



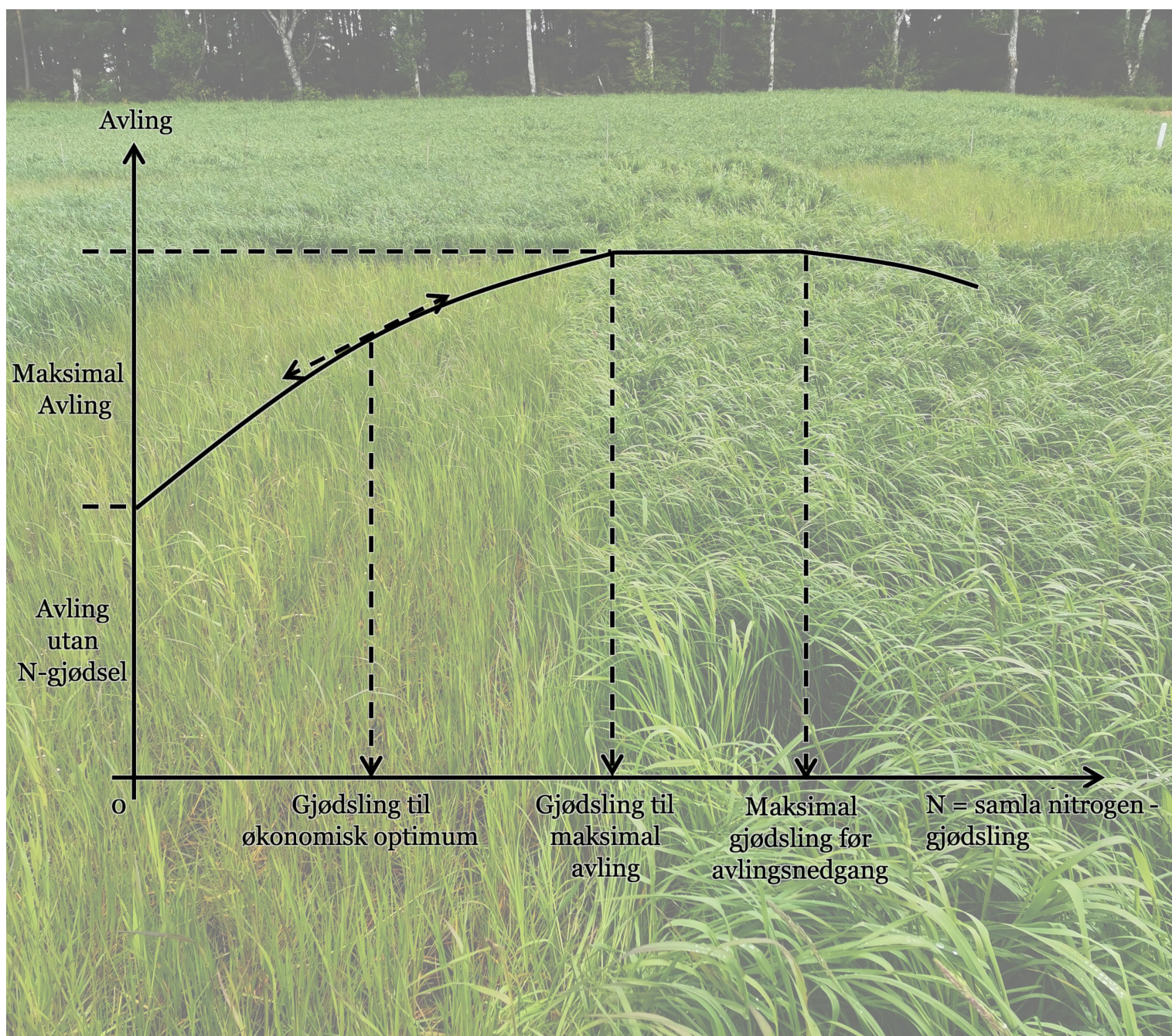
NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Kor mykje nitrogengjødsel skal enga ha?

Samanstilling av tidlegare forsøksresultat

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 105 | 2024



Håvard Steinshamn, Marit Jørgensen og Åsmund M. Kvifte
Divisjon for matproduksjon og samfunn, avdeling Fôr og husdyr

TITTEL/TITLE

Kor mykje nitrogengjødning skal eng ha? Samanstilling av tidlegare forsøksresultat

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Håvard Steinshamn, Marit Jørgensen og Åsmund M. Kvifte

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGE/AVAILABILITY:		PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
21.10.2024	10/105/2024	Open		1310001	24/01328
ISBN:		ISSN:		SIDETAL/ NO. OF PAGES:	VEDLEGGSTAL/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-03574-9		2464-1162		58	2

OPPDRAAGSGJEVAR/EMPLOYER:

KU-midlar

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Åsmund Mikalsen Kvifte

STIKKORD/KEYWORDS:

Eng, nitrogengjødning, avlingsrespons, råprotein

Grassland, Nitrogen fertilization, Yield response, crude protein

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Fôr og husdyr

Grassland and livestock

SAMANDRAG/SUMMARY:

Nitrogengjødning (N-gjødning) har sterk avlingsdrivande effekt i eng. I seinare tid har det vore ein diskusjon om gjødningsnormene til eng er for låge, blant anna fordi råproteininnhaldet i surfôr er lågt ut frå det ein meiner bør vera i fôrassjonen til mjølkeku. Data frå nyare forsøksseriar i eng, gjennomførte mellom 2004 og 2021, der N-gjødningsnivå var med som forsøksfaktor, vart stilt saman og analysert statistisk. Det var skild mellom forsøk med to og tre slåttar. Maksimal årsavling var ved 31,1 kg N/daa for eng slått tre gonger, men det var ingen sikker forskjell i årsavlinga med gjødning mellom 24 og 31,1 kg N/daa. Likeins var det maksimal avling ved 27 kg N/daa for eng slått to gonger årleg, men ingen sikker forskjell på årsavlinga med gjødning mellom 15 og 27 kg N/daa. For eng gjødsla med 10 kg N frå husdyrgjødsel i forsøksperioden og slått tre gonger årleg, var det ingen sikker forskjell i gjødning mellom 15 og 31,1 kg N/daa. Råprotein konsentrasjonen i årsavlinga endra seg lite med aukande N-gjødning ved nivå under 20 kg N/daa ved tre slåttar og 15 kg N/daa ved to slåttar årleg. Men når N-gjødning auka ut over det som gav maksimal avling, var det sikker auke i råprotein konsentrasjonen. Aukande N-gjødning auka fiberinnhaldet (NDF) i årsavlinga, men hadde liten effekt på energiverdien (FEm). Innhaldet av vassløselege karbohydrat minka med aukande N-gjødning. Nitrogenavlinga og N-balansen auka lineært med N-gjødninga.

Konklusjonen er at det ikkje er noko grunn til å endre N-gjødningsnormene i gjødningshandboka til NIBIO

**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY:	Noreg
FYLKE/COUNTY:	Vestland
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Fjaler
STAD/LOKALITET:	Fureneset

GODKJEND /APPROVED	PROSJEKTLEIER /PROJECT LEADER
Mats Höglind	Åsmund M. Kvifte
NAMN/NAME	NAMN/NAME

Føreord

Arbeidet er finansiert med kunnskapsutviklingsmidlar (KU-midlar) frå Landbruks- og matdepartementet under posten 'Tilpassa gjødsling for grovfôrvekstar' (internt prosjektnummer 1310001). Takk til Anne Kjersti Bakken for å hente fram og lagt til rette forsøksdata.

Særheim, 02.10.2024

Mats Höglind

English summary

Nitrogen (N) fertilisation has a strong yield-driving effect in temporary grasslands. Recently, there has been discussions in Norway about whether the fertilisation standards for grassland are too low, in part because the crude protein content of silage is reported to be low compared to what is believed to be necessary in the feed ration for dairy cows. Data from recent experimental series in grassland, conducted between 2004 and 2021, where N fertilisation level was included as an experimental factor, were compiled and analysed statistically. Two and three annual cuts were analysed separately. Maximum annual yield was at 311 kg N/ha for grasslands cut three times, but there was no significant difference in annual yield with fertilisation between 240 and 311 kg N/ha. For leys cut twice annually, maximum yield was at 270 kg N/ha, but there was no significant difference in annual yield with fertilisation between 150 and 270 kg N/ha. For grasslands fertilised with 100 kg N/ha of cattle manure and cut three times a year, there was no significant difference in yield between grassland fertilised with 150 kg N/ha and 311 kg N/ha. The crude protein concentration of the annual yield changed little with increasing N fertilisation at levels below 200 kg N/ha for three cuts and 150 kg N/ha for two cuts annually. However, when N fertilisation increased beyond the levels which provided maximum yield, there was a significant increase in crude protein content. Increasing N fertilisation increased the fibre content (NDF) in the crop but had little effect on the net energy value (FEm). The content of water-soluble carbohydrates decreased with increasing N fertilisation. Nitrogen yield and N balance increased linearly with N fertilisation.

The conclusion is that there is no reason to change the N fertilisation standards in the fertilisation manual of NIBIO.

Innhald

1	Innleiing	7
2	Materiale og metodar	9
2.1	Datatilfang	9
2.2	Statistisk analyse	10
3	Resultat	14
3.1	Avling	14
3.1.1	Tre slåttar per år	14
3.1.2	To slåttar per år	15
3.2	Råproteininnhald	16
3.3	Fôreiningskonsentrasjonen	18
3.4	Fiberinnhaldet	21
3.5	Råproteinavling og N-balanse	22
4	Drøfting	24
4.1	Tørrstoffavling	24
4.2	Råproteininnhald i avlinga og råproteinavling	28
4.3	Nitrogenbalanse	29
4.4	Fiberinnhald og energiverdi	29
5	Konklusjon	30
6	Referansar	31
7	Vedlegg	33
7.1	Forsøksseriar	33
7.1.1	«Meir og betre grovfôr» gras-raudkløverfelt	33
7.1.2	«Meir og betre grovfôr» Yarafelt	34
7.1.3	«FOREFF – Samansetting av arter for betre avling og avlingsstabilitet over år»	35
7.1.4	«FOREFF – N-stige»	36
7.1.5	«YARA N-stige med HG gjødsel»	37
7.1.6	«N-gjødsling til raudkløvereng»	38
7.1.7	«Omlaufsfeltet Fureneset»	39
7.1.8	«Impress»	40
7.2	Supplementstabellar	42

1 Innleiing

Dei siste åra har det vore debatt om vi gjødslar engene våre med nok nitrogen (N) (Borchsenius, 2021;Sikkeland, 2021;Volden, 2021;Livenengen, 2022;Skjold *mfl.*, 2022;Volden og Nossun, 2024). Kjernen i diskusjonen dreier seg om råproteininnhaldet i avlinga. Proteininnhaldet i surfôrprøver rapportert inn til NorFor-FAS (NorFor sitt fôranalyse system) har endra seg lite eller har gått ned (Skjold *mfl.* 2022). På grunn av høgare mjølkeyting og dermed behov for meir protein i fôrrasjonen, foreslår TINE å auke tilrådinga for råproteininnhald i surfôr frå intervallet 14-16 % til 15 – 18 % (Skjold *mfl.*, 2022). Vidare har dei i ei nyare finsk gransking funne betydeleg sterkare N-respons på avling i timoteieng enn i eldre forsøk, og dei konkluderer med at gjødslingstilrådinga kan aukast frå 25 til 30 kg N per daa og år (Termonen *mfl.*, 2020).

Ein stor del av råproteinet i gras finst som del av ulike enzym og i kloroplastane i dei grøne blada. Om lag 50 % av proteinet er i fotosynteseenzymet rubisko i kloroplasta (Whitehead, 2000).

Konsentrasjonen av protein og nitrogen (N) er høgst i bladplata og mykje lågare i bladslira og stengel (Whitehead, 2000). Mengd protein er difor særst påverka av blad-stengelforholdet i graset. Yngre bladdelar har høgare N-konsentrasjon enn eldre, og når grasplanten utviklar generative skot går råprotein-konsentrasjonen ned sidan det fører til eit lågare blad-stengelforholdet.

Gjødslinga er naudsynt både for råproteinet og for å få store avlingar, men ei for sterk gjødsling aukar faren for forureining utan at avlinga vert stort større eller meir næringsrik. Kolle og Oguz-Alper (2020) undersøkte gjødselbruken til eng i Noreg i 2018. Enga fekk i gjennomsnitt 18,3 kg N/daa, samla for husdyrgjødsel og mineralgjødsel. Mest fekk eng på mjølkebruk, med 23,2 kg N/daa i snitt. Eit slikt snitt-tal vil dekkja både stykke der bonden freistar å gjødsla for å få ut avlingspotensialet, og stykke som er meir ekstensivt drive og difor får mindre gjødsel. Spørsmålet er om dette er nok, for lite eller for mykje.

Det krevst forsøk for å finna samanhengen mellom N-gjødsling, avling og råproteininnhaldet i avlinga. Ein vanleg måte å undersøkje effekten gjødsel har på avling og avlingskvalitet er forsøk med stigande mengder av næringsstoffet ein ynskjer å undersøkje. Nitrogen er den viktigaste avlingsdrivande faktoren i eng, men dersom det er dårleg tilgang på andre næringsstoff, som for eksempel svovel og fosfor, eller det er kalkmangel vil responsen av N-gjødsling vera svakare. Svak N-respons vil det også vera dersom jorda har høgt innhald av N som lett kan bli mineralisert, til dømes på jord som får jamleg tilføring av husdyrgjødsel (Schröder *mfl.*, 2007;Müller *mfl.*, 2011;Shepherd *mfl.*, 2015).

Aukande gjødsling er venta å gje auka avling, men effekten av gjødslinga vil vanlegvis vera minkande etter kvart som gjødselstyrken aukar. NIBIO gjødselhandbok¹ tilrår i overkant av 28 kg N/daa for 1000 kg tørrstoff (TS) per daa med eit energiinnhald på 0,90 FEm/kg TS for eng slått tre gonger årleg. Volden (2021) samanstilte resultat frå 22 rapportar, og fann at maksimal TS-avling ved 29 kg N/daa ved to slåttar årleg og 39 kg N/daa for tre slåttar. I ei samanstilling av mange engforsøk på Austlandet vart det funne maksimale avlingar i timotei/engsvingel-eng ved 27–28 kg N/daa ved tre slåttar (Baadshaug *mfl.*, 1996), både gjennom målingar i feltforsøk og modelleringar basert på feltforsøka og meteorologiske data. Volden (1996) konkluderte med at det i Nordland var best med 16 – 18 kg N ved to årlege slåttar og avlingsnivå på 600 – 700 kg TS/daa. I desse refererte studiane er det i mindre grad rapportert kor statistisk sikre desse topp-punkta for avlingar er, eller kor mykje svakare gjødslinga må vera for at avlinga vert sikkert lågare.

Ved stigande mengder N-gjødsling utover maksimal-avling, aukar faren for N-avrenning og utslepp av lystgass (Schröder *mfl.*, 2010;Cameron *mfl.*, 2013;Nadeem og Bakken, 2020). Jordbruket står for 78 prosent av lystgassutsleppa i Noreg, som i 2023 utgjorde 4,4 prosent av dei totale klimagassutsleppa

¹ <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/>

(Miljødirektoratet, 2024). Lystgass er ein sær potens klimagass, og konsentrasjonane i atmosfæren har auka dramatisk dei siste tiåra (Tian *mfl.*, 2020). Nadeem og Bakken (2020) fann ingen auke i grasavling ved å gjødsle med meir enn 24 kg N/daa i engforsøk gjort over to vekstsesongar, men derimot ei betydeleg auke i lystgassutslepp, spesielt like etter vårgjødsling. Nitrogenavrenning kan føre til dårlegare vasskvalitet: Nitrat i drikkevatt er eit folkehelseproblem, og kan elles føra til eutrofiering og algebløming (Cameron *mfl.* 2013). Bechmann (2014) peikar på god forvaltning av husdyrgjødselressursane og å unngå svært positive N-balansar som viktige tiltak for å minske N-avrenninga.

Økonomisk optimal gjødsling og gjødsling til maksimal avling treng ikkje å vere lik. I tillegg til gjødselkostnaden, kjem det mellom anna an på arealtilgangen og behovet for grovfôr og prisen på kraftfôr. På eit bruk med stort grovfôrareal i høve til dyretal vil optimal gjødsling truleg vera lågare enn gjødsling til maksimal avling, som vist for samanhengen mellom effekt hausteintensitet av enga (tidleg mot normal tid for førsteslått) og lønnssemd (Flaten *mfl.*, 2015).

Feltforsøk i eng seier berre noko om korleis enga responderer på dei valde forsøksfaktorane der ho ligg i dei åra forsøket vert gjennomført. Det er difor naudsynt med feltforsøk i ulike engar, ulike år og på ulike stader i landet dersom vi skal kunne finne sikrare, generelle samanheng mellom N-gjødsling avling og avlingskvalitet. I NIBIO, og tidlegare Bioforsk, er det utført mange forsøk i eng på forskingsstasjonar over heile landet, og nokre forsøk har vore gjort i samarbeid Norsk landbruksrådgiving (NLR) med felt ute på gardsbruk. Formåla med forsøka har vore ulike, men mange har hatt N-gjødslingsnivå som forsøksfaktor. Sjølv om formålet har vore ulikt, er det mogleg å utnytte data frå dei statistisk. Ei samla statistisk analyse av data frå fleire forsøk er ofte sterkare fordi talmaterialet er større, famnar fleire lokalitetar og år, og gjev dermed sikrare estimat av effekten av ein innsatsfaktor, som til dømes N-gjødsling. Formålet med dette arbeidet har vore å utnytte data frå nyare norske engforsøk, analysa dei samla og estimera effekten av N-gjødsling på avling og fôrskvalitet.

2 Materiale og metodar

2.1 Datatilfang

Forsøksdata vart samla inn frå dyrkingsforsøk i eng gjennomført på forskingsstasjonar i NIBIO og tidlegare Bioforsk, samt frå engforsøk lagt ut på areal hos bønder gjennomført av Norsk landbruksrådgiving i samarbeid med NIBIO i perioden 2004 til 2023. Datatilfanget var avgrensa til forsøk der mengd N-gjødsling med mineralgjødsel var med som forsøksfaktor. Haustregime med to eller tre slåttar varierte i stor grad mellom lokalitetar, og det var såleis ikkje råd å teste effekt av hausteregime. Datatilfanget vart derfor delt i to datasett, eitt sett med data frå forsøk med tre slåttar per år og eitt med to slåttar per år. I nokre forsøk med tre slåttar, var det også ledd som blei hausta to gonger. Desse rutene vart inkludert i datasettet med to slåttar per år. Oversikt over forsøksseriar, forsøkslokalitetar og forsøksfaktorar for felt med tre og to slåttar per og år er å finne i høvesvis tabell 1 og 2. Dei fleste forsøksseriane var i eng med blanding av fleire artar. Meir detaljert informasjon om forsøksseriane er å finne i Vedlegg 1.

I mange tilfelle kor det er brukt husdyrgjødsel har vi ikkje hatt tilgjenge på husdyrgjødselanalyser. I desse tilfella har vi vald å nytta gjennomsnittsverdien frå Daugstad *mfl.* (2012), der husdyrgjødsla frå mjølkekyr i gjennomsnitt inneheld 3,1 kg total-N/tonn ved 6 % tørrstoff.

Tabell 1: Forsøksseriar, forsøkslokalitet, forsøksfaktorar, kalenderår og tal observasjonar i felt med tre slåttar per år og kjemisk analyse av avlinga (sjå vedlegg 1)

Namn på forsøksserie	Lokalitetar	Forsøksfaktor	N-gjødslingsnivå, kg N/daa og år	År	Tal obs	Ref ¹
«Meir og betre grovfôr» Gras-raudkløverfelt	Kvithamar, Løken (2 felt), Særheim	Haustregime N-gjødsling	12, 24	2004- 2006	246	1
«Meir og betre grovfôr» Yarafelt	Kvithamar, Løken, Ås	N-gjødsling S-gjødsling	12, 18, 24	2004- 2006	101	2
ForEff	Kvithamar, Særheim	Frøblanding N-gjødsling	12, 24	2017	119	3
ForEff- N-stige	Kvithamar, Særheim	N-gjødsling	0, 9, 18, 27, 36	2018	20	4
YARA- N-stige med HG gjødsel	3 lokale felt i Sør- Noreg	N-gjødsling S-gjødsling	0, 11, 17, 23, 30 + HG	2020- 2022	63	5
N-gjødsling til raudkløvereng	11 lokale felt i Sør- Noreg	N-gjødsling	0, 8, 16, 24	2010- 2012	200	6
Omlaufsforsøk Fureneset	Fureneset	N-gjødsling Fornyingstakt Frøblanding	12, 21 + HG	2018- 2021	216	7
Impress	Apelsvoll	N-gjødsling	0, 6, 12, 18, 24, 30	2019- 2021	212	8

¹Ref er referansenummer til beskrivinga av forsøka i Vedlegg 1.

HG er husdyrgjødsel.

Tabell 2: Forsøksserier, forsøkslokalitet, forsøksfaktorer, kalenderår og tal observasjoner i felt med to slåttar per år (sjå vedlegg 1)

Namn på forsøksserie	Lokalitetar	Forsøksfaktor	N-gjødslingsnivå, kg N/daa og år	År	Tal obs	Ref ¹
«Meir og betre grovfôr» Gras-raudkløverfelt	Kvithamar, Løken	Haustregime N-gjødsling	12, 24	2004-2006	32	1
ForEff	Holt	Frøblanding N-gjødsling	8,5, 17	2017	60	3
ForEff- N-stige	Holt	N-gjødsling	0, 7, 14, 21, 28	2018	10	4
YARA- N-stige med HG gjødsel	2 lokale felt	N-gjødsling S-gjødsling	0, 9, 13, 18, + HG	2020-2022	45	5
N-gjødsling til raudkløvereng	9 lokale felt	N-gjødsling	0, 8, 16, 24	2010-2013	152	6
Omlaufsforsøk Fureneset	Fureneset	N-gjødsling Fornyngstakt Frøblanding	10 - 18 + HG	2022	9	7
Impress	Løken	N-gjødsling	0, 6, 12, 18, 24, 30	2018-2020	213	8

¹Ref er referansenummer til beskrivinga av forsøka i Vedlegg 1.

HG er husdyrgjødsel.

I dei fleste forsøksseriane vart fôr kvaliteten av avlinga bestemt ved hjelp av NIRS i eitt av gjentaka eller i prøver slått saman over gjentak. I nokre forsøk er det også analysert fôr kvalitet på forsøksrutenivå. Fôr kvalitetsparameter analysert var konsentrasjonen av fôreiningar (FEm/kg tørrstoff (TS)), råprotein (RP, g/kg TS), proteinbalansen i vom (PBV, g/kg TS), aminosyrer absorbert i tarm (AAT, g/kg TS), nøytralt løyseleg fiber (NDF, g/kg TS), syreløseleg fiber (ADF, g/kg TS) og syreløseleg lignin (ADL, g/kg TS). I denne rapporten har vi vald å ta med FEm, RP og NDF.

2.2 Statistisk analyse

Data blei analysert statistisk med bruk av blanda statistiske modellar ved hjelp av GLIMMIX prosedyren i SAS. I denne rapporten brukte vi berre avlingsdata der det også var fôr kvalitetsanalysar.

Det blei brukt fire ulike modellar med data frå 1) førsteslått, 2) andreslått 3) tredjeslått (ved tre slåttar per år) og 4) årsavling

$$1) Y_{ijkl} = \mu + S_i + L_{j(i)} + A_{k(j)} + B_{l(ij)} + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \beta_3 f + \beta_4 e + \varepsilon_{ijkl}$$

$$2) Y_{ijkl} = \mu + S_i + L_{j(i)} + A_{k(j)} + B_{l(ij)} + \beta_1 b + \beta_2 b^2 + \beta_3 a + \beta_4 g + \beta_5 f + \beta_6 e + \varepsilon_{ijkl}$$

$$3) Y_{ijkl} = \mu + S_i + L_{j(i)} + A_{k(j)} + B_{l(ij)} + \beta_1 c + \beta_2 c^2 + \beta_3 d + \beta_4 h + \beta_5 e + \varepsilon_{ijkl}$$

$$4) Y_{ijkl} = \mu + S_i + L_{j(i)} + A_{k(j)} + B_{l(ij)} + \beta_1 e + \beta_2 e^2 + \beta_3 h + \beta_4 e + \varepsilon_{ijkl}$$

Der Y er avhengig variabel (avling og fôr kvalitetsparameter), μ er samla gjennomsnitt, S_i er tilfeldig effekt av forsøksserie i , $L_{j(i)}$ er tilfeldig effekt av forsøkslokalitet j innan forsøksserie i , $A_{k(j)}$ er tilfeldig effekt av år k innan forsøkslokalitet j , $B_{l(ij)}$ er tilfeldig effekt av blokk innan lokalitet og serie, a er fast effekt av mineralgjødsel N (kg N/daa) om våren (kontinuerleg), b er fast effekt av mineralgjødsel N (kg N/daa) etter førsteslått (kontinuerleg), c er fast effekt av mineralgjødsel N (kg N/daa) etter andreslått (kontinuerleg), d er fast effekt av summen av mineralgjødsel N (kg N/daa) gitt om våren og etter førsteslått (kontinuerleg), e er fast effekt av total mineralgjødsel N (kg/N daa) gitt per år (kontinuerleg), f er fast effekt av total N-mengd (kg N/daa) i husdyrgjødsel om våren (kontinuerleg), g er fast effekt av total N-mengd (kg N/daa) i husdyrgjødsel etter førsteslått (kontinuerleg), h er fast effekt av total N-mengd (kg N/daa) i husdyrgjødsel gitt per år (kontinuerleg), og e er fast effekt av engår. Både lineær og kvadratisk effekt av mineralgjødsel N er testa. I tillegg er samspel mellom dei faste effektane med. ε_{ijkl} er tilfeldig feilledd. β_n -ane er regresjonskoeffisientar, og β_n -ane i forskjellige modellar treng ikkje å vere like. Samspeleffektar og faste effektar, utanom lineær effekt av mineral N-

gjødsling, som ikkje er signifikante ($P > 0,05$) er tatt ut av endeleg modell. Dersom eit samspel er signifikant sikkert og med i endeleg modell, er hovudeffektane i samspelet med sjølv om dei aleine ikkje er signifikante. I analysane let vi skjeringspunktet/konstantleddet (intercept) og stigningstalet (slope) for N-gjødsling også vera tilfeldig for å ta høgd for at forsøk innan lokalitet har ulikt avlingsnivå utan gjødsling og ulik respons på N-gjødsling.

Respons på N-gjødsling følger ofte lova om minkande utbytte og er ofte uttrykt som ein kvadratisk funksjon, noko som vi også har lagt til grunn i vår analyse. Ved å derivera funksjonen med omsyn til N-gjødslingsmengd kan ein finna nivået der det ikkje lenger er meir respons, det vil seia å finna N-gjødslingsnivået som gjev maksimal avling. Men N-responsen er ofte sterkt minkande når det nærmar seg dette maksimalnivået. Derfor brukte vi 'ESTIMATE' i SAS for å finna det N-gjødslingsintervallet der responsen ikkje var statistisk ulik maksimal-nivået, det vil seie dei N-gjødslinga som gav statistisk sikker lågare avling enn maksimal-avlinga. På same måte brukte vi 'ESTIMATE' for å finna mengd N-gjødsling som gav statistisk sikker ulik verdi av ein førkvalitetsparameter i forhold til mengd N-gjødsling som gav maksimalverdi eller minimumsverdi av parameteren. Mengd N-gjødsling med mineralgjødsling som gav maksimal avling eller minimumsverdi eller maksimalverdi av ein førkvalitetsparameter, vart rekna ut frå estimata av regresjonskoeffisientane av N-gjødsling.

I den endelege modellen for ein responsvariabel (t.d. avling eller proteininnhaldet i avlinga) kan det vera fleire forklaringsvariablar med samspel mellom variablane. Resultat av de statistiske analysane er presentert i Vedlegg 2. Estimat av regresjonskoeffisientar kan vera vanskelege å forstå og tolka, særleg når samspel mellom faktorar er sterke. Vi har derfor vald å presentere hovudtrekka av resultata som prediksjonar i figurar (figur 1-10). Samspel mellom to forklaringsvariablar (som t.d. N-gjødsling med mineralgjødsling og totalmengd N tilført med husdyrgjødsling) er illustrert med to liner. 'ESTIMATE' i SAS blei brukt til å teste N-gjødslingsnivået der desse to linene er statistisk ulike, t.d. for å finne N-gjødslingsnivået med mineralgjødsling der det var effekt av husdyrgjødsling-N.

Gjennomsnittsverdiar med standardavvik og minimums- og maksimumsverdiar av forklaringsvariablar (gjødsling og engår), avling og førkvalitetsparametre er presentert i tabell 3 (to slåttar årleg) og 4 (tre slåttar årleg).

Tabell 3: Gjennomsnitt, standardavvik (SA) og minimum- og maksimumsverdiar for forklaringsvariablar (N-gjødsling med mineralgjødsel og husdyrgjødsel og engår), og responsvariablar i forsøk med 3 slåttar i året (n=1177)

Variabel	Eining	Gjsn	SA	Min	Maks
Engår		2,0	1,2	1,0	6,0
N i mineralgjødsel om våren	Kg/daa	6,9	3,5	0,0	16,5
N i mineralgjødsel etter 1. slått	Kg/daa	6,2	3,4	0,0	15,6
N i mineralgjødsel etter 2. slått	Kg/daa	3,4	2,5	0,0	10,5
N i mineralgjødsel per år	Kg/daa	16,5	8,1	0,0	36,0
N totalt i husdyrgjødsel om våren	Kg/daa	2,0	4,7	0	18,6
N totalt i husdyrgjødsel etter 1. slått	Kg/daa	0,7	2,9	0	18
N totalt i husdyrgjødsel per år	Kg/daa	2,7	6,7	0,0	32,5
Avling 1. slått	Kg TS/daa	512	146	59	1012
Avling 2. slått	Kg TS/daa	337	134	8	979
Avling 3. slått	Kg TS/daa	220	94	36	606
Årsavling	Kg TS/daa	1069	261	210	1863
Råprotein (RP) i avling 1. slått	% av TS	11,9	3,1	5,2	22,1
Råprotein i avling 2. slått	% av TS	13,5	3,0	6,2	25,3
Råprotein i avling 3. slått	% av TS	15,9	3,4	8,5	28,6
Råprotein i årsavlinga	% av TS	13,0	2,4	6,9	22,4
Nettoenergiinnhaldet i 1. slåtten	FEm/kgTS	0,86	0,07	0,68	1,08
Nettoenergiinnhaldet i 2. slåtten	FEm/kgTS	0,87	0,05	0,68	1,04
Nettoenergiinnhaldet i 3. slåtten	FEm/kgTS	0,92	0,06	0,75	1,06
Nettoenergiinnhaldet i årsavlinga	FEm/kgTS	0,87	0,04	0,75	0,98
Fiberinnhaldet (NDF) i 1. slåtten	% av TS	57,6	6,4	34,2	72,5
Fiberinnhaldet i 2. slåtten	% av TS	53,6	5,1	36,1	65,7
Fiberinnhaldet i 3. slåtten	% av TS	48,5	5,4	28,5	65,8
Fiberinnhaldet i årsavlinga	% av TS	55	5	36	67
Råproteinavlinga totalt	Kg/daa	140	46	23	275
Nitrogenbalansen	Kg/daa	-3,2	9,5	-28,2	30,6

Nitrogenbalansen = Råproteinavlinga totalt/6,25 – (N i mineralgjødsel per år + N totalt i husdyrgjødsel per år) .

Tabell 4: Gjennomsnitt, standardavvik (SA) og minimum- og maksimumsverdier for forklaringsvariablar (N gjødsling med mineralgjødsel og husdyrgjødsel og engår), og responsvariablar i forsøk med 2 slåttar i året (n=521)

Variabel	Eining	Gjsn	SA	Min	Maks
Engår		1,8	0,9	1,0	5,0
N i mineralgjødsel om våren	Kg/daa	7,2	4,9	0,0	17,1
N i mineralgjødsel etter 1. slått	Kg/daa	5,8	3,8	0,0	12,9
N i mineralgjødsel per år	Kg/daa	13,8	8,9	0,0	30,0
N totalt i husdyrgjødsel om våren	Kg/daa	0,8	2,7	0,0	19,2
N totalt i husdyrgjødsel etter 1. slått	Kg/daa	0,4	1,3	0,0	5,0
N totalt i husdyrgjødsel per år	Kg/daa	1,3	3,9	0,0	19,2
Avling 1. slått	Kg TS/daa	492	192	94	1257
Avling 2. slått	Kg TS/daa	437	181	47	1143
Årsavling	Kg TS/daa	930	312	163	2114
Råprotein (RP) i avling 1. slått	% av TS	11,1	2,4	5,9	18,1
Råprotein i avling 2. slått	% av TS	12,9	3,1	5,0	22,7
Råprotein i årsavlinga	% av TS	11,8	2,1	6,3	17,6
Nettoenergiinnhaldet i 1. slåtten	FEm/kgTS	0,83	0,06	0,67	0,97
Nettoenergiinnhaldet i 2. slåtten	FEm/kgTS	0,83	0,06	0,68	1,03
Nettoenergiinnhaldet i årsavlinga	FEm/kgTS	0,82	0,04	0,70	0,94
Fiberinnhaldet (NDF) i 1. slåtten	% av TS	60,3	6,5	37,3	70,8
Fiberinnhaldet (NDF) i 2. slåtten	% av TS	53,4	6,6	27,5	68,5
Fiberinnhaldet (NDF) i årsavlinga	% av TS	57,5	5,3	40,5	66,9
Råproteinavlinga totalt	Kg/daa	109	37	15	224
Nitrogenbalansen	Kg/daa	-2,3	7,6	-20,0	18,1

Nitrogenbalansen = Råproteinavlinga totalt/6.25 – (N i mineralgjødsel per år + N totalt i husdyrgjødsel per år).

3 Resultat

3.1 Avling

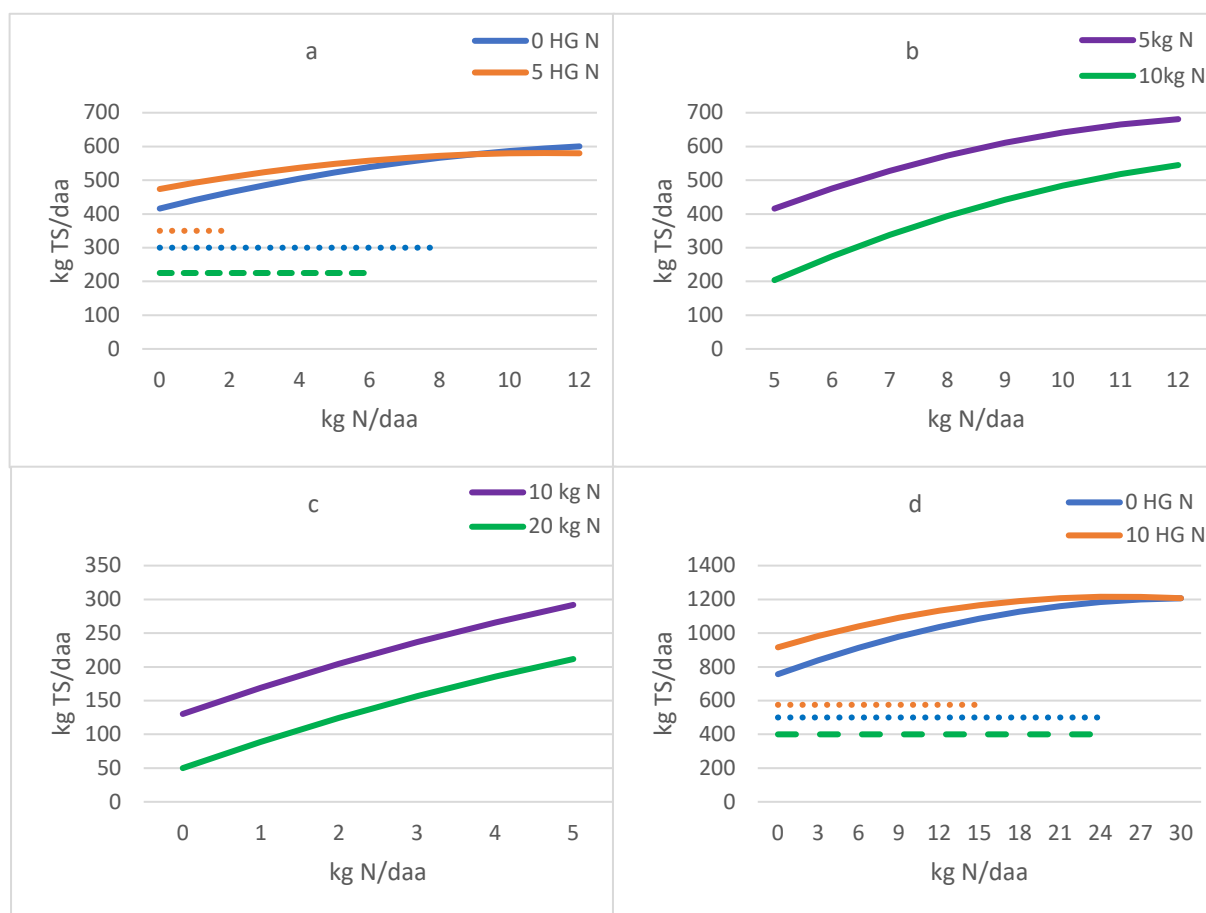
3.1.1 Tre slåttar per år

Maksimal avling i førsteslåttan var ved 14,9 kg N/daa mineralgjødning i eng slått tre gonger i året (Figur 1a, tabell S1, Vedlegg 2). Utan husdyrgjødning var det ingen sikker avlingsauke frå 8 til 14,9 kg N/daa. Gjødning med husdyrgjødning om våren auka avlinga i førsteslåttan, men effekten minka med aukande N-gjødning med mineralgjødning (Figur 1a, tabell S1, Vedlegg 2)). Det var sikker avlingseffekt av husdyrgjødning når det blei gitt mindre enn 6 kg N per daa med mineralgjødning.

Maksimal avling i andreslåttan var ved 12,7 kg N/daa. Men avlingsresponsen på N-gjødning etter førsteslått var avhengig av N-gjødninga om våren ved at sterkare N-gjødning om våren hadde negativ effekt på avlinga i andreslåttan (Figur 1b, Tabell S1). Avlinga i tredjeslåttan auka med N-gjødninga (Figur 1c, Tabell S1)). Som for avlinga i andreslåttan, var det negativ effekt av N-gjødning tidlegare i sesongen (- 8 kg TS/daa per kg N, Figur 1c, Tabell S1). Vidare var effekten av N-gjødning på avlinga i tredjeslåttan svakare dess meir husdyrgjødning-N det hadde blitt tilført tidlegare i sesongen (negativt samspel mellom N-gjødning og husdyrgjødning-N, tabell S1).

Maksimal årsavling med tre slåttar var i gjennomsnitt ved 31,1 kg N/daa og år, men det var ingen sikker forskjell på årsavlinga med gjødning mellom 24 og 31,1 kg N/daa (Figur 1d, tabell S1). Gjødning med husdyrgjødning auka årsavlinga, men effekten av husdyrgjødning minka med aukande mengd mineralgjødning N. Der det var brukt husdyrgjødning var det ingen forskjell på 15 kg N/daa med mineralgjødning og gjødning til maksimalavling.

Årsavlinga gjekk ned med alder på enga. Nedgangen var i gjennomsnitt 66 kg TS/daa og år (tabell S1).



Figur 1: Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødning (kg N/daa) på avling (kg TS/daa) i a) førsteslåtten b) andreslåtten c) tredjeslåtten og d) i samla årsavling ved tre slåttar i året.

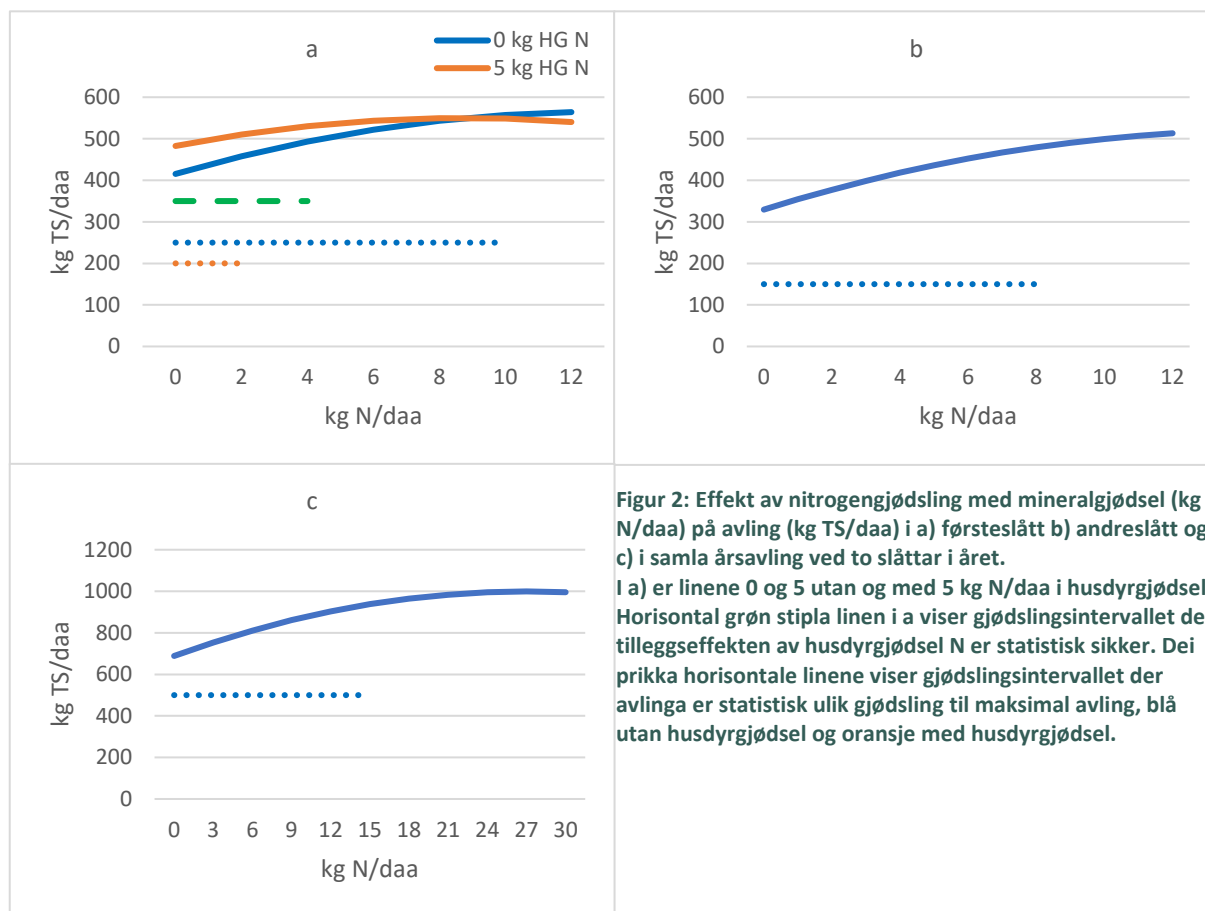
I a og d) er linene 0 og med HG=husdyrgjødsel 5 og 10 kg N/daa. Horisontal grøn stipla linene i a) viser gjødslingsintervallet der tilleggseffekten av husdyrgjødsel N er statistisk sikker. Dei prikka horisontale linene viser gjødslingsintervallet der avlinga er statistisk ulik gjødsling til maksimal avling, der blå er utan husdyrgjødsel og oransje er med husdyrgjødsel. I b) er linene 5 og 10 kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren. I c) er linene 10 og 20 kg N/daa i mineralgjødning gitt til saman om våren og etter 1. slått.

3.1.2 To slåttar per år

Maksimal avling i førsteslåtten var ved 12,4 kg N/daa mineralgjødning i eng slått to gonger i året (Figur 2a, tabell S2). Maksimal avling i andreslåtten var ved 14,9 kg N i eng slått to gonger i året, men effekten var ikkje statistisk ulik gjødning med 8 kg N/daa (Figur 2b, tabell S2).

Maksimal årsavling var ved 27,1 kg N/daa, men avlinga var ikkje ulik gjødning med 15 kg N/daa (Figur 2c, tabell S2). Vi kunne ikkje påvisa effekt av husdyrgjødsel-N på årsavlinga.

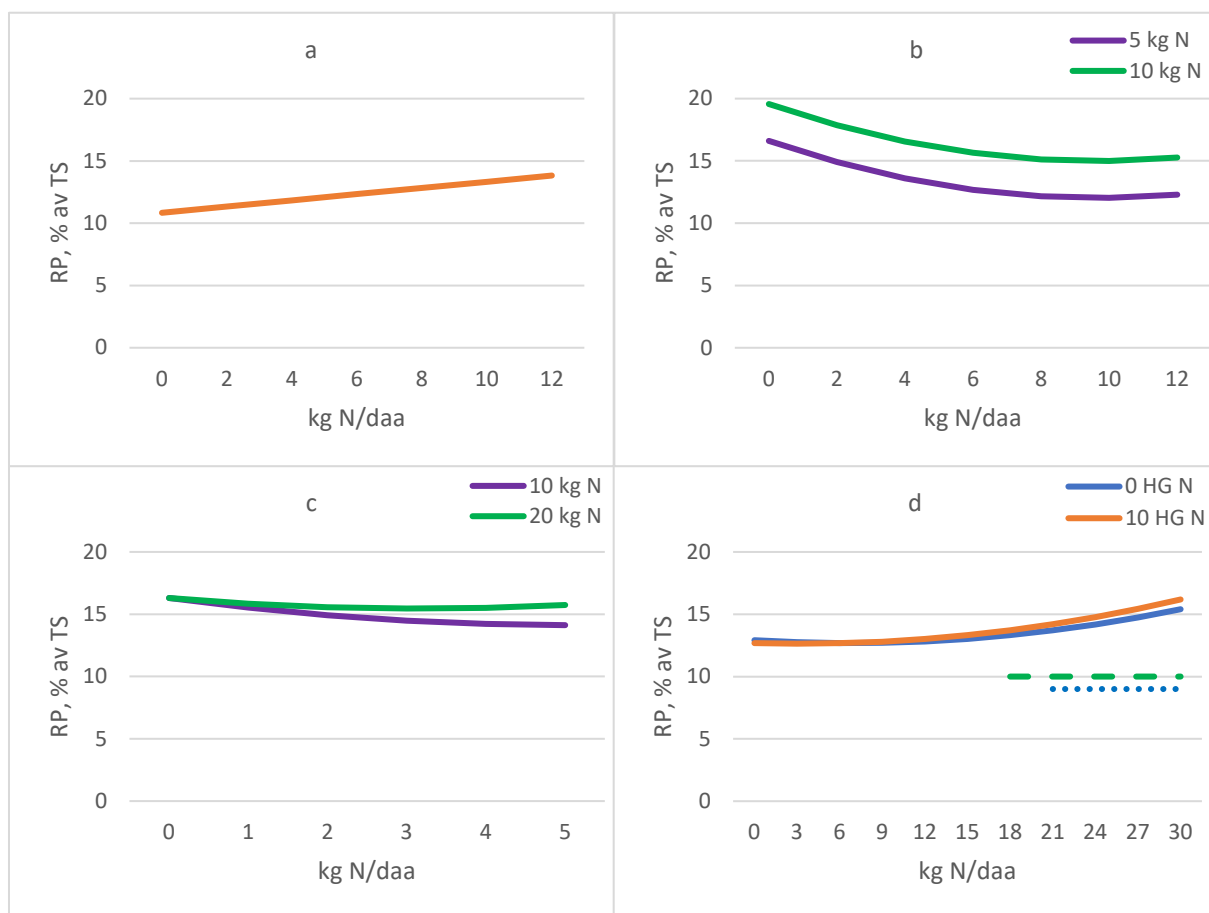
Som for tre slåttar i året, gjekk årsavlinga ned med alder på enga. Nedgangen var i gjennomsnitt 64 kg TS/daa og år (tabell S2).



3.2 Råproteininnhald

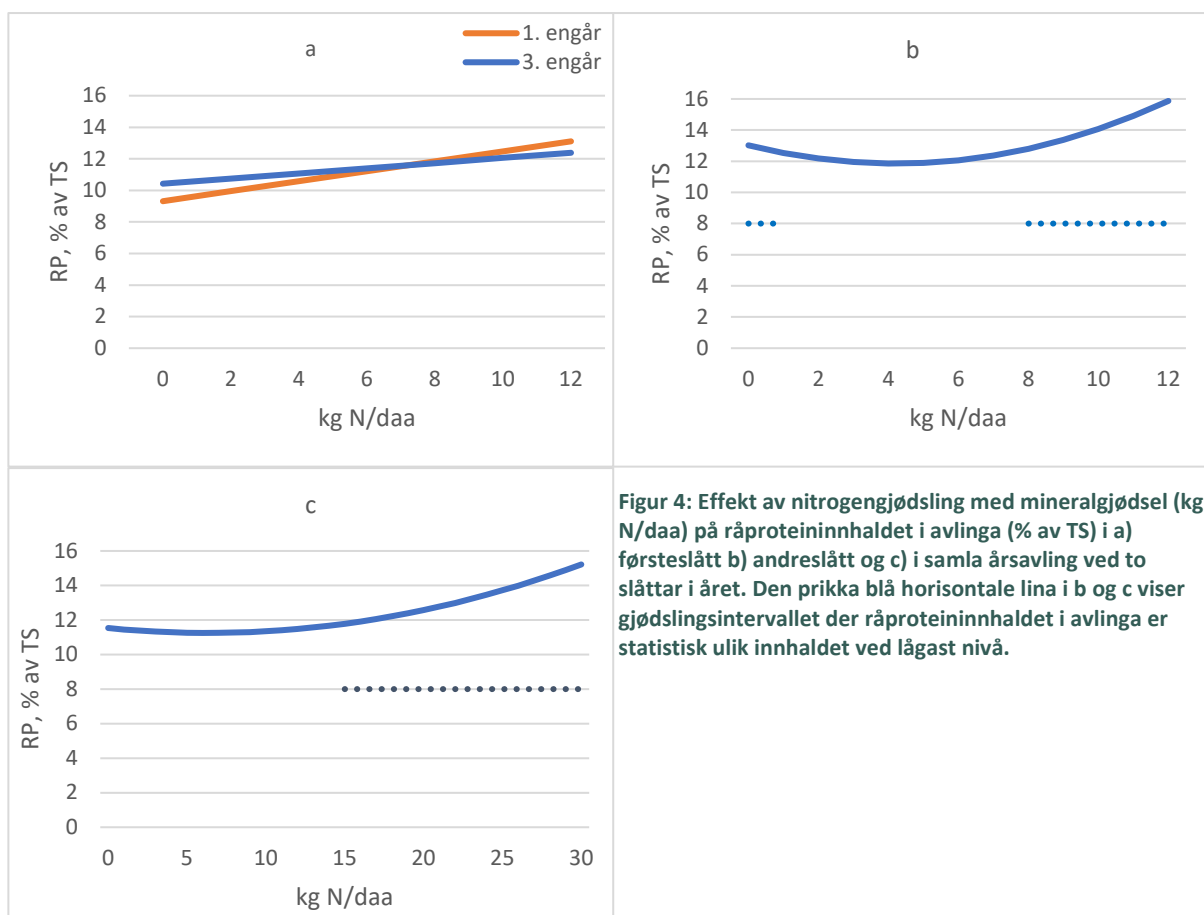
Råproteininnhaldet (RP-innhaldet) i engavlinga frå førsteslåttan auka lineært med N-gjødslinga, både ved tre og to slåttar årleg (Figur 3a og 4a, tabell S3 og S4). I andreslåttan gjekk RP-innhaldet ned med aukande N-gjødsling, men nedgangen minka med aukande N-mengd til om lag 10 kg N/daa (Figur 3b, tabell S3). RP-innhaldet i andreslåttan ved to slåttar per år minka også med aukande N-gjødsling, men steig att når gjødslinga vart sterkare enn 8 kg N/daa (Figur 4b og tabell S4). Det var svak negativ effekt av N-gjødsling på RP-innhaldet i avlinga i tredjeslåttan, og svakare dess sterkare gjødslinga hadde vore tidlegare i sesongen (Figur 3c, tabell S4). RP-innhaldet i årsavlinga auka med årleg N-gjødslingsmengd, men endringa i RP-innhald var ikkje merkbar (statistisk sikker) før N-gjødsling var sterkare enn 20 kg N/daa ved tre slåttar og 15 kg N/daa ved to slåttar årleg (Figur 3d og 4c).

Engår hadde praktisk talt ingen effekt på RP-innhaldet, bortsett frå i tredjeslåttan og i førsteslåttan i eng slått to gonger årleg (tabell S3 og S4). RP-innhaldet gjekk ned med tal engår i tredjeslåttan (-0.46%/kg TS per engår tabell S3) og auken i RP-innhald med stigande N-gjødsling vart svakare med tal engår i førsteslåttan i eng slått to gonger årleg (tabell S4).



Figur 3: Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødning (kg N/daa) på råproteininnholdet i avlinga (% av TS) i a) førsteslått b) andreslått, c) tredjeslått og d) i samla årsavling ved tre slåtter i året.

I b) er linene 5 og 10 kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren. I c) er linene 10 og 20 kg N/daa i mineralgjødning samla for vårgjødsling og etter 1. slått. I d) er linene 0 og 10 kg N/daa i husdyrgjødsel. Horisontal grønn stipla linene i viser gjødslingsintervallet der tilleggseffekten av husdyrgjødsel N er statistisk sikker. Den prikkete blå horisontale lin i d viser gjødslingsintervallet der råproteininnholdet i avlinga er statistisk ulik innholdet i avlinga ved 0 kg N/daa.

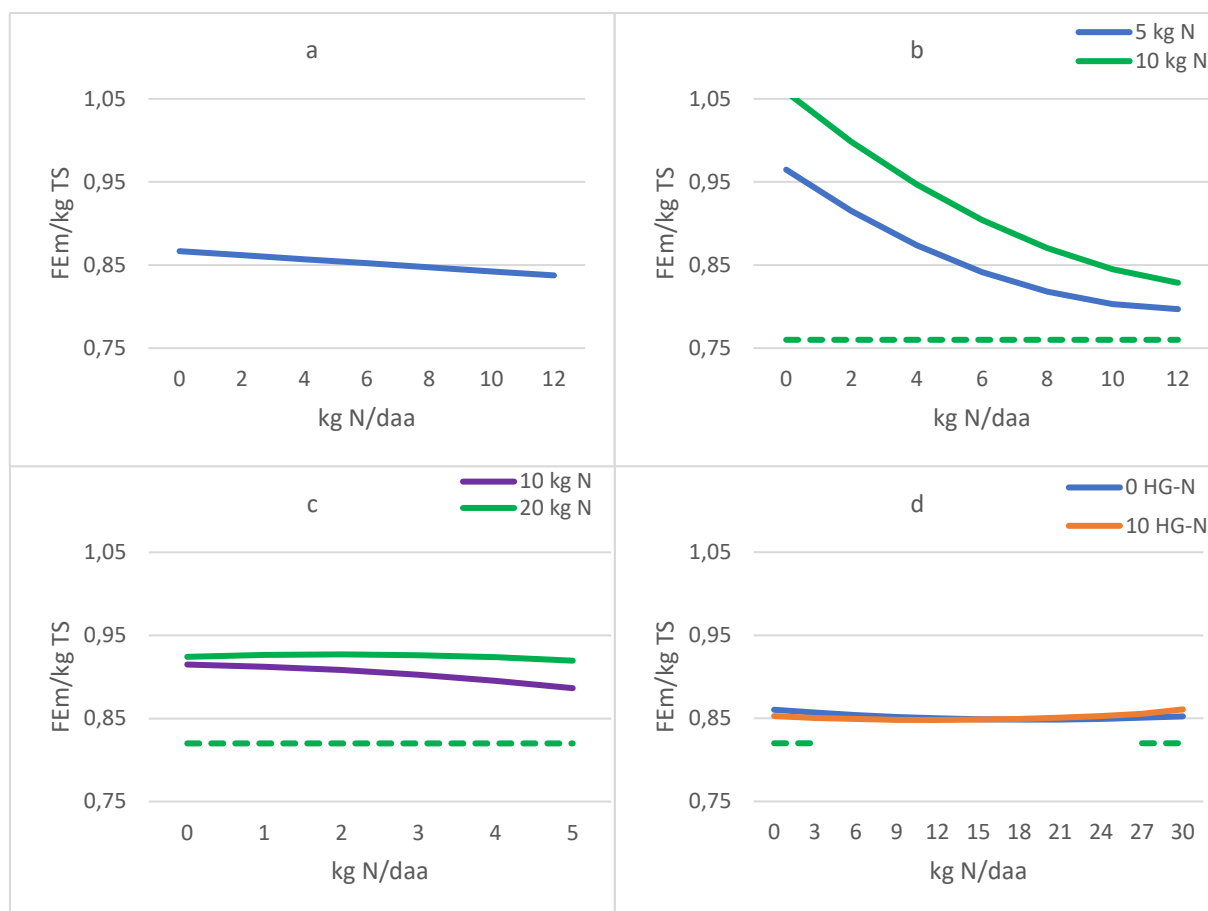


Figur 4: Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødning (kg N/daa) på råproteininnholdet i avlinga (% av TS) i a) førsteslåtten b) andreslåtten og c) i samla årsavling ved to slåttar i året. Den prikkete blå horisontale linja i b og c viser gjødslingsintervallet der råproteininnholdet i avlinga er statistisk ulik innholdet ved lågast nivå.

3.3 Fôreiningskonsentrasjonen

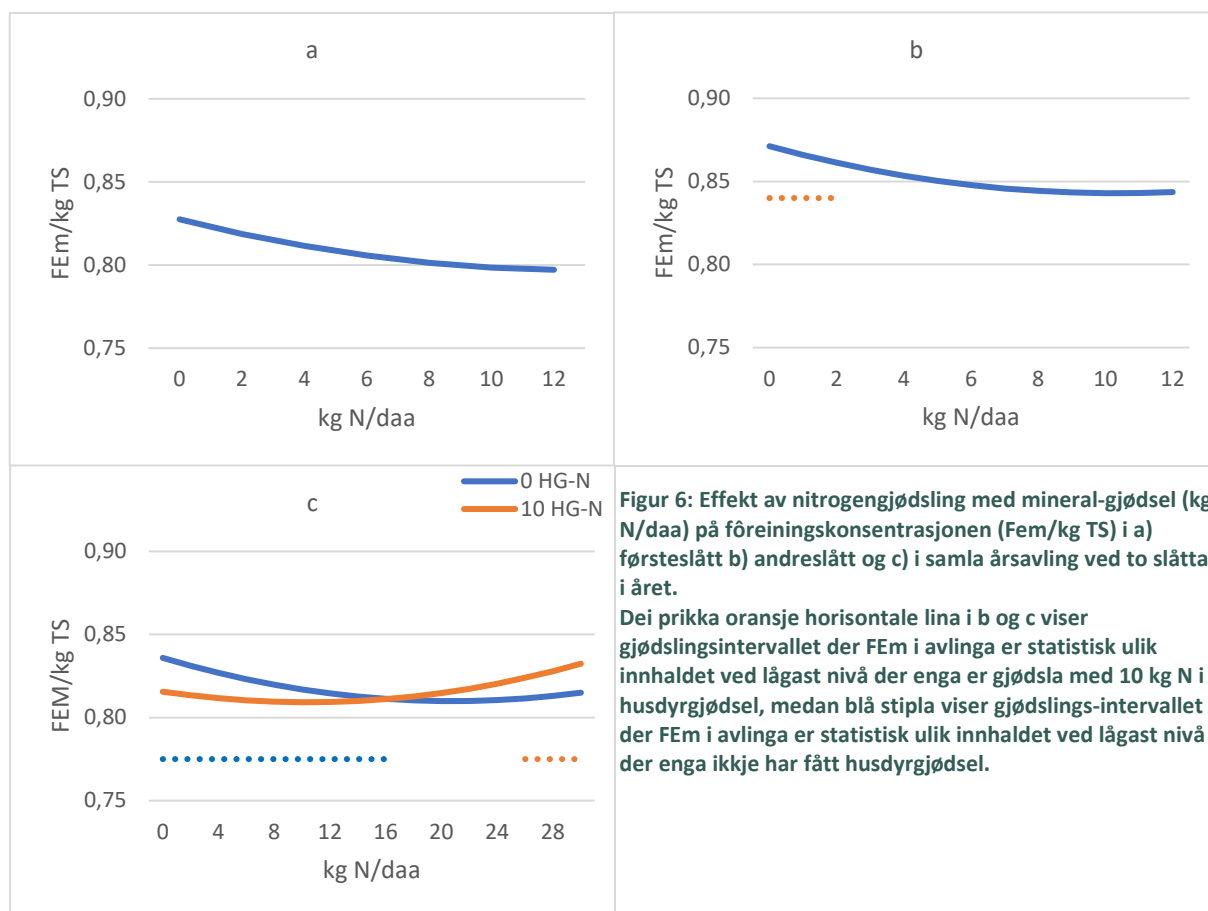
Fôreiningskonsentrasjonen (FEm) gjekk noko ned med aukande N-gjødsling, både i førsteslåtten og andreslåtten, og både i eng slått to og tre gonger årleg (Figur 5 og 6, tabell S9 og S6). I samla årsavling var nedgangen med N-gjødsling svak og auka noko med aukande husdyrgjødsling (Figur 5d og 6c).

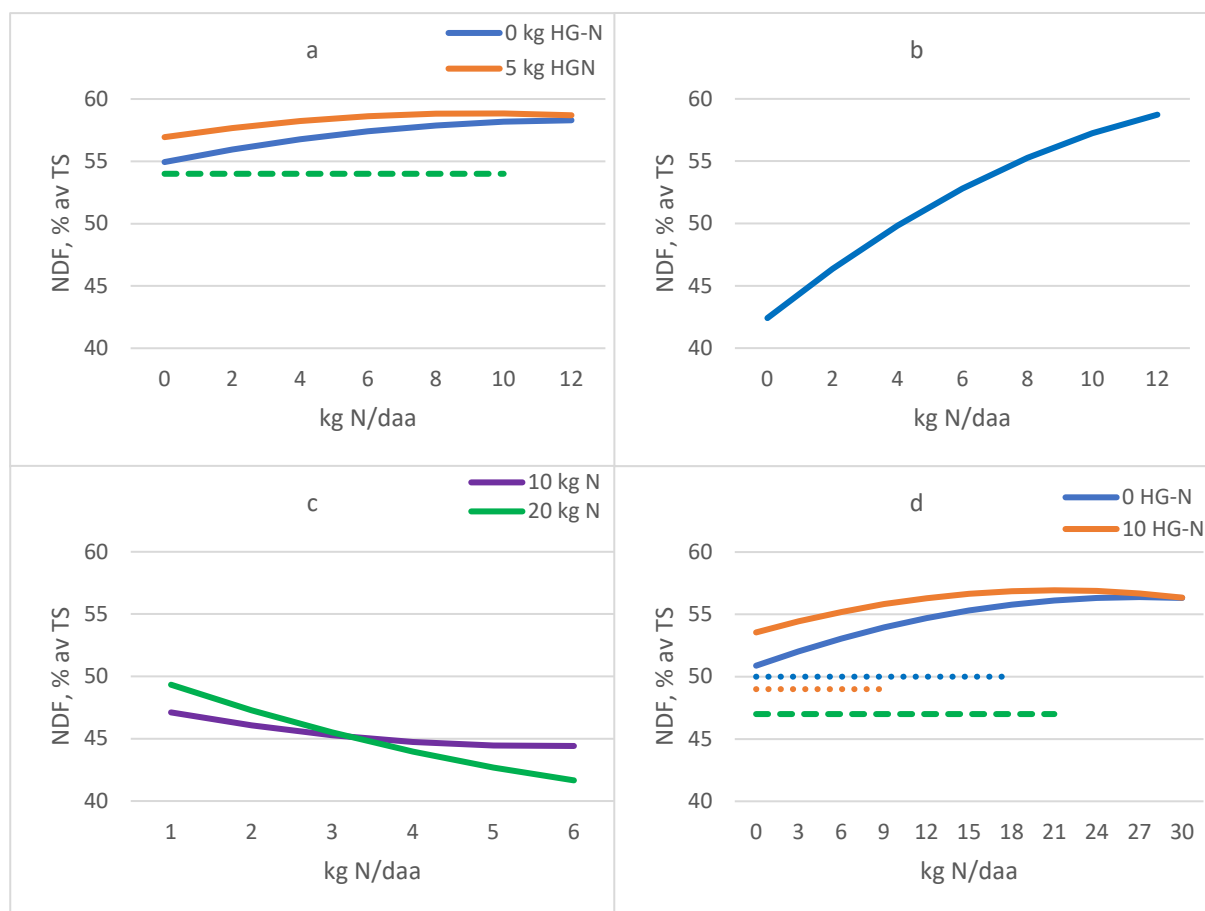
Sukkerinnholdet i avlinga minka med aukande N-gjødsling i førsteslåtten og i årsavlinga både ved to og tre slåttar årleg (Tabell S7 og S8).



Figur 5: Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødning (kg N/daa) på fôreingskonsentrasjonen (Fem/kg TS) i a) førsteslått b) andreslått, c) tredjeslått og d) i samla årsavling ved tre slåtter i året.

I b) er linene 5 og 10 kg N/daa gitt som mineralgjødning om våren. I c) er linene 10 og 20 kg N/daa gitt som mineralgjødning samla for vårgjødsling og etter 1. slått. I d) er linene 0 og 10 kg N/daa gitt som husdyrgjødsling. Dei stipla horisontale linene lina i b – d viser N-gjødslingsintervallet med mineralgjødning der dei to linene er statistisk ulik.

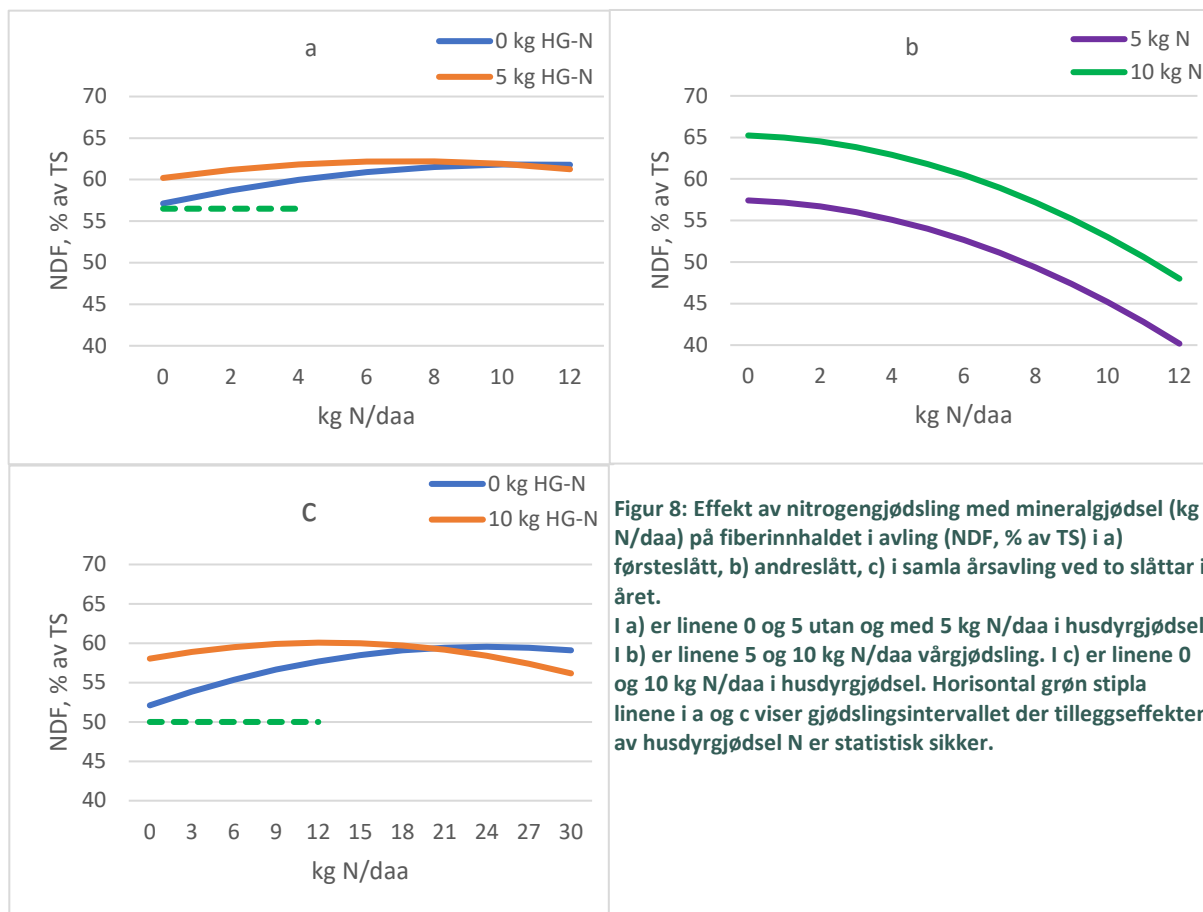




Figur 7: Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødning (kg N/daa) på fiberinnholdet i avling (NDF, % av TS) i a) førsteslåt b) andreslåt, c) tredjeslåt og d) i samla årsavling ved tre slåttar i året. I a) er linene 0 og 5 utan og med 5 kg N/daa i husdyrgjødsel. I c) er linene 10 og 20 kg N/daa samla gjødning gitt vår og etter 1. slått. I d) er linene 0 og 10 kg N/daa i husdyrgjødsel. Horisontal grøn stipla line i a og d viser gjødslingsintervallet der tilleggseffekten av husdyrgjødsel N er statistisk sikker. Dei prikk horisontale linene viser gjødslingsintervallet der NDF-innhaldet i avlinga er ulik maksimalt NDF-innhald, blå utan husdyrgjødsel og oransje med husdyrgjødsel.

3.4 Fiberinnholdet

Fiberinnholdet (NDF) i avlinga auka med aukande N-gjødsling i førsteslåtten både ved to og tre slåttar i året (Figur 7a og 8a, tabell S9 og S10). Effekten minka og NDF-innhaldet var høgst ved om lag 10 kg N/daa. Gjødsling med husdyrgjødsel-N auka også NDF-innhaldet i førsteslåtten med minkande effekt dess sterkare mineralgjødslinga var. I eng slått tre gonger i året, auka NDF-innhaldet med N-gjødsling også i andreslåtten (figur 7b), mens i andreslåtten i eng slått to gonger årleg minka NDF-innhaldet med aukande N-gjødsling (figur 8b). Men for denne slåtten var det ein ettereffekt av N-gjødsling om våren med aukande NDF-innhald dess sterkare vårgjødslinga var (figur 8b). I samla årsavling var det klar minkande auke i NDF-innhaldet med N-gjødsling (figur 7d, tabell S9) med eit maksimalt NDF-innhald ved gjødning på om lag 27 kg N/daa, men dette var avhengig av mengd husdyrgjødsel N. For eng gjødsla med 10 kg N i husdyrgjødsel auka NDF-innhaldet til om lag 9 kg N/daa mens for eng som ikkje fekk husdyrgjødsel auka NDF-innhaldet til 21 kg N/daa.

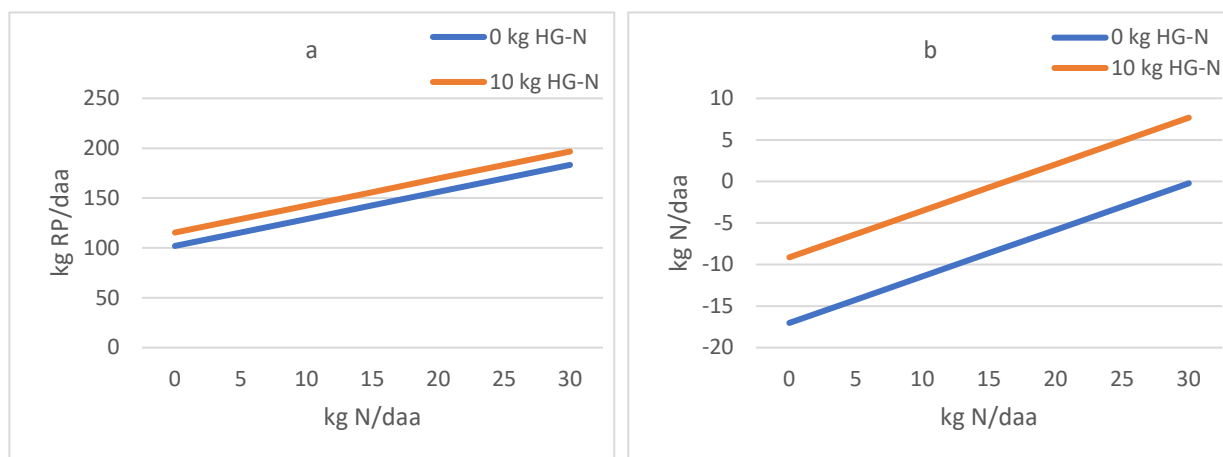


Figur 8: Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødsl (kg N/daa) på fiberinnholdet i avling (NDF, % av TS) i a) førsteslåt, b) andreslåt, c) i samla årsavling ved to slåttar i året.
I a) er linene 0 og 5 utan og med 5 kg N/daa i husdyrgjødsel. I b) er linene 5 og 10 kg N/daa vårgjødsling. I c) er linene 0 og 10 kg N/daa i husdyrgjødsel. Horizontal grønn stipla linene i a og c viser gjødslingsintervallet der tilleggseffekten av husdyrgjødsel N er statistisk sikker.

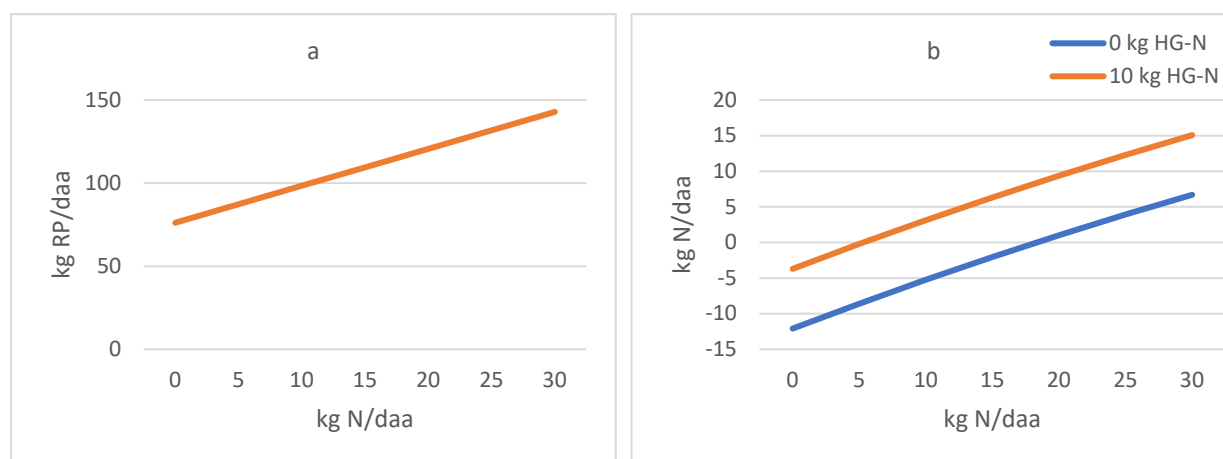
3.5 Råproteinavling og N-balanse

Årleg råproteinavling auka og N-balansen auka med aukande N-gjødsling både i eng slått tre og to gonger i året (Figur 9 og 10, tabell S11). Ein positiv N-balanse vil seia at meir N vart tilførd jorda med mineralgjødsel enn det vart hausta i avlinga medan negativ N-balanse betyr at meir N vart fjerna med avlinga enn det som var tilførd. I eng slått tre gonger i året var samanhengen mellom N-gjødsling og N-balanse lineær og balansen auka med 0,56 kg N/kg N tilførd.

Vi har berre rekna med N tilførd i form av mineralgjødsel. Utan husdyrgjødsel var det først ved 30 kg N/daa med mineralgjødsel at N-balansen var positiv ved tre slåttar årleg og 18 kg N/daa ved to slåttar. Responsen av husdyrgjødsel N på N-balansen var om lag lik ved tre og to slåttar (Figur 9 og 10). N-balansen auka med i gjennomsnitt 0,8 kg N/kg N ved tre slåttar og 0,7 kg N/kg N i husdyrgjødsel (tabell S11).



Figur 9. Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødsl (kg N/daa) på a) proteinavling (kg RP/daa) og b) nitrogenbalanse (kg N/daa) i eng slått tre ganger i året. Linene er 0 og 10 kg N/daa i husdyrgjødsel.

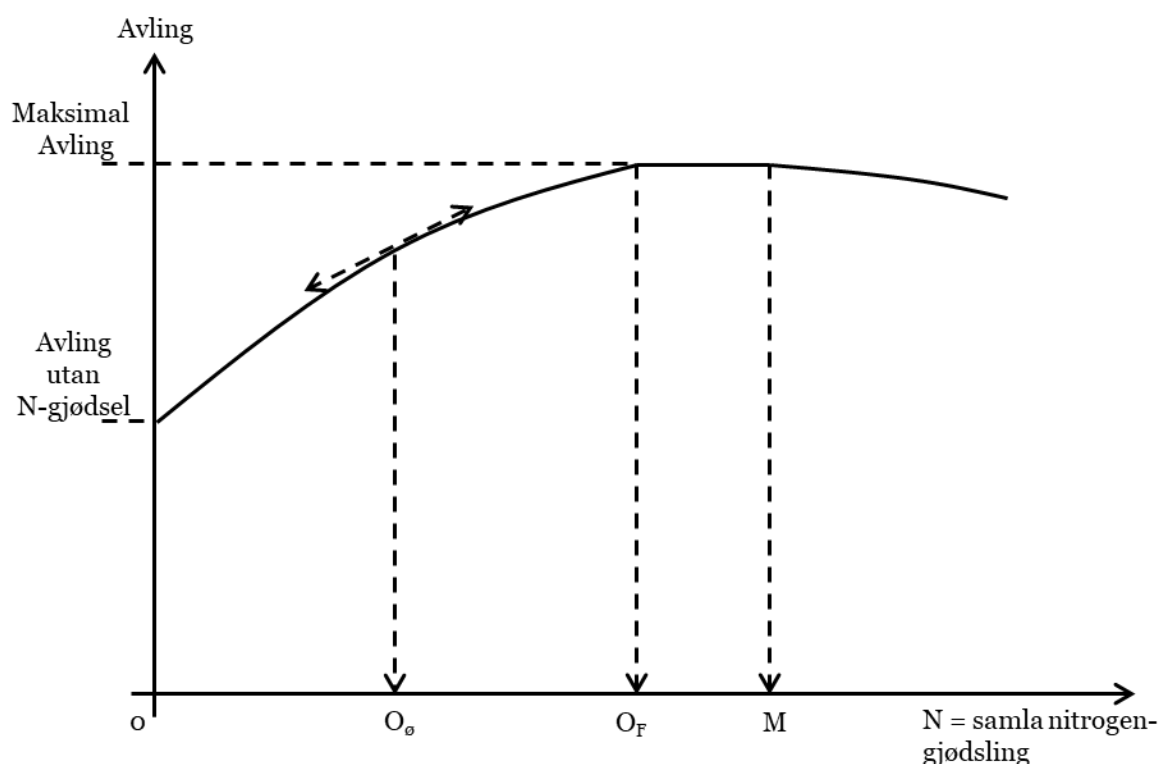


Figur 10. Effekt av nitrogengjødsling med mineralgjødsl (kg N/daa) på a) proteinavling (kg RP/daa) og b) nitrogenbalanse (kg N/daa) i eng slått to ganger i året. Linene er 0 og 10 kg N/daa i husdyrgjødsel.

4 Drøfting

4.1 Tørrstoffavling

Modellane vi har nytta, med kvadratisk effekt av N-gjødsling, viser minkande avlingsrespons til eit topp-punkt. Det vil seia at vi kan estimera gjødslingsmengda som skal til for å gje maksimal avling. Fordelen med kvadratiske modellar er at dei ofte treff relativt godt (Sparrow, 1979), og samstundes gjev dei oss minkande respons på N-gjødsel på ein kontinuerleg og matematisk relativt enkel måte. Vanleg form på responsen av N-gjødsling er illustrert i figur 11, med nyttige terskelverdiar, som avlingsnivå utan N-gjødsling, N-gjødsling til maksimal avling og til økonomisk optimal avling. Desse terskelverdiane er avhengig av faktorar som kulturvekst, jord og vår (Godard *mfl.*, 2008).



$O_{\text{ø}}$: Økonomisk optimum. N-gjødslingsnivået der verdien av avlingsauken ved vidare N-gjødsling vert mindre enn gjødselkostnaden. Denne varierer både etter avlingsrespons og etter alternativ-kostnadene ved fôret.

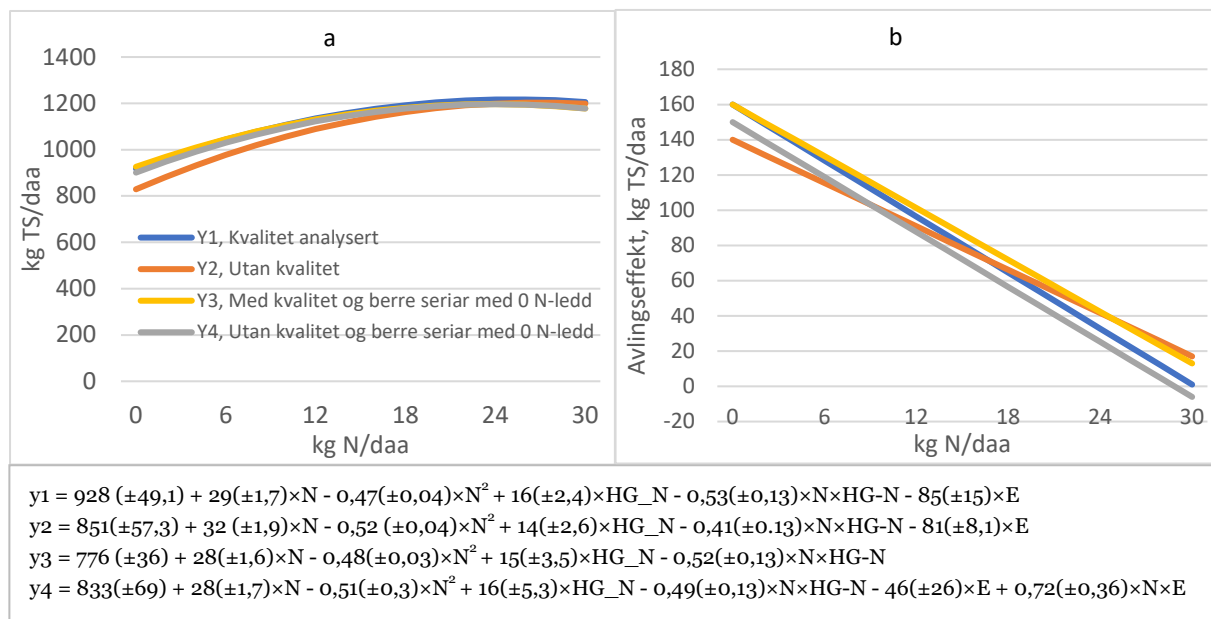
O_F : Fysiologisk optimum. N-gjødslingsnivået som gjev maksimal avling.

M: Sterkaste gjødselnivå som gjev maksimal avling. Ved sterkare gjødsling blir avlinga mindre (dette er oftast indirekte effektar som til dømes legde eller at N hindrar opptak av andre næringsstoff).

Figur 11: Generell form på avlingsresponskurve av N-gjødsling. Omsett og modifisert etter Godard *mfl.* (2008)
<https://doi.org/10.1016/j.agry.2007.12.002>

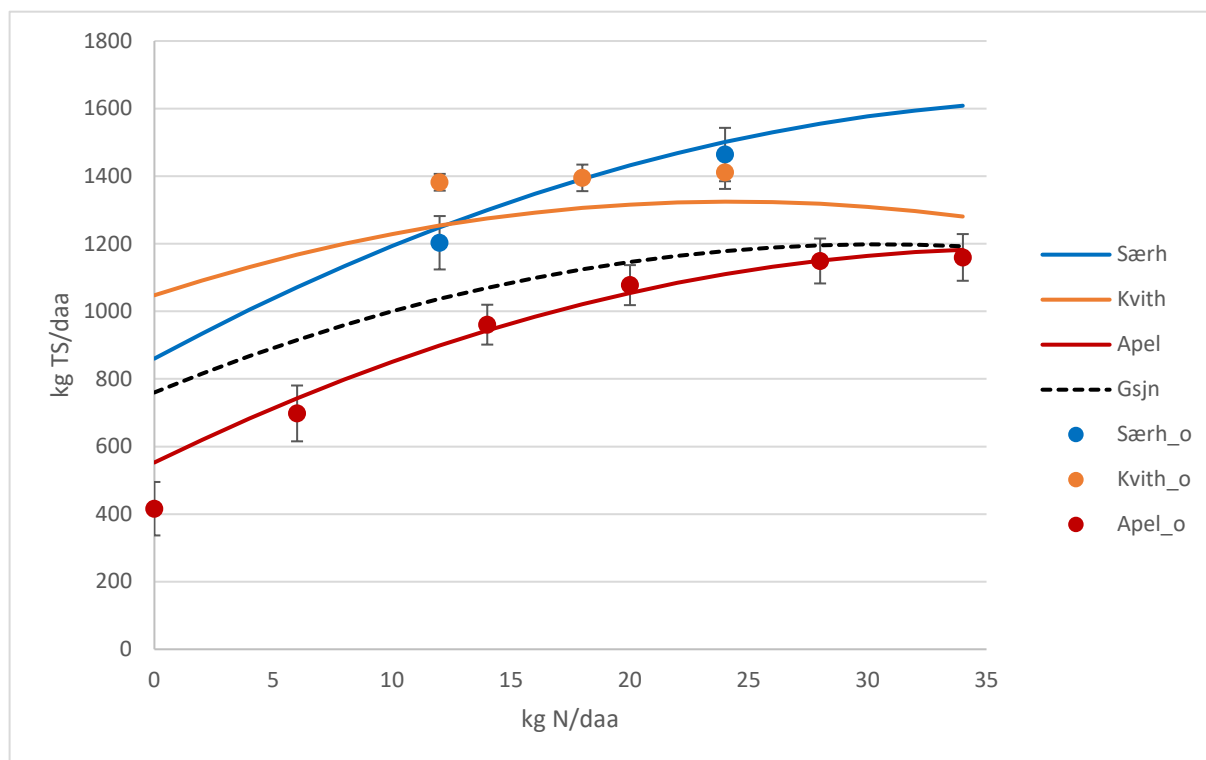
Vi nytta i utgangspunktet kvadratiske modellar for å estimera effekt av N-gjødslinga, men har brukt lineær samanheng der andregradsleddet ikkje var statistisk sikkert. For kvadratiske modellar har vi vidare undersøkt kor mykje ein må gå ned i N-gjødsling før avlinga vert statistisk sikkert mindre enn N-gjødsling til maksimalavling. Gjødsler ein i dette spennet mellom mengd N-gjødsling som gir maksimal avling og mengd som gir statistisk sikker lågare avling, vil det vera sannsynleg at ein anten tek ut avlingspotensialet eller at det er andre faktorar som hindrar ein i å nå full avling. Vi har funne

flere sikre samspel mellom forklaringsvariablar ved tre enn ved to slåttar i året, for eksempel mellom mengd N gitt med husdyrgjødsel og med mineralgjødsel. Dette har nok i stor grad å gjera med datatilfanget. Vi kan ikkje generalisera og konkludera med at sidan vi ikkje kunne finna nokon samspeleffekt mellom husdyrgjødsel-N og mineralgjødsel-N ved to slåttar, er det ingen slik effekt. Vi fann denne effekten ved tre slåttar og trur at årsaka heller er at vi ikkje har nok forsøksfelt med to slåttar i året der husdyrgjødsel var brukt. Mange av forsøka hadde få N-gjødslingsnivå og fleire var utan o-nivået, altså nivået heilt utan N-gjødsling. Dessutan var det i dei fleste forsøka ikkje analysert for førkvalitet anna enn på eitt forsøksjentak eller på samanslåtte prøver over gjentak, og i nokre forsøk var det heller ikkje analysert for førkvalitet i det heile. Vi valde å gjera statistisk analyse av avlingsnivå berre der vi også hadde kvalitetsanalysar og for alle forsøk der det var minst to N-gjødslingsnivå. For å undersøke om resultatet av den statistisk analysen av avling er var for tilfanget av data, gjorde vi også ein analyse med berre data frå N-stigefelt der o-nivå av N-gjødsling var med og ein analyse av forsøksdata uavhengig om førkvalitet var analysert eller ikkje i felt slått tre gonger årleg. Resultatet viste at det var stor grad av samsvar mellom analysane uavhengig av datatilfanget (figur 12a). Analysen av heile materialet, der også avlingstal utan kvalitetsanalyse var med, skilde seg frå dei andre med å ha eit lågare konstantleddet (intercept/skjæringspunkt), sterkare lineær effekt av N-gjødsling, men også sterkare minkande effekt av auka N-gjødsling (sterkare negativ kvadratisk effekt av N-gjødsling). Estimat av N-gjødsling til maksimal avling vart derfor temmeleg likt, 31 kg N/daa og år for datatilfanget både med og utan førkvalitet analysert og 28 kg/daa for datatilfanget med berre N-stigeforsøk. Estimata av effekten av husdyrgjødsel N (14 – 16 kg TS/kg total-N) og den minkande avlingseffekten av husdyrgjødsel N med aukande gjødsling med mineralgjødsel N (-0.41 til -0.53 kg TS per HG-N×N) var også relativ lik uavhengig av datatilfanget brukt i analysen, som illustrert figur 12b.



Figur 12: a) Effekt av N-gjødsling med mineralgjødsel (kg N/daa) på avling (kg TS/daa) i samla årsavling ved tre slåttar i året for andre engår og b) meiravling (kg TS/daa og år) av husdyrgjødsel N (10 kg total-N/daa og år) med aukande N-gjødsling med mineralgjødsel (kg N/daa). y1) Parameterestimat for avling der førkvalitet er analysert (n=1177), y2) parameterestimat for avling for heile datamaterialet (n=2404), y3) parameterestimat for avling der førkvalitet er analysert men berre data frå forsøk som også har med 0-ruter (forsøksledd utan N-gjødsling) (n=495), y4) parameterestimat for avling men berre data frå forsøk som har med 0-ruter (y4, n=1119).

Avlingspotensialet og responsen vil variera med jord og vêr og såleis truleg vera ulik mellom forsøkslokalitetar. I vår analyse har vi tatt omsyn til at det kan vera forskjell i avlingsnivå og i respons på N-gjødsling mellom forsøk innan lokalitet og mellom lokalitetar ved at vi inkluderte tilfeldig effekt av både konstantledd (o-nivået) og av responsen av N-gjødslinga (stigningskoeffisienten) for kvart forsøk innan lokalitet. Dette er illustrert i figur 13.



Figur 13: Illustrasjon av tilfeldig effekt av konstantleddet (skjæringspunktet med Y-aksen) og stigningskoeffisienten for forsøk der desse er statistisk sikker ulike gjennomsnittsverdiane. Punkta er observerte avlingar for lokalitetane Særheim (Særh_o, ref. 1 i tabell 1), Kvithamar (Kvith_o, ref 2 i Tabell 1) og Apelsvoll (Apel_o, ref. 8 i tabell 1), heiltrekte liner er prediksjonar for dei same forsøka og den stipla lina er den samla gjennomsnittlege responsen for N-gjødsling (figur 1d, Tabell S1).

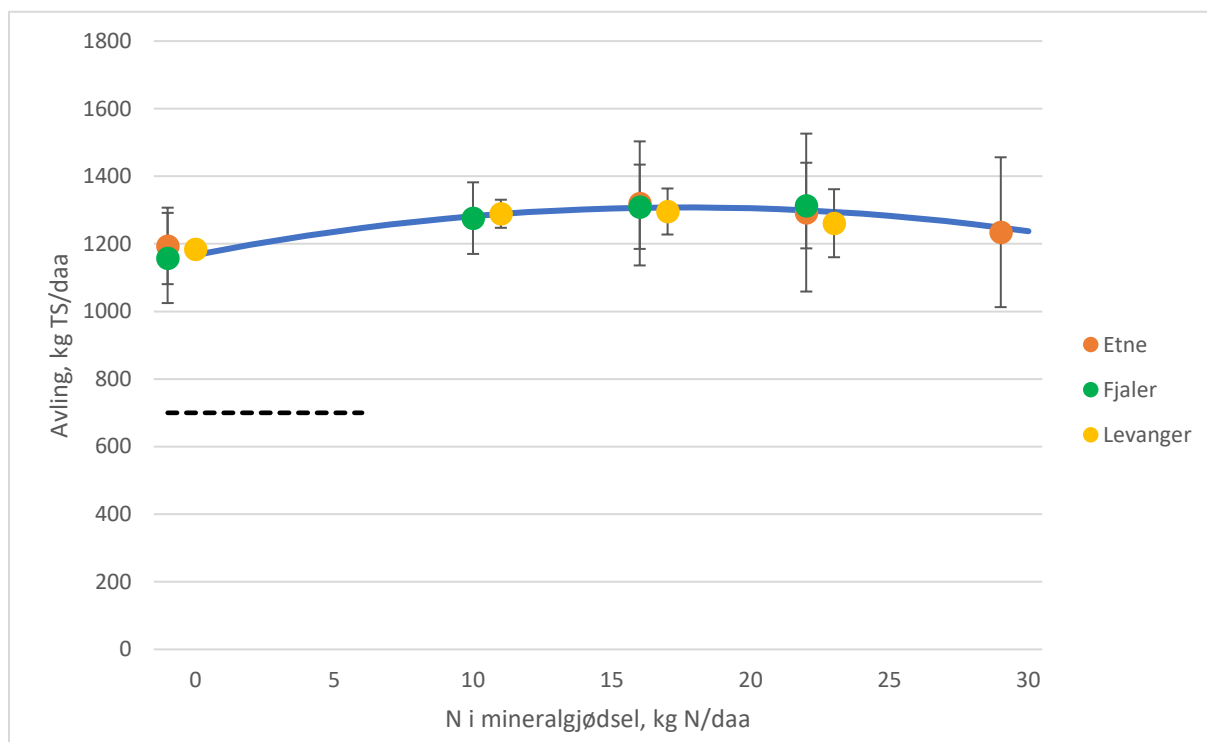
Avlingsrespons av N-gjødsling i vår analyse stemmer godt med både Volden (1996) og Baadshaug *mfl.* (1996) sine resultat. Volden (1996) har ikkje presentert kva gjødselnivå som gjev maksimalavling, men ved å tilpassa ei andregradslikning til avlingsresultata hans finn vi ei maksimalavling ved 26 kg N/daa ($R^2 = 0,98$) ved to slåttar. Baadshaug *mfl.* (1996) fann maksavlingar i ei rein graseng med tre slåttar ved 32 kg N/daa i første året, ned til 24 kg N/daa i tredje engår. I gras/kløver-eng var maksimalavlinga første engåret og ved kring 32 kg N/daa, men avlinga utan tilført gjødsel var høgare og utslaget av tilført N-gjødsel mindre og meir usikkert. Dette er mykje svakare gjødsling enn 39 kg N/daa ved tre slåttar og 29 kg N/daa ved to slåttar, som er der Volden (2021) finn maksimalavlingane. I ei nyare finsk gransking, fann dei at maksimal avling hos timotei slått tre gonger årleg var ved 39 kg N/daa (Termonen *mfl.*, 2020). Men både hos Volden (2021) og Termonen *mfl.* (2020) var avlingsnivået utan gjødsling mykje lågare enn i vårt materiale (i gjennomsnitt 500 kg TS/daa eller mindre mot i gjennomsnitt 750 kg TS/daa), og noko av skilnaden mellom granskingane kan liggja i at desse i større grad har data frå forsøk lagt ut på jord med lågare innhald av nitrogen, for eksempel på jord på forsøksstasjonar som ikkje får tilført husdyrgjødsel. Vi finn likevel tilsvarende låge avlingar ved lite eller ingen gjødsel hos Baadshaug *mfl.* (1996) på ledd utan kløver og hos Volden (1996), utan at det i desse analysane førte til avlingsrespons av N-gjødsling til eit like høgt nivå som hos Volden (2021).

Dei store avlingane utan N-gjødsel i datasettet vårt kan ha gjort at N-responsen er relativt svak. Valkama *mfl.* (2016) modellerte avlingsresponsen av N-gjødsling i eng i Finland, og dei fann at avlingsresponsen var langt mindre der det allereie var store avlingar utan N-gjødsling. Det er difor mogleg at spennet frå maksimalavling til ei sikkert lågare avling vart større enn det hadde vore om datagrunnlaget vårt inneheldt meir jord med lite evne til å tilføra mineralisert nitrogen. Fleire av forsøka i vårt datasett låg ute hos bønder (22 % av observasjonane ved tre slåttar i året (tabell 1) og 38

% ved to slåttar (tabell 2)). Medan jorda på fleire forsøksstasjonar i NIBIO sjeldan eller aldri har tilførsle av husdyrgjødsel, får jorda hos feltvertar på mjølkebruk jamleg husdyrgjødsel.

Ei separat analyse av data frå N-stigeforsøk hos praksisvertar (ref. 5 i Tabell 1), der det også blei brukt husdyrgjødsel i forsøksåra, viste at avlingsnivået var høgt utan mineralsk N-gjødsling og at responsen på N-gjødslinga var svak (figur 14). Avlingsauken for kvar kg N tilført (16,1 kg TS/kg N) var 40 % svakare enn den var i gjennomsnitt for materialet (27,2 kg TS/kg N i tabell S1), medan minkinga av avlingsauken med N-gjødsling var lik (- 0,46 kg TS per kg N² i tabell S1). Det var ingen statistisk sikker forskjell på årleg gjødsling med 7 kg N /daa og 30 kg N/daa i mineralgjødsel, og maksimal avling var oppnådd ved 17 kg N/daa (figur 14). Det er grunn til å tru at forsøk hos praksisvertar er lagt på jord i god hevd, og det er også forsøka på forsøksstasjonane. Men truleg er avlingsresponsen av N-gjødsling sterkare på forsøksgardar enn på felt lagt ut hos praksisvertar fordi jorda på forsøksstasjonar har fått tilført langt mindre organisk materiale og N med husdyrgjødsel. Det er i fleire studiar vist at det er avlingseffekt av husdyrgjødsel-N både direkte i det året gjødsla blir gitt og ettereffekt av gjødsling påført i tidlegare år (Sørensen, 2004; Schröder *mfl.*, 2007). Dessutan er jorda på forsøksstasjonar langt mindre utsett for pakking enn hos bønder, noko som også talar for at avlingsrespons av gjødsling på forsøksgardar er sterkare enn i praksis.

Vi har skilt mellom N frå mineralgjødsel og N frå husdyrgjødsel, og vi ser at husdyrgjødsel-N har ein mindre avlingseffekt enn N i mineralgjødsel. Den relative avlingseffekten av husdyrgjødsel-N varierer. Tveitnes (1985) rekna at den kan gå frå ubetydeleg til kring 60 – 70 % av effekten til mineralgjødsel, medan Gutser *mfl.* (2005) føreslår 40 – 45 % erstatningsverdi i gjødsel-året. Både tilfelle syner at det er mogleg å konvertera tilførd husdyrgjødsel-N til ei mindre mengd mineralgjødsel-N, og då er det ikkje uventa at vi ser dei same effektane frå husdyrgjødsel-N som frå mineralgjødsel-N. Samspelet mellom N frå mineralgjødsel og frå husdyrgjødsel vert eit uttrykk for det kvadratiske gjødslings-leddet som viser minkande utbytte frå stigande gjødsling. Langtidsverknaden frå husdyrgjødsel-nitrogenet vil i hovudsak påverke avlinga ved 0 kg N/daa frå både husdyrgjødsel og mineralgjødsel, og vil i liten grad



Figur 14: Effekt av N-gjødsling med mineralgjødsel (kg N/daa) på årsavlinga (kg TS/daa) ved tre slåttar i året basert på data frå tre N-gjødslingsfelt lagt ut i eng hos mjølkeproducentar i Etne, Fjaler og Levanger (ref. 5 i tabell 1). Punkta viser gjennomsnittsavlingane over engår med standardavvik for dei ulike gjødslingsnivå på dei tre lokalitetane. Det var i tillegg tilført i gjennomsnitt 25, 29 og 14 kg N/daa og år med husdyrgjødsel (total-N) i høvesvis Etne, Fjaler og Levanger. Prikket line indikerer N-gjødslingsnivå som gav sikker lågare avling enn til maks nivå (17,5 kg N/daa og år).

påverke modellane for sjølve gjødselåret.

Vi fann ikkje effekt av husdyrgjødsel-N på totalavlinga i eng slått to gonger i året, og det skuldast nok i all hovudsak at det var for få forsøk der husdyrgjødsel var med som forsøksfaktor eller blei brukt i det heile i engåra.

Samanliknar vi gjødselmengdene ved maksimal avling med tilrådde gjødselmengder ved normal drift etter NIBIO gjødslingshandbok, finn vi stort samsvar: Ved tre slåttar fekk vi maksavlingar ved 31 kg N/daa og eit avlingsnivå der gjødslingshandboka tilrår 30 kg N/daa. Ved to slåttar fekk vi maksimale avlingar ved 27 kg N/daa og eit avlingsnivå der gjødslingshandboka tilrår 23 kg N/daa. Desse tilrådingane i gjødslingshandboka er ved eit fôr med om lag same energikonsentrasjon som i datasettet vårt. Tidlegare forsøk med gjødsling ut over gjødselplan har heller ikkje gjeve sikker meiravling (Lunnan 2021), og dette samsvarar òg godt med resultatane våre.

Det kan vera fleire årsaker til at sterk N-gjødsling om våren gjev lågare avling i andreslått samanlikna med svakare gjødsling. Sterk N-gjødsling senkar innhaldet av sukker som trengs for å få i gang veksten etter slått, og sterk vekst om våren kan på grunn av skygging gje færre skot i plantesetnaden. Sterk vekst kan auke faren for legde som også kan gje skugge til nye grasskot og føre til meir glissen grassvor. Det kan òg vera ein samanblandingseffekt av N-gjødslingsnivå om våren og haustetida i førsteslått. I nokre av forsøka, var fordeling av N-gjødsel over vekstsesongen avhengig av tidspunktet (utviklingssteg) for førsteslått, sjølv om årleg N-gjødsling var lik. Til dømes i serien «Meir og betre grovfôr» (ref 1 i Tabell 1) vart det gjødsel svakare med N om våren for forsøksledd hausta på tidleg utviklingstrinn i førsteslått medan ledd hausta på seint utviklingstrinn fekk sterkare N-gjødsling.

4.2 Råproteininnhald i avlinga og råproteinavling

Lunnan (2021) fann at råproteininnhaldet i avlinga auka med gjødsling utover det gjødselplana tilrådde sjølv om tørrstoffavlinga ikkje gjorde det. Dette stemmer godt overeins med våre resultat, der vi ser at råproteininnhaldet først byrjar å auka storleg etter at tørrstoffavlinga når toppen. Generelt aukar råproteininnhaldet i grasavling ved aukande N-gjødslingsmengd og gjødslingseffekten når maksimum kort tid etter gjødsling (Wilman, 1975a;b; Peyraud og Astigarraga, 1998). Deretter fell innhaldet av råprotein raskt etter som veksten held fram. Det vil seia at veksten tynnar ut råproteininnhaldet. Denne uttynninga skjer på alle N-gjødslingsnivå, og er sterkare dess meir N er tilført på grunn av N sin avlingsdrivande effekt. Det kan såleis vera vanskeleg både å oppnå høg avling og høgt råproteininnhald. Det at effekten av N-gjødsling på tørrstoffavling minka medan den auka for proteininnhaldet med stigande N-gjødsling forklarar at råproteinavlinga auka lineært. Desse samanhengane mellom N-gjødsling, avling, råproteininnhald, og råproteinavling er vist i mange N-gjødslingsforsøk i eng (Herrmann *mfl.*, 2017; Larsen *mfl.*, 2019; Termonen *mfl.*, 2020). Termonen *mfl.* (2020) fann at effekten av N-gjødsling på innhaldet av råprotein var langt svakare i nyare forsøk enn i eldre. N er meir effektivt utnytta til biomasseproduksjon enn til proteinsyntese. Årsakene kan vera at i eldre forsøk var det andre faktorar enn N som verka avgrensande på veksten.

Ved to slåttar finn vi høgre råproteininnhald i andreslått om det er gjødsel med 1 kg N eller mindre enn om det er gjødsel med mellom 1 og 8 kg N/daa. Dette er naturleg å tolka som ei uttynningseffekt, der ekstra N aukar avlinga sopass mykje at råprotein konsentrasjonen ikkje heldt tritt. Fyrst ved 8 kg N og meir, når avlingsnivået ikkje lenger er statistisk ulikt maksavlinga, ser vi at råprotein konsentrasjonen aukar att.

Proteininnhaldet i avlinga er i studien vår uttrykt som råprotein. Dette vil òg inkludere andre N-sambindingar i planta enn berre protein, som nitrat, peptid og ikkje-essensielle aminosyrer (Van Soest, 1994). Innhaldet av ikkje-protein N i grasavlinga varierer, men 25 % av råproteinet er vanleg, og mengda aukar med N-gjødsling, særleg seint i vekstsesongen (Hoekstra *mfl.*, 2008). På seinsommaren kan lys og temperatur vere avgrensande på veksten, og fotosyntesen produserer ikkje nok karbohydrat

som trengst for å byggja inn N i aminosyrer. Dermed akkumulerer planta ikkje-protein N. Det er også i stor grad ikkje-protein N-delen i råproteinet som aukar etter at avlingsmengda flatar ut med stigande N-gjødsling (Bittman og Kowalenko, 2000). Ved sterk N gjødsling og hyppig slått er det særleg nitrat som hopar seg opp og ikkje blir bygd inn i aminosyrer (Shiel *mfl.*, 1999; Bittman og Kowalenko, 2000; Loaiza *mfl.*, 2017). Tremblay *mfl.* (2005) fann at aukande N-gjødsling i timoteieng (frå 0-18 kg N/daa) førte til at surfôret produsert frå avlinga hadde høgare nitratinnhald, lågare innhald av løyseleg sukker, høgare bufferkapasitet og dermed lågare surfôr kvalitet.

4.3 Nitrogenbalanse

Det var negative N-balansar ved eit relativt høgt gjødslingsnivå (for tre slåttar: 15 kg N/daa og 30 kg N/daa, høvesvis med og utan husdyrgjødsel), og dette er eit teikn på at jorda er i god hevd. Ein negativ N-balanse vil seia at avlinga tek ut meir N enn det som vert tilført gjennom mineral- og husdyrgjødsel. Dette nitrogenet kan koma frå to stader: lufta eller jorda. Er det kløver i enga, vil noko av nitrogenet i avlinga koma frå N-fikseringa til kløveren. Dette er ei ekstra N-kjelde som kjem utanom gjødsla. Dersom nitrogenet korkje kjem frå gjødsel eller kløver, må det tæra på N-lageret i jorda. Nitrogenlageret i jorda kjem i hovudsak frå tilførsel av organisk N i husdyrgjødsel og lageret kan byggja seg opp med tida (Schröder, 2005). Ein positiv N-balanse treng ikkje bety at ein bygger jordlageret. Overskytande N kan òg gå tapt til luft eller vatn. Gjødslar ein sterkare enn plantane treng, er det stor fare for at særleg tilført ammonium og nitrat går tapt frå ein vekstsesong til neste (Schröder *mfl.*, 2010).

I andre studiar er det også funne lineær samanheng mellom N-gjødsling og N-balanse. Til dømes fann Valkama *mfl.* (2016) at balansen auka med 0,48 kg N/kg N tilført i gjennomsnitt for forsøk i Finland, medan Trott *mfl.* (2004) fann 0,33 kg N/ kg N tilført i slåtteeng i Nord-Tyskland, mot 0,56 kg N/kg N tilført i gjennomsnitt for eng slått tre gonger i vår studie. Det betyr at utnytting av tilført N er noko svakare i vårt studie enn i den finske og betydeleg svakare enn i den tyske studien.

4.4 Fiberinnhald og energiverdi

Nedgangen i innhaldet av sukker (vassløselege karbohydrat) i avlinga med auka N-gjødsling er godt kjent frå andre studiar (sjå samstillinga av litteratur av Peyraud og Astigarraga (1998)). Enkel regresjon viste at nedgangen i sukkerinnhald var i gjennomsnitt 1,1%-eining for kvar 1%-eining auke i råproteininnhald ($\text{Sukkerinnhaldet (\% av TS)} = 30,1 \% - 1,08 \cdot \text{RP (\% av TS)}$), som er nesten identisk med det Reid og Strachan (1974) fann i N-gjødslingsforsøk med raigras (1%-eining nedgang for kvar 1%-eining auke) og med det Lunnan og Nesheim (2002) fann i førstelåtten i eit N-gjødslingsforsøk i Noreg. N-gjødsling har liten effekt på fiberinnhaldet og litteraturstudien til Peyraud og Astigarraga (1998) har vist N-gjødsling både kan minke og auke fiberinnhaldet.

5 Konklusjon

Datasettet vårt tilseier at NIBIO gjødslingshandbok gjev gode tilrådingar ved maksimalavling. Ved lågare avlingar tilrår gjødslingshandboka noko raust med gjødsel, fordi ho legg til grunn ei lågare avling utan gjødsel og ein lineær N-respons. Jordkvalitet vil variera, og ein enkel og brukarvenleg modell, som gjødslingshandboka, er eit gode. Gjennomgangen av N-gjødslingsforsøk frå dei siste 20 åra tilseier soleis at det ikkje er naudsynt å endra gjødseltilrådingane med omsyn til avling.

Nitrogenavlinga steig lineært med gjødslinga, og det var fyrst etter maksimalavling var nådd at råproteinkonsentrasjonen auka i særleg grad. Mykje av auken i råprotein var truleg ikkje-protein-nitrogen. Sidan N-avlinga auka mindre enn tilførd N med gjødsel, vart utnyttinga av gjødselnitrogenet dårlegare di kraftigare gjødslinga var.

6 Referansar

- Bechmann, M. (2014). Long-term monitoring of nitrogen in surface and subsurface runoff from small agricultural dominated catchments in Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 198, 13-24.
- Bittman, S., and Kowalenko, C.G. (2000). Within-season grass herbage crude-protein- and nitrate-N concentrations as affected by rates and seasonal distribution of fertilizer nitrogen in a high yearly rainfall climate. *Canadian Journal of Plant Science* 80, 277-285.
- Borchsenius, R. (2021). *Kan man gjødsle seg til høge grasavlinger?* Norsk landbruksrådgiving. Available: <https://www.nlr.no/fagartikler/grovfor/default/kan-man-gjodsle-seg-til-hoge-grasavlinger>
- Baadshaug, O.H., Gronnerod, B., and Skjelvåg, O.A. (1996). Nitrogengjødsling til eng. Kan forsøksresultatene utnyttes bedre? *Norsk landbruksforskning* 10, 87-100.
- Cameron, K.C., Di, H.J., and Moir, J.L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology* 162, 145-173.
- Flaten, O., Bakken, A.K., and Randby, Å.T. (2015). The profitability of harvesting grass silages at early maturity stages: An analysis of dairy farming systems in Norway. *Agricultural Systems* 136, 85-95.
- Godard, C., Roger-Estrade, J., Jayet, P.A., Brisson, N., and Le Bas, C. (2008). Use of available information at a European level to construct crop nitrogen response curves for the regions of the EU. *Agricultural Systems* 97, 68-82.
- Gutser, R., Ebertseder, T., Weber, A., Schraml, M., and Schmidhalter, U. (2005). Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168, 439-446.
- Herrmann, A., Kage, H., Taube, F., and Sieling, K. (2017). Effect of biogas digestate, animal manure and mineral fertilizer application on nitrogen flows in biogas feedstock production. *European Journal of Agronomy* 91, 63-73.
- Hoekstra, N.J., Struik, P.C., Lantinga, E.A., Van Amburgh, M.E., and Schulte, R.P.O. (2008). Can herbage nitrogen fractionation in *Lolium perenne* be improved by herbage management? *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences* 55, 167-180.
- Kolle, S.O., and Oguz-Alper, M. (2020). "Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2018", *Rapporter 2020/9*. Statistisk sentralbyrå.
- Larsen, S.U., Jørgensen, H., Bukh, C., and Schjoerring, J.K. (2019). Green biorefining: Effect of nitrogen fertilization on protein yield, protein extractability and amino acid composition of tall fescue biomass. *Industrial Crops and Products* 130, 642-652.
- Livenengen, M.B. (2022). Mer protein fra graset med uendra gjødsling. *Buskap 2022-2*, 52-54.
- Loaiza, P.A., Balocchi, O., and Bertrand, A. (2017). Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. *Grass and Forage Science* 72, 556-567.
- Lunnan, T. (2021). "Sterk nitrogengjødsling til eng", *NIBIO Rapport 7 (133)*. Norsk institutt for bioøkonomi.
- Lunnan, T., and Nesheim, L. (2002). Response to Different Nitrogen Application Patterns on Grassland in a Two-cut System. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 52, 1-7.
- Miljødirektoratet (2024). *Miljøstatus. Utslipp av lystgass i Norge* <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/lystgass-N2O/>
- Müller, C., Laughlin, R.J., Christie, P., and Watson, C.J. (2011). Effects of repeated fertilizer and cattle slurry applications over 38 years on N dynamics in a temperate grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 1362-1371.
- Nadeem, R., and Bakken, A.K. (2020). "Nitrous oxide emissions from grassland in spring and early summer at increasing nitrogen application rates", *NIBIO Rapport 6 (183)* Norsk institutt for bioøkonomi.
- Peyraud, J.L., and Astigarraga, L. (1998). Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science and Technology* 72, 235-259.
- Reid, D., and Strachan, N.H. (1974). The effects of a wide range of nitrogen rates on some chemical constituents of the herbage from perennial ryegrass swards with and without white clover. *The Journal of Agricultural Science* 83, 393-401.

- Schröder, J. (2005). Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology* 96, 253-261.
- Schröder, J.J., Assinck, F.B.T., Uenk, D., and Velthof, G.L. (2010). Nitrate leaching from cut grassland as affected by the substitution of slurry with nitrogen mineral fertilizer on two soil types. *Grass and Forage Science* 65, 49-57.
- Schröder, J.J., Uenk, D., and Hilhorst, G.J. (2007). Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant and Soil* 299, 83-99.
- Shepherd, M., Ghani, A., Rajendram, G., Carlson, B., and Pirie, M. (2015). Soil total nitrogen concentration explains variation in pasture response to spring nitrogen fertiliser across a single farm. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 101, 377-390.
- Shiel, Tilib, E., and Younger (1999). The influence of fertilizer nitrogen, white clover content and environmental factors on the nitrate content of perennial ryegrass and ryegrass/white clover swards. *Grass and Forage Science* 54, 275-285.
- Sikkeland, E. (2021). *Gjødsler vi med for lite N til enga?*
<https://www.nlr.no/fagartikler/grovfor/midt/gjodslers-vi-med-for-lite-n-til-eng>
- Skjold, A.V., Farstad, B., Schei, I., Øksendal, H., Volden, H., Klette, P., and Brodshaug, E. (2022). Rom for mer grasprotein til drøvtyggerne våre. *Buskap 2022-2*, 48-51.
- Sparrow, P.E. (1979). The comparison of five response curves for representing the relationship between the annual dry-matter yield of grass herbage and fertilizer nitrogen. *The Journal of Agricultural Science* 93, 513-520.
- Sørensen, P. (2004). Immobilisation, remineralisation and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertiliser nitrogen. *Plant and Soil* 267, 285-296.
- Termonen, M., Korhonen, P., Kykkänen, S., Kärkönen, A., Toivakka, M., Kauppila, R., and Virkajärvi, P. (2020). Effects of nitrogen application rate on productivity, nutritive value and winter tolerance of timothy and meadow fescue cultivars. *Grass and Forage Science* 75, 111-126.
- Tian, H., Xu, R., Canadell, J.G., Thompson, R.L., Winiwarter, W., Suntharalingam, P., Davidson, E.A., Ciais, P., Jackson, R.B., Janssens-Maenhout, G., Prather, M.J., Regnier, P., Pan, N., Pan, S., Peters, G.P., Shi, H., Tubiello, F.N., Zaehle, S., Zhou, F., Arneeth, A., Battaglia, G., Berthet, S., Bopp, L., Bouwman, A.F., Buitenhuis, E.T., Chang, J., Chipperfield, M.P., Dangal, S.R.S., Dlugokencky, E., Elkins, J.W., Eyre, B.D., Fu, B., Hall, B., Ito, A., Joos, F., Krummel, P.B., Landolfi, A., Laruelle, G.G., Lauerwald, R., Li, W., Lienert, S., Maavara, T., Macleod, M., Millet, D.B., Olin, S., Patra, P.K., Prinn, R.G., Raymond, P.A., Ruiz, D.J., Van Der Werf, G.R., Vuichard, N., Wang, J., Weiss, R.F., Wells, K.C., Wilson, C., Yang, J., and Yao, Y. (2020). A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. *Nature* 586, 248-256.
- Tremblay, G.F., Bélanger, G., and Drapeau, R. (2005). Nitrogen fertilizer application and developmental stage affect silage quality of timothy (*Phleum pratense* L.). *Grass and Forage Science* 60, 337-355.
- Trott, H., Wachendorf, M., Ingwersen, B., and Taube, F. (2004). Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science* 59, 41-55.
- Tveitnes, S. (1985). "Husdyrgjødsel. Gjødsel, jordforbetringsmiddel og avfall med forurensningsrisiko". (Ås: Institutt for jordkultur, Norges landbrukskøleskole).
- Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Salo, T., Kapuinen, P., and Turtola, E. (2016). Nitrogen fertilization of grass leys: Yield production and risk of N leaching. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 230, 341-352.
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press.
- Volden, B. (1996). Nitrogen og kalium til eng i Nordland I. Avlinger og jordanalyser *Norsk landbruksforskning* 10, 283-300.
- Volden, H. (2021). Optimal nitrogengjødsling – trenger vi nye løsninger? *Buskap 2021-3*, 44-47.
- Volden, H., and Nossu, G. (2024). Slik kan vi evaluere og optimalisere gjødslingen. *Buskap 2024-2*, 34-36.
- Whitehead, D. (2000). "Nitrogen," in *Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships*, ed. D. Whitehead. (Oxon, UK: CABI Publishing), 95-125.
- Wilman, D. (1975a). Nitrogen and Italian ryegrass. 1. Growth up to 14 weeks: dry-matter yield and digestibility. *Grass and Forage Science* 30, 141-147.
- Wilman, D. (1975b). Nitrogen and Italian ryegrass. 2. Growth up to 14 weeks: nitrogen, phosphorous and potassium content and yield. *Grass and Forage Science* 30, 243-249.

7 Vedlegg

7.1 Forsøksseriar

7.1.1 «Meir og betre grovfôr» gras-raudkløverfelt

Lokalitetar: Kvithamar, Løken (2 felt), Særheim

Forsøksplan: Faktorielt med faktorane hausteregime og nitrogengjødslingsnivå i tre blokker (gjentak). Hausteregime kombinert med gjødslingsnivå var tilfeldig fordelt innafor blokk.

- Hausteregimer – avhengig av lokalitet, eksempel Kvithamar
 1. 1. slått ved stengelstrekking, 2. slått 600 døgngader etter 1. slått, 3. slått 5. sept.
 2. 1. slått før byrjande skyting, 2. slått 500 døgngader etter 1. slått, 3. slått 5. sept.
 3. 1. slått før byrjande skyting, 2. slått 700 døgngader etter 1. slått, 3. slått 5. sept.
 4. 1. slått byrjande skyting, 2. slått 500 døgngader etter 1. slått, 3. slått 5. sept.
 5. 1. slått byrjande skyting, 2. slått 700 døgngader etter 1. slått, 3. slått 5. sept.
 6. 1. slått full skyting, 2. slått 500 døgngader etter 1. slått, 3. slått 5. sept.
 7. 1. slått full skyting, 2. slått 5. sept.
- Gjødslingsnivå
 - N1 = 12 kg N/daa
 - N2 = 24 kg N/daa

Etableringsår: 2004

Varigheit: Attlegg følgd av tre år med eng

Engfrøblanding: Kvithamar: 'Nordi' raudkløver, 'Grindstad' timotei, og 'Fure' engsvingel med høvetala 0,5:1:1 i såvekt. På løken var timotei ei blanding av 'Grindstad' og 'Vega' timotei.

Såmengd: Ingen opplysningar

Gjentak: 3

Rutestorleik: 1,5*7 m (sårute)

Dekkvekst: Ingen opplysningar

Jord: Løken: Sandig silt, og siltig sand, Kvithamar: Siltig mellomleire, Særheim: humusrik siltig mellomsand.

Gjødsling attlegg: Ingen opplysningar

Gjødsling engår: Kvithamar: N1 med Fullgjødsel 21-4-10 både på våren og på gjenvekstane, og N2 med Fullgjødsel 21-4-10 på våren og med Fullgjødsel 25-2-6 på gjenvekstane. Løken: Fullgjødsel 18-3-15. Særheim: N1 med Fullgjødsel 18-3-15, og N2 med Fullgjødsel 22-2-12

Kvalitetsanalysar: NIRS på Løken

Referanse:

Bakken AK, Lunnan T, Höglind M, Harbo O, Langerud A, Rogne TE, Ekker AS. 2009. Mer og bedre grovfôr som basis for norsk kjøtt- og mjølkeproduksjon. Resultater fra flerårige høstetidsforsøk i blandingseng med timotei, engsvingel og rødkløver. Bioforsk Rapport 4 (38), 65 a

7.1.2 «Meir og betre grovfôr» Yarafelt

Lokalitetar: Kvithamar, Løken, Ås

Forsøksplan: Faktorielt med faktorane med N-gjødslingsnivå (3) og gjødseltype (2) i tre blokker (gjentak).

- N gjødslingsnivå
 - 12 kg N/daa (6+4+2 kg N/daa)
 - 18 kg N/daa (8+6+4 kg N/daa)
 - 24 kg N/daa (10+8+6 kg N/daa)
- Gjødseltype
 - Vår: NPK 16-7-3, e. 1.sl: Opti-KAS 27-0-0, e. 2.sl: Opti-KAS 27-0-0
 - Vår: NPK 21-4-10 (Ås: 17-5-13), e. 1.sl: NPK 25-2-6, e. 2.sl: Svovelkalksalpeter

Etableringsår: Kvithamar 1 årseng, Ås 4. års eng, Løken sjetteårseng

Varigheit: Attlegg følgd av tre år med eng (Løken 2 år)

Engfrøblanding: Kvithamar: raudkløver, timotei, og engsvingel. Ås: timotei og engsvingel. Løken: Allsidig med mest bladfaks.

Såmengd: Ingen opplysningar

Gjentak: 3

Rutestorleik:

Dekkvekst: Ingen opplysningar

Jord:

Gjødsling attlegg: Ingen opplysningar

Kvalitetsanalysar: NIRS på Løken

Referanse:

Bakken AK, Lunnan T, Svoldal, B.T. 2007. Grovfôravling og -kvalitet med bruk av stigande mengd mineralgjødsel med og utan svovel. Plantemøte Vest 2007. Bioforsk FOKUS 2 (7), s 35-395 a

7.1.3 «FOREFF – Samansetting av arter for betre avling og avlingsstabilitet over år»

Lokalitetar: Holt, Kvithamar, Særheim

Forsøksplan: Simplex design med faktorane ulike arter og artssamansetting og to nitrogengjødslingsnivå. Gjødslingsnivå og artssamansetting var tilfeldig fordelt.

- 7 ulike artar i reinbestand og ulike blandingar
- Gjødslingsnivå – Holt / Kvithamar / Særheim
 - N1 = 8,5 kg N/daa / 12 kg N/daa / 13 kg N/daa
 - N2 = 17 kg N/daa / 24 kg N/daa / 26 kg N/daa /

Etableringsår: 2016

Varigheit: Attlegg følgd av tre år med eng

Engfrøblanding: Reinbestand av fleirårig raigras 'Figgjo', timotei 'Grindstad', engsvingel 'Vestar', engrapp 'Knut', engkvein 'Leikvin', rødkløver 'Gandalf', kvitkløver 'Litago'. Ei blanding med alle 7 artane i like mengder, ei med 6 artar, syv 5-artblandingar, tre 4-artblandingar, to 3-artblandingar og ni ulike 2-artblandingar.

Såmengd: Såmengd til reinbestand etter anbefalt mengde. Dei ulike blandingsane blei komponert med enten like mykje av kvar art eller ein eller to dominerande artar i blandinga. Mengde frø blei kalkulert i prosent av mengda brukt i reinbestand.

Rutestorleik: 1,5*7 m (sårute)

Dekkvekst: Ingen

Jord: Holt: Siltig sand, Kvithamar: Siltig mellomleire, Særheim: Siltig mellomsand.

Gjødsling attlegg: Holt: 6,2 kg N, 0,9 kg P og 5,1 kg K per dekar på alle ledd. Kvithamar: 14,1 kg N, 2,9 kg P og 16,1 kg K per dekar. Særheim: 11 kg N, 2 kg P og 9 kg K per dekar.

Gjødsling engår: Holt, Kvithamar og Særheim: N1 med Fullgjødsel 8-5-19 på våren og Fullgjødsel 18-3-15 på gjenvekstane. N2 med Fullgjødsel 8-5-19 og Opti KAS på våren og med Fullgjødsel 18-3-15 og Opti KAS på gjenvekstane.

Kvalitetsanalysar: NIRS på Løken

Referanse:

Jørgensen M., Bakken A.K., Østrem L., Brophy C. 2023. The effects of functional trait diversity on productivity of grass-legume swards across multiple sites and two levels of nitrogen fertiliser. *European Journal of Agronomy* 151 (2023) 126993. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126993>

Jørgensen M., Leraand M.K., Ergon Å., Bakken A.K. 2019. Effects of including perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in different species mixtures on yield, feed quality and botanical composition in first year of ley. In: Proceedings of the joint 20th symposium of the European Grassland Federation and 33rd meeting of the EUCARPIA section "Fodder crops and amenity grasses", Zürich, Switzerland

24-27 June 2019. *Grassland Science in Europe* 24:152-154. ISBN: 978-3-033-07278-7 eISBN: 978-3-033-07279-4.

Brophy C., Jørgensen M., Elverland E., Bakken A.K. 2019. Functional groups drive positive diversity effects on yields across multiple Norwegian sites. In: Proceedings of the joint 20th symposium of the European Grassland Federation and 33rd meeting of the EUCARPIA section “Fodder crops and amenity grasses”, Zürich, Switzerland 24-27 June 2019. *Grassland Science in Europe* 24:42-44. ISBN: 978-3-033-07278-7

Østrem L., Jørgensen M., Dalmannsdottir S., Lunnan T. 2021. Kva frøblandingar taklar best klimaendringer? *Buskap* (3):24-26, 2021.

Elverland E., Jørgensen M. 2022. Engvekster i blanding eller reinbestand? *NIBIO POP* 8(15): 4 pp.

7.1.4 «FOREFF – N-stige»

Lokalitetar: Holt, Kvithamar, Særheim

Forsøksplan: Faktorielt med faktorane nitrogengjødslingsnivå i tre blokker (gjentak). Gjødslingsnivå var tilfeldig fordelt innafor blokk.

- Holt gjødslingsnivå: 0, 7, 14, 21, 28 kg N/daa
- Kvithamar/Særheim Gjødslingsnivå: 0, 9, 18, 27, 36 kg N/daa

Etableringsår: 2017

Varigheit: Attlegg følgt av to år med eng, bare 1. engår med kvalitetsanalysar

Engfrøblanding: Engfrøblanding med 80 % timotei og 20 % engsvingel.

Såmengd: Ca. 2,5 kg/daa

Gjentak: 3

Rutestorleik: 1,5*7 m (sårute) med kantruter mellom alle ledd.

Dekkvekst: Utan dekkvekst

Jord: Holt: Siltig mellomsand, Kvithamar: Siltig mellomleire, Særheim: Sand.

Gjødsling attlegg: «Normal» gjødsling på alle ledd og alle ledd gjødsla likt.

Gjødsling engår: Holt: Ledd 1: OPTI-PK 0-11-21, Ledd 2-3: Fullgjødsel 12-4-18, Ledd 4-5: Fullgjødsel 18-3-15, på vår og gjenvekst.

Kvithamar/Særheim: Ledd 1: OPTI-PK 0-11-21 og K49, Ledd 2-5: OPTI-PK 0-11-21 og OPTI-NK 22-0-12 på vår og alle gjenvekstar.

Kvalitetsanalysar: NIRS på Løken

Referanse:

Jørgensen M., Bakken A.K., Svoldal B.T. 2020. Avlingsresponser i gras ved stigende mengde nitrogen og svovel (*Yield responses in grass at increasing amounts of nitrogen and sulphur*). *Buskap* 72(2):34-36.

Jørgensen M., Kvam-Andersen J.E., Bakken A.K. 2019. Kan sterk gjødsling kompensere for tørke i enga? (*Can high fertiliser levels compensate for drought in the meadow?*). *Buskap* 71(3): 80-82.

7.1.5 «YARA N-stige med HG gjødsel»

Lokalitetar: Vestvågøy, Levanger, Fjaler, Etne

Forsøksplan: Faktorielt med faktorane nitrogen- og svovelgjødslingsnivå i tre blokker (gjentak). Gjødslingsnivå var tilfeldig fordelt innafor blokk.

- Gjødslingsnivå – to slåtter

Gjødslingsledd 1: Bare husdyrgjødsel (HG), Ledd 2-9 – N-stige med mye eller lite svovel: HG + 2,1, 3,3, 4,5, 1,2, 1,8, 2,5 eller 0 kg S /daa og 9, 13 eller 18 kg N/daa. Ledd 8 med ekstra kalium – 9 kg K/daa.

- Gjødslingsnivå – tre slåtter (Fjaler og Levanger)

Gjødslingsledd 1: Bare HG, Ledd 2-9 – N-stige med mye eller lite svovel: HG + 2,8, 4,3, 5,8 1,5, 2,3, 3,2, 3,1 eller 0 kg S /daa og 11, 17 eller 23 kg N/daa. Ledd 8 med ekstra kalium – 12 kg K/daa.

- Gjødslingsnivå – tre slåtter (Etne)

Gjødslingsledd 1: Bare HG, Ledd 2-9 – N-stige med mye eller lite svovel: HG + 4,3, 5,8 7,5, 2,5, 3,4, 4,5, 4,1 eller 0 kg S /daa og 17, 23 eller 30 kg N/daa. Ledd 8 med ekstra kalium – 16 kg K/daa.

Etableringsår: Attlegg 2019 (2020 for Etne)

Varighet: Oppstart 2020 og til saman tre år med eng (to år for lokalitet Etne).

Engfrøblanding: Vestvågøy: Engfrøblanding med 80 % timotei og 20 % engsvingel. Levanger: Engfrøblanding med timotei, engsvingel, raigras og kløver. Fjaler: 'Vestlandsblanding' – engfrøblanding med timotei, engsvingel, engrapp, hundegras, strandsvingel, raisvingel, raigras og kvitkløver.

Såmengd: Ca. 2,5 kg/daa

Gjentak: 3

Rutestorleik: 1,5*7 m (sårute) med kantruter mellom alle ledd.

Dekkvekst: Utan dekkvekst

Jord: Vestvågøy: Siltig finsand, Levanger: siltig mellomsand, Fjaler: mineralblanda mold.

Gjødsling attlegg: «Normal» gjødsling på alle ledd og alle ledd gjødsla likt.

Gjødsling engår: Vår og alle gjenvekstar: Sulfan til alle ledd med ekstra mye S-gjødsel, OPTI NK til ledd med ekstra kaliumgjødsel og CAN 27-0-0 til ledd uten S-gjødsel. OPTI-NS til ledd med moderat S-gjødsling. HG-gjødsel til alle ledd vår og etter 1. slått.

Kvalitetsanalysar: NIRS på Særheim

Referanse:

Arnstad, M. I. L. 2023. Proteininnhold i grovfôr som en funksjon av tilført nitrogen og svovel. Masteroppgave. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/3080285>

7.1.6 «N-gjødsling til raudkløvereng»

Lokalitetar: Lokale felt

Forsøksplan: Faktorielt med faktorane nitrogen- og kløvermengd i såfrø i tre blokkar (gjentak).

- N-gjødsling (fordeling ved 3 slåttar)
 - 0 kg N/daa (0 kg N/daa)
 - 8 kg N/daa (3+3+2 kg N/daa)
 - 16 N/daa (6+6+4 kg N/daa)
 - 24 N/daa (9+9+6 kg N/daa)
- Kløvemengd i såfrøet
 - 10 % (65 % timotei, 25 % engsvingel, 10 % raudkløver)
 - 20 % (55 % timotei, 25 % engsvingel, 20 % raudkløver)

Etableringsår: 2009

Varighet: Tre engår, men ein felt vart avslutta før det hadde gått re år

Engfrøblanding:

Såmengd: Ca. 2,5 kg/daa

Gjentak: 3

Rutestorleik: 1,5*7 m (sårute) med kantruter mellom alle ledd.

Dekkvekst: Utan dekkvekst

Jord:

Gjødsling attlegg: Ingen opplysningar.

Gjødsling engår: Felta skulle ha lik grunngjødsling med PK 5-17 på våren og kaliumklorid (K49) etter første slått. Ingen husdyrgjødsel skulle brukast.

Kvalitetsanalysar: NIRS på Særheim

Referanse:

Nesheim, L., Langerud, A., Kval-Engstad, O. 2014. Såmengd og N-gjødsling til gras/kløver. Buskap 3-2014, s 28-29.

7.1.7 «Omlaufsfeltet Fureneset»

Lokalitetar: Fureneset

Forsøksplan: Split-plot design med frøblanding og omlaufstid (E6: 5 engår + attleggsår, E12: 11 engår + attleggsår, V1: Varig eng frå 1974, V2: varig eng frå 2017) som overlappende storruiter. Gjødsling på småruter.

V1 er ikkje med i datasettet her.

Etableringsår: 2017 (eldre ruter ikkje tatt med)

Varigheit: Pågåande. Perioden 2017 – 2022 er med i analysane.

Engfrøblanding:

V2-0: 50 % timotei, 20 % engsvingel, 20 % raigras, 5 % raudkløver, 5 % kvitkløver

V2-1: 40 % timotei, 20 % engsvingel, 10 % engrapp, 10 % raudsvingel, 10 % engkvein, 5 % raudkløver, 5 % kvitkløver

E6: 75 % raigras, 15 % strandsvingel, 10 % kvitkløver (Spire surfôr+90)

E12: 40 % timotei, 20 % engsvingel, 20 % engrapp, 10 % raigras, 5 % raudkløver, 5 % kvitkløver (Modifisert Beite-surfôr+10)

Såmengd: Ikkje registrert.

Gjentak: 3

Rutestorleik: Anleggstrute: 3*9,8, hausterute: 1,4 * 7,0

Dekkvekst: Utan dekkvekst

Jord: Moldrik morenejord.

Gjødsling attlegg:

Gjødsling engår:

G1: 21 kg N i Fullgjødsl 18-3-15

G2: 12 kg N i Fullgjødsl 18-3-15 + 3 tonn gylle om våren

G3: 16 kg N i Fullgjødsl 25-2-6 + 6 tonn gylle om våren

Kvalitetsanalysar: NIRS på Særheim

Referanse:

7.1.8 «Impress»

Lokalitetar: Løken, Apelsvoll

Forsøksplan: Fullstendig randomisert med 12 gjentak og 6 N nivå

Etableringsår: 2017 Løken og 2018 Apelsvoll

Varighet: Tre engår

Engfrøblanding:

Apelsvoll: 2,5-3 kg/daa med Spire surfôr normal (Felleskjøpet Agri, 70% timotei, 20% engsvingel, 10% raudkløver) om våren. På grunn av tørke blei det i starten av september sådd 3 kg/daa med Stand nr 20 (80% timotei og 20% engsvingel).

Løken: 2,5-3 kg/daa Strand nr. 18 (80 % 'Grindstad' timotei, 20 % 'Fure' engsvingel) eller Felleskjøpet surfôr normal (80 % 'Grindstad' timotei, 20 % 'Minto' engsvingel)

Gjentak: 12

Rutestorleik: Haustrute: 1,5 m x 6,4 m Løken og 1,5 m x 5,5 m Apelsvoll

Jord:

Forsøket på Løken var lagt ut på tre ulike skifter (Nyåkeren, Eikra Sør og Eikrabakken) med siltig mellomsand. Forsøket på Apelsvoll blei lagt ut på tre ulike plasser på same skifte.

Gjødsling attlegg: Ingen opplysningar

Gjødsling engår:

- N gjødslingsnivå og fordeling (40:30:30) over sesongen Apelsvoll
 - 1. engår
 - 0 kg N/daa
 - 6 kg N/daa
 - 12 kg N/daa
 - 18 kg N/daa
 - 24 kg N/daa
 - 30 kg N/daa
 - 2.-3. engår
 - 0 kg N/daa
 - 7 kg N/daa
 - 14 kg N/daa
 - 21 kg N/daa
 - 28 kg N/daa
 - 35 kg N/daa
- N gjødslingsnivå og fordeling (57:43) over sesongen Løken alle engår
 - 0 kg N/daa
 - 6 kg N/daa
 - 12 kg N/daa
 - 18 kg N/daa
 - 24 kg N/daa
 - 30 kg N/daa

Hausteregime:**Apelsvoll**

1. slått ei veke etter begynnande skyting
2. slått ca 550 døggrader etter 1. slått
3. ca 10. septmber

Løken

1. slått ei veke etter begynnande skyting
2. Sist i august

Kvalitetsanalysar: NIRS på Særheim

Referanse:

7.2 Supplementstabellar

Tabell S1a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på TS avling (kg TS/daa) i eng slått tre ganger per sesong (n=1177)

Effekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	439	30,3	<0,001	213	36,4	<0,001	170	16,5	<0,001	929	49,1	<0,001
N	25,7	2,94	<0,001	92,1	5,35	<0,001	55,3	2,91	<0,001	28,7	1,67	<0,001
N×N	-0,86	0,250	0,001	-3,6	0,5	<0,001	-1,60	0,238	<0,001	-0,47	0,043	<0,001
HG-N	11,6	2,62	<0,001	16,4	7,0	0,028						
N×HG-N	-1,30	0,407	0,003									
E	-22,6	10,58	0,036	0,6	13,7	0,963				-84	14,9	<0,001
N×E				-1,67	0,767	0,030						
N1				-53,2	4,38	<0,001						
N×N1				2,2	0,50	<0,001						
HG-N1				-10,6	1,34	<0,001						
N1_2							-8,02	1,353	<0,001			
N×N1_2							4,09	1,521	0,008			
HG-Ntot							-1,50	0,329	<0,001	16,1	2,38	<0,001
N×HG-Ntot										-0,53	0,126	<0,001
R ²	0,720			0,844			0,819			0,887		
RMSE	77,5			52,8			40,10			87,7		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslåt (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

N1 er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren på andreslåtten

N1_2 er effekt av sum kg N/daa i mineralgjødning gitt etter 1. slått og 2. slått på tredjeslåtten

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

HG-N1 er effekt av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren på 2. slått

HG-Ntot er effekten av sum av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren og etter 1. slått på 3. slått og på totalavlinga

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S1b. Kovariansparameterestimat for tilfeldige effektar i analyse TS avling (kg TS/daa) i eng slått tre gonger per sesong avling (n=1177)

Parameter	Subjekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		7026	1790	<0,001	5964	1878	0,001	4875	1273	<0,001	19231	5599	0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)	7026	1790	<0,001	12460	6038	0,020				23067	10598	0,015
N	Lokalitet(Serie)	7,49	14,0	0,297	62,1	21,5	0,002				21,2	8,0	0,004
N×N	Lokalitet(Serie)	0,274	0,126	0,014									
E	Lokalitet(Serie)				716	413	0,041	1474	617	0,009			
N1_2	Lokalitet(Serie)							37,2	11,8	0,001			
AIC		13856			13025			12427			14280		

Tabell S2a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengde med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på TS avling (kg TS/daa) i eng slått to ganger per sesong (n=521)

Effekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	397	54,5	<0,001	391	54,6	<0,001	817	88,6	<0,001
N	22,5	3,00	<0,001	25,6	2,604	<0,001	23,0	2,37	<0,001
N×N	-0,91	0,125	<0,001	-0,86	0,210	<0,001	-0,42	0,060	<0,001
HG-N	14,4	4,49	0,003						
N×HG-N	-1,78	0,64	0,013						
E	12,5	21,2	0,558	-61,7	17,20	0,001	-64	26,2	0,021
N×E	1,62	0,734	0,028						
R ²	0,916			0,871			0,914		
RMSE	55,8			64,9			91,2		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslåt (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S2b. Kovarians parameterestimat for tilfeldige effekter i analyse TS avling (kg TS/daa) i eng slått to ganger i året (n=521)

Effekt	Subjekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		13139	5467	0,008	5607	2208	0,006	13213	5451	0,008
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)	17392	9665	0,036	30574	12125	0,006	85488	35003	0,007
N		11,1	6,19	0,037				11,25	21,47	0,020
AIC		5867			5972			6382		

Tabell S3a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengde med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på råproteininnholdet i avlinga (% av TS) av eng slått tre ganger per sesong (n=1177)

Effekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	11,0	0,42	<0,001	13,8	0,51	<0,001	17,2	0,65	<0,001	12,9	0,30	<0,001
N	0,25	0,038	<0,001	-0,95	0,144	<0,001	-0,75	0,193	0,001	-0,066	0,022	0,003
N×N				0,049	0,0093	<0,001				0,005	0,001	<0,001
HG-N				-0,27	0,127	0,039				-0,021	0,025	0,395
N×HG-N										0,003	0,001	0,013
E							-0,46	0,227	0,046			
N ₁				0,59	0,101	<0,001						
HG-N ₁				0,17	0,056	0,003						
N _{1_2}							0,08	0,057	0,148			
N×N _{1_2}							0,032	0,004	<0,001			
HG-N _{tot}							-0,08	0,05	0,128			
N×HG-N _{tot}							0,03	0,014	0,023			
R ²	0,668			0,685			0,738			0,671		
RMSE	1,8			1,7			1,7			1,4		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslått (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

N₁ er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren på andreslått

N_{1_2} er effekt av sum kg N/daa i mineralgjødning gitt etter 1. slått og 2. slått på tredjeslått

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

HG-N₁ er effekt av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren på 2. slått

HG-N_{tot} er effekten av sum av total kg N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren og etter 1. slått på 3. slått og på totalavlinga

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S3b. Kovarians parameterestimat for tilfeldige effektar i analyse råproteininnhaldet i avling (% avTS) i eng slått tre gonger per sesong avling (n=1177)

Parameter	Subjekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		2,8	0,79	<0,001	5,95	1,43	<0,001	8,26	1,89	<0,001	3,07	0,69	<0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)	2,30	1,10	0,019									
N	Lokalitet(Serie)	0,025	0,010	0,008	0			0,20	0,10	0,029	0,0015	0,0007	0,022
N×N	Lokalitet(Serie)				0,0005	0,0002	0,014						
N1	Lokalitet(Serie)				0,047	0,022	0,016						
E	Lokalitet(Serie)				0,482	0,270	0,037						
N1_2	Lokalitet(Serie)							0,028	0,001	0,006			
AIC		5020			4935			5034			4375		

Tabell S4a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på råproteininnholdet i avlinga (% av TS) av eng slått to ganger per sesong (n=521)

Effekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	8,8	0,59	<0,001	12,1	0,91	<0,001	11,5	0,29	<0,001
N	0,39	0,051	<0,001	-0,56	0,122	<0,001	-0,09	0,036	0,017
N×N				0,07	0,006	<0,001	0,01	0,001	<0,001
E	0,56	0,284	0,056	0,95	0,43	0,033			
N×E	-0,08	0,018	<0,001						
R ²	0,645			0,744			0,638		
RMSE	1,4			1,6			1,3		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1, slått), etter førsteslått (effekt på 2, slått), etter 2. slått (effekt på 3, slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S4b. Kovariansparameterestimat for tilfeldige effekter i analyse råproteininnholdet i avlinga (% avTS) i eng slått to ganger i året (n=521)

Effekt	Subjekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		1,89	0,59	0,001	5,78	1,78	0,001	1,88	0,59	0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)									
N	Lokalitet(Serie)	0,017	0,010	0,049	0,172	0,068	0,006	0,012	0,005	0,007
AIC		2003			2158			1916		

Tabell S5. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengde med mineralgjødelse N, husdyrgjødsel N og engår på Fôreingskonsentrasjonen (FEm/kg TS) i avlinga av eng slått tre ganger per sesong (n=1177)

Effekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	0.87	0.010	<0.0001	0.87	0.011	<0.001	0.91	0.013	<0.001	0.85	0.009	<0.0001
N	-0.0024	0.0009	0.0091	-0.021	0.0032	<0.001	-0.008	0.0017	<0.001	-0.001	0.00033	0.0025
N×N				0.0011	0.00030	<0.001	-0.0008	0.00026	0.002	0.00003	0.000009	0.0002
HG-N				-0.0062	0.0020	0.003				-0.000770	0.000317	0.0156
N×HG-N										0.000047	0.000013	0.0005
E				0.004	0.006	0.429	-0.0078	0.0062	0.217	0.0093	0.0047	0.0559
N×E				-0.0009	0.0004	0.032	0.00162	0.00041	<0.001	-0.0003	0.0001	0.0028
N1				0.019	0.003	<0.001						
N×N1				-0.0010	0.0003	<0.001						
HG-N1				0.0038	0.0009	<0.001						
N1_2							0.0009	0.00036	0.009			
N×N1_2							0.00047	0.00011	<0.001			
HG-Ntot							0.0013	0.0003	<0.002			
N×HG-Ntot												
R ²	0,761			0,688			0,762			0,728		
RMSE	0,03			0,03			0,03			0,02		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødelse gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslåt (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

N1 er effekt av kg N/daa i mineralgjødelse gitt om våren på andreslåtten

N1_2 er effekt av sum kg N/daa i mineralgjødelse gitt etter 1. slått og 2. slått på tredjeslåtten

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

HG-N1 er effekt av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren på 2. slått

HG_Ntot er effekten av sum av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren og etter 1. slått på 3. slått og på totalavlinga

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S5b. Kovarians parameterestimat for tilfeldige effektar i analyse på fôreiningskonsentrasjonen (FEm/kg TS) i avling frå eng slått tre gonger per sesong avling (n=1177)

Parameter	Subjekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
		Estima	SE	P-	Estimat	SE	P-	Estima	SE	P-	Estima	SE	P-
År(Lokalitet)		0,004	0,000	<0,00	0,0009	0,0002	<0,00	0,0008	0,0002	0,001	0,0008	0,0002	<0,00
Konstantledd	Lokalitet(Serie)							0,0010	0,0005	0,036			
N	Lokalitet(Serie)	0,0000	5,3*10	0,005	0,000001	8,7*10 ⁻	0,052						
N×N	Lokalitet(Serie)												
N1	Lokalitet(Serie)				0,000001	6,5*10 ⁻	0,040						
E	Lokalitet(Serie)				0,000016	0,0000	0,027	0,0002	0,0001	0,033	0,0004	0,00001	0,026
N1_2	Lokalitet(Serie)												
AIC		-4031			-4691			-4724			-5415		

Tabell S6a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødse N, husdyrgjødsel N og engår på Fôreiningskonsentrasjonen (FEm/kg TS) i avlinga av eng slått to gonger per sesong (n=521)

Effekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	0,88	0,006	<0,0001	0,87	0,015	<0,001	0,84	0,008	<0,001
N	-0,0048	0,0018	0,0121	-0,0055	0,0013	<0,001	-0,0025	0,000352	<0,001
N×N	0,00019	0,0001	0,0283	0,00027	0,0001	0,002	0,00006	0,000012	<0,001
E	-0,029	0,0025	<0,0001						
N×E									
HG-Ntot							-0,00203	0,000936	0,031
N×HG-Ntot							0,000126	0,000042	0,003
R ²	0,517			0,857			0,798		
RMSE	0,04			0,02			0,02		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødse gitt om våren (effekt på 1, slått), etter førsteslått (effekt på 2, slått), etter 2, slått (effekt på 3, slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S6b. Kovariansparameterestimat for tilfeldige effektar i analyse av fôreiningskonsentrasjonen (FEm/kg TS) i avlinga av eng slått to gonger i året (n=521)

Effekt	Subjekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)					0,00070	0,00028	0,006	0,0018	0,00047	<0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)				0,0029	0,0013	0,012			
N	Lokalitet(Serie)	0,000031	0,000012	0,0047	0,000013	5,75*10 ⁻⁶	0,014			
AIC		-1722			-2147			-2386		

Tabell S7a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på innholdet av vassløseleg karbohydrat (% av TS) i avlinga av eng slått tre ganger per sesong (n=1177)

Effekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	15.9	0.86	<0,001							13,6	0,81	<0,001
N	-0,435	0,055	<0,001							-0.04	0.035	0.206
N×N										-0,0022	0,0010	0,034
HG-N	-0,147	0,048	0,003							-0,086	0,026	0,001
N×HG-N												
E	1,07	0,297	0,001							1,41	0,278	<0,001
R ²	0,644									0,673		
RMSE	3,02									2,31		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslått (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

N₁ er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren på andreslått

N_{1_2} er effekt av sum kg N/daa i mineralgjødning gitt etter 1. slått og 2. slått på tredjeslått

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

HG-N₁ er effekt av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren på 2. slått

HG_N_{tot} er effekten av sum av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren og etter 1. slått på 3. slått og på totalavlinga

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S7b. Kovarians parameterestimat for tilfeldige effekter i analyse på innholdet av vassløseleg karbohydrat (% av TS) i avlinga frå eng slått tre ganger per sesong avling (n=1177)

Parameter	Subjekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		16,9	3,63	<0,001							5,49	1,45	<0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)	-									3,64	1,87	0,026
N	Lokalitet(Serie)	0,041	0,022	0,031							0,0021	0,0013	0,053
E	Lokalitet(Serie)												
AIC		6159									5589		

Tabell S8a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på innholdet av vassløseleg karbohydrat (% av TS) i avlinga av eng slått to gonger per sesong (n=521)

Effekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	20,1	1,63	<0,001				17,3	0,64	<0,001
N	-0,984	0,116	<0,001				-0,13	0,034	0,002
N×N	0,030	0,0051	<0,001						
E	-1,44	0,698	0,044						
N×E	0,158	0,029	0,001						
R ²	0,803						0,716		
RMSE	2,27						0,051		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1, slått), etter førsteslåt (effekt på 2, slått), etter 2, slått (effekt på 3, slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S8b. Kovariansparameterestimat for tilfeldige effektar i analyse av fiberinnholdet (NDF, % av TS) i avlinga av eng slått to gonger i året (n=521)

Effekt	Subjekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		12,70	4,75	0,004				11,3	3,13	<0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)	9,91	6,63	0,068				0,014	0,007	0,021
N	Lokalitet(Serie)	0,09	0,048	0,029						
AIC		2548						2416		

Tabell S9a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på fiberinnholdet (NDF, % av TS) i avlinga av eng slått tre ganger per sesong (n=1177)

Effekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	55,8	1,16	<0,001	48,7	0,75	<0,001	44,5	1,25		50,2	0,67	<0,001
N	0,43	0,14	0,002	2,10	0,192	<0,001	1,48	0,181		0,41	0,042	<0,001
N×N	-0,022	0,008	0,009	-0,062	0,0106	<0,001	0,127	0,0280		-0,008	0,0013	<0,001
HG-N	0,40	0,08	<0,001	0,84	0,182	<0,001						
N×HG-N	-0,027	0,010	0,008									
E	-0,9	0,43	0,044				0,2	0,4		0,33	0,161	0,039
N×E	0,11	0,038	0,003				-0,09	0,043				
N1				-0,70	0,106	<0,001						
N×N1												
HG-N1				-0,19	0,051	<0,001						
N1_2							0,22	0,038				
N×N1_2							-0,10	0,012				
HG-Ntot							0,14	0,052		0,27	0,044	<0,001
N×HG-Ntot							-0,034	0,009		-0,009	0,0019	<0,001
R ²	0,652			0,623			0,706			0,559		
RMSE	3,8			3,1			2,9			5,5		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslått (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

N1 er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren på andreslått

N1_2 er effekt av sum kg N/daa i mineralgjødning gitt etter 1. slått og 2. slått på tredjeslått

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

HG-N1 er effekt av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren på 2. slått

HG_Ntot er effekten av sum av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren og etter 1. slått på 3. slått og på totalavlinga

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S9b. Kovarians parameterestimat for tilfeldige effektar i analyse på fiberinnhaldet (NDF, % av TS) i avlinga frå eng slått tre gonger per sesong avling (n=1177)

Parameter	Subjekt	1. Slått			2. slått			3. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		20,6	4,78	<0,001	8,88	2,42	<0,001	8,34	2,69	0,001	12,18	2,60	<0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)							15,1	6,93	0,015			
N	Lokalitet(Serie)				0,090	0,036	0,007						
E	Lokalitet(Serie)				1,69	0,79	0,016						
AIC		6911			6306			6136			6182		

Tabell S10a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på fiberinnholdet (NDF, % av TS) i avlinga av eng slått to ganger per sesong (n=521)

Effekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	57,1	0,93	<0,0001	46,7	1,31	<0,001	52,1	0,77	<0,001
N	0,87	0,096	<0,0001	-0,15	0,773	0,848	0,62	0,051	<0,001
N×N	-0,040	0,006	<0,0001	-0,11	0,010	<0,001	-0,01	0,002	<0,001
E									
N×E									
HG-N	0,61	0,163	<0,001						
N×HG-N	-0,06	0,019	0,001						
N ₁				1,56	0,668	0,030			
HG-N ₁				0,57	0,199	0,007			
HG-N _{tot}							0,59	0,127	<0,001
N×HG-N _{tot}							-0,03	0,006	<0,001
R ²	0,775			0,825			0,711		
RMSE	3,1			2,7			2,9		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1, slått), etter førsteslått (effekt på 2, slått), etter 2. slått (effekt på 3, slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S10b. Kovariansparameterestimat for tilfeldige effekter i analyse av fiberinnholdet (NDF, % av TS) i avlinga av eng slått to ganger i året (n=521)

Effekt	Subjekt	1. Slått			2. slått			Totalavling		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		23,6	6,17	<0,001	5,04	2,12	0,009	14,8	3,94	<0,001
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)				21,8	9,39	0,010			
N	Lokalitet(Serie)				0,218	0,108	0,021			
AIC		2813			2720			2731		

Tabell S11a. Parameterestimat for effekt av gjødslingsmengd med mineralgjødning N, husdyrgjødsel N og engår på årleg råproteinavling (kg RP/daa) og nitrogenbalanse (kg N/daa) i eng slått tre (n=1177) og to gonger (n=521) per sesong

Effekt	Tre slåttar per år						To slåttar per år					
	RP-avling			N-balanse			RP-avling			N-balanse		
	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
Konstantledd	120	8,5	<0,001	-19,0	1,01	<0,001	76	7,1	<0,001	-12,1	1,1	<0,001
N	2,71	0,133	<0,001	0,56	0,023	<0,001	2,22	0,300	<0,001	0,71	0,060	<0,001
N×N										-0,003	0,0014	0,048
HG-N	1,34	0,197	<0,001	0,79	0,030	<0,001				0,84	0,095	<0,001
E	-9,2	2,54	<0,001	1,4	0,30	<0,001						
R ²	0,843			0,936			0,862			0,918		
RMSE	16,3			2,4			13,6			2,2		

N er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren (effekt på 1. slått), etter førsteslått (effekt på 2. slått), etter 2. slått (effekt på 3. slått) eller samle for heile året (effekt på Totalavling)

N1 er effekt av kg N/daa i mineralgjødning gitt om våren på andreslått

N1_2 er effekt av sum kg N/daa i mineralgjødning gitt etter 1. slått og 2. slått på tredjeslått

HG-N er effekt av total mengde N i husdyrgjødsel gitt per daa om våren (effekt på 1. slått) og gitt etter først slått (effekt på 2. slått)

HG-N1 er effekt av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren på 2. slått

HG_Ntot er effekten av sum av kg total N/daa i husdyrgjødsel gitt om våren og etter 1. slått på 3. slått og på totalavlinga

E er effekt av antall engår

RMSE er rot-middel-kvadratfeilen (root mean square error)

Tabell S11b. Kovariansparameterestimat for tilfeldige effektar i analyse av årleg råproteinavling (kg RP/daa) og nitrogenbalanse (kg N/daa) i eng slått tre (n=1177) og to gonger (n=521) per sesong

Effekt	Subject	Tre slåttar per år						To slåttar per år					
		RP-avling			N-balanse			RP-avling			N-balanse		
		Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi	Estimat	SE	P-verdi
År(Lokalitet)		479	136	<0,001	29,3	6,17	<0,001	204	84,8	0,008	5,35	2,20	0,008
Konstantleddet	Lokalitet(Serie)	833	339	0,007				690	314	0,014	16,0	7,48	0,016
N	Lokalitet(Serie)	0,29	0,138	0,019	0,009	0,0038	0,008	1,28	0,56	0,011	0,031	0,0136	0,010
AIC		10122			5817			4402			2503		

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) vart oppretta 1. juli 2015 som ein fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnytting og forvaltning av biologiske ressursar frå jorda og havet, framom ein fossil økonomi som er basert på kol, olje og gass. NIBIO skal vera nasjonalt leiande for utviklinga av kunnskapen om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerheit, berekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innanfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringar. Instituttet skal levera forskning, forvaltingsstøtte og kunnskap til bruk i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet elles.

NIBIO er eigd av Landbruks- og matdepartementet som eit forvaltningsorgan med særskilde fullmakter og eige styre. Hovudkontoret er på Ås. Instituttet har fleire regionale einingar og eit avdelingskontor i Oslo.