkost 3. En landsomfattende kostholdsundersøkelse blant menn og kvinner i Norge i alderen 18-70 år, 2010-11".
- Tømmervik, Hans, Lars Erikstad, Karl-Otto Jacobsen, Karl Birger Strann, Vegar Bakkestuen, Per Arild Aarrestad, Nigel Gilles Yoccoz, Dagmar Hagen, Trond Vidar Johnsen, og Bernt Johansen (2005). "Langtidsvirkninger på naturmiljøet av Forsvarets virksomhet i Troms", *NINA rapport*.
- UNEP (2020). "United Nations Environment Programme. Emissions gap report 2020. UNEP, Nairobi."
- UNFCCC (2014). "Decision 24/CP-19 Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention. Conference of the parties. FCCC/CP/2013/10/Add.3".
- UNFCCC (2015). "Paris Agreement".
- Update of Norway's nationally determined contribution (2020).
[https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Norway%20First/Norway_updatedNDC_2020%20\(Updated%20submission\).pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Norway%20First/Norway_updatedNDC_2020%20(Updated%20submission).pdf).
- USDA "The great green fleet makes history".
<https://www.usda.gov/media/blog/2012/08/15/great-green-fleet-makes-history>.
- USNI (2016). "United States Naval Institute. RIMPAC. : Navy hopes green initiatives will be adopted by foreign militaries". <https://news.usni.org/2016/07/19/rimpac-2016-navy-hopes-green-initiatives-will-adopted-foreign-militaries>
- Utstøl, Simon (2018). "Matavfall og matsvinn fra Forsvarets messer. Livsløpsanalyser (LCA) av klimagassutslipp og økonomiske kostnader basert på grunnlagsdata fra MDB. Eksternnotat 18/01794".
- Utstøl, Simon, Jostein Gohli, Tove Engen Karsrud, og Petter Prydz (2019). "Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap for 2018". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 19/00520.
- Valin, Hugo, Daan Peters, Maarten Van den Berg, Stefan Frank, Petr Havlik, Nicklas Forsell, Carlo Hamelinck, Johannes Pirker, Aline Mosnier, og Juraj Balkovic (2015). "The land use change impact of biofuels consumed in the EU: Quantification of area and greenhouse gas impacts".
- van Oort, Bob., og N. Holmelin (2019). "Klimagassutslipp fra norsk mat", *Cicero Report 2019:05*.
- Vanhala, Pekka, Anna Repo, og Jari Liski (2013). "Forest bioenergy at the cost of carbon sequestration?", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5: 41-46.
- Vatne, Dagfinn Furnes, Petter Kristian Køber, Alexander William Beadle, Sverre Diesen, Maria Fleischer Fauske, Sigurd Glærum, og Iver Johansen (2018). "Revisjon av morfologisk analyse for FFIs scenarioklasser". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-interntnotat 18/01277.
- Vatne, Dagfinn Furnes, Petter Kristian Køber, Mona Sagsveen Guttelvik, Brynjar Arnfinnsson, og Ørjan Rogne Rise (2020). "Norwegian long-term defence analysis – a scenario- and capability-based approach". Forsvarets forskningsinstitutt. FFI-rapport 20/02367.
- VG (2020). "Den nye forsvarssjefen: Høy risiko for feilinvesteringer", Accessed 04.06.21.
<https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/86B6oE/den-nye-forsvarssjefen-hoey-risiko-for-feilinvesteringer>.

-
-
- Villa, Jorge A., og Blanca Bernal (2018). "Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework", *Ecological engineering*, 114: 115-28.
- Voie, Øyvind Albert, Arnljot Strømseng, Arnt Johnsen, Helle Kristin Rossland, Tove Karsrud, og Kjetil Sager Longva (2010). "Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydning og avhending av skytebaner og øvingsfelt".
- WEF (2021). "The Global Risks Report 2021, 16th Edition". World Economic Forum. ISBN: 978-2-940631-24-7.
- WMO (2021). "State of the Global Climate in 2020". World Meteorological organization. No. 1248.
- Zentelis, Rick, og David Lindenmayer (2015). "Bombing for Biodiversity—Enhancing Conservation Values of Military Training Areas", *Conservation letters*, 8: 299-305.
- Zhang, Panpan, Yingnan Sun, Qingqing Zhang, Yihang Guo, og Daiyu Song (2018). "Upgrading of pyrolysis biofuel via esterification of acetic acid with benzyl alcohol catalyzed by Brønsted acidic ionic liquid functionalized ethyl-bridged organosilica hollow nanospheres", *Fuel (Guildford)*, 228: 175-86.
- Aall, Carlo, Borgar Aamaas, H Asbjørn Aaheim, Kristina Alnes, Bob van Oort, Halvor Dannevig, og Torunn Hønsi (2018). "Oppdatering av kunnskap om konsekvenser av klimaendringer i Norge", *CICERO Report*.
- Aamaas, B., og R. Reed Ursin (2020). "Hva varmer kloden?". <https://cicero.oslo.no/no/hva-varmer-kloden>.

Vedlegg

A Batterihybrid framdrift på KV Tor

Dette vedlegget er et kort sammendrag av et arbeid sommerstudent Sindre Nilsen Kalvik gjennomførte sommeren 2018. Forutsetningene og resultatene presenteres her slik som de framsto i det arbeidet. I rapportens tiltak 2 bruker vi forutsetningene fra dette arbeidet for å vurdere drivstoffreduksjon av tiltaket.

A.1 Bakgrunn

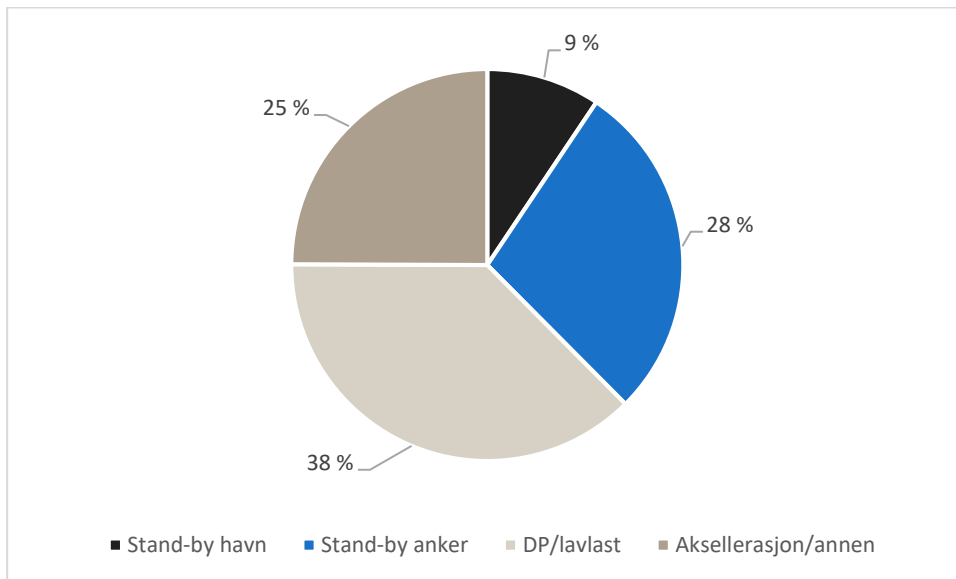
A.1.1 Fremdriftssystem

Fremdriftssystemet i Nornen-klassen og på KV Tor er dieselektrisk framdrift. Framdriften på KV Tor består av en KTA19DM1 488 kW og to KTA 38DM1 på 970 kW. Det er i tillegg et havneaggregat av typen 6CTA 8,3D på 201 kW. Hovedpropellanlegget består av to Wärtsilä Azimuth LIPS FS225-2/WM, som hver generer en kraft på 1100 kW ved 1200 omdreininger per minutt. I tillegg er det en baugthruster på 300 kW ved 1800 omdreininger per minutt (Skipsrevyen). Beregningene for batterihybrid framdrift tar utgangspunkt i to batteripakker på 370 kWh som erstatter KTA19DM1 488 kW, med mulighet for landstrømtilkobling 2x99 kVa. I beregningene vises tre scenarier for lav, middels (forventet utfra aktivitetsanslag) og høy drivstoffreduksjon, på henholdsvis 7, 14 og 21 %.

A.1.2 Aktivitet

For å kartlegge aktivitetsprofilen til Nornen-klassen, er det tatt utgangspunkt i KV Tors historiske posisjonsdata. Fra Marine Traffic er det eksportert posisjonsdata for 18. juli 2017 ut året. Posisjonsdataene er deretter dekomponert etter hastigheter for å finne tid brukt under ulike hastighetene (Marine Traffic). Timene for hastighetsdata er korrigert mot antall seilingsdøgn som er registrert i MDB og dialog med skipssjef²⁷. Et større antall timer mellom 0 og 1 knop ble registrert. Timene mellom 0 og 1 knop representerer tid hvor fartøyet enten ikke er i aktivitet eller bedriver akselerasjon, sakte patruljering, dynamisk posisjonering, visitasjon av fartøy, ankring eller kailigge. Antall timer mellom 0 og 1 knop er dekomponert, som vist i figur A.1.

²⁷ Skålheim J, e-post, tlf. juli 2018.



Figur A.1 Dekomponering av stilletid.

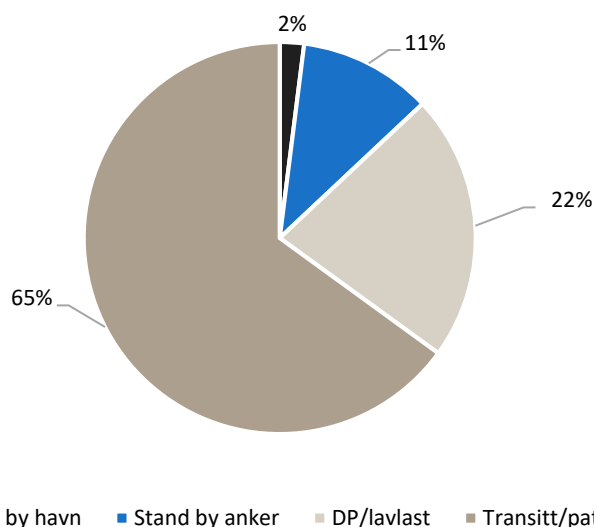
Effektbehov på framdriftssystemet ved ulike fart i knop er innhentet fra skipssjef og gjengitt i tabell A.1. Basert på datapunktene oppgitt er det benyttet regresjon for beregningene der $Y = 2.3842 x^{2.2483}$, hvor Y er kraftbehov i kW, og x er hastighet i knop.

Tabell A.1 Effekt kW ved ulike kjørehastigheter i knop på framdriftssystemet.

Knop	0	3	6,5	8	10	11	11,5	12,5	13	13,5	14,5	15,5
kW framdrift	0	25	230	420	620	820	1040	1280	1440	1710	1950	2200

For driften av hotellet antas et konstant behov for 70 kW, basert på 35 % drift av havneaggregatet på 201kW under fortøyninger. Videre antas det at motoren på 488 kW går i tillegg ved ankring til sjøs og leverer en kraft på 48,8 kW, basert på 10 % av 488 kW, for å unngå blackout ved eventuell stans av havneaggregatet. Ved dynamisk posisjonering er det tatt utgangspunkt i et kraftbehov på 109 kW, basert på samme bruk av motoren på 488 kW og en av motorene på 970 kW, med snittbelastning på 15 %.

Basert på aktivitetsdataene og anslått kraftforbruk ved ulike aktiviteter synliggjøres daværende kraftforbruk for fartøyet i figur A.2. Medianverdi for hastighetsdataene er brukt for å utlede effektbehov. Transitt og patrulje er mest energikrevende.



Figur A.2 Estimert kraftbehov for drift av KV Tor i 2017 fordelt etter aktiviteter.

For beregningene er det antatt at de to batteripakkenes potensielle drivstoffbesparelse er basert på historiske drivstoffreduksjoner Rolls Royce har gjort leveranser til²⁸ og er vist i tabell A.2. Dette er dermed naturligvis en kilde til usikkerhet, hvorvidt disse estimatene vil gi tilsvarende drivstoffreduksjoner for KV Tor og andre kystvaktfartøy og er en av grunnene til at 50 % og 150 % av estimert drivstoffreduksjon (lav og høy) også er med i beregningene. Ved mer konkrete vurderinger bør estimater for drivstoffreduksjon benytte et større datagrunnlag.

Tabell A.2 Anslag for drivstoffreduksjon ved ulik aktivitet etter installasjon.

Aktivitet	Beskrivelse drift før	Beskrivelse drift etter	Antatt drivstoffbesparelse MGO
DP Lav	2 gen.set	1 gen.set + batteri	28 %
DP høy	4 gen.set	2 gen.set + batteri	26 %
Kailigge	Havnegenerator	Landstrømtilkobling, opplading batteripakke	100 %
Transitt		Jevner effektopper	1-2 %
Stand-by		Jevner effektopper	2-3 %

²⁸ E-post, Hjorteseth, J. juli, 2018.

A.1.3 Livløpsvurdering av batteriinstallasjon

Romare og Dahllöf (2017) gir estimater for utslipp av drivhusgasser for hver del av produksjonskjeden for batteri basert på tilgjengelige studier. Estimater spriker mye, men sannsynlige verdier er valgt ut utfra studienes metodiske kvalitet og transparens. Anbefalt samlet faktor var 150–200 kg CO₂-ekv./kWh og 170 kg CO₂-ekv./kWh er benyttet i disse beregningene. En oppdatering av rapporten Emilson og Dahllöf (2019) anbefaler derimot 61–106 kg CO₂-ekv./kWh, og henger sammen med oppskalering av produksjon og lavere utslipp fra elektrisitetsforbruk. Andre nyere anslag tyder også på stadig lavere utslipp fra batteri-produksjon, se Hoekstra og Steinbuch (2020). Utslippsbesparelser fra batterihibridisering kan derfor være noe høyere enn først estimert.²⁹ Det er likevel bruksfasen som er avgjørende for utslipp over levetiden. For beregningene er det antatt at det ved kailigge benyttes landstrøm som substituerer drivstofforbruk.

Tabell A.3 Data for livsløpsvurdering av utslipp brukt i denne analysen. Senere analyser viser enda lavere utslipp (Emilson og Dahllöf 2019; Hoekstra og Steinbuch 2020).

Data	Utslippsdata	Kilde
Batteri (uttak råmaterialer)	19 kg CO ₂ -ekv. /kWh	Romare og Dahllöf (2017)
Batteri (videreforedling til batterikvalitet)	46 kg CO ₂ -ekv. /kWh	Romare og Dahllöf (2017)
Batteri (konstruksjon)	90 kg CO ₂ -ekv. /kWh	Romare og Dahllöf (2017)
Batteri (resirkulering)	15 kg CO ₂ -ekv. /kWh	Romare og Dahllöf (2017)
Drivstoff	2,72 kg CO ₂ -ekv/liter MGO	SSB (2019a)
Drivstoff (produksjon & distribusjon)	0,5 kg CO ₂ -ekv/liter MGO	Gode et al. (2011)
Elektrisitet	22 g CO ₂ -ekv. /kWh	Ecoinvent 2014 ³⁰

Basert på snittforbruk drivstoff på 579,2 m³ over fem år (2013–2017) er utslipp fra drivstoff totalt beregnet til 1 838 tonn CO₂-ekv. og 2,6 tonn NO_x årlig. For batteripakkene har produksjon og bruksfasen liten betydning for totale livsløpsutslipp med de forutsetningene som er lagt til grunn. Basert på antatt elforbruk på 48 000, 88 000 og 143 000 kWh for lav, middels og høy drivstoffreduksjon ved kailigge gir dette et totalt utslipp på henholdsvis 136, 145 og 157 tonn

²⁹ En halvert utslippsfaktor til 85 kg CO₂/kWh gir 6,3 tonn CO₂-ekv. lavere utslipp årlig.

³⁰ Norsk kraftmiks. Tilsvarende omtrent NVEs klimadeklarasjon for fysisk levert strøm på 17 g CO₂/kWh for 2019. Ved bruk av høyere utslippsfaktorer for elektrisitet vil større kraftuttak generere høyere utslipp over levetiden. Likevel vil bruk av batterier generere betydelig mindre utslipp over levetiden enn dagens framdrift.

CO₂-ekv. For scenarioene lavt, middels (forventet) og høyt drivstofforbruk er det beregnet en utslippsreduksjon på henholdsvis 115, 243 og 370 tonn CO₂-ekv. årlig. Middels drivstoffreduksjon på 14 % gir dermed større utslippskutt første år i drift enn batteripakkens livsløpsutslipp over 10 år. Selv med markedsbasert utslippsfaktor (fravær av opprinnelsesgarantier) for bruk av strøm basert på nasjonal varedeklarasjon fra NVE (396 tonn CO₂-ekv/kWh i 2019), og lave anslag for drivstoffreduksjon, vil bruk av batteri spare betydelig utslipp over levetiden sammenlignet med dagens løsning.

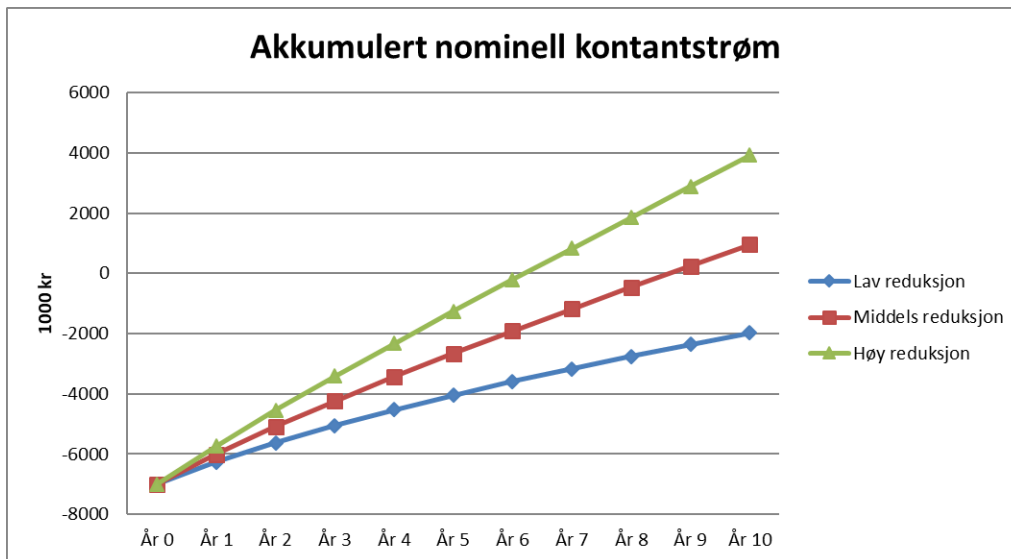
A.2 Lønnsomhetsvurderinger KV Tor

For installasjon av batteripakker på KV Tor er det estimert kontantstrømmer for å beregne netto nåverdi³¹ og tilbakebetalingstid. Installasjon av batteripakken og investeringskostnad tar utgangspunkt i anslått kostnad på 10 mill.kr, med oppfyllelse av kriterier for Enova-støtte på 30 % (Enova 2017). Det antas ikke-skattepliktig støtte, og at pakken kan avskrives, med årlig saldossats på 20 %. Utrangeringskostnad og endrede vedlikeholdskostnader er ikke estimert, som følge av stor usikkerhet. MGO pris er anslått til 7,91 kr/l for 2018. Prisen består av henholdsvis grunnpris på 4,454 kr/l, CO₂-avgift på 1,33 kr/l og grunnavgift på 1,63 kr/l samt påslag på 0,5 kr/l for leveranse.³² NO_x-avgift på 21,94 kr/kg i 2018 er estimert til 0,89 kr/l. For utvikling i NO_x-pris antas årlig prosentvis økning basert på perioden 2015–18 på 3,517 %. For kraftuttak i forbindelse med kailigge er det estimert kostnader for forbruksnivåene tidligere nevnt, med en elpris på 28,73 øre/kWh, med redusert avgiftsats på 0,48 øre/kWh (SSB u.å.). For MGO-pris og elpris forutsettes prisøkning i takt med inflasjonsmålet på 2 %. Kalkulasjonsrenten er satt til 1,4014 %, nominelt krav som tilsvarer avkastning på norske 10 års statsobligasjoner etter skatt. Dette settes som et gulv da det representerer risikofri plassering i Norge for de neste 10 årene. For dette prosjektet bør kalkulasjonsrenten være høyere, da det bærer risiko, men kravet brukes like fullt da det gir en enkel presentasjon av hva man kunne oppnådd ved å sette pengene i risikofri plassering.

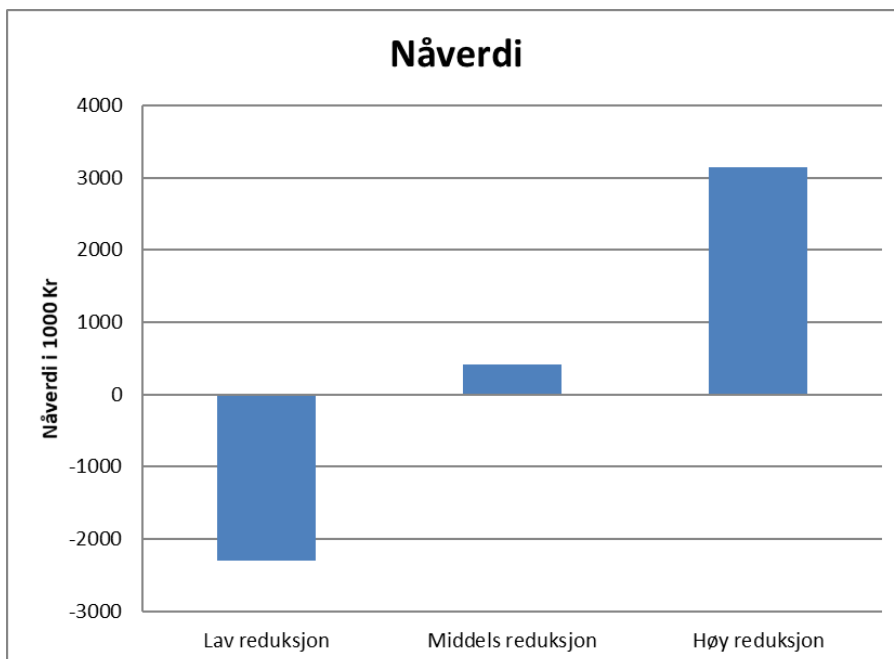
Resultatet av analysen kan illustreres ved tilbakebetalingstid (figur A.3) og nåverdi (figur A.4). Forventet middels drivstoffreduksjon på 14 % er nedbetalingstiden mellom 9 og 10 år. Den minste drivstoffreduksjonen som gir positiv nåverdi er på 12,9 % (gitt kalkulasjonsrente på 1,4 %). Figur A.5 illustrer hvordan nåverdien av installasjon av batteripakker er følsomt for kalkulasjonsrenten som er satt. For forventet middels drivstoffreduksjon er internrente lik 2 %.

³¹ For at inn- og utbetalinger på forskjellige tidspunkt skal være sammenlignbare, må alle beløp omregnes til dagens verdi. Dette kalles nåverdi. En positiv nåverdi betyr at investeringen er lønnsom. Sammenligner man flere alternativer er alternativet med høyest nåverdi mest lønnsom (eventuelt minst ulønnsom). Summen i seg selv er imidlertid ikke av vesentlig betydning.

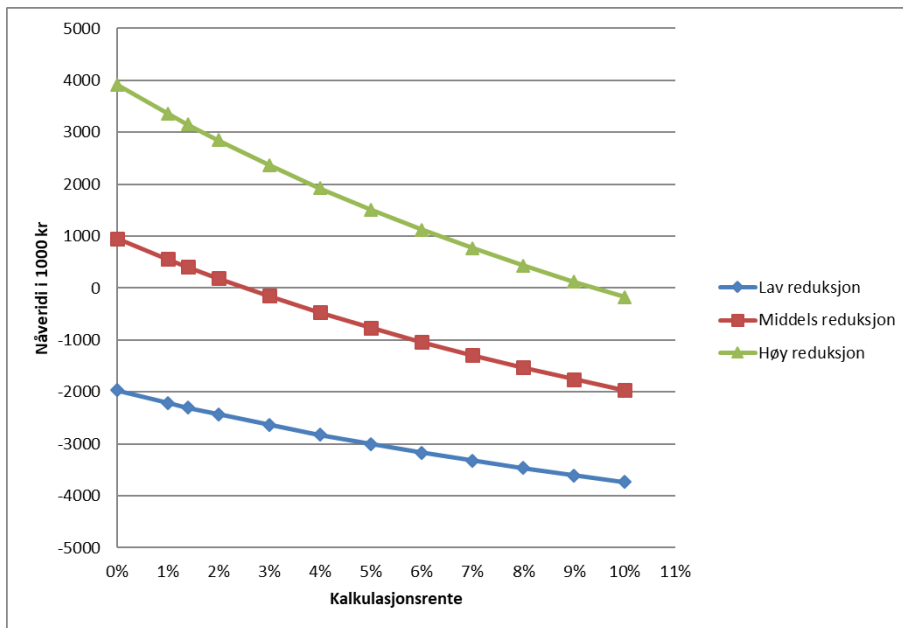
³² Ytterligere prispålegg ved hastebestillinger ikke inkludert.



Figur A.3 Akkumulert kontantstrøm for batteriinstallasjon ved ulike bruk og drivstoffreduksjon. Y akse: Verdier i 1000 kr.



Figur A.4 Nåverdi ved ulike scenarier for bruk av batteripakke og drivstoffreduksjon. Y-akse: Verdier i 1000 kr.



Figur A.5 Nåverdi ved ulik kalkulasjonsrente for ulike scenarioer for drivstoffreduksjon.

B Arealbruk, arealendringer og biodrivstoff

B.1 Utslipp og opptak av CO₂ fra arealendringer

Som nevnt i innledningen skyldes temperaturøkningen etter den industrielle revolusjon i hovedsak forbruk av olje, kull og gass, og at store mengder karbon forflyttes fra det «sakte» til det «raske» karbonkretsløpet. Men en betydelig andel av menneskeskapte utslipp skyldes også intensiv drift i jordbruket, skogbruket og arealendringer, altså det «raske» karbonkretsløpet. IPCC-spesialrapporten *Climate change and land* fra 2019 peker på at slike faktorer står for 23 % av menneskeskapte utslipp i perioden 2007–2016. Redusert avskoging, påskoging og redusert naturinngrep er viktige forutsetninger i de fleste scenarioer hvor temperatur begrenses til 1,5 °C eller godt under 2 °C (IPCC 2019). For å nå klimamålene er det også behov for netto negative utslipp senere i århundret (IPCC 2018). Ivaretagelse av naturlige karbonlagre, restaurering og opptak av karbon i jord og biomasse kan altså spille en sentral rolle for å nå klimamålene og er kostnadseffektivt (Villa og Bernal 2018; Bastin et al. 2019). Særlig ettersom karbonfangst og -lagring (CCS³³) og annen karbonfangstteknologi ikke enda er innført i stor skala og er kostbart (Anderson og Peters 2016).

I Norges rapportering til FNs klimakonvensjon skal skog og arealbruksendringer for kategoriene skog, dyrka mark, beite, vann og myr, utmark, treprodukter og bebygde arealer rapporteres.³⁴ I Norge sto skog- og arealbrukssektoren for opptak av 25 millioner tonn CO₂-ekv. i 2017, nær halvparten av utslippene innenfor norsk territorium. Gjennom Norges samarbeid med EU i klimapolitikken, har Norge en forpliktelse om netto null utslipp fra arealbrukssektoren i perioden 2021–2030³⁵ (Miljødirektoratet 2020a).

Rapporten *Carbon Storage in Norwegian Ecosystems* utgitt av Norsk institutt for naturforskning (NINA) (Bartlett et al. 2020) gir en innledende oversikt over naturlig potensial for opptak og lagring av karbon i norske økosystemer. Ifølge deres estimer inneholder norsk natur karbonrike arealer relativt til landmasse, som følge av høy andel myr og boreal skog. Skog bidrar mest med karbonlagring, men våtmark og permafrost har mest karbon per arealenhet. Rapporten peker også på at forvaltningspraksis for skoger som forvaltes kan endres for i større grad å øke karbonopptak og biologisk mangfold. Det kan gjøres ved økt bruk av lukkede hugstformer og at jordforbedring unngås, siden det kan gi karbonutslipp fra jordsmonn (Vanhala et al. 2013).

Forsvarssektoren spiller en rolle med hensyn til arealendringer og skogdrift. Forsvarsbygg forvalter til sammen 1 763,1 km² grunneiendom på vegne av forsvarssektoren, som omfatter store naturområder (Forsvarsbygg 2019). Arealet av ulike naturtyper er usikkert på grunn av manglende entydig definisjon på våtmark, kartlagte våtmarksforekomster og utarbeidede kart. Areal våtmark eller myr er gitt usikkerhetene estimert til 112,58 km², altså 6,3 % av totalt areal.

³³ CSS: *Carbon capture and storage*.

³⁴ Sektoren blir også omtalt som LULUFC: *Land use, land-use change and forestry*.

³⁵ Dette omfatter avskoget og påskoget areal, forvaltet skog, dyrka mark, beite og våtmark (fra 2026).

Skyte- og øvingsfelt (SØF) utgjør 1618 km² hvorav 6,17 % er myr eller våtmark.³⁶ I flere av de eide feltene til FB drives også ordinær skogforvaltning (hogst og skogkulturarbeid) på deler av arealene.

Forsvarssektoren har ikke en samlet oversikt over opptak og utslipp av CO₂ i forbindelse med endret bruk og restaurering av arealer. I dette kapittelet vil det gjøres en kort kvalitativ diskusjon rundt arealbruk som både bidrar til utslipp, men også opptak. I avsnitt B.2 vil det også gjøres en diskusjon rundt bioenergi og biodrivstoff, som også kan ha indirekte effekt på arealbruk.

B.1.1 Miljøvern og arealpåvirkning

Forsvarets bruk av materiell ved trening, øvelser og operasjoner medfører belastning på jordsmonnet og vegetasjonen. Belastning er uunngåelig, men Forsvaret og Forsvarsbygg jobber målrettet for å minimere belastning ved planlegging og gjennomføring av aktivitetene. Forsvaret har siden 1990-tallet hatt miljøvernoffiserer som bidrar til å forebygge skader på miljøet som kjørespor, avfall og forurensning som kan oppstå under aktiviteter.

Lov om militære rekvisisjoner (rekvisisjonsloven) benyttes ved større øvelser i Norge. Ytelser og tap skal godtgjøres iht. §12, når det forekommer rekvisisjon (Rekvisisjonsloven). Kjøreskader i terreng skal betales for slik at de er i opprinnelig tilstand. I henhold til Nato standard AJEPP 6, skal såkalte *environmental baseline studies* (EBS) gjennomføres. EBS skal dokumentere eksisterende miljøtilstand i et område og de potensielle virkninger Nato kan ha på miljøet (NATO SPS 2008). Det kan innebære jord-, vann- og luftprøver. Dette gjøres slik at en øvelse eller operasjon ikke skal ha avtrykk på grunn av arealendring, men i praksis kan enkelte skader ta lenger tid å gjenopprette til opprinnelig tilstand. Ved øvelser benyttes kart med miljørestriksjoner, med såkalte *out of bounds*-områder, med minimumsavstander. Dette er vernet areal, og skal unngås. En rekke verneområder har unntak for militær aktivitet, men Forsvaret begrenser aktiviteten så langt det lar seg gjøre siden dette går ut over omdømmet (FOH 2018).

Forsvarets kompetanse på miljøvern ble viktig ved gjennomførelsen av Nato-øvelsen *Trident Juncture* 2018, hvor forberedelser startet allerede i 2015. Her deltok over 50 000 soldater med ca. 10 000 militære kjøretøy, 250 luftfartøy og 70 fartøyer. I forkant av øvelsen ble det utarbeidet 104 øvelseskart med miljørestriksjoner, basert på miljøinformasjon fra databaser og møter med fylker, kommuner og organisasjoner. Norske miljøvernoffiserer støttet utenlandske avdelinger og samarbeidet med utenlandske miljøvernoffiserer. Det ble utlevert miljøvernfoldere og gitt miljøopplæring til alle styrker (Utstøl et al. 2019). I forbindelse med øvelsen, ble det meldt inn flere hendelser om kjøreskader i terrenget. Forsvaret har god oversikt over sine terrengskader, og har estimert skader i myr til 0,0046 km² i perioden 2014–2020. Skader gjøres opp for med fokus på å rette opp erosjonsskader så fort grunnforholdene tillater det.

Kjøring i våtere og myrlendt terreng er en del av kjøretreningen i Forsvaret da dette er noe vognførere må kunne håndtere av operative hensyn. Det er likevel en hovedregel om å unngå

³⁶ FB, Kartinnsyn.

kjøring i våtmark, ettersom det medfører forhøyet risiko for personell, og bevegelser er synlig fra luften. Mindre arealer er derfor dedikert spesifikt til opplæringsformål. På sprengnings- og øvingsfelt (SØF), kan standplass og målområder være anlagt på hver sin side av en myr, som utgjør baneløpet i enkelte skytebaner. Myrene har ofte blitt drenert for å sikre adkomst til målområdet for å vurdere treff, og i enkelte tilfeller er det laget branngrøfter. En rekke andre tiltak har tidligere vært iverksatt for å hindre terrengbelastning, som å kanalisere ferdsel i større grad, holde kjøring i områder hvor skader allerede er store, og forsterke terrengets bæreevne i faste kjøreløyper, i tråd med anbefalinger fra NINA (Tømmervik et al. 2005). Ytterligere tiltak kan ifølge FB være mer informasjonsarbeid og rask retting av skader. Det ligger dog en del restriksjoner på bruk av arealer, og muligheten for å gi ytterligere restriksjoner er usikker.

Bruk av ammunisjon på SØF medfører også forurensning og deponering av tungmetallene kobber, bly, sink og antimon (Kirkhorn et al. 2021). Ved høyt forurensningsnivå kan tungmetaller spres til nærliggende resipient³⁷ (Voie et al. 2010). FB overvåker utlekking fra alle aktive og nedlagte SØF (Haaland 2020) og har sanert en rekke nedlagte SØF. Ved sanering blir det ofte bygget eller forsterket vei og riggområde, og forurensede masser i og utenfor myr fjernes. Graving i myr og særlig uttransporteringen av masser er krevende, på grunn av svak bæreevne. Hydrologiske forhold i myr kan endres og gjøre revegetering vanskelig. Miljøsanering i denne sammenheng representerer derfor et dilemma for forsvarssektoren ettersom tiltak for redusert forurensning kan gå utover opprettholdelse av naturtyper, samt generere betydelig utslipp som følge av tapt karbonlager og transportarbeid. FB arbeider for å integrere restaurering i tilknytning til saneringsprosjektene.³⁸

Avskoging er når et skogareal permanent endres til annen type arealbruk. Avskoging bidrar til utslipp ved forflytning eller forstyrrelser i karbonholdig jordsmonn, og ved at arealet omdisponeres slik at ny skog ikke vokser opp og tar opp CO₂. Årlig utslipp fra avskoging er på to millioner tonn CO₂-ekv. i Norge (Miljødirektoratet 2020a, s. 423). Et eksempel på dette i forsvarssektoren er Camp Rødsmoen på Rena, hvor en teltcamp ble etablert i forbindelse med øvelsen *Trident Juncture* i 2018. 800 000 m² skog ble hogd, før det ble gjort grunnarbeid og etablert infrastruktur for strøm og vann til messe, sanitær, velferd og overnatting (Kirkhorn et al. 2020). Humuslag i jordsmonn ble derfor fjernet i et område kartlagt som lavfurusskog, og samlet opp i voller rundt campområdet. Det er per 2020 lite sannsynlig at arealet tilbakeføres, og det er aktuelt å inventarføre deler av arealet med den tyngste infrastrukturen. Det er videre snakk om å gjenbruke arealet under *Cold Response* i 2022.³⁹

Et annet aktuelt område er Regionfelt Østlandet ved Gråfjellet i Åmot kommune. Området ble etablert i tilknytning til Rena leir og Rødsmoen øvingsområde, omfatter 193 km² og har vært i bruk dels siden 2005. Området omfatter blant annet sprengningsfelt, prøve- og forsøksanlegg, skytevegg for panserbrytende ammunisjon, nedslagsfelt for artilleri, kjøretraseer og veier, nærstridsbaner og diverse skytebaner (Forsvarsbygg). I nedslagsområder og baneløp holdes vegetasjon nede. På laserskytebanen Rødsmoen (BT-banen) benyttes både maskiner og beitedyr

³⁷ En fellesbetegnelse på bekk, elv, innsjø, hav og myr som mottar utslipp av forurensninger.

³⁸ Curle, C. FB miljøseksjon, e-post, 12.11.2020.

³⁹ Samuelsen, J.R. FB. e-post 29.09.2020.

for å holde vegetasjon nede. «Angrepsfelt Sør» består til dels av mye myrlendte partier som også inneholder verneområder hvor det ikke er aktivitet. Enkelte veier er lagt som flytende konstruksjoner som har liten belastning på naturområdet, men ønske om ferdsel utenfor veiene er forespurt. Enkelte nyere veianlegg i Regionfeltet har ikke benyttet miljøvennlige tekniske løsninger ved kryssing av myr. Et eksempel er ny ringvei som bl.a. krysser en bakkemyr sør for Store Haraåsen som vil påvirke et myrområde på omtrent 500 daa ved gradvis uttørring og følgelig frigjøring av myrbundet CO₂. Forsvaret har behov for store arealer, både med og uten skogdekt mark. Ved etableringen av regionfeltet ble det lagt til rette med nær 10 km² avskogede arealer i forbindelse med 100–200 meter brede ubearbejdede pansertraseer i Sørområdet. Det meste av disse arealene er ikke i bruk, men per i dag er ny skogreising ikke avklart.⁴⁰

Omfanget av avskoging og opprettholdelse av åpne områder i Forsvaret er ikke kjent i denne rapporten. Mer presis planlegging kan sørge for at områdene som avskoges og holdes åpne er bedre tilpasset til den aktiviteten det er behov for, og tekniske løsninger som hindrer forstyrrelser i jordsmonn bør brukes så langt det er mulig. Ved bruk av nye arealer, bør det på forhånd være planlagt om et areal skal tilbakeføres eller ikke.

B.1.2 Naturlige karbonlagre og naturrestaurering

Selv om Forsvarets bruk av arealer kan ha belastning på miljøet, og slik medføre utslipp, er også det motsatte ofte tilfellet. Det er generelt konsensus om at arealer regulert til militære formål har en gunstig effekt på økosystemer og biodiversitet. Det har sammenheng med at militære arealer ofte har en variert landskaps sammensetning og at arealer ikke kan disponeres til andre formål i samfunnet. På denne måten kan areal disponert til militære formål ivareta økosystemer og karbonlagre på lengre sikt. Effekten varierer imidlertid med omliggende områder og type militær arealbruk (Svenningsen et al. 2018; Zentelis og Lindenmayer 2015). Siden 2006 har Forsvarsbygg sammen med en rekke andre aktører jobbet med å restaurere det tidligere skytefeltet på Hjerkinntil nasjonalpark og er nylig ferdigstilt. Naturrestaureringen er den største i norgeshistorien, hvor 15 000 vernepliktige har deltatt og identifisert blindgjengere, og plukket metallrester og avfall. 430 kubikk treavfall er fjernet, 540 tonn metallskrap, 47 000 vierplanter er plantet ut og 100 dekar er sådd med stedege frø (Forsvarsbygg 2020). Ved restaureringen er det også reetablert vannveier og våtmarksarealer som binder mer karbon per areal enn andre naturtyper.

Med utgangspunkt i Bartlett et al. (2020) har NINA gjort en estimering av karbonopptaket fra restaureringen på Hjerkinntil. Det er brukt vegetasjonskart, og det er beregnet restaurert areal per vegetasjonstype. Det er gjort forskning på karbonopptak spesifikt i Hjerkinntilområdet (Sørensen 2018), og derfor er dataene av bedre kvalitet for aktuelle vegetasjonstyper. Vegetasjonskartene er derimot nokså grove, som gjør estimatet noe usikkert. Men med de forbeholdene er det på de restaurerte arealene på 5 200 dekar beregnet et årlig karbonopptak på 24 530 tonn CO₂-ekv.⁴¹ Selv om dette er usikkert, viser størrelsesordenen hvordan naturrestaurering, her på et stort område, har klimamessig fordel i tillegg til ivaretagelse av naturmangfold. Hjerkinntil er Forsvars-

⁴⁰ Samuelsen, J.R. FB. e-post 29.09.2020

⁴¹ Hagen, D., NINA, e-post 25.09.2020.

byggs største naturrestaureringsprosjekt, men flere andre mindre prosjekter er gjennomført i de siste årene i områder som ikke lenger er i bruk.

Oppsummert har forsvarssektorens aktivitet, bruk og hensyn til arealer negative og positive effekter på utslipp av drivhusgasser. Både utslipp og opptak fra arealene er usikre, men kan potensielt innarbeides i forsvarssektorens klimaregnskap på sikt. I likhet med indirekte utslipp fra innkjøp (avsnitt 2.2.2) kan arealbruk ha stor påvirkning på utslipp og opptak, og må ikke glemmes fordi utslippene er vanskeligere å kvantifisere. Innen neste femårsperiode er det etter en gjennomgang av arealplaner og tillatelser identifisert tre prosjekter som kan påvirke omtrent 0,53 km² våtmark negativt.⁴² Overordnet kan planlegging for alternativ plassering av vei, bygg og anlegg hvor mulig, kompensere tiltak når skade ikke kan unngås og restaurering av arealer som er påvirket av drenering være tiltak for ivaretagelse av våtmarksområder. Økt kartlegging og prioritering av arealer som egner seg til restaurering, integrering av restaurering ved miljøsanering, og bedre planlegging og kunnskap om miljøsanering er eksempler på andre tiltak som kan bidra til ivaretagelse av karbonlagre og arealer.

B.2 Biogene CO₂-utslipp under GHG-protokollen og klimanøytralitet

I henhold til GHG-protokollen skal CO₂-utslipp fra forbrenning av biomasse ikke inngå innenfor *scope* 1–3 (og regnes dermed som nullutslipp), men presenteres separat i klimaregnskapet (The Greenhouse Gas Protocol 2015). CO₂ fra biomasse føres også som nullutslipp ved forbrenning i nasjonale regnskaper, i henhold til IPCCs retningslinjer og FNs klimakonvensjon, hvor endringer i biomasse ut ifra tilvekst og uttak føres i andre sektorer for å unngå dobbelttelling (IPCC 2006b; UNFCCC 2014). Endringer i karbonlager på grunn av arealendring og bruk av biomasse føres i sektoren skog- og annen arealbruk, mens utslipp forbundet med transport og konvertering til energi føres i energisektoren, og gjødsel i landbrukssektoren (Miljødirektoratet 2020a, s. 391). Rent fysisk er det ingen forskjell mellom CO₂ fra forbrenning av fossile og biologiske kilder, men de er likevel forskjellige ved at fossilt karbon flytter karbon fra det trege til det raske kretsløpet. Bioenergi og biodrivstoff kan være klimanøytralt eller ha betydelig lavere utslipp, men det krever at visse vilkår er oppfylt.

For det første brukes ofte fossil energi ofte ved framstilling og distribusjon av produkter basert på biomasse, noe som kan bidra til å redusere klimaeffekten av biodrivstoff. Dersom arealbruk endres som følge av produksjon, kan det gi vesentlige indirekte utslipp. Forskjeller i rotasjonstid mellom aktuelle råstoff kan påvirke utslipp og opptak over tid. Risikoen for å bidra til utslipp i andre deler av verdikjeden gjør at bioenergi og biodrivstoff bør betraktes helhetlig.

Ved vurdering av om biodrivstoff er bærekraftig produsert er vurdering av indirekte arealendringer (ILUC) sentralt. Med ILUC-risiko menes risiko for at produksjonen av biodrivstoffet får indirekte konsekvenser i form av arealendringer som er negativt for naturen og klimaet. Dersom det for eksempel blir produsert biodrivstoff på arealer der det tidligere har blitt produsert mat, må den tapte matproduksjonen kompenseres for ved at det produseres mat et

⁴² FB Planavdelingen.

annet sted. For å dekke denne tapte matproduksjon kan potensielt skog hugges eller myr dreneres til nye jordbruksarealer. På denne måten oppstår indirekte arealbruksendringer som gir økte globale utslipp (Miljødirektoratet u.å.). Palmeolje er et eksempel på råstoff med høy ILUC-risiko, hvor de reelle utslippene i hele verdikjeden er større enn for andre typer biodrivstoff som har lavere ILUC-risiko. Andelen palmeolje i biodrivstoff omsatt i Norge har gått ned fra omtrent 48 % i 2017 til under 1 % i 2020 (Miljødirektoratet 2021). Utslippene som følger av ILUC er ulikt for ulike råstoff, og kalkuleres på bakgrunn av makroøkonomiske modeller. Beregning av ILUC-utslipp er derfor basert på en annen metode enn livssyklusanalyser. I produktforskriften brukes såkalte ILUC-faktorer som gir foreløpige beregnede utslipp fra arealbruksendringer (Produktforskriften). Generelt har oljeholdige vekster, særlig palmeolje, høyere ILUC-risiko enn sukker/stivelsesrike vekster (Miljødirektoratet). Bruken av såkalte førstegenerasjons eller konvensjonelle biodrivstoff har derfor blitt kritisert for å både legge press på matproduksjon og matvarepriser, men også klima-effekten (Fargione et al. 2008; Searchinger et al. 2008). I *Klimakur 2030*, er derfor kun avansert biodrivstoff og biogass lagt til grunn for økt bruk i transportsektoren. I henhold til EUs ILUC-direktiv antas det at avfallsbaserte produkter ikke bidrar til å legge beslag på jordbruksarealer, og har dermed ikke ILUC-risiko (Miljødirektoratet). For livløpsvurderinger (LCA) har avfallsstrømmer lavere utslipp som følge av at innsatsfaktorer i dyrking av råstoff ikke inngår, og man unngår utslipp fra avfallsbehandling (Bryant og Love 2017, s. 267).

Selv avfallsbaserte oljer kan likevel potensielt ha problematiske aspekter tilknyttet indirekte markedsrespons. I dette ligger at etterspørsel til energiformål kan få industrier med tradisjonell etterspørsel til å søke andre råstoffer med potensielt negativ klimaeffekt, som medfører såkalt karbonlekkasje (Cashman et al. 2016; Pavlenko et al. 2019; Valin et al. 2015). I henhold til omsetningskravet i EU og Norge, teller avfallsoljer dobbelt ved oppfylling av omsetningskravet. Dobbelte telling gir høy økonomisk verdi og incentiv for at oljer klassifiseres som brukt, uten at det er brukt, og det er derfor risiko for svindel. Eksempelvis kan brukt matolje inngå som energiråstoff til drivstoff, istedenfor til tradisjonell bruk som dyrefôr (Miljødirektoratet 2020a, s. 394). I slike tilfeller er det ikke gitt at utslipp reduseres totalt, ettersom dyrefôret må erstattes av andre fôrtilsatter. Endringer i etterspørsel og pris påvirker hvor og hvordan råstoffet benyttes. Dette påvirkes av hvordan bærekraftskriterier for biomasse er utformet, om de gjelder spesifikke formål, eller omfatter all bruk (Valin et al. 2015). Karbonlekkasje kan ikke unngås uten at bærekraftskriterier stilles til alle biomasseprodukter (Miljødirektoratet 2020a, s. 391).

EU anser ikke brukt matolje og animalsk fett som ikke egner seg til mat og fôr (Del B-råstoff i produktforskriften) som avansert biodrivstoff i motsetning til Norge. I revidert fornybardirektiv er det også satt tak på hvor mye Del B-råstoff som kan benyttes i EU, men ikke i Norge. Ettersom matolje og animalsk fett (Del B) anses avansert og pris er lavere enn Del A-råstoff, blir mest Del B-råstoff brukt i Norge. Del A-råstoff omfatter en rekke kilder som avfall fra skog- og treindustri, alger, matavfall, bakterier, og annen biomasse som ikke er egnet til mat og fôr. Ifølge Miljødirektoratet har Del B-råstoffene annen høyverdig anvendelse enn drivstoff-formål og ILUC-risikoen kan være høyere. I tillegg er verdensmarkedet langt på vei mettet. Miljødirektoratet har foreslått å utforme omsetningskrav som favoriserer Del A over Del B-råstoff (Miljødirektoratet 2020b, s. 39).

LBG er flytende biogass (oppgradert biometan) som ofte benytter andre ressurser i produksjon enn flytende biodrivstoffprodukter som bioetanol, FAME, HVO og lignende. Når biogass er basert på avfallsstrømmer som matavfall, husdyrgjødsel og avfall fra fiskeoppdrett gir de generelt lavere utslipp i livssyklusanalyser og kan generelt ha lavere risiko for indirekte effekter og arealbeslag. Klimaeffekten avhenger av systemgrenser satt for verdikjeden, råstoff, produksjonsmetode, materialtilstand (gassform eller flytende) og referansedrivstoff som erstattes. I denne rapporten vurderes LBG til erstatning for LNG. I likhet med klimaeffekt av LNG, vil bruk av LBG påvirkes av potensielt uforbrent metan (Brynolf et al. 2014). Basert på (Miljødirektoratet 2020c; Produktforskriften ; Isakova et al. 2019) antar vi at LBG reduserer utslipp med 70–90 %. Når biorest fra produksjon av biogass benyttes som gjødsel, kan klimagassregnskapet bedres ytterligere da behov for mineralgjødsel i landbrukssektoren kan reduseres (Carbon Limits 2020).

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan. Med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs formål

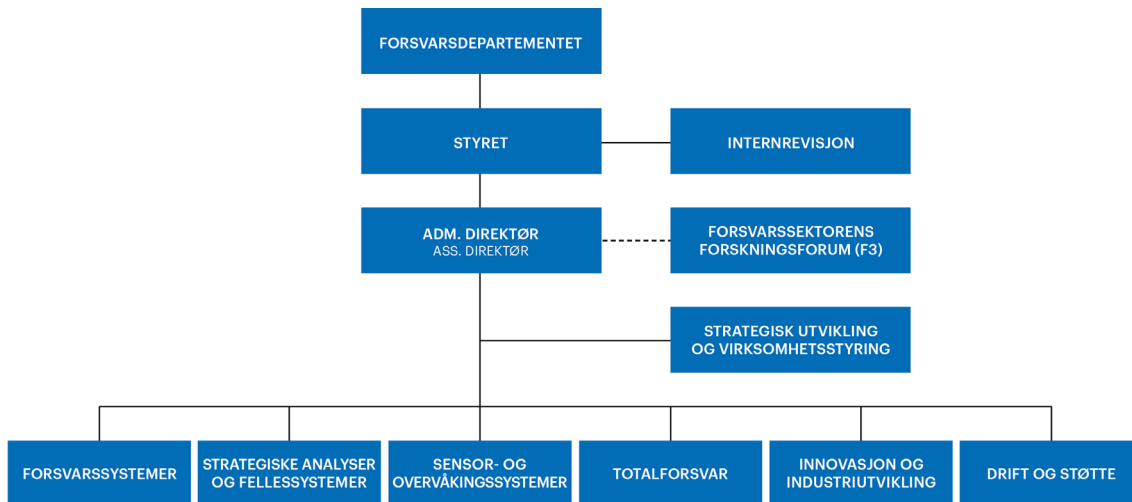
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: post@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: post@ffi.no