

Miljødirektoratet

Deres ref:

Vår ref:

Sted: Oslo/Trondheim

Dato: 30.04.2020

Høringsinnspill til Klimakur 2030

Vi viser til Klimakur 2030, som ble sendt på høring den 04.02.20. Norsk institutt for naturforskning (NINA) vil med dette komme med noen innspill. NINA er et uavhengig forskningsinstitutt som forsker på natur og samfunn. Naturforskning omhandler både forskning på sammenhenger i naturen, effekter av ulike påvirkninger på natur og forskning på verktøy, løsninger og forvaltning for å ta vare på natur. Klimatiske faktorer og arealendringer er blant de viktigste påvirkningsfaktorer på naturen og dermed sentrale tema i NINAs naturforskning. Videre er naturen en viktig del av løsningen i klimaarbeidet. Med bakgrunn i NINAs kunnskap om natur ønsker vi å komme med en del innspill til Klimakur 2030.

Innledning: Oppfølging av både IPCC og IPBES

I 2019 kom både FNs klimapanel (IPCC) og det internasjonale naturpanelet (IPBES) med rapporter som pekte på behovet for å sikre en arealbruk som både ivaretar klima og natur (IPCC 2019, IPBES 2019). NINA ønsker med sine innspill å komme med forslag og innspill som kan bidra til at dette ivaretas på best mulig måte i det videre arbeid med å følge opp konklusjonene i IPCC og IPBES rapporter, samt tiltak for å nå nasjonale klima- og miljømål, i Norge. I tillegg kommer vi med innspill på temaer og områder der vi mener det er kunnskapsbehov.

Våre innspill er til følgende deler av Klimakur:

- LULUCFs regnskapssystem i Klimakur 2030 og potensialet for mer effektive tiltak som reduserer utslipp
- Tiltak under Søyle 3 som kan være i strid med målsettinger om å stanse tap av biologisk mangfold

Videre kommer vi med noen forslag til hvordan det videre arbeidet med Klimakur på en bedre måte kan sikre løsninger som både er gode for klima og natur:

- Klima- og naturkur: Potensialet for tiltak som reduserer klimagassutslipp og samtidig gir bedre forutsetninger for å ivareta norsk naturmangfold
- Muligheter for revisjon av tiltak i Klimakur 2030

Til slutt peker vi på en del sentrale kunnskapsbehov for det videre arbeidet med å sikre gode tiltak og en god arealbruk som både er bra for klima og natur.

Norge har forpliktet seg til å bli karbonnøytral innen 2050

Norge har i dag et av de høyeste CO₂ (-ekvivalent)-utslippene per innbygger i Europa og er dermed blant de 20 % av verdens land med høyest utslipp. Som følge av Parisavtalen har Norge forpliktet seg til å bli karbonnøytral innen 2050. For å oppnå dette målet, har Miljødirektoratet utarbeidet forslag til en rekke tiltak for å redusere utslipp av klimagasser de neste 10 årene. Disse tiltakene er i tråd med EUs plan for samme periode, og de baseres på følgende søyler: Søyle 1 er EUs system for utslippshandel (EU ETS); Søyle 2 er tiltak for de sektorer som ikke dekkes av EU ETS, og som er regulert etter «Effort Sharing Regulation» (ESR); og Søyle 3 er tiltak rettet mot arealbruk ifølge definisjonen for 'Land Use, Land-Use Change and Forestry' (LULUCF) under Kyotoprotokollen (FN 1998).

Klimakur 2030 presenterer 60 forslag til fysiske tiltak som kan bli igangsatt under Søyle 2 og 3 i den klimaavbøtende strategien.

LULUCFs regnskapssystem i Klimakur 2030 og potensialet for tiltak som både reduserer utslipp og ivaretar natur:

- 1. Rapporteringssystemet omfatter en brøkdel av karbonlagrene i Norge.**
Utslppsrapporteringssystemet for Norge omfatter arealbruksendringer i produktiv skog, jordbruks- og beitemark, infrastrukturområder og en liten del av det totale myrområdet. Redusert arealbruksendring, «særlig redusert avskoging, betraktes som viktig for å kunne oppfylle forpliktelsen om netto null utslipp fra sektoren skog og annen arealbruk». En stor del av Norges øvrige arealer er imidlertid ikke omfattet av karbonregnskapet, selv om forvaltning og/eller bruksendringer har stor betydning for deres karbonutslipp og -opptaksevne. For øyeblikket tar f.eks. ikke karbonrapportering og arealstatistikk høyde for ikke-forvaltede arealer, slik som våtmarker, permafrost, alpine soner, ferskvannssedimenter eller åpent lavland utenom landbruksareal (Bartlett mfl. 2020, Vedlegg Fig. 1). Disse områdene utgjør mer enn halvparten av Norges areal, innehar omtrent 68 % av landets karbonlager (Fig. 1 i Vedlegg). Heller ikke kystøkosystemer som tareskog er inkludert, selv om disse spiller en nøkkelrolle for både karbonbudsjetter og biologiske mangfold. En effektiv forvaltning av norske karbonutslipp og -opptak må omfatte de store karbonlagrene i alle hovedøkosystemene.
- 2. Naturens karbonbudsjett for Norge tar i liten utstrekking høyde for karbonlagrene under bakken.** I norske terrestriske økosystemer ligger mesteparten (ca. 80 %) av karbonlageret og lagringskapasitet i jorda, altså under bakken (Bartlett mfl. 2020). Menneskelig aktivitet, som nedbygging av arealer, drenering og uttak av biomasse, fører til karbonutslipp og redusert lagring i jorden (Bartlett mfl. 2020). For eksempel kan karbonlageret i ung skog være halvparten av den i gammel skog (Bartlett mfl. 2020), og drenering av myr forårsaker en reduksjon i karbonlageret på omtrent 5,55 megatonn CO₂-e per år (Joosten mfl. 2015). Store prosjekter for infrastruktur og andre prosjekter som innebærer arealendring, inngrep og fragmentering i natur, forstyrrer økosystemer med gamle karbonrike jordprofiler som skog, åpent lavland og våtmarker. Fjell dekker ca. en tredjedel av landet og bidrar med 22 % av karbonlageret. De største menneskeskapte påvirkninger i fjell kommer fra bygging av infrastruktur og andre typer arealinngrep. Slike inngrep og utbygginger kan endre naturens kapasitet fra å ta opp karbon til å bli en utslippskilde – i hvert fall i de første tiårene (Bartlett mfl. 2020). Videre vil utbygging i myr uten avbøtende tiltak gi varige utslipp.

3. **Klimakur 2030 finner i liten grad synergier mellom klimaavbøtende tiltak og vern og bærekraftig bruk av natur.** Tiltakene i Klimakur 2030 er ment å ta hensyn til miljø og biologisk mangfold. Imidlertid er noen av de foreslåtte tiltakene ikke i tråd med konklusjonene i de to nye globale utredningene fra Klima- og naturpanelene (IPCC 2019 og IPBES 2019). IPBES peker på at «å ta hensyn til natur» ikke har vært nok for å stanse tap av biologisk mangfold og økosystemtjenester. Forslaget til tiltak i Klimakur er i liten grad rettet mot bruk av naturen som en del av løsningene til å redusere utslipp og for fangst av karbon (natur-baserte løsninger) (se seksjon under «Klima og naturkur: Mulige tiltak som er bra for både klima og natur»). F. eks. skog i de lavereliggende fjelløkosystem er de naturtypene med høyeste karbonopptak (i snitt respektive 5,5 og 5,3 megatonn karbon per år), og er sammenlignbar med skog i drift. Både IPCC og IPBES konkluderer med at natur er en del av klimaløsningen, og at det er viktig å sikre tiltak som både reduserer klimaendringer og som tar vare på natur. Skogbruket vil også kunne være tjent med å ta mer hensyn til klimatilpasning og klimarisiko, og dette vil også gi positive tilleggseffekter for biomangfold, f. eks. økt beskyttelse mot spredning av sykdommer, skadeinsekter og ekstremvær (vind, flom og tørke) (Skogsstyrelsen 2020).
4. **Klimakur 2030 tar i liten grad hensyn til effektene av tiltak på albedo.** Tre variabler driver den globale oppvarmingen. Disse er (1) konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren, (2) mengde solinnstråling som treffer jordas overflate, og (3) mengden av innkommende energi som reflekteres av jordas overflate (albedo). Klimakur 2030 omhandler nesten utelukkende variabel 1, dvs. hvordan vi kan redusere mengden av karbonholdige drivhusgasser i atmosfæren. Albedo er et mål på hvor mye energi som reflekteres av jordas overflate, og er omtalt i ett tilfelle; i ett kort avsnitt i rapporten, under tittelen «Albedo og klimaeffekt ved beiting», med sitering av en enslig litteraturkilde. Konklusjonen fra avsnittet er at redusert beite kan lede til redusert albedo. Skal albedo omtales i Klimakur-rapporten bør det gis en langt mer fullstendig utredning. For Norge og nordområdene generelt er albedo en svært sentral klimavariabel (AMAP 2017). Ettersom kjølige vegetasjonssoner, dvs. nordlig tempererte, boreale og arktiske soner, bidrar i liten grad til akkumulasjon av karbon i levende plantemateriale – sett i forhold til varmere soner slik som de sørlige tempererte, mediterrane, subtropiske og tropiske sonene – er rollen til kjølige vegetasjonssoner i klimasystemet i større grad knyttet til refleksjonen av innkommende solvarme (Thompson 2009, Anderson-Teixeira mfl. 2012, Huang mfl. 2020). For eksempel er reduksjon av havisens albedo den viktigste faktoren for oppvarminga i Arktis (AMAP 2017). Skogplanting og naturlig skogdannelse i tempererte og boreale strøk har vist seg å bidra betydelig til klimaoppvarming, da spesielt som følge av reduserte overflatealbedo (De Wit mfl. 2014, Naudts mfl. 2016, Cherubini mfl. 2018, Blaaild mfl. 2019, Huang mfl. 2020). Skogplantasjer av vintergrønne bartrær (såkalte «klimaskoger») kan derfor virke mot sin hensikt ved at akkumuleringa av solvarme har en større effekt på klimasystemet enn opptaket av karbon.

Tiltak under Søyle 3 som kan være i strid med målsettinger om å stanse tap av biologisk mangfold

5. **Tettere treplanting.** I tett beplantet skog er det lite undervegetasjon. Undervegetasjonen i skog bidrar med en betydelig del av karbonopptak og -lagring (Wardle mfl. 2012). Hvis skogens kapasitet til å ta opp karbon bare regnes som tilvekst i trær (tømmervolum), blir effektene av bestandsfortetting på karbonopptak betydelig overestimert. Videre har tett beplantet skog mindre undervegetasjon og er mer artsfattig enn en mindre tett skog. Her er ressurser og habitater til andre organismer

sterkt begrenset, og mikroklimaet er tørrere. 60 % av de kjente artene i Norge er knyttet til skog, hvorav halvparten er truet. Fortetting skjer i de mest produktive skogene, som er også særlig artsrike (Framstad mfl. 2011). Fortetting av skog vil derfor ha negativ effekt på en del truede arter. Fortetting av skog vil også øke risikoen for skader forårsaket av storm og sopp- og insektangrep som regnes å bli større med forventede klimaendringer.

6. **Gjødsling av skog.** Nitrogengjødsling kan øke trevekst og karbonopptak i biomassen over jorda. Videre er det mye som tyder på at nitrogengjødsling også kan redusere nedbrytning av biomasse og dermed bidra til at karbon i dødt organisk materiale i større grad blir en del av karbonlageret i jorda istedenfor at det frigjøres til luft som CO₂. Denne positive effekten av karbonbinding ved nitrogengjødsling, er til en ukjent grad motvirket på grunn av økte utslipp av N₂O som er en kraftig drivhusgass (300 CO₂-ekvivalenter). Nitrogengjødsling vil også ha mange negative effekter på plantesamfunn og samfunn av jordorganismer (sopper, bakterier, dyr) og deres biomasse. De langsiktige konsekvensene av gjødsling for skogorganismer og deres økologiske funksjoner knyttet til karbon- og næringssykluser er dårlig kjent. Viktige økosystemprosesser kan forstyrres, hvilket kan føre til nedsatt økologisk tilstand av jordsmonnet (Van Sundert mfl. 2018). Gjødsling er også den viktigste årsaken til eutrofiering av vann, gjennom lekkasje fra terrestriske økosystemer (Bartlett mfl. 2020, s. 20 og s. 43-44). Nitrogengjødsling har videre negative påvirkninger på biologisk mangfold i skog, fordi det endrer en av de sentrale livsbetingelsene i artenes naturlige habitat. Blant annet vil arter som er tilpasset til nitrogenfattig jordsmonn bli negativt påvirket (Aarrestad mfl. 2013, Midolo mfl. 2019).
7. **Planting av trær i åpne kulturmarker.** Naturtyper i åpent lavland inneholder et høyt karbonlager i jord, noe som har medført at det store potensialet for disse naturtypene til å lagre karbon hittil har blitt undervurdert (Bartlett mfl. 2020, s. 28). Karbon lagret per arealenhet i naturtyper i åpen lavland er omtrent like stort som i skog (Fig. 1 i vedlegg). Planting av trær på slike naturtyper forventes å gi økt karbonopptak i biomasse over bakken, mens det motsatte kan være tilfelle for karbonlageret i jorda. Derfor er den totale gevinsten i karbonlagringskapasitet beregnet med planting av trær, trolig mye mindre enn tidligere antatt. Hvis man i tillegg tar hensyn til endringer i albedo, vil åpne treløs eng og hei gi mulighet for økt refleksjon av stråling og dermed et ytterligere fordel som klimatiltak i form av nedkjøling. Beite som bidrar til å opprettholde åpnere eng- og gressvegetasjon kan i så måte bidra noe til økt albedo ved å holde busker nede (Te Beest mfl. 2016). Dette vil også være positivt for lokalt biologisk mangfold. Samtidig huser disse åpne naturtyper lyskrevende planter og andre organismer. Flere av disse artene har hatt en betydelig tilbakegang i Norge de seneste tiårene, og mange er truet. Treplanting må derfor vurderes mot de store negative konsekvenser det medfører av forringelse av livsmiljøene til en stor gruppe arter som er i tilbakegang, inkludert pollinerende insekter (Departementa 2018). Videre bør planting av fremmede treslag med høy eller svært høy økologisk risiko (Elven mfl. 2018) unngås av hensyn til ivaretagelse av stedegen natur. Eventuell god evne til å lagre karbon i fremmede treslag bør ikke gå på bekostning av andre miljøhensyn.
8. **Potensielt økt uttak av biomasse fra skog for å lage biobrensel.** Under Søyle 2 er det mål om at 10 % av brensel til ikke-elektriske kjøretøy kommer fra 'avansert biobrensel', dvs. biobrensel som ikke er produsert på dyrket mark, men fra f.eks. avfall og/eller biprodukter fra skogbruk. Bruk av skogprodukter til bioenergi kan øke utslipp heller enn å redusere, i hvert fall i de nærmeste tiårene, og dermed forverre

klimaendringer (Bartlett mfl. 2020, s. 20). I tillegg vil uttak av hogstavfall og potensielt også stubber forårsake tap av jordkarbon. Det tar lang tid (f.eks. 90-360 år; Persvingelen 2019) å få karbonlageret i skogen tilbake til samme nivået som før hogst og uttak av hogstavfall, selv om man tar hensyn til erstatning av fossil energi med bioenergi.

9. **Usikkerhet og kunnskapsbehov.** Å stole på enkle målindikatorer er trolig ineffektivt og misvisende som en referanse for klimapolitikk (Brown 2020). Bedre kunnskap om karbon-dynamikk og -lagring i naturlige økosystemer (inklusive jordsmonn) er derfor nødvendig som grunnlag for vedtak om arealbruk, tiltak og forvaltning som både tar hensyn til klima og natur (IPCC 2006), spesielt der tiltak kan ha betydelig negative konsekvenser på natur.

Eksempler på manglende kunnskap, og som beslutningstakere må ta høyde for når de prioriterer klimatiltak, er:

- a. Nødvendig kartgrunnlag av naturtypers forekomst (for arealplanlegging).
- b. Karbonlager over og under bakken i økosystemene.
- c. Karbonopptak og -utslipp (dynamikk) over og i bakken for alle økosystemer.
- d. Effekter av arealbruk og arealbruksendringer på karbonlagrene og -dynamikk.
- e. Forhold mellom karbon- og nitrogendynamikk i økosystemene.
- f. Det biologiske mangfoldets rolle, spesielt av jordlevende organismer, for karbonlagring og -dynamikk.

Klima og naturkur: Mulige tiltak som er bra for både klima og natur

Tiltakene i Klimakur stammer fra en lang historie av faglige utredninger og politiske forhandlinger på globalt nivå gjennom Klimapanelets mangeårige arbeid, som ledet til Parisavtalen i 2015. Nylig har Naturpanelet gitt ut tilsvarende utredninger om status for natur og økosystemtjenester (IPBES 2018, IPBES 2019). De peker på behovet for nye virkemidler og tiltak for å motvirke de viktigste påvirkningsfaktorer som forårsaker tap av biologisk mangfold og naturgoder, med andre ord, en *naturkur*. Endret arealbruk, nedbygging, fragmentering og homogenisering av landskapene, er de viktigste faktorer som påvirker biologisk mangfold negativt (IPBES 2019). Bartlett mfl. (2020) viser at det finnes flere alternativer som kan resultere i mindre klimagassutslipp og økt CO₂-opptak, samtidig som de kan ivareta norsk natur på en bedre måte. Slik kan Norge både oppfylle internasjonale forpliktelser innen Klimakonvensjonen og Konvensjonen om biologisk mangfold, og forberede arbeidet mot oppnåelse av FNs bærekraftsmål: Klima i balanse (SDG 13), Liv under vann (SDG 14) og Liv på land (SDG 15). NINA foreslår derfor å utvikle en Naturkur, eller ideelt sett en Klima- og naturkur der man tar for seg klima- og naturutfordringene samlet.

Muligheter for revisjon av tiltak i Klimakur 2030

1. Øke karbonlageret og kapasitet for karbonfangst i norske **økosystemer** gjennom **restaureringstiltak**. I stedet for økt tretetthet og gjødsling i skog, samt planting av trær på åpent lavland, kan økologisk restaurering ha mange gode effekter både for karbonlagring og -opptak og biologisk mangfold. Slike synergieffekter er i tråd med konklusjonene i naturpanelets nylige rapport om løsningene for å motvirke utfordringene knyttet til tap av biologisk mangfold og naturgoder. Spesielt nevnes utfordringene knyttet til konflikter mellom klimatiltak på den ene siden og vern og bærekraftig bruk av natur på den andre siden (IPBES 2019). Tiltak som naturrestaurering vil bidra til å implementere Norges forpliktelser under konvensjonen om biologisk mangfold, f.eks. under Aichi-mål 15: "Innen 2020 er økosystemene mer robuste, og det biologiske mangfoldets bidrag som karbonlager er forsterket gjennom

bevaring og restaurering, inkludert restaurering av minst 15 prosent av forringede økosystemer. Dette bidrar derved til reduksjon av og tilpasning til klimaendringer og bekjempelse av forørkning.” Spesielt kan restaurering av skog, myr og taeskog bidra til både økt karbonbinding, redusere utslipp, verne natur og generere andre naturgoder av betydning for klimatilpasning, som f. eks. redusert flomrisiko. Restaurering av skog som omfatter gjenoppretting av prosesser, strukturer og egenskaper som er karakteristiske for det karbonrike naturskogøkosystemet: store og gamle trær, død ved (særlig store stokker), blanding av treslag, variert skogstruktur (alder og storlek av trær), variert struktur og artssammensetning i bunnvegetasjon, og vegetasjonsdekket på skogbunnen. Disse kan hjelpe å øke kapasiteten for karbonlagring, unngå utslipp og heve kapasiteten til CO₂-opptak. Sammenlignet med treplanting, der det tar lang tid å få tilbake karbonlageret som tapes fra arealet som beplantes, vil restaurering av modne skogbestander gi betydelige fordeler pga. det store volumet av trebiomasse, annen vegetasjon og mengde karbon i jorda (Bartlett mfl. 2020).

2. **Restaurering og stans av nedbygging av myr.** Joosten mfl. (2015) beregnet utslippet fra ødelagt myr i Norge til 5,55 Tg CO₂-ekvivalenter årlig, noe som tilsvarer 10% av Norges totale utslipp i 2013. Tallet er basert på et areal på 3618 km², men antakelig er arealet med drenert myr omtrent 7000 km² (Joosten mfl. 2015). Det er nødvendig og mulig å restaurere myr. Det gjøres ved å heve vannstanden, for eksempel ved å tette grøfter. Da stanser nedbryting av torv, noe som vil stanse videre karbonutslipp og over tid gi netto karbonfangst. Dette er en tidkrevende prosess, og det er mye mer effektivt å hindre nedbygging av myr. Norge har en handlingsplan for restaurering av våtmark, og drenering av våtmark for skogplanting ble forbudt i 2007. En tilsvarende lov ble foreslått for jordbruk i 2019. Stans av nydyrking i myr kan bevare 25 Gg CO₂-e per km² myr som ikke bygges ned (Bárcena mfl. 2016). Dette er foreslått som tiltak i Klimakur 2030. Tiltak mot nedbygging av myr bør utvides til å gjelde alle sektorer, inkl. transport og energi, for å bevare eksisterende karbonlagre i myr.
3. **Oppskalering av restaureringstiltak** som gir rom for bærekraftig arealforvaltning for å verne karbonlager og andre økosystemfunksjoner og -tjenester, trenger bedre virkemidler. Det er for tiden noen få virkemidler for å støtte økologisk restaurering (Rønningen & Follo, pers. medd.). Støtteordninger til miljøformål til grunneierne kunne bli implementert relativt raskt, f.eks. til å starte og opprettholde restaureringstiltak på egne arealer. På lengre sikt bør nye virkemidler utvikles, som f. eks. kombinerer støtteordninger med noe former for naturtype-kompensasjon ('off-setting'¹), muligens kombinert med forbedret standard for konsekvensutredninger i forbindelse med infrastrukturutvikling. Disse ordninger kan kombineres med f. eks. utvikling av nye produkter fra restaurerte økosystem (f. eks. fra virke fra edelløvskog) og markeder for disse produkter samt tiltak for å øke kompetanse hos grunneiere og/eller fagfolk om naturrestaureringsteknikker.
4. **Øke karbonlagring og -opptak i skog.**
 - a. **Lengre omløpstid** i skogbruk (+30 år) kan maksimere netto klimaeffekt og gi høyere dekning av undervegetasjon noe som øker karbonlagring i gammel skog. Samtidig vil lengre rotasjonstid øke muligheter for spredning og etablering

¹ Biologisk mangfold kompensasjon (biodiversity offsetting, på engelsk) er et system benyttet mest av forvaltningsmyndigheter og infrastrukturbyggere for å kompensere for negative effekter årsaket av økonomisk aktivitet.

av sjeldne skogsarter og arter som trenger gammel skog som habitat (Nordén mfl. 2018).

- b. **Økt skogvern og restaurering av skog** er viktig for en raskere reduksjon av karbonutslippene (IPCC 2018, 2019). Skogrestaurering har blitt testet og implementert i Nord-Europa, men er nesten fraværende i Norge (se f.eks. prosjektet TRANSFOREST ledet av NINA og som er finansiert av Norges forskningsråd). Skogrestaurering kan øke karbonopptak og -lager, og gi gode forutsetning for reetablering av mange truede skogsarter (Nordén & Olsen 2017).
 - c. **Lavere karbonutslipp i skog under drift** (ved hogst, planting og bruk av treprodukter) kan oppnås med kontinuerlig skogdekke (**continuous-cover forestry** (CCF)), spesielt fordi flatehogst og markberedning som tiltak for raskere vekst av nyetablerte trær slipper ut store mengder karbon fra jordsmonnet. I motsetning kan drift med kontinuerlig skogdekke øke mengden tilgjengelige habitatelementer for arter som trenger f. eks. død ved eller andre habitatelementer med lang formasjonstid, samt sikre et egnet mikroklima for skogsarter.
5. **Unngå karbonutslipp fra naturinngrep gjennom arealplanlegging.** Hvor man setter i gang klimaavbøtende tiltak (f. eks. treplanting, restaurering), er avgjørende for hvor effektiv tiltakene blir, spesielt fordi ulike lokaliteter har ulike forutsetninger for karbonutslipp og -lagring, noe som også berører lokale sosio-økonomiske forhold. Brown (2020) undersøkte nylig områder med treplanting og myrrestaurering i Storbritannia og fant at de områdene der klimatiltak har blitt implementert ikke nødvendigvis ga høyest netto karbonlagringskapasitet. Derfor er arealplanlegging viktig for å implementere tiltak på en effektiv måte. Arealplanlegging kan også hjelpe å oppnå flere målsettinger (f.eks. høyere karbonopptak, redusere utslipp og unngå nedbygging av natur som har store negative konsekvenser for arter og økosystem). Det er flere verktøy som har blitt utviklet for denne type arealplanlegging, og som brukes av NINA i ulike sammenhenger (f. eks. Schröter mfl. 2014, og Hanssen mfl.²) for å finne områder der man optimerer fordelene og minimerer kostnader. Å unngå unødvendige menneskeskapte påvirkninger kan blant annet beskytte mot jorderosjon og spredning av sykdommer (Bartlett mfl. 2020).
6. **Unngå tiltak som minsker arealet og kvaliteten på åpne naturtyper.** Tar man hensyn til endringer i albedo fra et klimatiltaksperspektiv, bør plantasjer og gjengroingsområder erstattes av åpne, treløse enger og heier. Dette vil også være positivt for lokalt biologisk mangfold. Sammenlignet med treplanting har restaurering og skjøtsel av kulturpåvirkede naturtyper i åpent lavland store positive effekter på bevaring av biologisk mangfold. Dette inkluderer høsting av fremmede arter som kan f. eks. bli en viktig kilde for produksjon av avansert biobrensel. I tillegg er åpent lavland en nøkkelressurs for pollinatorer (Departementa 2018). Den kraftige reduksjonen av kulturmarkseng og kystlynghei som følge av gjengroing pga. manglende hevd, er sett på som den viktigste faktoren som har forårsaket reduksjonen i bestandsstørrelsen av ville pollinatorer. I tillegg gir gammel skog i nærhet av åpent lavland gode forutsetninger for ville pollinerende insekter i Norge (Markus Sydenham, upubliserte data), fordi mange villbier bruker substrat i gammel skog som boplasser. Derfor vil restaurering av kulturbetingede naturtyper i nærheten av gammel skog, opprettholde viktige karbonlagre og muligheter for videre karbonopptak, samtidig som man oppnår andre

² ConSite. Consensus-based siting. <https://www.nina.no/consite>

nasjonale prioriterte målsetninger som å ta vare på pollinerende insekter, ref. Norges pollinatorstrategi (Departementa 2018) og bekjempelse av fremmede arter med høy og svært høy økologisk risiko.

7. **Livssyklusanalyser (Life Cycle Assessments, LCA)** er et nyttig verktøy for å undersøke tiltak som er blitt foreslått under kategorien LULUCF. Imidlertid er bruken begrenset fordi det ikke finnes en konsistent metode for å inkludere effektene på biologisk mangfold på en god måte (Lillesand mfl. 2017 og referanser der). Et verktøy med elementer av livssyklusanalyser har blitt utviklet i Skottland for vindparker, dvs. en «karbonkalkulator» for å regne ut netto karbonutslipp eller -opptak som følge av etablering av vindparker. I Skottland kan spesielt store myrområder bli ødelagt av vindparker, og mengde utslipp fra myr kan motvirke fordelene med å produsere fornybar energi (Bartlett mfl. 2020, s. 47). Karbonkalkulatoren har derfor som mål å unngå negative effekter på biologisk mangfold og karbonutslipp, og bidrar til å bygge vindparker i områder med høyest netto karbongevinst og minst påvirkning på biologisk mangfold. Også i Norge er mange karbonrike økosystemer som myr og hei foreslått som potensielle arealer for vindparker. En karbonkalkulator tilsvarende den skotske bør benyttes for videre planlegging av plassering av for eksempel vindparker, veier og annen infrastruktur. Arbeidet med å tilpasse karbonkalkulatoren for norske forhold, gjøres nå av NINA i samarbeid med Statnett i et forskningsrådsfinansiert prosjekt (GRAN).

Referanser

Aarrestad, P.A., Bendiksen, E., Bjerke, J.W., Brandrud, T.E., Hofgaard, A., Rusch, G. & Stabbetorp, O.E. 2003. Effekter av treslagsskifte, treplantning og nitrogengjødsling i skog på biologisk mangfold. Kunnskapsgrunnlag for å vurdere skogtiltak i klimasammenheng. NINA rapport 959. Norsk Institutt for Naturforskning

Bárcena, T.G., Grønlund, A., Hoveid, Ø., Sjøgaard, G. & Lågby, R. 2016. Kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr. NIBIO Rapport 2(43). Norwegian Institute of Bioeconomy Research.

Bartlett, J., Rusch, G.M., Kyrkjeeide, M.O., Sandvik, H. & Nordén, J. 2020. Carbon storage in Norwegian ecosystems. NINA Report 1774. Norwegian Institute for Nature Research.

Brown I. 2020. Challenges in delivering climate change policy through land use targets for afforestation and peatland restoration. *Environmental Science & Policy*, 107: 36-45.

Departementa. 2018. Nasjonal pollinatorstrategi. En strategi for levedyktige bestander av villbier og andre pollinerende insekt. Landbruks- og matdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Kommunal- og moderniseringsdepartementet, Samferdsledepartementet, Forsvarsdepartementet, Kunnskapsdepartementet og Olje- og energidepartementet.

Elven R, Hegre H, Solstad H, Pedersen O, Pedersen PA, Åsen PA og Vandvik V (2018, 5. juni). *Picea sitchensis*, vurdering av økologisk risiko. Fremmedartslista 2018. Artsdatabanken. Hentet (2020, 28. april) fra <https://artsdatabanken.no/Fab2018/N/537>

Framstad, E., Stokland, J.N. & Hylen, G. 2011. Skogvern som klimatiltak. Verdifulle skogtyper for biologisk mangfold og karbonlagring – NINA Rapport 752. 38 s.

IPBES. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES Secretariat, Bonn.

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. 2018. Summary for Policymakers. In Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O. et al. (eds), *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*. Pp. 3–24. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genève.

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*. <https://www.ipcc.ch/srccl/>

Joosten, H., Barthelmes, A., Couwenberg, J., Hassel, K., Moen, A., Tegetmeyer, C. & Lyngstad, A. 2015. Metoder for å beregne endring i klimagassutslipp ved restaurering av myr. Naturhisto-risk rapport 2015-10. NTNU Vitenskapsmuseet.

Lillesand, V. F., Hagen, D., Michelsen, O., Foldvik, A., Barton, D. N. 2017. Comparing land use impacts using ecosystem quality, biogenic carbon emissions, and restoration costs in a case study of hydropower plants in Norway. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 22: 1384-1396

Midolo, G., Alkemade, R., Schipper, A.M., Benítez-López, A., Perring, M.P. & De Vries, W. 2019. Impacts of nitrogen addition on plant species richness and abundance: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography* 28: 398–413

Nordén, B. & Olsen, S.L. 2017. TransForest: Edelløvsog, gjengroing og naturgoder. Norsk Skogbruk 9: 38–39.

Nordén, J., Åström, J., Josefsson, T., Blumentrath, S., Ovaskainen, O., Sverdrup-Thygeson, A. & Nordén, B. 2018. At which spatial and temporal scales can fungi indicate habitat connectivity? *Ecological Indicators* 91: 138–148.

Persvingelen, E. 2019. Impacts on carbon budgets of increased use of Norwegian forest resources for energy. MSc thesis. Geophysical Institute, University of Bergen

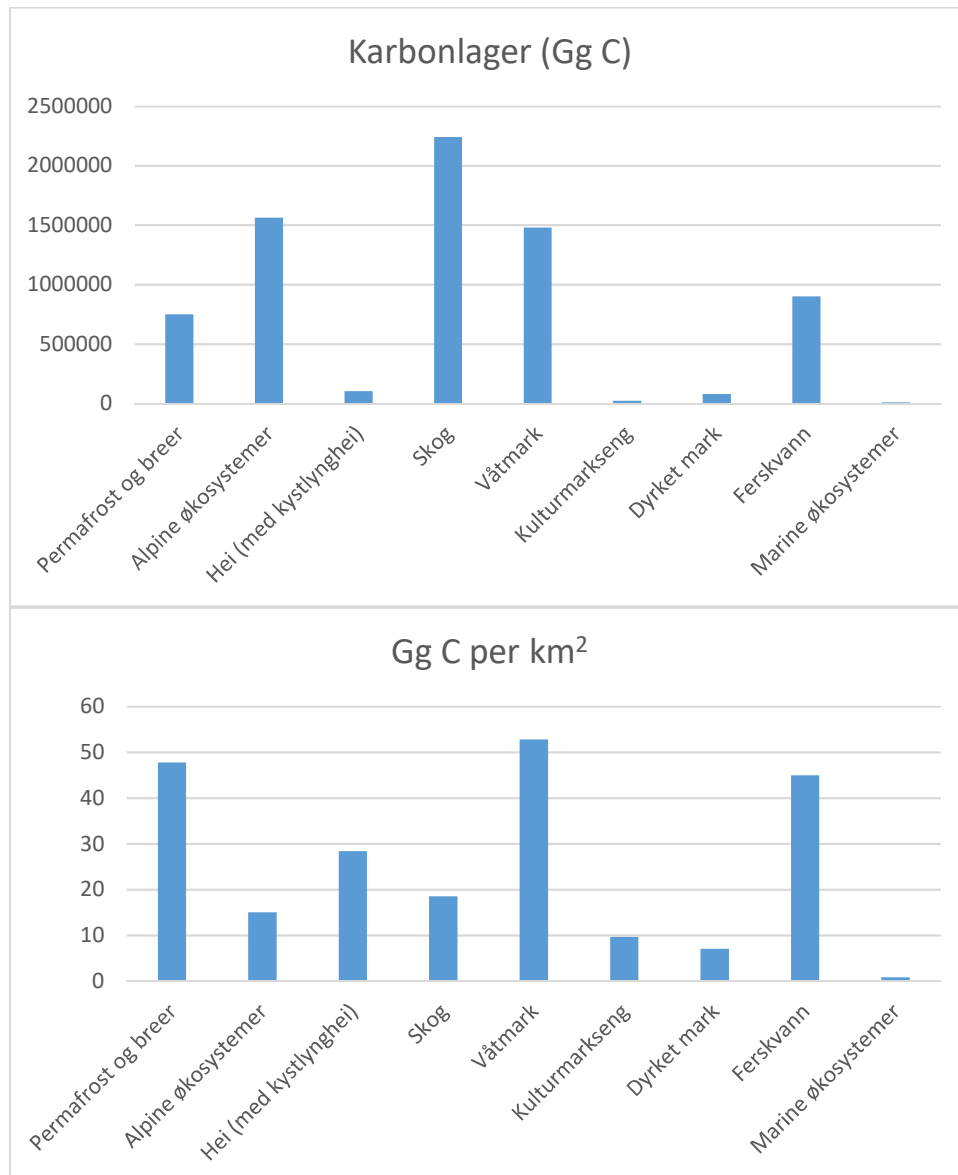
Schröter, M., Rusch, G.M., Barton, D.N., Blumentrath, S. & Nordén, B. 2014. Ecosystem services and opportunity costs shift spatial priorities for conserving forest biodiversity. *PLoS One* 9: e112557.

van Sundert, K., Horemans, J.A., Stendahl, J. & Vicca, S. 2018. The influence of soil properties and nutrients on conifer forest growth in Sweden, and the first steps in developing a nutrient availability metric. *Biogeosciences* 15: 3475–3496

Vedlegg

Karbonlager i hovedøkosystemene i Norge

Norske økosystemer holder 0,18 % av de globale karbonlageret i 0,07 % av verdens landmasse. En tredjedel av Norges karbon er lagret i skog, etterfulgt av fjelløkosystem, våtmarker og sediment i ferskvann (Fig. 1). Når man tar hensyn til areal, er ferskvannsediment, våtmarker og permafrost de økosystem med største karbonlager per km² (Fig. 1)



Figur 1: Omtrentlig mengde karbon (totalt 7 Pg C) lagret i norske økosystem (over, i petagram = megatonn karbon) og omtrentlig mengde karbon lagret i norske økosystem per arealenhet (under). Kilde: Bartlett mfl. 2020.

Tabell 1. Estimer av karbonbudsjetter i økosystemer, der estimering var mulig basert på tilgjengelig litteratur. For de fleste av økosystemene er data per i dag ikke tilgjengelig for én eller flere deler av karbonbudsjetter (se Bartlett mfl. 2020). Litteraturen kan hjelpe oss til å finne data om karbonlagring i skog, og skog primærproduksjon, men vi mangler data for å estimere respirasjon. Det finnes mer data tilgjengelig (f. eks. fjell), men den er basert på lokale studier med begrensede naturtypevariasjon som har blitt oppskalert til nasjonalnivå (f. eks. Sørensen mfl. 2017, Strimbeck mfl. 2019). Kilde: Bartlett mfl. 2020.

Habitat type	Area estimation used (km ²)	Area estimation alternatives (km ²)	Primary production/ assimilation (Gg C yr ⁻¹)	Respiration/ emission (Gg C yr ⁻¹)	Net flux (Gg C yr ⁻¹)	Burial (Gg C yr ⁻¹)	Export (Gg C yr ⁻¹)	Storage (Gg C)	
CRYO-SPHERE	15,700							750,025	a. Norwegian Water Resources and Energy Directorate (2019)
Glaciers	2700 ^a		0.19 ^b	0.05 ^b	0.13 ^b		0.25 ^b	25 ^b	b. Anesio et al. (2009)
Permafrost	13,000 ^c		NA	16,000 ^d				750,000 ^e	c. Gislén et al. (2016)
ALPINE	104,000^f	110,000 ^g						708,000 – 2,420,000^{h,i}	d. Hicks et al. (2015)
Nival	19,500 ^f		> 0.8 ^h	> 0.6 ^h	> 0.2 ^h			0.01 – 90,000 ^{h,i}	e. Hugelius et al. (2014)
Shrub	39,000 ^f		5500 ^h	3100 ^h	2400 ^h			256,000 ^h	f. Bryn et al. (2018)
Heath	38,000 ^f		3000 ^h	650 ^h	2350 ^h			351,000 ^h	g. Austrheim et al. (2010)
Meadow	8300 ^f		925 ^h	500 ^h	425 ^h			101,000 ^h	h. Sørensen et al. (2017)
FORESTS	121,000^k	142,560 ^l						1,655,750 – 2,829,000	i. Post et al. (1982)
Forest soil			1064 – 1862 ^{k,l,m}	173 ⁿ				1,240,250 – 1,830,000 ^{k,o,p,q}	j. Ohtsuka et al. (2018)
Forest dead			367 ⁿ					60,500 – 499,000 ^{l,r,s}	k. Statistics Norway (2019a)
Forests living			4840 – 5702 ^{k,l,m}					355,000 – 500,000 ^{o,p,q}	l. Storaunet & Framstad (2015)
WETLANDS	28,000^f	17,341 – 41,655 ^{k,t}						890,002 – 2,109,582	m. De Wit et al. (2015)
Undisturbed			329 – 791 ^{m,k,t}		200 ^m			869,817 – 2,089,397 ^{f,k,u}	n. Norwegian Environment Agency (2019a)
Disturbed					-5500 ^m			20,185 ^u	o. Pregitzer & Euskirchen (2004)

a. Norwegian Water Resources and Energy Directorate (2019)
b. Anesio et al. (2009)
c. Gislén et al. (2016)
d. Hicks et al. (2015)
e. Hugelius et al. (2014)
f. Bryn et al. (2018)
g. Austrheim et al. (2010)
h. Sørensen et al. (2017)
i. Post et al. (1982)
j. Ohtsuka et al. (2018)
k. Statistics Norway (2019a)
l. Storaunet & Framstad (2015)
m. De Wit et al. (2015)
n. Norwegian Environment Agency (2019a)
o. Pregitzer & Euskirchen (2004)
p. Tomter & Dalen (2018)
q. Søgaard et al. (2019)
r. Siitonen (2001)
s. Norwegian Environment Agency (2019b)
t. Bryn et al. (2018), including forest peatland areas
u. Grønland et al. (2010)

Habitat type	Area estimation used (km ²)	Area estimation alternatives (km ²)	Primary production/ assimilation (Gg C yr ⁻¹)	Respiration/ emission (Gg C yr ⁻¹)	Net flux (Gg C yr ⁻¹)	Burial (Gg C yr ⁻¹)	Export (Gg C yr ⁻¹)	Storage (Gg C)	
OPEN LOWLANDS	18,500^{k,n}							217,200 – 516,200	v. Grønland et al. (2008) w. Milne & Brown (1997) x. Norwegian Water Resources and Energy Directorate (2018) y. storage is predominantly in sediments z. Algesten et al. (2003) for Sweden æ. Gundersen et al. (2011) ø. Röhr et al. (2018) for Skagerrak cc. "estimated guesses" in the absence of accurate habitat maps aa. Spilmont et al. (2006) for France bb. Chmura et al. (2003) cc. Alonso et al. (2012)
Grasslands	2300 ⁿ							22,000 ^{k,n}	
Croplands	9400 ^k	12,239 ^f						78,000 – 101,000 ^{k,n}	
Coastal heathland	2700 ^f							79,800 ^w	
Other heathland	4100 ^f							24,400 ^w	
FRESHWATER	18,000^x	17,789^f – 20,000^k			(-240) – (-1800)	40 – 160	500 – 1300	200,000 – 2,000,000^y	
Rivers					(-40) – (-190) ^z	0	500 – 1300 ^z		
Lakes			10 – 50 ^z	210 – 1700 ^z	(-200) – (-1600) ^z	40 – 160 ^z	0	200,000 – 2,000,000 ^y	
MARINE	9000 – 13,000		3700 – 4300		3700 – 4000	250 – 370		5000 – 22,000^y	
Kelp, algae and seagrass	8300 ^æ		3600 ^æ		3600 ^æ	250 ^æ		4100 ^{y,æ,ø}	
Saltmarshes and mudflats	1100 ^å	250 – 5000 ^å	100 – 650 ^{aa}	40 – 300 ^{aa}	60 – 350 ^{aa}	6 – 120 ^{bb,cc}		900 – 18,000 ^{y,bb}	