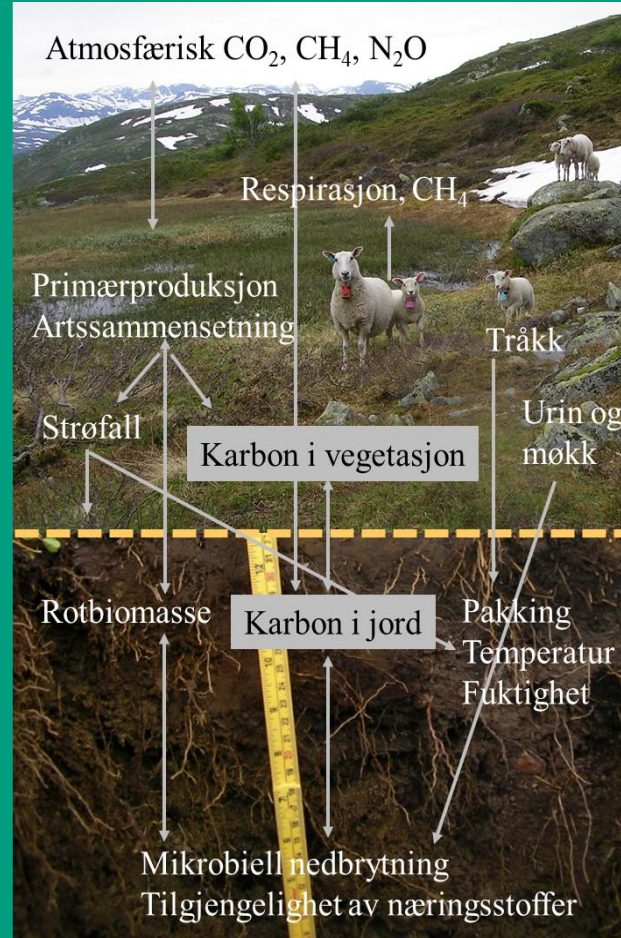
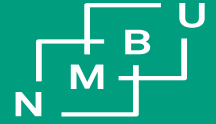


Utmarksbeite, klima og jordkarbon





Bakgrunn - jord

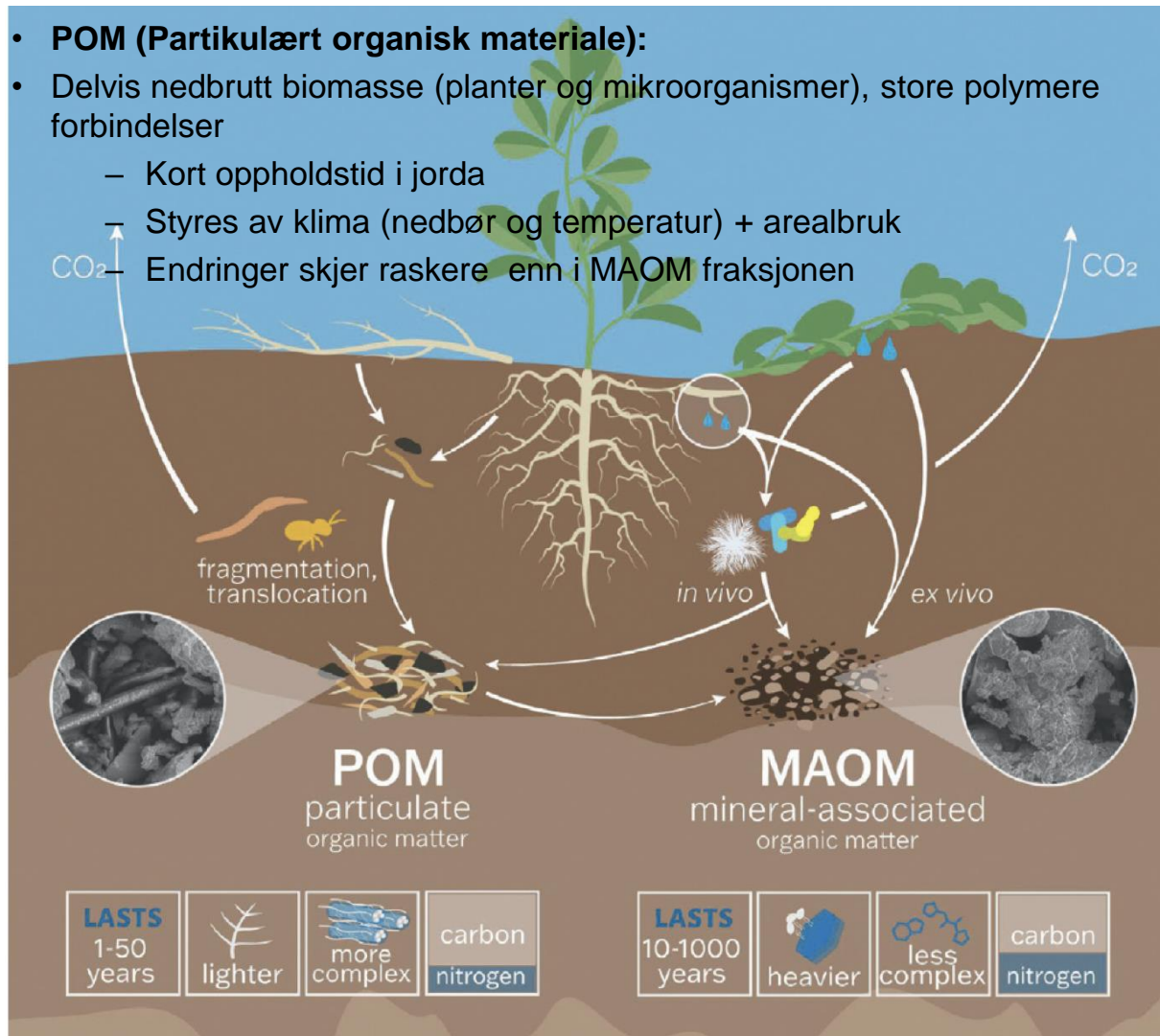
- Matproduksjonen må økes, samtidig som utslipp av klimagasser reduseres (IPCC, 2014; FAO,2009)
- Jord har det største terrestriske lageret av organisk karbon (SOC, Scharlemann et al., 2014)
- Jordas karboninnhold styres av temperatur, nedbør, opphavsmateriale og biomasseproduksjon i tillegg til endringer i klima og arealbruk (Post et al., 1982; Taboada et al., 2011)
- Jord er viktig for å kunne binde, men også frigi klimagasser
- Jord og jordprosesser må tas med når man ser på tiltak for å redusere utslipp jord- og skogbruk



Organisk materiale i jord



- **POM (Partikulært organisk materiale):**
- Delvis nedbrutt biomasse (planter og mikroorganismer), store polymere forbindelser
 - Kort oppholdstid i jorda
 - Styres av klima (nedbør og temperatur) + arealbruk
 - Endringer skjer raskere enn i MAOM fraksjonen



MAOM (mineral assosiert organisk materiale):

- Monomere, små molekyler fra planteekskudater (røtter) eller etter mikrobiell assimilasjon (mikrobiell nekromasse) som bindes til mineraloverflater i jorda.
 - Styres av klima og arealbruk, men edafiske forhold (f.eks. innhold av leire) og tilgjengelighet av nitrogen viktigere enn for POM
 - Lang oppholdstid i jorda (binding til mineraler og fysisk beskyttelse i aggregater)
 - Lavt C:N forhold (stort bidrag fra mikrobiell biomasse + gammelt materiale)
 - Bidrar til langtidskarbonlagring

- Bai, Y., and M. F. Cotrufo. 2022. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science* 377:603-608.
- Cotrufo, M. F., and J. M. Lavallee. 2022. Chapter One - Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. Pages 1-66 in D. L. Sparks, editor. *Advances in Agronomy*. Academic Press.

Beiting og karbon

- Husdyrhold har lange tradisjoner i Norge (Vangen et al., 2007) og bruk av utmark til beite er en viktig økologisk faktor i norsk landbruk (Austrheim et al., 2008)
- ~45% av landarealet i Norge er i kategoriene godt eller svært godt utmarksbeite (Rekdal og Angeloff, 2021)
- Stor variasjon i målte karbonlagre i åpen fastmark og skog (Speed et al. 2014; Martinsen, 2011; Strand et al. 2008; Devos et al, 2023; Strand et al. 2016): 20-300 t/ha
- Hvordan påvirker beitedyr karbonomsetning og karbonlagring i disse systemene?



-Speed JM, Martinsen V, Myrsterud A, Mulder J, Holand Ø, Austrheim G. Long-Term Increase in Aboveground Carbon Stocks Following Exclusion of Grazers and Forest Establishment in an Alpine Ecosystem. *Ecosystems* 2014; 1: 1-13.
-Martinsen V, Mulder J, Austrheim G, Myrsterud A. Carbon storage in low-alpine grassland soils: effects of different grazing intensities of sheep. *Eur. J. Soil Sci.* 2011; 62: 822-833.
-Strand LT, Haaland S, Kaste O, Stuaes AO. Natural variability in soil and runoff from small headwater catchments at Storgama, Norway. *Ambio* 2008; 37: 18-28.
-Devos C-C, Ohlson M, Nasset E, Klønderud K, Bollandsås O-M. 2023. Tree biomass does not correlate with soil carbon stocks in forest-tundra ecotones along a 1100 km latitudinal gradient in Norway. *Ecography* 2023(11), e06893.
-Strand LT, Callesen J, Dalsgaard L, de Wit HA. Carbon and nitrogen stocks in Norwegian forest soils – the importance of soil formation, climate and vegetation type for organic matter accumulation. *Canadian Journal of Forest Research* 2016.

Effekter av beiting på økosystem og klima



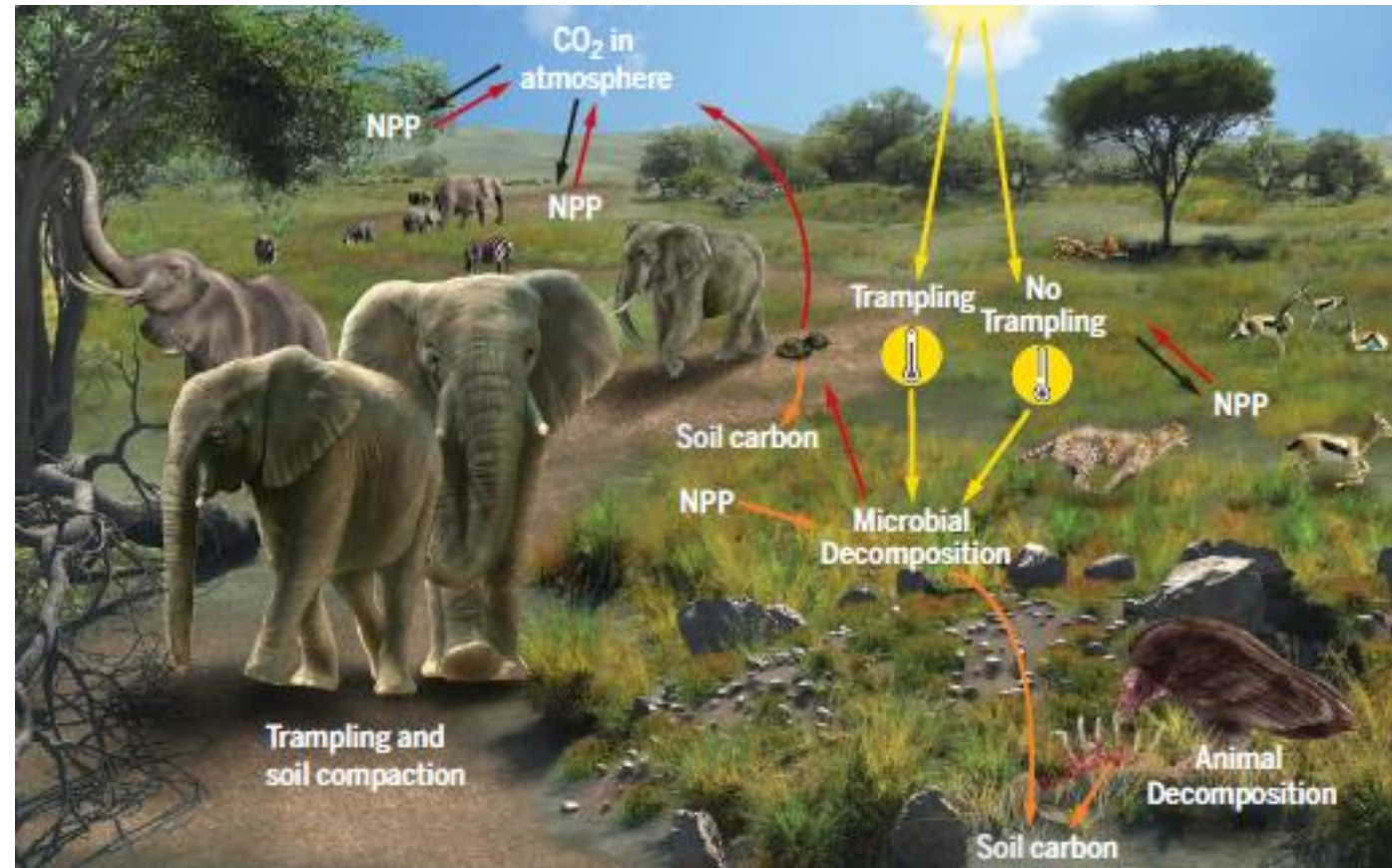
Δ CO₂-opptak

Δ CO₂-utslipp

Δ biomasse

Δ jordpakking \rightarrow Δ temperatur

Δ kvalitet av organisk materiale

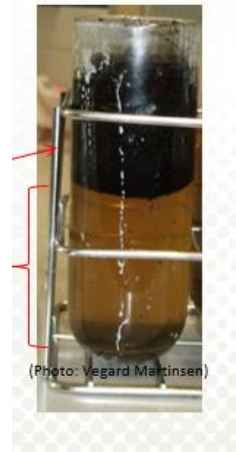


O. J. Schmitz *et al.*, Animals and the zoogeochemistry of the carbon cycle. *Science* **362**, eaar3213 (2018).

Endring i jordkarbon etter 7 år med ulikt beitetrykk

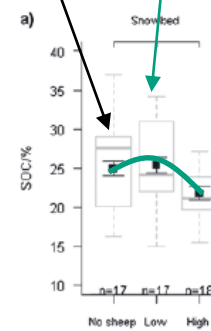


- Mengde og kvalitet av organisk materiale i jord er påvirket av sauetetthet.
- Man kan både få kjøtt og øke karboninnhold i jorda ved moderat beiting!

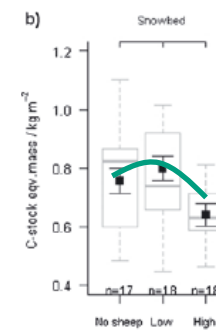


Ingen sau; Lav tetthet; Høy tetthet;
0 sau /km² 25 sau/km² 80 sau/km²

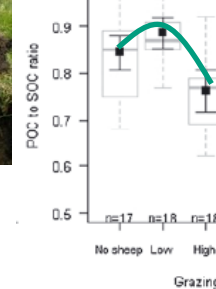
Karbonprosent i O-sjikt



Karbonlager i O-sjikt



POC:SOC forhold i O-sjikt



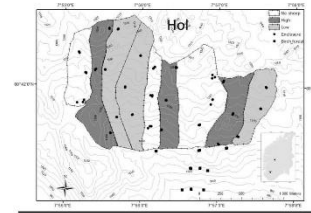
POC = Particulate organic carbon
SOC = Soil organic carbon (total)

NB! POC er «lettomsattelig» organisk materiale

Lav tetthet: Økte lammevekter, mer biomasseproduksjon!

-Martinsen, V., Mulder, J., Austrheim, G., Myrsterud, A., 2011. Carbon storage in low-alpine grassland soils: effects of different grazing intensities of sheep. European Journal of Soil Science 62, 822-833.

-Austrheim, G., J. D. M. Speed, M. Evju, A. Hester, Ø. Holand, L. E. Loe, V. Martinsen, R. Mobæk, J. Mulder, H. Steen, D. B. A. Thompson, and A. Myrsterud. 2016. Synergies and trade-offs between ecosystem services in an alpine ecosystem grazed by sheep—an experimental approach. Basic and Applied Ecology.



- Speed et al., 2015. Continuous and discontinuous variation in ecosystem carbon stocks with elevation across a treeline ecotone. *Biogeosciences* 12, 1615-1627.
- Sørensen, M. V., R. Strimbeck, K. O. Nystuen, R. E. Kapas, B. J. Enquist, and B. J. Graae. 2018. Draining the Pool? Carbon Storage and Fluxes in Three Alpine Plant Communities. *Ecosystems* 21:316-330.
- Strand, L. T., W. Fjellstad, L. Jackson-Blake, and H. A. De Wit. 2021. Afforestation of a pasture in Norway did not result in higher soil carbon, 50 years after planting. *Landscape and Urban Planning* 207:104007.
- Salisbury, J., Hu, X., Speed, J.D.M., Iordan, C.M., Austrheim, G., Cherubini, F. 2023. Net Climate Effects of Moose Browsing in Early Successional Boreal Forests by Integrating Carbon and Albedo Dynamics. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 128(3), e2022JG007279.



Gjengroing – usikker påvirkning på karbon og klima

- Speed et al. (2015) langs en høydegradient i Hol: Gjengroing som følge av endret arealbruk medfører at karbonlager flyttes fra jord til vegetasjon – ingen endring i totale karbonlagre
- Sørensen et al (2018) fra Dovrefjell: Større totale karbonlagre i eng- og lynchheisamfunn sammenlignet med risheisamfunn, først og fremst på grunn av lavere SOC i rishei (henholdsvis ~76, 107 og 50 tonn ha⁻¹ under lynchhei, eng og rishei)
- Reduksjon i SOC grunnet gjengroing også rapportert fra Abisko (Parker et al., 2015)
- Ingen forskjeller i SOC mellom beite (~85 tonn ha⁻¹) og skog (~71 tonn ha⁻¹) 50 år etter skogplanting med gran (Strand et al, 2021)
- Elgbeite på hogstflater (11 år med data): Elgbeite reduserer biomasse (mindre karbon, «oppvaring») men øker albedo (økt refleksjon, «kjøling») (Salisbury et al., 2023)

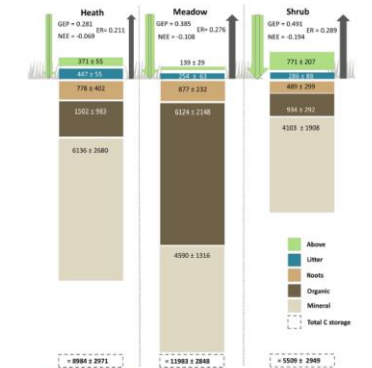
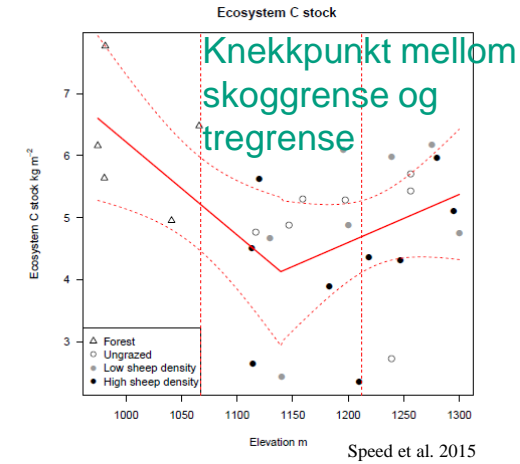
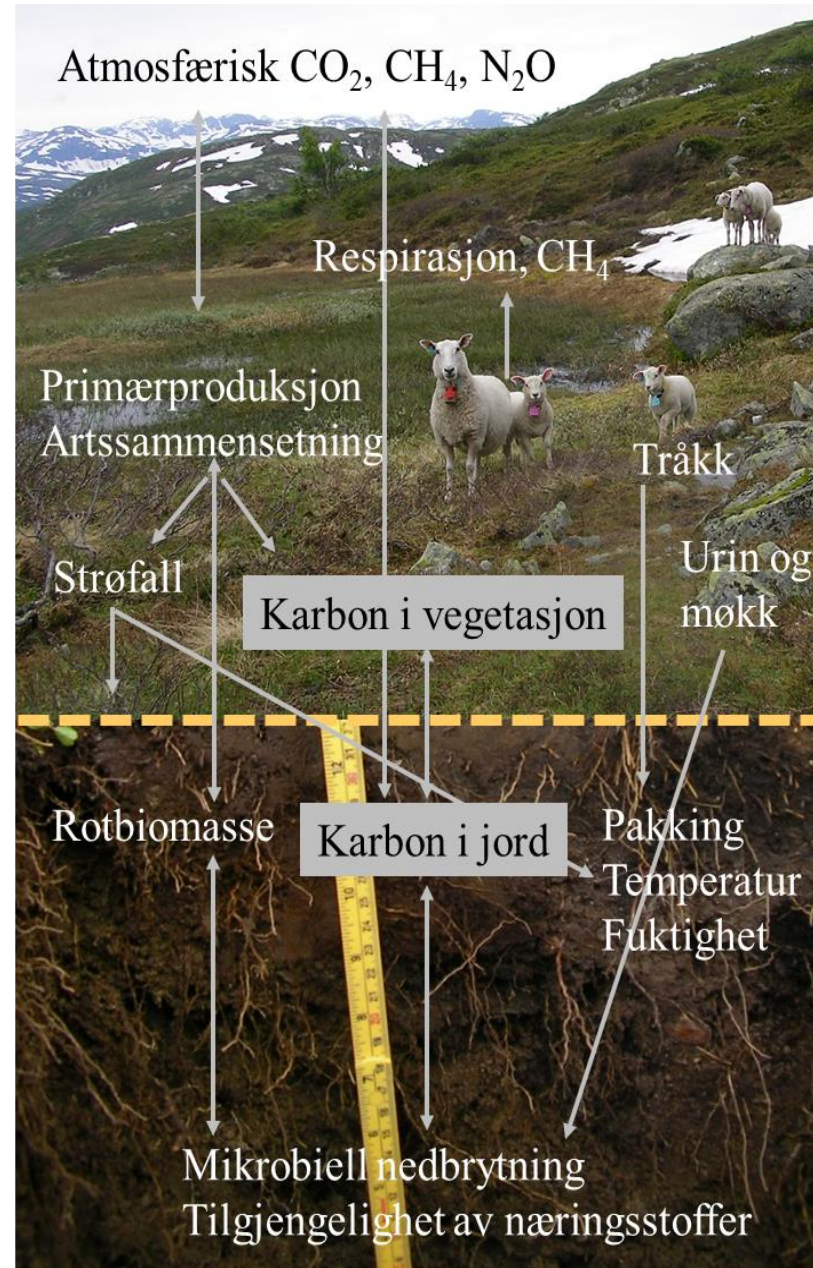


Figure 2. Carbon budgets including C pools from 2015 and estimates of C fluxes based on data from 2014 and 2015. GPP: gross ecosystem photosynthesis, REE: ecosystem respiration, NEE: net ecosystem exchange in an alpine tundra heath, meadow and tall-shrub plant communities in Inre Moen, Central Norway. The number in each box is mean C pool \pm SD (g C m⁻²) (n = 6), and the area of each box is proportional to its compartment size. Arrows correspond to GPP (green), NEE (transparent arrow within GPP), and REE (grey). Values next to arrows indicate gross ecosystem daytime fluxes (g C m⁻² h⁻¹), and the width of the arrows is proportional to its flux size.

Sørensen et al. 2018

Beite oppsummert

- Beite påvirker klima og miljø
 - Δ Biomangfold
 - Δ Biomasse
 - Δ Albedo
 - Δ Labilitet og mengde av karbon
 - Δ Klimagasser
- Avhengig av tetthet, klima, jordsmonn



Animal health and pasture carbon dynamics in sustainability assessment of ruminant production systems (SUSCOW) – Kompetanse og samarbeidsprosjekt 2021-2025

Finansiering:

80% fra Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri (FFL/JA)

20 % + egeninnsats fra Tine, Nortura, Animalia, TYR, Geno

(samlet budsjett: 14 mill.)

Partnere: NMBU (BIOVIT, VET, MINA), NIBIO, NTNU, SLU, Queen's University (Belfast), TINE, Nortura, Animalia, TYR, Geno, Landbrukets Klimaselskap



Prosjektansvarlig: IHA/Biovit, NMBU

Prosjektleder: Laila Aass

Styringsgruppe: G. Steine (IHA), L. Aass (IHA), Håvard Nørstebø (TINE), C. A. Hultmann (Nortura), P.S. Lien (TYR), O. Nafstad (Animalia), H.M. Tajet (Geno; stedfortreder Bjørg H.)

Arbeidsgruppe: Laila Aass, Bente A. Åby, IHA); Ane Nødtvedt, I. H. Holmøy ProdMed/VET; Vegard Martinsen, George Furey, Line Tau Strand, MINA; Anne Kjersti Bakken, Anne-Grete R. Hjelkrem NIBIO; Gunnar Austrheim, NTNU;

Utvidet arbeidsgruppe: Tone Roalkvam, Håvard Nørstebø, TINE; Per Berg, O. A. Fjeldberg og E. Klufften, Nortura; Bjørg Heringstad, Geno; Siri Furre, TYR, S. Bjørnholt, Animalia; K.G. Bergsholm, Landbrukets klimaselskap

Internasjonale partnere: Anna Hessle (SLU), Paula Reimer og Maarten Blaauw, (Queen's Univ. Belfast)

Bakgrunn - SUSCOW

- Ca 9.5% av utslippene av klimagasser i Norge kommer fra jordbruket (miljøstatus.no)
- Tiltak trengs for å redusere utklipp fra husdyrproduksjon
- Forskningsbehov innen klima og bærekraft
 - Primært relatert til Holos- modellen for melk/kjøtt og klimakalkulatoren
 - Ønske om å jobbe videre med
 - helseegenskaper inn i Holos-modellene for storfe
 - karbonbinding i langvarig eng og beite
 - todelt prosjekt: Helse og karbonlagring





- **WP1 (2021-2023) Datanalyser av helse og produksjon – modeller og utslipp**
 - Data fra Kukontrollen og Storfekjøttkontrollen
 - **Utvikling av modeller som beskriver sammenheng mellom helseegenskaper og produksjon av melk/kjøtt på individ- og besetningsnivå**
- **WP2 (2023-2024) Videreutvikling av Holos-modeller helse, årsaker til tap av dyr**
 - **Oppgradere HolosNor og HolosNorBeef med modellene fra WP1 og synliggjøre betydningen av god helse for klimagassutslipp på gårdsnivået**
 - Data fra gårdene (ca. 15) i Geno sitt «metan-prosjekt» som kobler daglig CH₄ med helsehendelser på individnivå.

Nylig avlagt PhD-avhandling: »For øyeblikket kan vi bare forklare en del av variasjonen i SOC-lagrene, og vi er ennå ikke i stand til å kartlegge SOC-lagre nøyaktig gjennom analyse av fjernmålte data» (Devos, 2023)



SUSCOW - Karbonlagring

- Verktøy trengs for å beregne effekter av ulik arealbruk (inkludert beiting) på karbonbinding og karbondynamikk i jord
- **Kartlegging av karboninnhold i jord er utfordrende grunnet store usikkerheter nyttet til estimering av karboninnhold i jord med verktøy som brukes i dag**
 - Fjernmåling (Devos, 2023)
 - IPCC sine retningslinjer: Tier 1 og nasjonal arealinformasjon (Bárcena et al. 2021)
 - The introductory carbon balance model (ICBM; Andrén et al. 2004)



-Claire Céline Devos, 2023. Soil carbon storage in the forest-tundra ecotone : insights from field- and remotely sensed data. PhD Thesis 2023:84.
-Bárcena et al., 2021. A Tier 1 methodology for estimating changes in soil organic carbon after land use change on mineral soil. Nibio report 7(49).
-Andrén, O. et al. 2004. ICBM regional model for estimation of dynamics of agricultural soil C pools. Nutr Cycl Agroecosys 70, 231-239.

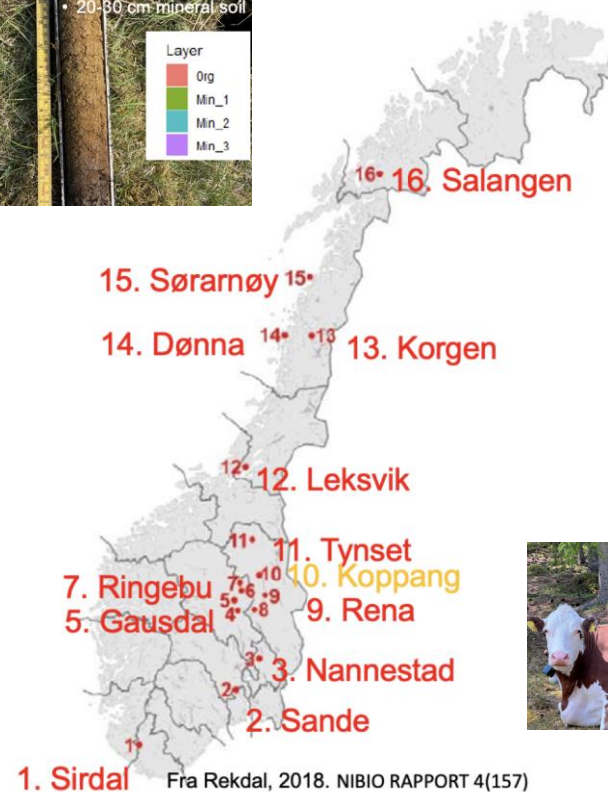
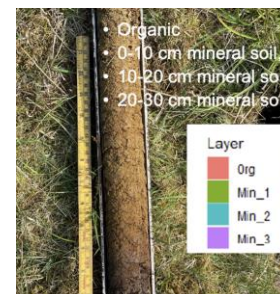


SUSCOW - Karbonlagring

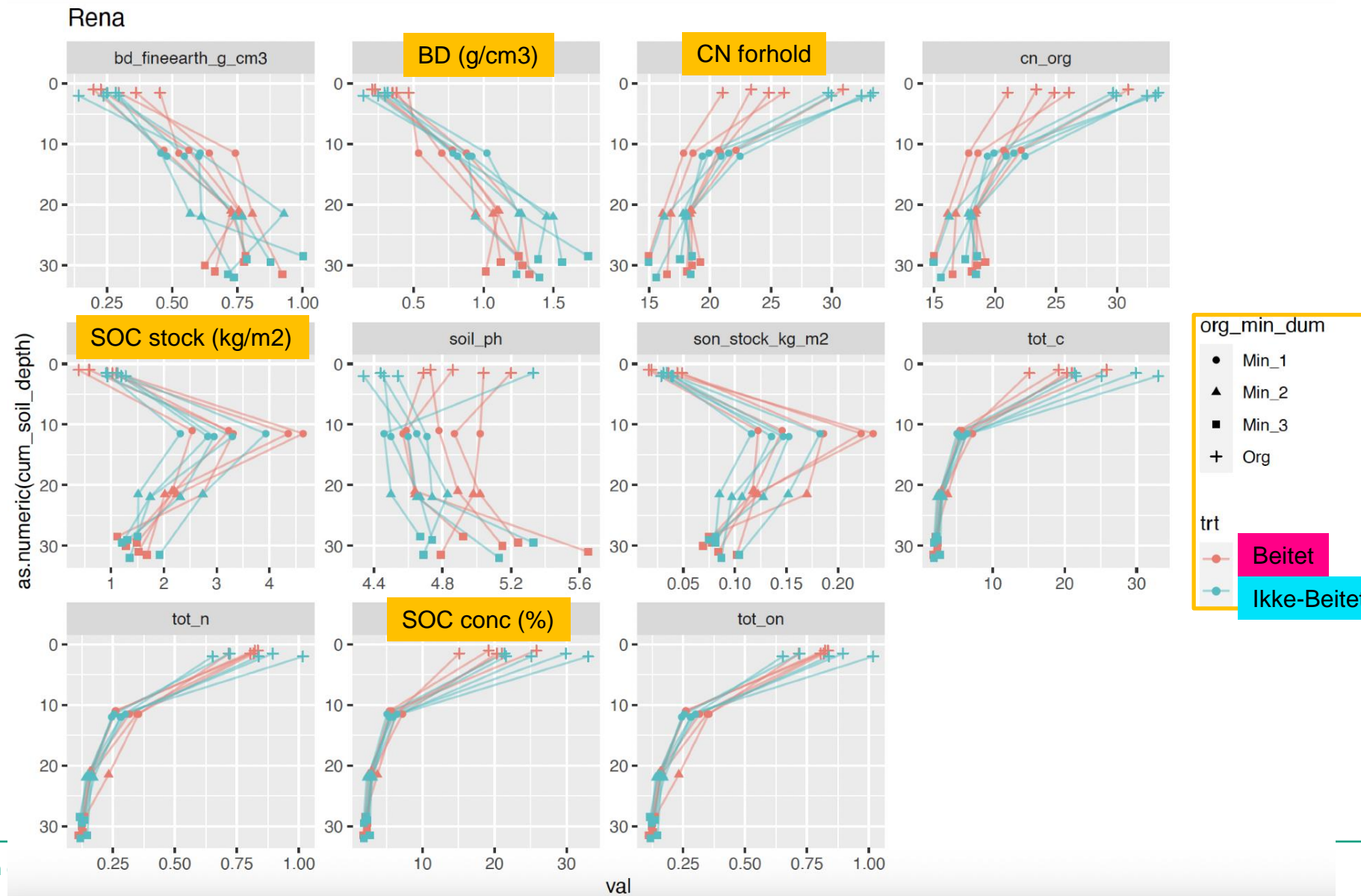
- HolosNor og LSA modeller for kombinert melke- og k ttproduksjon (Bonesmo et al. 2013; Bakken et al 2017) og HolosNorBeef modellen for ammekuproduksjon (Samsonstuen et al. 2019) inkluderer jordkarbon.
- The introductory carbon balance model (ICBM; Andrén et al. 2004) blir brukt som en del-modell hvor jord og værdata er beregnet i henhold til Skjelvåg et al. (2012)
 - Temperatur, fukt, WFPS, nedbrytningskonstanter, humifiseringskonstanter, input og output til “old” og “young” soil pools
 - Dyrkede systemer
- **Modellen mangler kalibrering for utmark grunnet mangel på data og gir alltid tap av karbon grunnet høye karbonverdier i norsk jordsmonn** (Samsonstuen et al. 2019; 2020)

SUSCOW – Karbonlagring - WPs

- **WP3.1: Feltforsøk på 13 gårder med utmarksbeiting:**
 - Kvantifisere karbonlagre (utvalgte gårder: beita og ikke-beita områder, samt nitrogen og fosfor).
- **WP3.2: Se på karbonlagringspotensialet ved utmarksbeiting på utvalgte plasser:**
 - 14C datering, fraksjonering, HWEC, mineralogi og tekstur
 - Estimering av biomasseproduksjon og artssammensetning
 - Få bedre mekanistisk forståelse av prosesser som styrer karbondynamikk

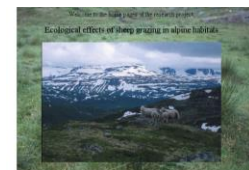


Jordprofiler Rena (eks)



SUSCOW – Karbonlagring - WPs

- **WP4: Langtidseffekter av sauebeiting (Setesdal; med NTNU)**
 - Sammenhenger mellom biodiversitet, biomasseproduksjon, elementsammensetning, kvalitet og kvantitet av strø og karbonlagring
- **WP5: Oppdatering og forbedring av karbonmodell (ICBM):**
 - Bedre estimater for nedbrytningskonstanter, humifiseringskonstanter, input og output til “old” og “young” soil pools
 - Basert på data fra WP3-WP4



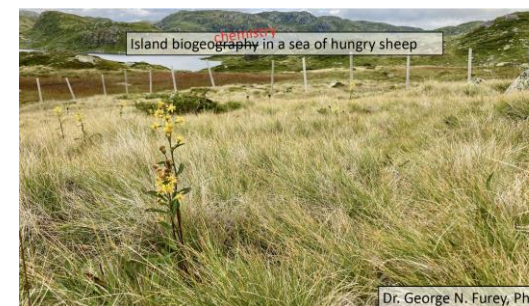
• What are the ecological effects of sheep grazing in alpine areas?

– Project leader: Prof. Arne Mysterud (AM), CEES, UiO
– Leader for botany: Dr. Gunnar Austrheim (GA) at VM, NTNU
– 2001-2011.

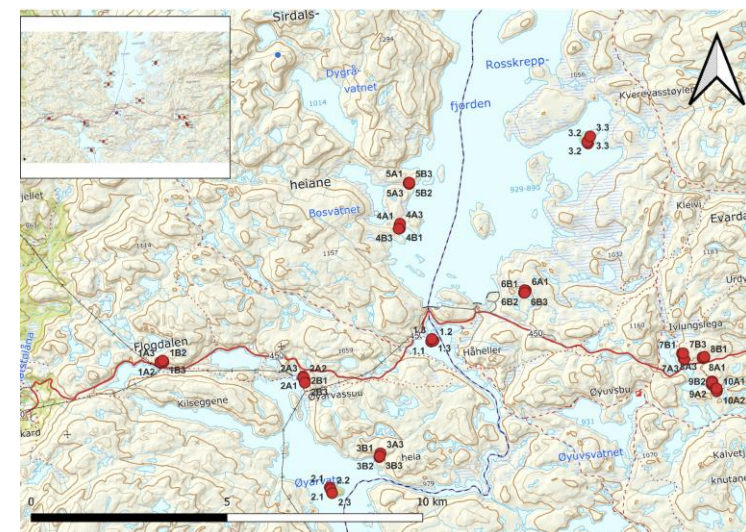


• Managing ecosystem services in low alpine cultural landscapes through livestock grazing (MANECO)

– Project leader: Dr. Gunnar Austrheim (GA), NTNU
– Sheep grazing and nutrient dynamics (WP1): Vidar Martinsen, Jan Mauder, Ed Tipping & Jens Lefkø
– 2012-2014



Dr. George N. Furey, PhD



Til slutt

- Det er generelt høyt innhold av SOC i norsk jordsmonn
- Vi trenger en bedre forståelse av prosesser som styrer karbonbinding for å kunne kartlegge effekter av beiting
 - Forbedre modeller (mange predikerer tap i dag)
 - Gi bedre anbefalinger
 - Fokus på å opprettholde SOC
- Vi trenger innspill fra næringa; hva ønsker dere at det forskes på?

vegard.martinsen@nmbu.no
line.strand@nmbu.no
george.neil.furey@nmbu.no

