

A vertical photograph on the left side of the cover shows a mountainous landscape. In the foreground, several white sheep are lying on a grassy slope. The middle ground is filled with dense green bushes. In the background, snow-capped mountains rise against a blue sky with scattered white clouds.

Beitemarka – et
ukjent karbonlager

Margaret Eide Hillestad

Rapport 5–2019

Forfatter	Margaret Eide Hillestad
Tittel	Beitemarka - et ukjent karbonlager
Prosjekt	Lagring av karbon i beitemark
Utgiver	AgriAnalyse
Utgiversted	Oslo
Utgivelsesår	2019
Antall sider	36
ISSN	ISSN 1894-1192
Emneord	Klima, karbonlagring, klimagasser,
Forsidebilde	Inger Austrem

Litt om AgriAnalyse

AgriAnalyse er en faglig premissleverandør og et kompetent utredningsmiljø i spørsmål knyttet til landbruk og politikk. AgriAnalyse arbeider med nasjonale, internasjonale og organisasjonsinterne problemstillinger innenfor våre prioriterte satsingsområder. Ansatte i AgriAnalyse har tverrfaglig bakgrunn med kompetanse fra flere ulike samfunnsvitenskapelige og landbruksfaglige tradisjoner. Se www.agrianalyse.no for mer informasjon.

Forord

Målet med prosjektet er å kartlegge eksisterende kunnskap og metoder for å påvise og kvantifisere effekter av karbonopptak og lagring i beitemark, samt komme med anbefalinger til endret beitebruk for å øke binding av karbon i beitemark.

AgriAnalyse vil takke samarbeidspartnerne Anna Gudrun Thorhallsdottir (professor Holar Universitet, Island/Høgskolen i Innlandet Evenstad), Iulie Aslaksen (SSB), Per Arild Garnåsjordet (SSB) og Ann Norderhaug (kulturlandskapskonsulent) for samarbeidet.

Prosjektet er finansiert av Forskningsmidler over Jordbruksavtalen (JA) og er bestilt av avtalepartene til Jordbruksoppjøret 2019.

Oslo, mars 2019

Chr. Anton Smedshaug
Daglig leder, AgriAnalyse

Innhold

SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING.....	3
2 METODE.....	7
3 UTMARKSBEITE OG NATURBEITEMARK, DEFINISJON	8
4 KARBONLAGRING I NATURBEITEMARK	12
5 BEITEBRUK OG LAGRING AV KARBON.....	18
6 KUNNSKAPSHULL	27
LITTERATUR	29

Sammendrag

Husdyrbruk vil fortsatt være viktig framover for å imøtekomme økende etterspørsel etter matvarer i en tid da klimaendringene truer matproduksjonen over store deler av verden (NOU, 2018:17). Beite holder landskapet åpent og bidrar til å opprettholde verdifullt biologisk mangfold på naturbeitemark. Samtidig som husdyra og husdyrproduksjonen bidrar til utslipp av klimagasser, bidrar de gjennom beite også til opptak og lagring av klimagasser (Teague, mfl., 2016).

Husdyrhold basert på drøvtyggere er særlig effektivt for å utnytte ressurser som ellers ikke kan brukes til menneskemat. Husdyrbruk er nødvendig for å dekke etterspørsel etter matvarer og gi mulighet for et allsidig kosthold.

Utmarksbeite er viktig for å opprettholde matforsyningen i framtida. Beitemark brukes ofte som et samlebegrep for mange forskjellige vegetasjonstyper og kulturmarker, fra tilsådd, gjødslet kulturbeite til gammelt, tradisjonelt drevet beite, som vi betegner naturbeitemark. Naturbeitemark vil aldri gå tomt for ressurser hvis den skjøttes riktig. Sauen beiter i utmarka fra mai til september. I den perioden påvirker de, oftest positivt, graset, blomstene, sopprøtter og de «metanspisende» bakteriene som lever i jorda. Samtidig holder beitedyra landskapet åpent slik at solenergien som stråler inn, også reflekteres ut igjen (albedoeffekten) spesielt vinterstid med snødekke.

Lagring av karbon i jord er avhengig av en rekke forhold. Lagring av karbon skjer i biomassen både over og under jorda, og jo større biomasse det er, desto mer blir tatt opp og lagret. Gras har største delen av sin biomasse under jorda og i grasmark lagres karbonet i jordsmonnet (noe som er lite synlig og ofte glemmes).

Det biologiske mangfoldet av mikroorganismer i jorda er viktig for opptak av klimagasser i naturbeitemark. Der det er stort mangfold av plantearter, som i naturbeitemark, er det også høyt biologisk mangfold i jorda. Mye av dette kan forsvinne ved tilførsel av gjødsel.

Det er gjort en rekke studier i andre land i Europa som tyder på at beitebruk fører til økt lagring av karbon i beitemark og at omfattende ekstensivt beite kan være et potensielt klimatiltak. Med godt gjennomførte beiterogimer kan husdyrbruk bidra til lagring av klimagasser i jorda (Chang mfl., 2015, Koncz mfl., 2017). En annen studie viser at karbon lagres mye dypere nede i jorda i beitemark enn tidligere antatt (Ward mfl., 2016).

For å vurdere hvordan resultater fra disse studiene kan anvendes for norske forhold, er det viktig å se nærmere på karbonlagring i naturbeitemark og utmarksbeite. Det er stort behov for mer kunnskap om situasjonen i Norge, som har mange ulike jordtyper, strekker seg over flere klimasoner og hvor 45 prosent av arealet kan utnyttes som beitemark. Beite på naturbeitemark kan både stimulere karbonlagring, opprettholde biologisk mangfold, bidra til framtidig matsikkerhet og styrke grunnlaget for andre økosystemtjenester.

Tilpasning av jordbrukets produksjonssystemer til klima- og miljømessige variasjoner, og med mindre bruk av eksterne innsatsfaktorer, kan være av fundamental betydning for bærekraftig matproduksjon og matsikkerhet i Norge. Det er i dag ikke grunn til å trekke forhastede konklusjoner om klimatiltak som svekker drøvtyggenes unike evner til å utnytte arealer vi ikke kan dyrke menneskemat på.

1 Innledning

Husdyrbruk utgjør over 2/3 av norsk jordbruk når man ser på antall bruk, og er dermed viktigste kilde til matproduksjon i Norge (LMD, 2016). Jordbruket står for ca. 8 prosent av de årlige klimagassutslippene, og Norge har forpliktet seg til å redusere utslippene med 40 prosent i 2030 fra 2005-nivå, også i ikke kvotepliktig sektor (Klima- og miljødepartementet, 2017). Landbruket spiller en viktig rolle i karbonkretsløpet. Det er store kunnskapshull om potensialet for karbonbinding i jord og spesielt om i hvilken grad karbonbinding kan stimuleres av beite, spesielt i naturbeitemark (Dahlberg mfl., 2013).

Denne rapporten bidrar til å identifisere kunnskapshull og kartlegge eksisterende kunnskap om muligheter for økt binding av karbon i naturbeitemark, og presenterer metoder for å påvise og kvantifisere effekter av slik karbonlagring. Dette kan gi grunnlag for anbefalinger om aktuelle tiltak i norsk jordbruk for å øke karbonbindingen i jord. Det er viktig å se på tiltak for å opprettholde og forbedre jordkultur med tanke på meitemark og mikro-organismer. I tillegg er det viktig med tiltak for å opprettholde og styrke beite på naturbeitemark, der jordsmonnet har mer mykorrhiza (sopprot) og andre mikroorganismer, som kan stimulere opptak av karbon og metan i større grad enn på innmarksbeite.

Utmarksbeite

I Norge regnes 95 prosent av arealene som utmark (Rekdal, 2016)¹. Rekdal (2014 a) har anslått at 45 prosent av Norges areal er egnet til utmarksbeite.

Utmarksbeite har et stort potensial for framtidig matproduksjon. I 2016 regnet Budsjettnemnda for jordbruket at det totale fôropptaket på utmark utgjorde 325 millioner fôrenheter, og det er mulig å høste opp mot 950 millioner fôrenheter fra utmarka². Selv om ikke alle områder er like tilgjengelige, er potensialet betydelig for en økning av antall beitedyr, av matproduksjon og av den økonomiske verdiskapingen i utmarka (Bunger, 2018).

Et pågående forskningsprosjekt (CLIMATE-LAND finansiert av Norges forskningsråd) undersøker om hvorvidt økt beitebruk kan gi økt lagring av karbon i jord i naturbeitemark.

Økt fokus på utmark

I Landbruks- og matdepartementets rapport «Landbruk og klimaendringer» fra 2016 heter det at det er behov for økt kunnskap om hvordan jordbruket i Norge kan bidra til økt karbonbinding, karbonbinding i dypere jordlag, i beite og i i vekster med dypere rotsystem, og gi økt bruk av vekstskifter (se s. 232). Det er videre konkludert med at dette vil kreve måleserier over tid.

¹ «Norge – et utmarksland.» 28.12.2016. <https://www.nibio.no/nyheter/norge--et-utmarksland> Lest 25.02.2019.

² Budsjettnemnda for jordbruket. Totalkalkylen for jordbruket. Budsjett 2016. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2461369>. Lest 25.02.2019.

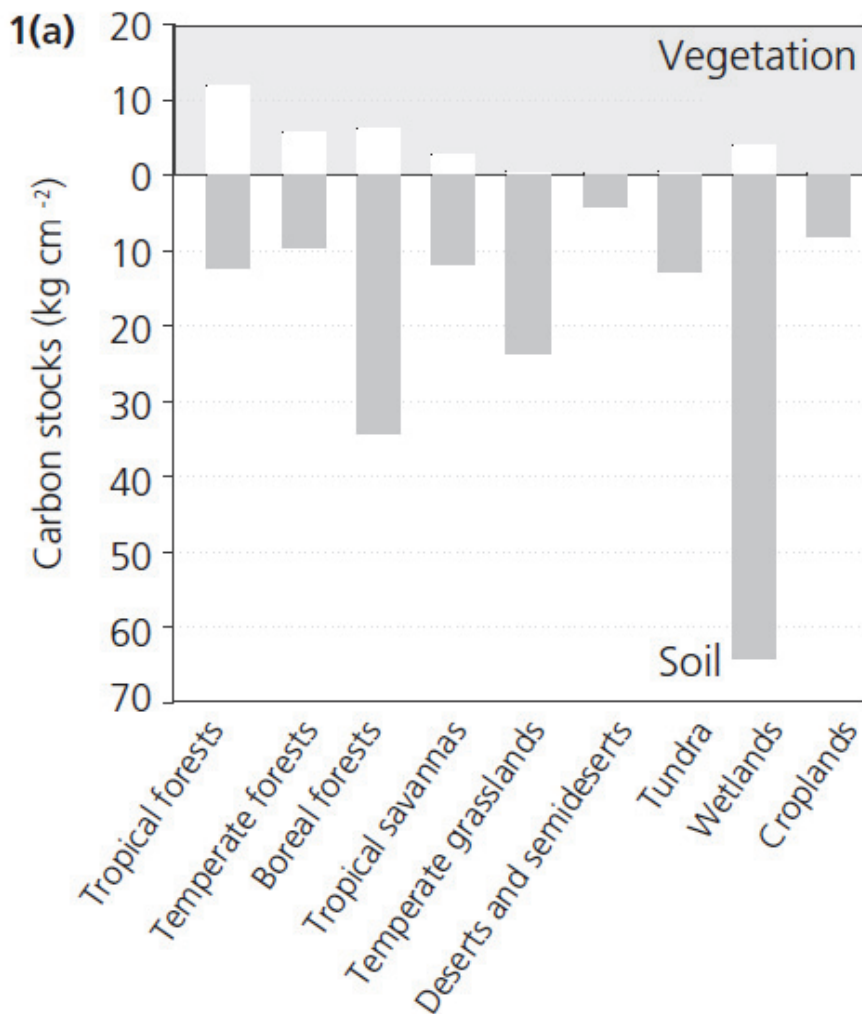
NOU 2018:17 «Klimarisiko og norsk økonomi» framhever at: «En kan imidlertid ikke utelukke utilstrekkelig tilbud av enkelte importvarer i perioder» og «Redusert global matvareproduksjon og høyere matvarepriser vil kunne gi høyere avkastning i jordbrukssektoren,...».

Karbon i jord i nord

Figur 1.1 oppsummerer kunnskap om jordkarbonlager i vegetasjon og jord i ulike deler av verden i 1999 (Royal Society, 2001). Globalt inneholder all vegetasjon totalt 550 ± 100 petagram karbon (PgC)³. Jord inneholder et mye større volum karbon, i alt 1750 ± 250 PgC. Totalt inneholder jord og vegetasjon om lag tre ganger så mye karbon som atmosfæren (760 PgC) (ibid.). Det er store forskjeller mellom de ulike klimasonene i verden når det gjelder karbonlagring i vegetasjon og jord. Mesteparten av karbonet i vegetasjonen er lagret i skog, spesielt i tropisk skog, mens mesteparten av jordkarbonet er lagret i nordlige og tempererte soner både i grasmark og skog.

³ 1 petagram (10^{15} g) er 1 milliard (10^{15}) gram, som er lik 1 milliard (10^9) tonn.

Figur 1.1 Karbonlager i vegetasjon og jord for ulike vegetasjonstyper. Kilo karbon per cm^2 (kg C cm^{-2}). Kilde: <https://royalsociety.org/>



Noen europeiske studier av karbonlagring

Denne rapporten ser på noen europeiske studier av karbonlagring som viser at beitedyr kan bidra positivt i klimaregnskapet, fordi optimalt beite kan stimulere karbonlagring i jord i så stor grad at det motvirker utslipp av lystgass fra jord og metan fra beitedyra (Chang mfl., 2015; Koncz mfl., 2017). Virkningen av beite på karbonlagringen ser ut til å være størst i naturbeitemark, der mykorrhiza spiller en viktig rolle for karbonopptaket (Averill m fl., 2014).

Beitedyra holder landskapet åpent og naturbeitemarkene i hevd. På den måten bidrar de til å opprettholde biologisk mangfold og til større albedoeffekt. I Norge finnes store arealer med naturbeitemark i utmarka. Blir de ikke beitet på, gror de igjen. Dermed øker opptaket av solvarme og bidraget til global oppvarming. Internasjonale studier viser at jord og beitemark

har stort potensiale for å lagre karbon, men at det avhenger av mange faktorer som jordsmonn, klima og vegetasjon, samt metoder for beitebruk.

Høyt beitetrykk fører til erosjon og økt utslipp av karbon fra jorda, mens nyere forskning viser gode effekter av normalt beitebruk (Chang mfl., 2015; Koncz mfl., 2017; Ciaï s mfl., 2010; Ward m. fl. 2016). Årsaken er at beiting stimulerer rotsystemet til plantene og dermed lagring av karbon. Det finnes mange former for beitebruk i dag. De mest brukte er utmarksbeite hvor dyrene selv organiserer beite, og kontinuerlig beite, rotasjonsbeite, sambeite og skiftebeiting som oftest foregår på innmark.

I forbindelse med det pågående forskningsprosjektet CLIMATE-LAND er det gjort enkelte pilot-målinger i Norge på lagring av karbon i naturbeitemark, og foreløpig gjennomgang av resultatene indikerer at optimal beiting kan føre til økt lagring av karbon i jorda (Thorhallsdottir & Gudmundsson, 2019, under utgivelse).

Naturbeitemark regnes i dag bare inn i Norges klimaregnskap på minussiden gjennom utslippene av metan og lystgass fra beitedyra, mens deres betydning for karbonlagring ikke er regnet med.

Noen sentrale begreper:

Carbon sequestration = karbonlagring, når karbon fjernes fra atmosfæren og lagres/avsettes i en karbonbeholdning

Carbon flux = karbonfluks

Carbon uptake = karbonopptak

Carbon sink = karbonsluk, karbonlager, karbonbeholdning (motsatt av carbon source = kilde til utslipp)

Soil C stock change = endring i jordkarbonlager

Reduction of CH₄ and N₂O emissions = reduksjon av metan og lystgassutslipp

Mitigation = motvirker (mitigate) klimaendringer

2 Metode

I denne rapporten har vi foretatt en gjennomgang av internasjonal faglitteratur i samarbeid med forskningsprosjektet CLIMATE-LAND, der det er samlet inn nye forskningsresultater knyttet til lagring av karbon i beitemark (Thorhallsdottir mfl., 2019, under utgivelse).

På verdensbasis utføres mange undersøkelser av hvor mye karbon som lagres i beitemark og hvordan beiting bør foregå for å oppnå optimal lagring. Innenfor prosjektets rammer har det ikke vært rom for å gjennomføre en fullstendig meta-analyse, som slår sammen resultatene fra mange ulike studier. Formålet med vår systematiske analyse har vært å kartlegge hvilke beitemetoder som gir optimal lagring av karbon i naturbeitemark, og samtidig tar vare på det biologiske mangfoldet i dette landskapet.

Som grunnlag for analysen har vi sammen med professor ved Holar Universitet Island/Høgskolen i Innlandet på Evenstad Anna Gudrun Thorhallsdottir, og kulturlandskapskonsulent Ann Norderhaug, laget en liste over sentrale fagartikler for å belyse betydningen av beite for karbonlagring i naturbeitemark. Iulie Aslaksen og Per Arild Garnåsjordet ved Statistisk sentralbyrå har medvirket til denne delen av prosjektet for å koordinere med CLIMATE-LAND prosjektet. I CLIMATE-LAND-prosjektet er det ikke foretatt en systematisk gjennomgang av denne litteraturen med tanke på metoder for beiting.

Vi har gått kritisk igjennom studiene som er referert i de sentrale fagartiklene, og diskutert mulig anvendelse for norske forhold.

3 Utmarksbeite og naturbeitemark, definisjon

Det totale jordbruksarealet utgjør 3 prosent av Norges areal og var i 2018 på 9,86 millioner dekar. Jordbruksareal i statistikken er synonymt med dyrka jord og innmarksbeite. I tidligere tider ble mer av utmarka tatt med i statistikken. Ved jordbrukstellingene fra og med 1907 er det gitt opplysninger om arealene med åkervekster, hage og eng, og areal for utslåtter og seterløkker (SSB, Norderhaug mfl., 2010). I de første tellingene ble det skilt mellom eng på fulldyrka jord, natureng på innmark og slåtteland i utmark. Fra og med 1959 er det ikke skilt mellom dyrka jord på innmark og natureng. Fra og med 1997 ble det mulig å få tilskudd for ugjødset inngjerdet beiteareal, såkalt innmarksbeite. Tidligere var det krav om gjødsling, og arealet ble da kalt gjødset beite. Innføring av innmarksbeite førte til at noe nytt areal ble definert som jordbruksareal.

Udyrka utmarksbeite har alltid vært holdt utenom jordbruksarealet. I Norge regnes 95 prosent av arealene som utmark, og 45 prosent av Norges areal er egnet til beite (Rekdal, 2014a). Dette potensialet nyttes ikke fullt ut i dag. Landskapet gror igjen blant annet som følge av effektivisering av landbruket, billig import av mat, kraftfôrråvarer og tilgang på billig energi (Nedkvitne, 1995). Gjengroing er en stor trussel mot naturmangfoldet i kulturlandskapet (Miljøstatus 2018)⁴. Men vi vet ikke nok om hvor stort areal det dreier seg om som gror igjen.

I 2004 ble det etablert et system for å utarbeide arealregnskap for utmark gjennom et samarbeid mellom NIBIO og Statistisk sentralbyrå. Arealregnskapet er gjort med basis i en nasjonal utvalgsundersøkelse av arealdekket der flater på om lag 1 km² blir vegetasjonskartlagt. Det er 18 km mellom hver utvalgsflate, og 1080 flater falt da på landjorda i Norge. Samlet vil dette gi grunnlag for en nasjonal statistikk over utbredelsen av vegetasjonstyper. Dette arealregnskapet viser at omkring 45 prosent eller 138 millioner dekar av landarealet er utmark som kan brukes til beite. Det betyr at beitemark har en slik kvalitet at de kan gi tilvekst hos beitedyr (Rekdal, 2016)⁵.

Grasmark har en lang historie

Grasmarka er ung i evolusjonens tidsperspektiv. Fossiler fra grasfamilien (*Poaceae*) finnes først for rundt 55 millioner år siden, og grasmarka får ikke utbredelse før for rundt 18-20 millioner år siden (Edwards mfl., 2010). Utviklingen av grasarealet har fulgt utviklingen av beitedyra gjennom tidene (Teague m. fl. 2013). I vår del av verden (palaearktisk sone, dvs. Europa, Nord-Asia og Afrika nord for Sahara) oppsto den store utbredelsen av grasmark og

⁴ <https://www.miljostatus.no/tema/naturmangfold/kulturlandskap/> lest 13.20.2019

⁵ LMD Lest 25.02.2019: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/utmarkslandet-norge/id2525848/>
<https://www.nibio.no/nyheter/norge--et-utmarksland>

beitedyr trolig for bare 5 millioner år siden (Dengler mfl., 2014). Naturbeitemark oppsto med det første steinalderjordbruket i Sentral-Europa for 7500–6800 år siden, og i de baltiske og nordiske landene for 5000–6000 år siden.

Gras har et lavt vekstpunkt og stor evne til gjenvekst som stimuleres ved moderat beiting. Et viktig kjennetegn ved grasmarka er sterk symbiose mellom mykorrhiza (sopp-rot) og grasrøtter. Det styrker næringsopptak og karbonlagring i jorda. Forskning tyder på at denne symbiosen styrkes spesielt ved tilstedeværelse av beitedyr.

Beitemark

Beitemark brukes ofte som et samlebegrep for mange forskjellige vegetasjonstyper og kulturmarker, fra tilsådd, gjødslet kulturbeite til gammelt, tradisjonelt drevet naturbeitemark. Beitemark har en vegetasjon som tåler beite og har god gjenvekstpotensial. Det vil si at den tar seg raskt opp igjen etter beite.

Naturbeite(mark)

Naturbeitemark tilhører våre eldste kulturmarkstyper.

Naturbeite(mark) er beitemark som ikke er pløyd, tilsådd og/eller gjødslet, men formet gjennom rydding og lang tids tradisjonell drift. Den karakteriseres av et oftest tett feltsjikt av ville arter, men artssammensetningen er kulturbetinget. Vegetasjonen består hovedsakelig av lyselskende og ofte konkurransesvake arter. Hvis driften opphører, gror beitemarka igjen og de lyselskende artene konkurreres ut. Naturbeitemark er vanligvis artsrik og dominert av gras med innslag av mange blomsterarter (gjerne flere enn antall grasarter). Naturbeiter kan være helt åpne, buskrike og/eller tresatte. Av busker er særlig einer et karakteristisk innslag. Naturbeitemark med glissent tresjikt blir kalt hagemark. Artssammensetningen i naturbeiter varierer både mellom beiteområder og innen et beiteområde med klima, fuktighet, jorddybde, hvilke dyr som beiter i området, beitetrykk, dyras bruk av området m.m. De mest artsrike naturbeitemarkene er utviklet over lang tid på baserik (kalkrik) grunn, men også naturbeitemark på fattigere jordsmonn kan være artsrik hvis den har lang kontinuitet. Middels beitetrykk gir vanligvis størst artsmangfold. 20-25 arter per kvadratmeter er ikke uvanlig, og totalt antall arter i en naturbeitemark kan være høyt. Naturbeite spiller en meget viktig rolle for vårt biologiske mangfold både av planter, sopp, fugl og insekter, og ikke minst for pollinatorer som humler og villbier. Mange rødlista arter hører hjemme i naturbeitemark og trues først og fremst av gjengroing (Norderhaug mfl., 1999; Norderhaug mfl., 2010; Bratli m.fl., 2012).

I dag er naturbeitemark en naturtype i sterk tilbakegang, og Naturindeks for Norge (Nybø, (red.) 2010; Framstad (red.), 2015) viser at tilstanden for biologisk mangfold i naturbeitemark raskt reduseres. I Naturindeks for Norge brukes semi-naturlig beitemark som betegnelse for naturbeitemark.

Utmarksbeite

Naturbeitemark finnes i Norge i dag først og fremst i utmark. Utmarksbeite har hatt avgjørende betydning for det norske jordbruket helt siden jordbrukets begynnelse, og utnyttelsen av utmark til husdyrbeite var betydelig også for 50-60 år siden. Utmarksbeite består ikke bare av naturbeitemark i form av åpne grasmarker, men også av skog som beites (beiteskog), beitemyr, grasmark, boreal hei og langs kysten strandenger og kystlynghei.

Yngve Rekdal (personlig kommentar) påpeker at det ikke finnes noen autorisert definisjon av utmarksbeite, men framhever at utmarksbeiteareal er areal med et vegetasjonsdekke som er tilgjengelig for dyr på utmarksbeite, og at terrenghindringer må vurderes her slik at større areal som ikke er framkommelige eller på andre måter utilgjengelige for beitedyr, må trekkes fra. Nyttbart utmarksbeiteareal er samla areal som man kan regne med at dyra henter beiteplanter av betydning for tilvekst fra. Det er dette som er regnet ut til 138 millioner dekar eller 45 prosent samla landareal som utmarksbeite.

Av utmarksressursene er et areal som tilsvarer om lag 10 prosent av Norges areal klassifisert som svært godt beite (Rekdal, 2014b). I 2016 regnet Budsjettnemnda for jordbruket at det totale fôropptaket på utmark utgjorde 325 millioner fôrenheter hvorav småfe tok opp om lag 220 millioner fôrenheter. Det er anslått at det er mulig å høste opp mot 950 millioner fôrenheter fra utmarka. Og selv om ikke alle områder er like tilgjengelige, er potensialet betydelig for en økning av beitedyr, for matproduksjon og for økonomisk verdiskaping i utmarka.

Yngve Rekdal (2014b) – beitedefinisjoner:

Ikkje beite: Største delen av klassen er vegetasjonslause areal som bart fjell, ur og blokkmark. Her inngår òg areal som ikkje er tilgjengelege for beiting, som jordbruksareal og bebygde areal.

Mindre godt beite: Klassen består av vegetasjonstypar der beiteplanter forekjem så spreidt at dyr i liten grad vil oppsøkje slike stader dersom alternativ finst. Typiske vegetasjonstypar er lav- og lyngrike skogtypar, lavhei, rismyrer, mosesnøleie mfl.

Godt beite: Dette er det middels gode beitet der såkalla blåbærmark i skog og snaufjell har størst areal. Grasmyrer og fuktheier går også inn her.

Svært godt beite: Dette er gras- og urterik mark som engskogar, høgstaudeenger, lågurtenger og strandenger. Det er den potensielle beiteverdien det er teke utgangspunkt i. Det vil seie den verdien desse areala kan få ved ei viss kultivering.

Nyttbart beite: Klassene *godt beite* og *svært godt beite* utgjer til saman *nyttbart beite*. Det vil seie det arealet beitedyr vil ta plantemasse av betydning for tilvekst frå.

Tilgjengeleg utmarksbeite: Vegetasjonsdekt areal tilgjengeleg for beiting. Det vil seie det totale landarealet fråtrekt klassen *ikkje beite*.

Landareal er totalt fylkesareal fråtrekt ferskvatn.

Kilde: upublisert notat av Yngve Rekdal fra 12.06.2014.

Oppsummert

Naturbeitemark har et karakteristisk og rikt biologisk mangfold, og er truet av intensivering eller opphør av tradisjonell skjøtsel, som slått og utmarksbeite. Tilgjengelig arealstatistikk er ikke heldekkende for gammel kulturmark i Norge. Disse arealene inngår hverken i jordbruksstatistikken eller skogstatistikken. Grasmark (eng) som er høstet maskinelt, har en annen utvikling enn naturbeitemark som brukes til beite.

4 Karbonlagring i naturbeitemark

Vårt bruk av fossilt brennstoff, utslipp fra våtmarker og overføring av skogmark og myr til annen arealbruk fører til at mer CO₂ og andre klimagasser tilføres atmosfæren.

Tidsaspektet er viktig når man snakker om klimagasser. Det er først etter den industrielle revolusjon at karbon i atmosfæren og jordas gjennomsnittstemperatur har økt.

Verden kan være på vei mot den sjette masseutryddelsen i jordas historie (NOU 2018:17). Menneskelig aktivitet og klimaendringer fører til at mange arter mister sitt leveområde (habitat). Hvis ingenting gjøres, vil vi kunne oppleve en like stor utryddelse av arter på jorda som ved utryddelsen av dinosaurene for 65 millioner år siden (ibid).

Men jordas organiske innhold utgjør et meget stort karbonlager. Det pågår stadig utveksling mellom karbon lagret i havet, atmosfærens CO₂ og jordas karbonlager. CO₂ bindes via fotosyntesen, og dødt organisk materiale (SOC) blir til karbon i jorda.

Jordas karboninnhold påvirkes ikke bare av dødt organisk materiale, men også av nedbrytningshastigheten. Hastigheten på nedbryting av dødt materiale avhenger av det organiske materialets kvalitet, temperatur og fuktighet. Jo langsommere nedbrytningsprosess, desto større blir arealets karbonlager. (Dahlberg mfl., 2013). Det har vist seg at karbon som har vært bundet i sopprot i gras, har en spesielt langsom nedbryting og er mer resistent mot nedbrytning i jorda, noe som fører til større karbonlager i det lange løp.

Naturbeitemark og karbonlagring

Naturbeitemark lagrer mer karbon i jorda, enn dyrka mark og innmarksbeite. For beitearealet har jordsmonn, vanninnhold, intensitet og frekvensen av beitebruk, stor betydning for karbonbalansen i jorda.

Sopp og bakterier påvirker karbonlagring i jord. Mykorrhizasoppen står for mye av næringsomsetningen i jorda. Plantenes røtter transporterer karbon i jorda, der det blir større aktivitet av mikroorganismer, og disse mikroorganismene er viktige for næringsomsetningen i plantene. I grasmark er tilførselen av næringsstoffer til jorda gjennom røttene (med mykorrhiza-symbiosen) spesielt viktig fordi røttene utgjør en stor andel av biomassen til gras.

Gjødsling øker tilveksten i vegetasjonen og gir en større biomasse. På kort sikt gir det også økt lagring av karbon. Men gjødsling kan redusere den langsiktige lagringen av karbon i jord, fordi mikroorganismer i jorda er sensitive for nitrogen, og gjødsling reduserer mengden mikroorganismer. Gjødsling (nitrogen og fosfor) medfører signifikant nedgang i mykorrhiza i jordsmonnet i grasmark (Leff mfl., 2015) og det fører til en lettere nedbryting av organisk karbon i jorda samt mindre lagring av karbon på lengre sikt. Karbonrik grasmark og skog konvertert til dyrka mark og innmarksbeite lagrer mindre karbon (Averill mfl., 2014).

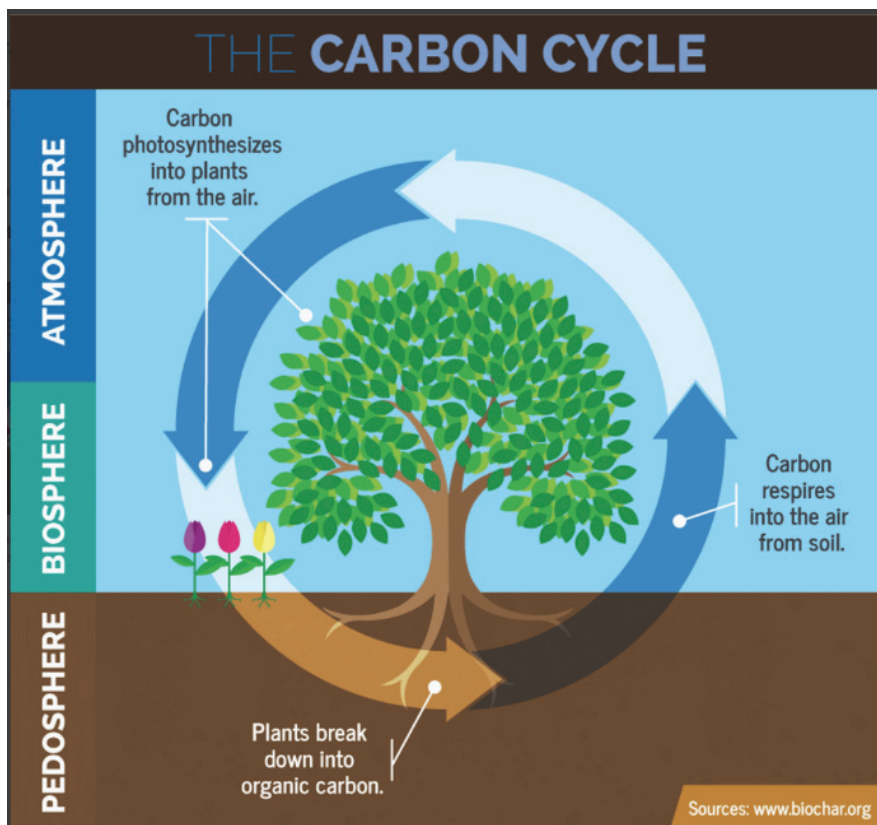
Av de tre klimagassene som utveksles med grasarealet, kommer CO₂ fra både jord og vegetasjon, mens N₂O slippes ut fra jorda, og CH₄ kommer fra myr og vannholdig jord samt

fra planteetere og da spesielt drøvtyggerne. Lystgass er spesielt knyttet til gjødsling, og i denne rapporten har vi fokus på ugjødslet beitemark. Derfor drøfter vi først og fremst karbon og metan, og ikke lystgass.

Karbon

Karbonbeholdningen i jorda påvirkes av hvordan arealet brukes, hvordan jorda har vært brukt, dynamikken i vegetasjonen, jordsmonn og klima. Påfyll av karbon i jord er influert av biomasseproduksjon, fjerning av biomasse via blant annet høsting av gras, og fordeling av biomasse over og under jorda. Utslipp av karbon, det vil si nedbryting av karbon i jorda, fører til økt karbon-fluks fra jorda til atmosfæren. Denne omdanningen av organisk materiale avhenger av jordas kvalitet, surhetsgrad, innhold av organisk materiale, stabilitet i karbonlageret, jordas vanninnhold og jordas temperatur

Figur 4.1 Nærings sirkelens dynamikk, Kilde:
http://traceandsave.com/media_category/wikimedia-commons/page/3/



Forklaring til figur 4.1: **Karbonsyklusen**

Fotosyntesen binder karbon fra atmosfæren i plantene,

Planter brytes ned til organisk karbon,

Ved plantenes respirasjon kommer karbon fra jorda til atmosfæren.

Næringssirkelens dynamikk er drevet av biomasse som råtner blir til jord. Dermed stimuleres livet til mikro-organismene i og på jorda, og det frigjøres næringsstoffer som plantene absorberer for å vokse, samtidig som karbonet resirkuleres til atmosfæren som CO₂.

Grasmark er rikt på organisk karbon i jord, hovedsakelig i røttene. Røttene lever i symbiose med rotsopp (mykorrhiza), hvor soppen vokser med røttene og danner et helhetlig system. Store deler av karbonet blir bundet i sopphyfene (rottrådene) som er spesielt resistente mot nedbryting. Beite øker transporten av organisk karbon fra røtter til jorda (rhizodeposition). Det stimulerer livet i jorda, av både sopprot og andre organismer, øker karbonomsetningen og bedrer jordstrukturen. I grasmark spiller røttene en viktig rolle fordi en stor del av plantenes biomasse er røtter (opp til 70 prosent). Røttenes nedbrytning er derfor en stor bidragsyter til karboninnholdet i jorda (Poorter mfl., 2012). Sopp (mykorrhiza) er mer effektive enn bakterier for å ta opp og lagre næringsstoffer, inkludert karbon i jorda (Six mfl., 2006).

Beite i naturbeitemark bidrar til biologisk mangfold, både over og under jorda, som igjen gir et godt grunnlag for lagring av karbon i jord. Beite bidrar til å styrke prosesser hvor karbon lagres gjennom sopprota, og dette karbonet er et stabilt organisk karbon. Forskning tyder på at større biologisk mangfold fører til mer resistent og stabilt jordkarbon.

Nitrogen er en begrensende faktor for produksjon av biomasse i mange økosystemer, men dyrs beite stimulerer nitrogendynamikken og dermed også tilveksten av planter på arealet (Soussana mfl., 2014). I naturbeitemark tilfører ikke beitedyra noe nitrogen når de ikke tilleggsføres, men de sirkulerer næringsstoffer og gjør dem mer tilgjengelig for plantene. Nitrogenfikserende vekster som vokser i naturbeitemark, kan også være en viktig faktor for karbonsyklusen i jorda (Leff mfl., 2015).

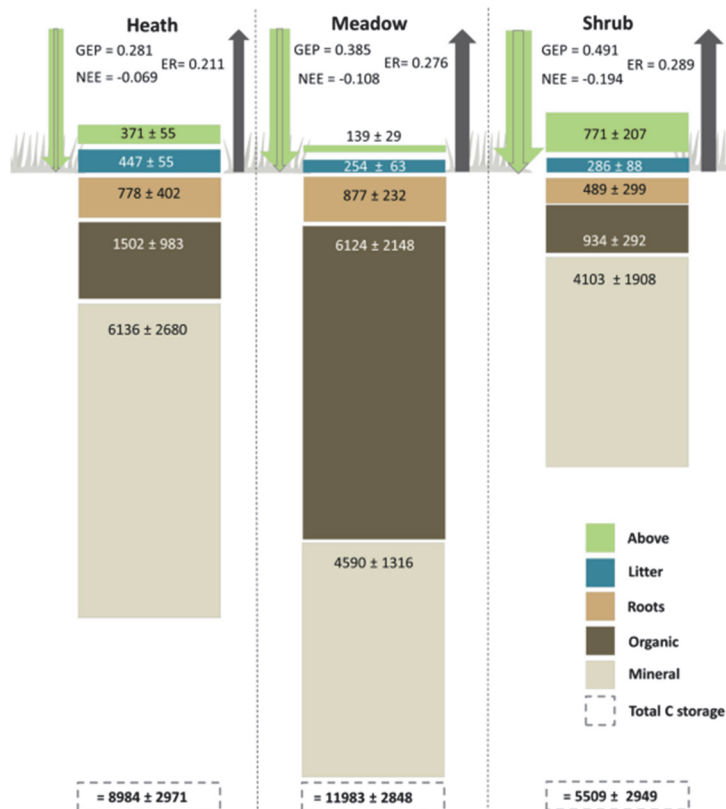
Lagringspotensialet og hvor fast karbonet er bundet i jorda, eller hvor raskt karbonet slippes ut, er avhengig av jordas beskaffenhet. Tett grasmark holder godt på karbonet og er god beitemark.

En undersøkelse av europeisk grasmark gjennomført av The European Innovation Partnership for Agricultural productivity and Sustainability (EIP-AGRI) fant at det er netto lagring av karbon i grasmark generelt, mindre karbonlagring i arealer som ble høstet maskinelt, og mer karbonlagring i beitemark (EIP-AGRI Focus Group (2018)). Gruppen viser til at det er manglende kunnskap om i hvilken utstrekning ulike typer beitebruk fører til lagring av karbon i jord og reduksjon av klimagassutslipp fra landbruket. De peker på at husdyrbruk med beitedyr bidrar vesentlig til økonomisk aktivitet i rurale områder i EU, er en viktig del av EUs kulturarv og bidrar med en rekke verdifulle økosystemtjenester. Forskergruppen har som mål å etablere et system (en modell) som kan brukes for å finne best jordbrukspraksis for å øke karbonlageret i jorda, og redusere klimagassutslipp fra landbruket (ibid.).

Karbonlagring i fjellbeite

Et tykt lag av gras kan være viktig for å unngå tap av karbon fra jorda. Dette er tydelig vist i målinger fra Dovre, hvor fjellbeite (grasmark) hadde et karboninnhold på 12 kilo per cm^2 , krekling-hei 9 kg per cm^2 , mens buskvegetasjon hadde 5,5 kilo per cm^2 . Se figur 4.2, gjengitt fra Sørensen mfl., (2018).

Figur 4.2 Karbonlagring i hei, fjellbeite og buskvegetasjon på Dovre. Kilde: Sørensen mfl., (2018)



Metan

Grasmark i temperert (og tropisk) sone er svært viktig for atmosfærens metanbudsjett (Mosier mfl., 1991). Temperert klima er en klimasone som man grovt sett finnes mellom tropene og polarsirkelene. Dette er områder med et klima som sjeldent har brå overganger mellom sommer og vinter, og er kjennetegnet av fire årstider. Klimaet har òg gjerne ustabil vær, med sol en dag og regn den neste.

I tillegg til vanddamp og CO_2 , er metan CH_4 den viktigste klimagassen, med et oppvarmingspotensial på 28-34 ganger CO_2 , avhengig av tidsskalaen (IPCC 2013). Opptak av metan i jord avhenger av aktiviteten til metanfikserende bakterier, som blir sterkt påvirket av jordbearbeiding og arealbruksendringer (Le Mer & Roger, 2001). Ved moderat

beite øker antallet metanfiksierende bakterier i jordoverflaten og påvirker dermed opptak av metan i jord i grasmark (Wang mfl., 2015).

Metanutslippet i Norge (CH₄) i 2017 var rundt 5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, og hadde en svak nedgang fra 2016. Metanutslippene fra jordbruket var på 2,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, og har ligget på omtrent samme nivå siden 1990. En reduksjon fra andre utslippskilder i Norge har gjort at jordbruksaktivitet nå bidrar til halvparten av utslippene av metan og tre fjerdedeler av utslippene av lystgass (Røhnebæk, 2018). Ved husdyras fordøyelse produseres metangass, og det har vært og er et stort fokus på husdyra som årsak til klimagassutslippet.

En studie av potensialet for lagring og fangst av klimagasser i Europa indikerer at produksjon av kjøtt og melk bør baseres på beitebruk i stedet for intensiv drift basert på kraftfôr. Pløying og jordarbeid har sterk negativ effekt på metanopptak (Jacinthe mfl., 2014), og tilførsel av nitrogengjødsel øker CH₄-utløsning fra jordsmonnet (Soussana mfl., 2007a). Husdyrhold bør være basert på grovfôrareal som ikke er egnet for grønnsaks- og/eller kornproduksjon. En slik arealfordeling kan medføre reduksjon av klimagassutslipp, inkludert metangass (Bellarby m. fl. 2013).

En studie av steppelandskapet i Mongolia, viste at overgang fra intensiv til ekstensiv beiting kan bidra til å gjenopprette dette arealet som et metanlager (Chen mfl., 2011). Denne undersøkelsen viser at metanutslipp fra storfe kan reduseres ved beitebruk hvor grasarealet tar opp og lagrer metan. En studie fra Grønland viser også at beitemark kan lagre metan (Falk mfl., 2015). I naturbeitemark med beitedyr er det mer metanspisende bakterier og metanopptak enn i områder uten beitedyr (Liu, 2017; Gao, 2018). Hoveddelen av metan brytes ned i atmosfæren ved hjelp av OH-ioner. Metanets levetid der er 12 år.

Biogent og fossilt metan

Metan fra jordbruket inngår i et biologisk kretsløp og tilfører ikke atmosfæren fossilt karbon, noe som skjer når metan fra fossile kilder brytes ned. I et kort tidsperspektiv er forskjellen mellom fossilt og biogent metan liten, men i et langt perspektiv (flere hundre år) påvirker fossilt metan klimaet mer fordi det tilfører atmosfæren fossil karbon når det brytes ned (KSLA, 2017).

Tidsskriftet *Nature* omtalte nylig en studie av metanutslipp fra tropisk Afrika, basert på innholdet av ulike karbonisotoper i metanutslipp fra ulike kilder⁶. Dette tyder på at en stor del av økningen av metan i atmosfæren kommer fra våtmarker i tropiske områder. Brenning av restprodukter fra jordbruket kan også ha betydning. Dette innebærer at den store økningen av metan i atmosfæren det siste tiåret ikke primært skyldes utslipp fra husdyrhold.

⁶ https://www.nature.com/articles/d41586-019-00457-7?utm_source=Nature+Briefing&utm_campaign=bf9ea2274a-briefing-dy-20190207&utm_medium=email&utm_term=0_c9dfd39373-bf9ea2274a-43883437

Albedo

Albedo, som er refleksjon av energi/varme fra jorda tilbake til atmosfæren, er en viktig prosess for å redusere den globale økningen i gjennomsnittstemperatur, og her har snødekke stor betydning. Snø reflekterer varmen og bidrar dermed til å redusere klimagassenes effekt på den globale gjennomsnittstemperaturen.

Albedo kan være like viktig som karbonlagring i økosystemer, særlig i områder med langvarig snødekke (Bright mfl., 2016). I Norge er det mindre albedo fra beitemark i kystnære områder, der det er mindre snødekke om vinteren, enn i innlandet og på fjellet (R. Bright; CLIMATE-LAND, upubliserte resultater). Beitedyra holder landskapet åpent og bidrar til høy albedo. Skog, særlig barskog, absorberer sol-innstråling i mye større grad enn grasmark og har lavere albedo (Bright mfl., 2018). Men fordamping i skog er ofte høyere enn fordamping i beitemark/grasmark og endring i fordamping etter planting av skog har en nedkjølingseffekt som motvirker oppvarming fra endring i albedo (Bright mfl., 2017; Bonan, 2008). Klimaregnskapet tar i dag ikke hensyn til albedo-effekten, men man burde undersøke nærmere hvilken rolle det spiller for å gjøre klimaregnskapet mer fullstendig.

Oppsummering

Beitedyra både øker det biologiske mangfoldet, holder kulturlandskapet åpent, bidrar til økonomisk aktivitet i distriktene og bidrar i tillegg til karbonfangst og lagring i jord gjennom blant annet økt aktivitet av sopprot og bakterier samt mangfold av planter som øker biomassen over og under jorda.

5 Beitebruk og lagring av karbon

FNs organisasjon for mat og landbruk (FAO) beregner at ut fra forventet befolkningsvekst skal 9 milliarder mennesker brødføs i 2050. Det kan føre til at verdens matproduksjon ikke lenger i hovedsak vil handle om fordeling, men istedet vil kunne bli et fordelingsproblem og i tillegg et forsyningsproblem med en reell matknapphet. Det vil si at produksjonsvolumet kan bli betydelig lavere enn behovet for å dekke kaloriene til verdens befolkning. Dersom en omfattende hungersnød skal unngås, må matproduksjonen økes i stort omfang i de kommende årene, ifølge FAO⁷.

FNs menneskerettighetsorganisasjon (FN HRC, 2018) slår fast at retten til nok næringsrik mat er en grunnleggende menneskerettighet. I 2017 var det 821 millioner mennesker som opplevde daglig hungersnød. Ifølge estimatene til FAO vil etterspørselen etter mat øke kraftig både gjennom befolkningsveksten og gjennom endret forbruksmønster fram mot 2050, noe som vil si at produksjonsvolumet må økes med rundt 50 prosent dersom det skal være tilgang på nok mat til å dekke etterspørselen til verdens befolkning.

I Norge er beitearealene av avgjørende betydning for å opprettholde matproduksjonen i landet framover (NOU 2018:17). Klimaendringene fører til mer ekstremvær, større variasjoner og mer usikkerhet i matproduksjonen, og landbruket må både redusere sine utslipp, øke karbonopptak og lagring, og tilpasse seg endrede klimatiske forhold.

I de foregående kapitlene i rapporten har vi vist at beitebruk kan føre til økt karbonopptak og lagring, og at det optimale er middels beitetrykk.

Hvordan arealet har vært brukt tradisjonelt er viktig for hvor stort karbonlageret i beitemarka er og for potensialet for opptak og lagring av karbon. Naturbeitemarka i Norge oppstod ikke av seg selv, det kom som følge av at arealet har blitt brukt som beite gjennom lang tid.

Beitemark er ikke en konstant størrelse.

Hvis beitemarka ikke blir brukt, endres den, og det er ikke sikkert at de artene som var der da dyra beitet, kommer tilbake etter at området har ligget brakk i noen år. Naturbeitemark er viktige habitater for mange plante- og dyrearter. Nå er flere av artene truet, blant annet flere humlearter og andre pollinatorer, fordi arealet av naturbeitemark minker og resterende arealer ofte er fragmenterte. Beitemarka må brukes for å opprettholdes, og god styring på bruken gir økt produksjon på marka (Swanson, 2015).

⁷ FAO, How to feed the world 2050, High level expert forum, Rome 2009. Internettadresse 01/9–2014: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf og rapport «How to feed the world 2050» (2009) http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf

Beitetrykk

Både for lavt beitetrykk og overbeiting er negativt. I Norge er ikke overbeite et problem, snarere det motsatte med for lavt beitetrykk. Middels beitetrykk er generelt best for både biologisk mangfold og lagring av karbon. Antall dyreslag, antall dyr per kvadratmeter, hvor lenge de beiter og tidspunktet i beitesesongen vil virke på sammensetningen av flora og fauna (Nedkvitne, 1995). Hva som er middels beitetrykk, det vil si hvor mange dyr per kvadratmeter dette tilsvarer, er derfor vanskelig å angi. Det er avhengig av kvaliteten på beitemarka og av klimatiske forhold, og varierer mellom år og i løpet av sesongen (Norderhaug mfl., 1999; Pehrson mfl., 2001). Beiteproduksjonen kan variere mye mellom ulike år avhengig av temperatur og nedbør. En tørr sommer med mindre plantevekst gir rom for færre dyr enn en fuktig sommer (ibid.). Når planteveksten blir redusert på ettersommeren, må dyretallet reduseres hvis beitetrykket skal være det samme som på forsommeren. Dyra har ikke bare ulikt beitevalg, men hvordan de nyttiggjør seg fôret varierer mellom dyreslag. En hest har en annen fôrstrategi enn en drøvtygger. Det er ikke bare antall dyr på beite som betyr noe, men også hvordan beitet blir organisert (Pehrson mfl., 2001).

Organisering av beitet

Tradisjonelt har man brukt ulike former for beitesystem, avhengig av hvordan forholdene er på det enkelte gårdsbruk (Pehrson mfl., 2001).

Figur 5.1 Ku på beite. Kilde: NIBIO <http://foto.nibio.no/media/start/utmarksbeite>



Utmarksbeitepraksis

Utmarksbeite er mest aktuelt i Norge. Der slippes en del beitedyr på selvstyr om forsommeren, og dyra beiter hele sommeren. I fjellet forflytter de seg da ofte oppover etter hvert som grasmarkene utvikler seg. Ved setrene beiter kyrne i utmarka hele dagen. De går ikke i samme område dag etter dag, men kommer tilbake først etter at grasveksten har hentet seg inn igjen.

I en artikkel i *Seterbrukaren* oppsummerer Yngve Rekdal (2014a) potensialet for økt utmarksbeite:

«Ei produktiv utmark er eit fortrinn for norsk landbruk. Denne «gratisressursen» er eit vilkår for lønsemd i sauehaldet. Storfehaldarar ser også meir mot utmark som del av fôrgrunnlaget.

Det kan produserast mykje meir mat frå norsk utmark ut frå den ressursen som ligg der. Det kan truleg også hentast ut ein meirverdi frå det utmarksbaserte landbruket. Sunn mat, produsert i rein og vakker natur, med høg dyrevelferd skulle høve godt inn i trendar som ein ser i matmarknaden no. Dess meir det øvrige landbruket går mot det industrialiserte, vil beitebruk stå fram som eit økologisk alternativ som også høver inn omgrep som kortreist mat og mat med lokal identitet.

Ei utfordring er å finne driftsformer for bruk av utmark inn eit moderne landbruk. Det gjeld til dømes organisering av beitebruk og å lage driftsopplegg som ser den samla ressursen i inn- og utmark i samheng. Utmarkbeite kan drivast med godt resultat over det meste av landet dersom ein tilpassar drifta til dei lokale naturvilkåra. Nokre bygder har ressursar i utmark som gjev særskilt gode vilkår for å utvikle eit utmarksbasert landbruk» (Rekdal 2014a, s.7).

Kontinuerlig beite

Kontinuerlig beite er når samme antall dyr går på samme areal hele sommeren. Dette er et enkelt og billig system, men prisen er at beitet blir gradvis forringet. Det er viktig å tilpasse dyretallet til arealet, og erfaring viser at en optimal høyde på grasvekstene er mellom 5 og 8 cm for sau, og for storfe bør den være 4 cm eller høyere for å få tilstrekkelig gjenvækst og fôr kvalitet på graset (Pehrson mfl., 2001). Hvis grasvekstene blir for høy, blir det mindre gjenvækst og dårligere fôr kvalitet. Tallene er fra Sverige, men det er ikke grunn til å tro at dette er vesentlig forskjellig fra i Norge.

Rotasjonsbeite

En annen beitestrategi er rotasjonsbeite, som nå er den vanligste strategien i Sverige. Dette innebærer at hele eller grupper av besetningen flyttes mellom ulike arealer avhengig av tilgangen på beitemark. I denne formen for beite, går dyra på ett område en stund, og så flyttes de til et annet område. Her kan man dele opp i større og mindre arealer. Rotasjonsbeite kan foregå på små arealer ved siden av hverandre eller på ulike områder vår, sommer og høst (Pehrson mfl., 2001). Man flytter dyra etter tilgang på beite og hvordan tilveksten på plantene er. Intervallene mellom avbeitingen, det vil si hvileperioden, bør ikke være kortere enn to uker, avhengig av kvaliteten og når i sesongen det er. Når beiteverdien synker, må hvileperioden justeres for å få økt kvalitet og/eller kvantitet.

Antall avgrensede arealer må ikke være færre enn 3-4 for ungdyr og minimum 6-8 for melkekyr. Hvilke dyr som slippes hvor og når bestemmes av sammensetningen av plantearter i beitemarka. Noen arter kommer tidlig, mens andre arter må vente litt før de kan beites på. Plantedekket forandres når dyra beiter og er den viktigste faktoren som bestemmer artssammensetningen i plantedekket over lengre tid. Med å tilpasse beitetiden kan

populasjoner av arter styrkes. Det er også mulig å rotere over flere år, men arealer som ikke blir beitet på ett helt år, har dårligere kvalitet året etter pga. oppsamlet dødt materiale.

Det kan være lettere å tilpasse beitetrykket med rotasjonsbeite sammenlignet med kontinuerlig beite, men optimal utnyttelse krever oppmerksomhet på mengde og kvalitet av beiteplanter. Gjennom å flytte et enkelt el-gjerde eller et Nofence-system kan man ved få dagers mellomrom flytte dyra til nye områder, noe som gir dyra tilgang til nytt og rent beite. Dette kan være en god strategi for gårdsbruk med lite tilgang på beiteareal.

Avgrensning uten gjerde med Nofence:

En ny og omtalt teknologi har i noen år vært utprøvd gjennom en klave fra merkevaren Nofence. Det er en elektronisk klave som gir dyret beskjed om at det nærmer seg et virtuelt gjerde, såkalt geofencing. I dette systemet setter man opp eller programmerer inn et beiteområde uten fysisk gjerde og slipper dyra inn i dette området. Dyra får en pipetone når de nærmer seg gjerdet, og i neste omgang får de en liten strømvekker hvis de ikke overholder grensene i gjerdet. Dette vil kunne være nyttig i sammenheng med de store utfordringene knyttet til strukturendringer i landbruket. Det blir stadig flere som ikke overholder gjerdeplikten, og tradisjonell gjerding kan bli en uoverkommelig jobb for den gjenværende bonden med beitedyr. Foreløpig ser gjerdeteknologien ut til å bare være funksjonell overfor geit, mens sauens ull isolerer for godt til å være virksom med dagens løsninger. Nofence er utformet slik at beitedyr skal få muligheten til å utøve sin naturlige atferd, og det er god dyrevelferd⁸.

Sambeite

Sambeite er en beitestrategi der dyra supplerer hverandre, og det blir færre arter som blir dominerende. Sambeite har svært god avkastning med hensyn til sammensetning av flora, plantevekst og tilvekst på dyra. Sambeite er et imponerende samspill mellom ulike slags beitedyr, og denne beiteformen ligner mest på det naturlige beitesystemet. Gjennom ulike beiteteknikker kompletterer dyra hverandre, og gjødsla blir spredt på en annen måte og på forskjellige steder, og dermed foregår det en fordeling av næringsstoffer over hele beiteområdet. Dette gir bedre mulighet for tilvekst og større artsmangfold. I tillegg viser det seg at ved sambeite er parasittbelastningen også mindre (Pehrson mfl., 2001). Det gir mulighet for mindre bruk av antihelmintiske (parasittmidler) midler som det er påvist at har negativ virkning på mikro- og makrofloraen i jorda.

Skiftebeite

Fordelene ved ulike dyreslags beitevaner kan også brukes ved skiftebeite, hvor man skifter mellom hester, storfe og sau. Da lar man ett dyreslag pusse beitemarka etter at det andre dyreslaget har beitet der. For eksempel på en naturbeitemark hvor man vil beholde en rik vår- og forsommerflora samt holde tilbake buskvegetasjon av ulike slag, kan man la storfe beite på

⁸ <https://nofence.no/wp-content/uploads/Bruerveiledning-2018-Nofence-beiteteknologi-2.pdf> Lest 28.02.2019

forsommeren og sau mot slutten av beitesesongen. Dette er også en effektiv måte å minske parasittinfeksjoner på (Pehrson mfl., 2001).

Europeiske studier av beite og karbonlagring

Følgende gjennomgang av europeiske studier er oppsummert i tabell 5.1.

En studie av karbonlagring i grasmark i Europa viser at moderat beite bidrar til økt karbonlagring i jord (Chang m. fl. 2015). Beitemarka har et karbonopptak på 15 ± 7 gram C/m² per år. Beitemarka har et opptak av drivhusgasser inkludert metan og lystgass, på 19 ± 10 gram CO₂-ekvivalenter/m² per år, fordi CO₂ opptak i jord oppveier utslipp av lystgass og metan.

En studie av europeisk grasmark (Ciais mfl., 2010) fant at grasmark lagrer karbon 3-4 ganger mer effektivt enn skog. De understreker at det er stor usikkerhet i anslag for karbonlagring i europeisk grasmark og fluks for metan og lystgass, og påpeker et stort behov for mer forskning, data fra flere områder med ulike miljøforhold og bedre metoder for å skalere opp resultatene.

I en artikkel av Koncz mfl., (2017), har de vist at ekstensiv beiting fører til at jorda blir et netto karbonlager. Studien viser et opptak av drivhusgasser i beitemark på 228 ± 283 g CO₂-ekvivalenter/m²/år. Det store konfidensintervallet indikerer stor usikkerhet om karbonlagringspotensialet. Undersøkelsen baserer seg på studier i Ungarn av storfeproduksjon av typen Grey Cattle. Studiene er gjort på gårdsnivå og inkluderer både høstet og ikke-høstet grasareal. Man fant at beitearealet var et netto lager for karbon under gode værforhold, mens i tørkeperioden som ble undersøkt, ble det netto utslipp av klimagasser fra samme gårdsbruk. Resultatet av forskningen førte til en anbefaling om bedret høstingssystem på gården i tørkeperioder med bruk av gjødsel, økt andel naturlig nitrogenfiksering og drenering i sandholdig jord for å unngå netto utslipp av klimagasser. Det var mindre karbonlagring i arealer som ble brukt til dyrking av fôr, og mer karbonlagring i beitemark. Videre viste resultatene også at det må tas hensyn til lagring av karbon i beitemark når man estimerer husdyras bidrag til klimaregnskap. De anbefaler at beitepraksis økes og får større økonomisk og politisk støtte (ibid).

Karbonlageret i jord kan gå dypere ned enn det som er vanlig å måle. En undersøkelse utført i Storbritannia viste at karbonlager ned til 1 meters dybde påvirkes av graden av beite (Ward mfl., 2016). De fant at det høyeste karbonlageret i jord var ved middels beitetrykk. Ward mfl., (2016) estimerte jordkarbon i beitemark og fant at 60 prosent av jordkarbonet var lenger ned enn 30 cm. Total mengde karbon var 10 prosent høyere i jord ved middels beitetrykk sammenlignet med høyt beitetrykk. Funnet kan ha stor betydning for framtidig arealbruk når det gjelder fangst og lagring av klimagasser, og det kan anvendes i modellene som brukes ved kalkulering av endringer i klimagassutslipp globalt.

En studie i Storbritannia utført av Cantarello mfl., (2011) sammenlignet restaurert naturbeitemark og skogplanting. Det viste seg at skogplanting ga høyest opptak av karbon opptil 3,36 megagram (tonn) C/ha/år, men karbonlageret i jorda var høyest i restaurert naturbeitemark. Etter restaureringen hadde karbonlageret økt med opptil 20 prosent.

Forskerne fant at gjennomsnittlig jordkarbon i skog var 107 tonn per ha, mens det i semi-naturlig beitemark var 121 tonn per ha.

En svensk undersøkelse av karbonlagring i naturbeitemark viser et betydelig lavere potensial for karbonlagring enn i de europeiske studiene; mindre enn 100 kg karbon per hektar per år, som tilsvarer mindre enn 5 prosent av de årlige klimagassutslippene fra husdyrbruk (Karlton mfl., 2010). Denne undersøkelsen har imidlertid ikke foretatt fluksmålinger av karbonbalansen, men beregner karboninnhold i jord målt med forholdet mellom karbon og nitrogen (C: N), og forskjellen i metode kan gi forskjell i beregnet karboninnhold i jorda.

Allard mfl., (2007) sammenligner klimagassutslipp fra naturbeitemark i Frankrike som er kontinuerlig intensivt beitet, med areal som er kontinuerlig ekstensivt beitet i samme område. Begge områdene ble beitet av storfe av rasen Holstein-Friesian. Arealet som beites på er et Andosol-område med mye biologisk masse. Andosol er et av FAOs 30 definisjoner på jordbruksjord⁹.

Det intensivt beitede området ble gjødslet med mineralgjødsel, og ble beitet når graset var 6 cm høyt. Det ekstensivt drevede området ble ikke gjødslet med mineralgjødsel og hadde halvparten så mange beitedyr som det intensivt drevede området.

Forskerne fant at over tre år var beite et netto karbonlager. Det intensivt drevede beitearealet var i gjennomsnitt et netto klimagasslager med opptak på 10 g CO₂-ekvivalenter/m² per år, og det ekstensivt drevede område hadde et opptak på 31 gCO₂-ekvivalenter/ m² per år. Forskerne fant at det ekstensivt drevede beiteområdet lagret mer klimagasser per produsert levende vekt storfe enn det intensivt drevede området (ibid.).

⁹ <https://www.britannica.com/science/soil/Soil-classification#ref214853> Lest 01.03.2019

Tabell 5.1 Oversikt over sentrale artikler som tar for seg beitebruk og karbonlager. Kilde: CLIMATE-LAND, pågående forskningsprosjekt og AgriAnalyse

Forfatter	Land/region	Skala	Beitebruk	Karbonbalansen g C/m ² /år
Sousanna mfl., Agriculture, Ecosystems and Environment 2007	Europeisk beiteland	Økosystem nivå, Økosystemnivå (år 1, år 2),	Et bredt spekter av beitebruk (rotasjons-, kontinuerlig- eller høstingsregimer) og høstingsareal (sådd, intensivt drevet grasareal og semi-naturlig grasareal).	104 ± 73
	Semi-naturlig beiteareal (BG)	Økosystemnivå (år 1, år 2)		12,124
	Semi-naturlig beiteareal (Lae)			86,44
Allard mfl., Ecosystems and Environment 2007	Frankrike: Semi-naturlig beitemark	Ekstensivt beite	Sammenlignet to driftssystemer på inngjerdet beiteareal. Et som var semi- naturlig beite med storfe, og et intensivt beitet og gjødslet areal med storfe.	69
		Intensivt beite		87
Cias mfl., Biogeosciences Discuss 2010	Europeisk beiteareal	Økosystemer	Måler ekstensiv mot intensiv beitebruk, tilsatt og ikke tilsatt mineralgjødning, over tid og over flere rutenett - stor usikkerhet og behov for mer forskning, over lengre tid og med flere rutenett (rotasjonsbeite)	57 ± 11
		Økosystem-modeller		74 ± 10
Soussana mfl., Agriculture, Ecosystems and Environment 2014	Europeisk beiteareal	LCA	Holistisk beitebruk, rotasjonsbeite	Ikke beregnet
Chang mfl., Global Change Biology 2015	Europeisk beiteareal	Økosystem (Carbon)	Beiting utfra hva som er områdets biologiske potensial, det vil si at noen steder er det ekstensiv beiting, mens andre steder er det intensiv beiting avhengig av jordsmonn, været, tidligere praksis m.m	15 ± 7
		Gårdsnivå (Carbon)		8
		Økosystem (GHG) Gårdsnivå (GHG)		
Gorlez de la Motte mfl., Agricultural and Forest Meteorology 2016	Belgia	Intensivt drevet permanent beite (NBP)	Intensivt beite ved bruk av rotasjonsbeite for storfe	161
Koncz mfl., Agriculture, Ecosystems and Environment 2017	Sentral-Europa og Øst-Europa	Gårdsnivå, beitet Gårdsnivå, tørt år Gårdsnivå, vått år	Konkluderte med at i et normalår værmessig; kan beiteareal fungere som en netto lagring av klimagasser, under veldrevne beiteregimer.	

Et hypotetiske tankeeksperiment

Som et hypotetisk tankeeksperiment kan vi se på et regneeksempel der vi kombinerer svenske og europeiske tall for karbonlagring med tall for utmarksbeite for Norge. Utslipp fra beitedyr i Norge er på om lag 2,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år (Miljødirektoratet, 2018). Hvor mye av dette kan potensielt motvirkes av karbonlagring i beitemark?

Vi tar utgangspunkt i tallet for lagring av karbon i naturbeitemark i Sverige (Karlton mfl., 2010). De finner et gjennomsnitt på 61 kilo karbon per hektar. Omregnet til CO₂-ekvivalenter blir det 220 kilo CO₂-ekvivalenter per hektar. En studie av grasmark i 28 land i Europa, finner at gjennomsnittlig karbonlagring er på 15 ± 7 gram karbon/m²/år som omregnet til CO₂-ekvivalenter blir 550 kilo CO₂-ekvivalenter per hektar per år (Chang mfl., 2015). Som et forsiktig anslag bruker vi nedre grense i usikkerhetsintervallet, det vil si 8 gram karbon per m² per år som omregnet til CO₂-ekvivalenter blir 290 kilo CO₂-ekvivalenter per hektar.

Utmarksbeite består både av naturbeitemark (grasmark), og beiteområder i skog og på myr. Karbonlagringspotensialet kan være forskjellig for de ulike vegetasjonstypene, og karbonlagringspotensialet i utmark i Norge er trolig lavere enn i Europa.

Som et eksempel kan vi se på 10 prosent av Norges utmarksbeiteareal, som har det beste beitet, dvs. om lag 30 millioner dekar (Rekdal 2014). Basert på den europeiske studien gir det en potensiell karbonlagring på 0,9 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Når vi bruker det svenske anslaget gir dette en potensiell karbonlagring i beitemark på 0,7 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år, dvs. det tilsvarer om lag en tredjedel av de årligutslippene fra husdyr. Dette tallet er kun en illustrasjon, basert på hypotetiske tall for karbonlagring som ikke nødvendigvis tilsvarer norske forhold. Det gir imidlertid en påminnelse om at store beitemarkarealer, med potensielt bidrag til karbonlagring, er utelatt i klimaregnskapet, samtidig som alle beitedyra inngår på minussiden.

Et annet hypotetisk tankeeksperiment er at vi studerer økningen i utslipp hvis beite blir erstattet med innføring fra høstet gras. Da ville vi trenge mer fôr, tilsvarende 325 millioner fôreheter (Bunger mfl., 2018). Dyrking av dette fôret vil generere et økt utslipp på om lag 0,2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år, forutsatt at utslipp fra jordbruket utenom utslipp fra husdyr er om lag 2,1 millioner CO₂-ekvivalenter per år. Uten bruk av utmarksbeite ville Norge dermed måtte rapportere om lag 10 prosent mer utslipp av klimagasser fra husdyra.

For å utvikle beregninger av karbonlagring for beitemark Norge, trenger vi mer detaljert arealstatistikk om geografisk utstrekning av naturbeitemark og utmarksbeite og mer kunnskap om karbonlagring i jord under norske miljøforhold og ulike typer beitebruk.

Oppsummering

Husdyr på beite, under forutsetning av godt beitebruk, spiller en viktig rolle for å ivareta biologisk mangfold i europeisk grasmark og grunnlaget for økosystemtjenester (Dumont mfl., 2013).

Det er behov for mer kunnskap om sammenhenger mellom karbonlager, beiting og biologisk mangfold. Selv om husdyra er en kilde til klimagassutslipp, har husdyrhold også et stor potensial for å bidra til lagring av karbon i jord gjennom veldrevne beitesystemer. Å opprettholde og utvikle beiteareal og beitebruk kan øke den årlige husdyrproduksjonens

effektivitet og redusere netto klimagassutslipp per produsert enhet. Det er viktig med tanke på at mye av jordbruksproduksjonen med beitedyr foregår i områder av verden som vil bli sterkt berørt av klimaendringene. Tilpasning av produksjonssystemer til klima- og miljømessige variasjoner, og med mindre bruk av eksterne innsatsfaktorer, kan være av fundamental betydning for bærekraftig matproduksjon.

6 Kunnskapshull

Det er store kunnskapshull i form av manglende studier i Norge. Det er ikke gjort målinger av karbon i naturbeitemark i stor utstrekning her i landet, utenom enkelte pilotstudier som er gjort i regi av prosjektet CLIMATE-LAND (Thoraldsdottir & Gudmundsson, 2019, under utgivelse).

Målingene som er gjort i andre land, viser at det er variasjoner i karbonlagring avhengig av klima, jordsmonn, sollys, temperaturer, beitebruk, m.m.

Det gjenstår et stykke arbeid å sammenligne jordsmonn og beitebruk i Norge med det som er gjort andre steder i Europa. Andre europeiske land har en større andel dyrka jord enn hva vi har i Norge, mens her har utmarksbeite stor betydning for matproduksjonen i landet.

Denne rapportens oversikt over internasjonale studier indikerer at beitemark har et stort potensial for opptak og lagring av klimagasser, og at beitebruk basert på middels beitetrykk stimulerer jordas opptak av karbon og metan. Beitebruk stimulerer også sopprøtter og andre mikroorganismer som finnes i naturbeitemark, og disse organismene spiller en viktig rolle i lagring av karbon i jord.

Det vil også ha stor betydning at albedo regnes inn i klimaregnskapet, spesielt for de områdene på den nordlige halvkule som er dekket av snø om vinteren.

I Norge, Sverige, Finland og Island er det fortsatt store områder som er naturbeitemark, sammenlignet med andre europeiske land hvor kultivert jordbruksland utgjør en stor andel av arealet. I Norge utgjør beitearealet 45 prosent av totalarealet, og det kan utnyttes bedre som fôrgrunnlag for husdyra (Rekdal 2014a).

Norge har store områder med ugjødsel og upløyd naturbeitemark, noe som tilsier at vi har et stort potensial for opptak og lagring av karbon i jord.

Klimaregnskap

Data i klimaregnskapet knyttet til landbruket inneholder stor usikkerhet om karbon-, nitrogen- og metansyklusen (Miljødirektoratet, 2018).

Innmarksbeite, dvs. arealer som er sådd, gjødslet, pløyd eller på annen måte endret/bearbeidet, er inkludert i klimaregnskapet. Utmarksbeite der beitedyra har resirkulert næringsstoffene gjennom naturgjødsel og beite, er ikke inkludert.

Når Miljødirektoratet rapporterer til FNs klimapanel (IPCC), bruker kriteriet om at «*grassland*», dvs. slåtte- og beitemark, skal være med i klimaregnskapet bare hvis det er «*managed land*». Dette blir tolket kun som dyrket (dvs. pløyd, tilsådd og/eller gjødslet) jord, ikke ugjødslet naturbeitemark. I Norge klassifiseres derfor bare innmarksbeite som «*managed land*», mens de store arealene av naturbeitemark i utmarka ikke regnes med (Miljødirektoratet, 2018).

En grunn til dette kan være at rapporteringen til IPCC gjelder endringer i menneskeskapte utslipp i forhold til utslipp i 1990. Da blir spørsmålet om hvorvidt det har skjedd en endring i

beite på utmark i forhold til situasjonen i 1990. Antall dyr på utmarksbeite er redusert. Dette innebærer at det brukes mer fôr fra dyrka jord som er med i klimarapporteringen, samtidig som det bindes mindre karbon i utmarksbeite som en konsekvens av mindre beiting.

Det er også viktig å ta albedo med i beregningene når man skal fastslå effekten av klimagassutslipp fra endring i arealbruk for Norge. Albedo er foreløpig ikke med i det internasjonale klimaregnskapet, som er et klimagassregnskap. Målet for klimapolitikken er å motvirke klimaforandringene og stigende temperatur, og da er det viktig å se på helhetsbildet og ta med alle faktorene som påvirker klima.

Oppsummering

Klimaeffekten av beitedyr kan være mer kompleks enn tidligere antatt. Denne utredningen har vist at det finnes mye ny kunnskap om betydningen av beite på naturbeitemark for klimaendring når det gjelder sammenhengen mellom beite, jordtype, albedo og biologisk mangfold. Mer kunnskap for norske miljøforhold er imidlertid nødvendig for å utforme tiltak for å styrke lagring av karbon og metan i naturbeitemark, og for å kunne vurdere betydningen av albedo. Tiltak for karbonlagring gjennom beite på naturbeitemark vil kunne gi viktige synergieffekter fordi beiting på naturbeitemark også bidrar til å ta vare på biologisk mangfold og styrke grunnlaget for andre økosystemtjenester (Garnåsjordet mfl., 2019, under utgivelse).

En stor utfordring er å beregne potensialet for lagring av karbon i naturbeitemark og utmarksbeite ved ulike former for beiteorganisering, på ulike deler av beitearealet, og sett i sammenheng med ulike politiske målsettinger, som bevaring av biologisk mangfold og økonomisk utvikling i Distrikts-Norge, samt behovet for økt selvforsyningsgrad av jordbruksvarer.

Litteratur

- Allard, V., Soussana, J-F, Falcimagne, R., Berbigier, P., Bonnefond, J.M., Ceschia, E., D'Hour, P., Henhault, C., Laville, P., Martin, C., & Pinarès-Patino, C. (2007): *The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget (CO₂, N₂O and CH₄) of semi-natural grassland*. *Agriculture Ecosystems & Environment* 121 (2007) 47-58.
- Averill, C., B. L. Turner and A.C. Finzi. 2014. Mycorrhiza-mediated competition between plants and decomposers drives soil carbon storage. *Nature* 505: 543-545.
- Bonan, G. B. 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 13 Jun 2008: 320, 5882, 1444-1449. DOI: 10.1126/science.1155121
- Bratli, H., Jordal, J-B., Norderhaug, A., Svalheim, E. 2012. Naturfaglig grunnlag for handlingsplan naturbeitemark og hagemark. Bioforsk Rapport 193/2012.
- Bright, R. M., T. Majasalmi, S. Eisner, G. Myhre and R. Astrup (2018). "Inferring Surface Albedo Prediction Error Linked to Forest Structure at High Latitudes". *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* <https://doi.org/10.1029/2018JD028293>.
- Bright, R. M., E. Davin, T. O'Halloran, J. Pongratz, K. Zhao and A. Cescatti (2017). "Local temperature response to land cover and management change driven by non-radiative processes." *Nature Clim. Change* 7(4): 296-302.
- Bright, R. M., W. Bogren, P. Y. Bernier and R. Astrup (2016). "Carbon equivalent metrics for albedo changes in land management contexts: Relevance of the time dimension." *Ecological Applications* 26(6): 1868-1880.
- Bunger, A., Hillestad, M.E. & Smedshaug, C.A. (2018): *Småfenæringen største sektor i norsk jordbruk*. Rapport 5-2018. AgriAnalyse. Oslo
- Cantarello, E., Newton, A.C. & Hill, R.A (2010): *Potential effects of future land-use change on regional carbon stocks in UK*. *Environmental Science Policy* 14 (2011) 40-52.
- Ciais, P., Soussana, J.F, Vuichard, N., Luysaert, S., Don, A., Janssens, I.A., Piao, S.L., Dechow, R., Lathière, J., Maignan, F., Wattenbach, M., Smith, P., Ammann, C., Freibauer, A., Schultze, E.D., and the CARBOEUROPE Synthesis Team (2010): *The greenhouse gas balance of European grasslands*. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 5997-60250.
- Chang, J., Ciais, Ph., Viovy, N., Vuichard, N., Sulatan, G. & Soussana, J-F. (2015): *The greenhouse gas balance of European grasslands*. *Global Change Biology* (2015), doi:10.1111/gcb.12998
- Chen, W., Wolf, B., Zheng, X., Yao, Z., Butterbach-Bal, K., Brüggerman, N., Liu, C., Han, S. & Han, X. (2011): *Annual methane uptake by temperate semiarid steppes as regulated by stocking rates, above ground plant biomass and topsoil air permeability*. *Glob. Change Biol.*, 17, 2803-2816.
- Dahlberg, A., Emanuelsson, U. og Norderhaug, A. 2013. *Kulturmark og klima – en kunnskapsoversikt*.
- DN utredning 7-2013. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.
- Damien, H., Vassal, N., Louault, F., Alvarez, G., Pottier, J., Picon-Cochard, C., Bosio, I. & Carrier, P. (2015): *How does soil particulate organic carbon respond to grazing intensity in permanent grasslands?* *Plant soil* (2015) 394:239-255
- Dengler, J., M. Janišová, P. Török, C. Wellstein. (2014). Biodiversity of Palaeartic grasslands: a

- synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1-14.
- Dumont, B., Thorhallsdottir, A.G., Farrugia, A., & Norderhaug A. (2013): *Livestock grazing and biodiversity in semi-natural grasslands*. *Grassland Science in Europe* 18: 314-326.
- Edwards, E., Osborne, C. P., Strømberg, C.A.E. & Smith S.A. (2012). *The Origins of C4 Grasslands: Integrating Evolutionary and Ecosystem Science*. *Science* 328: 587-591.
- EIP-AGRI Focus Group (2018). Grazing for carbon. The European Innovation Partnership for Agricultural productivity and Sustainability (EIP-AGRI).
- Framstad, E. (red.) (2015). Naturindeks for Norge 2015. Miljødirektoratet.
- Garnåsjordet, P.A., I. Aslaksen and project partners: Trade-offs between climate policy and biodiversity: A framework for evaluating ecosystem services from semi-natural cultural landscape and climate forest. *Artikkel fra CLIMATE-LAND under ferdigstilling for publisering*. 2019.
- Gao, X., Thomas, B.W., Beck, R., Thompson, D.J., Zhao, M., Willms, W.D. & Hao, X. (2018). *Long-term grazing alters soil trace gas fluxes from grasslands in the foothills of the Rocky Mountains, Canada*. *Land Degrad. Develop.* 29: 292–302
- Jacinthe P.A. & A Dick, W.A., Lal, R., Shrestha, R. K. & Bilen S. (2014). *Effects of no-till duration on the methane oxidation capacity of Alfisols*. *Biol Fertil Soils* 50:477–486
- Karltun, E. mfl., (2010). Inlagring av kol i betesmark. Jordbruksverket. Rapport 2010:25.
- Klima- og miljødepartementet (2017): Meld.St.41 2016-2017 *Klimastrategi for 2030. Norsk omstilling i europeisk samarbeid*. Oslo
- Koncz, P., Pintér, K., Balogh, J., Papp, M., Hidy, D., Csintalan, Z., Molnár, E., Szanisló, A., Kampfl, G., Horváth, L. & Nagy, Z. (2017): *Extensive grazing in contrast to mowing is climate-friendly based on the farm-scale greenhouse gas balance*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 240 (2017) 121-134.
- KSLA (2017): Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien; *Det gäckande metanet*. KSLA Nytt & Noterad, Nr 2-2017, s. 4-8.
- Landbruks- og Matdepartementet (LMD) (2016): *Meld.St.11 2016-2017 Endring og utvikling. En fremtidsrettet jordbruksproduksjon*. Oslo
- Landbruks- og Matdepartementet (2016): *Landbruk og klimaendringer. Rapport fra arbeidsgruppe*. Oslo
- Leff mfl., (2015): *Consistent responses of soil microbial communities to elevated nutrient inputs in grasslands across the globe*. *PNAS*, 112 (35), 10967–10972.
- Liu, J., Chen, H., Yang, X., Gong, Y., Zheng, X., Fan, M. & Kuzyakov, Y. (2017). *Annual methane uptake from different land uses in an agro-pastoral ecotone of northern China*. *Agricultural and Forest Meteorology* 236 67–77
- Miljødirektoratet (2018): Miljødirektoratet Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report. Norges utslippsrapportering av klimagasser for perioden 1990-2016 til FN. Miljødirektoratet.
- Mosier, A., D. Schimel, D. Valentine, K. Bronson & W. Parton. (1991): *Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands*. *Nature*, 350, 28 March 1991
- Nedkvitne, J., Garmo, T.H., & Staaland, H. (1995): *Beitedyr i kulturlandskap*. Landbruksforlaget. Oslo
- Norderhaug, A. mfl., (2010). Åpent lavland. Kapittel 5 I Nybø, S. (red). «Naturindeks for Norge 2010». DN-utredning 3-2010. Direktoratet for naturforvaltning.
- Norderhaug, A., Austad, I., Hauge, L. og Kvamme, M. (1999): *Skjøtselshandboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker*. Landbruksforlaget.

- NOU 2018 :17: Klimarisiko og norsk økonomi. Finansdepartementet. Oslo
- Pehrson, I., Paulstre, HB. & Holm mfl. (2001): *Bete och Betesdjur*. Jordbruksverket. Jönköping
- Nybø, S. (red.) 2010. Naturindeks for Norge (2010). Direktoratet for naturforvaltning.
- Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B, Oleksyn, J., Poor, P.- & Mommer, L. (2012): *Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control*. *New Phytologist* (2012) 193: 30-50
- Rekdal, Y. (2014a): Meir mat frå utmark. *Seterbrukaran* 2014/2, 6-7.
- Rekdal, Y. (2014 b): *Utmarksbeiteressursar i Noreg*. Notat til AgriAnalyse. Norsk inst. for skog og landskap Ås 12.06.2014
- Royal Society (2001): *The role of land carbon sinks in mitigation global climate change*. Policy Document, s 3, London.
- Røhnebæk, P.G., & Engedal, M.I.A. (2018): *Klimagassutslipp ned 1,6 prosent*. Artikkel. 11.12.2018. SSB.
- SSB (2019): Variabeldefinisjon for jordbruksareal. Hentet 14.1.19 fra <https://www.ssb.no/a/metadata/conceptvariable/vardok/1236/nb>
- Serikstad, G.L., Pommeresche, R., McKinnon, K.&Hansen, S. (2018): *Karbon i jord – kilder, handtering, omdanning*. NORSØK RAPPORT, VOL.3 NR 9 2018. Tingvoll.
- Six, J., Frey, SD., Thiet, RK & Batten K.M., (2006). Bacterial and Fungal Contributions to Carbon Sequestration in Agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:555–569.
- Soussana, J-F.& Lüscher, A. (2007): *Temperate grasslands and global atmospheric change: a review*. Review Article. *Grass and Forage Science*, 62, 127-134.
- Soussana, J.F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, mfl., (2007a): *Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121121–134
- Soussana, J-F, & Lemaire, G. (2014): *Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190 (2014) 9-17.
- SSB (2018): Tabell 11583: *Jordbruksbedrifter, etter år, region, statistikkvariabel og husdyrslag*
- Swanson, S., Wyman, S& Evans, C. (2015): *Practical Grazing Management to Maintain or Restore Riparian Functions and Values on Rangelands*. *Journal of Rangeland applications*. Vol. 2, pp.1-28.
- Sørensen, M.V., R. Strimbeck, K. O. Nystuen, R.E. Kapas, B.J Enquist, B.J Graae, (2018). *Draining the pool? Carbon storage and fluxes in three alpine plant communities*. *Ecosystems* 21, 316-330.
- Teague, R., Provenza, F., Kreuter, U., Steffens, T. & Barnes, M. (2013): *Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience?* *Journal of Environmental Management* 128 (2013) 699-717.
- Teague W.R., Apfelbaum S., Lal R., Kreuter U.P., Rowntree J., Davies C.A., Conser R., Rasmussen M., Hatfield J., Wang T., Wang F., and Byck P. (2016). *The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America*. *Journal of Soil and Water Conservation* 71(2): 156-164.
- Thorhallsdottir, A.G., A. Norderhaug, P. Kardol, K. Clemmensen and I. Aslaksen (pågående): *Semi-natural grasslands – are they important for climate change? A literature review. Artikkel fra CLIMATE-LAND under ferdigstilling for publisering, 2019.*
- Thorhallsdottir, A.G. and J. Gudmundsson (pågående): *Carbon flux and storage in relation to grazing*

regime in semi-natural grasslands: a pilot study. *Artikkel fra CLIMATE-LAND under ferdigstilling for publisering, 2019.*

Ward, S.E, Smart, S.M., Quirk, H., Tallowin, J.R.B., Mortimer, S.R., Shiel, R.S., Wilby, W. & Bardgett, R.D. (2016): *Legacy effects of grassland management on soil carbon to depth.* *Global Change Biology* (2016) 22, 2929-2938, doi: 10.1111/gcb.13246

Utgivelser 2019

Rapport 1–2019: Eksportsatsing i norsk jordbruk

Rapport 2–2019: Kornhøsting i våtere klima

Rapport 3–2019: Stort volum, usikker inntjening. Gjeld og jordbruk i Danmark.

Rapport 4–2019: Ammeku – rask vekst , ujevn fordeling

Utgivelser 2018

Rapport 1–2018: Sveitsisk jordbrukspolitikk
- matforsyning og fellesgoder likestilt

Rapport 2–2018: Korn og konjunktur

Rapport 3–2018: Rikere og renere - ny industri for velferdsstaten

Rapport 4–2018: EUs landbrukspolitikk – ordninger for grønt-næringen

Rapport 5–2018: Småfenæringen - største sektoren i norsk jordbruk

Rapport 6–2018: Frihandelsavtaler og norsk landbruk
Stadig flere avtaler–MERCOSUR neste?

Rapport 7–2018: Utviklingen i jordbruket i Finnmark

Notat 1–2018: Villsvin – problem for mange, nytte for få



Hollendergata 5.
Pb. 9347 Grønland
N-0135 OSLO
E-post: post@agrianalyse.no
Web: <http://www.agrianalyse.no>

ISSN 1894-1192

