Økologisk korn fra levende matjord

Sluttrapport fra forsøksfeltet i Sigdal

2015 - 2018

Innholdsfortegnelse

Forord 3

Introduksjon 5

Prosjektpartnere 5

Kort oppsummering, resultater og konklusjon 6

De ulike behandlingene og forsøksleddene 9

Agronomiske tiltak 10

Vær og nedbør i forsøksperioden 11

Prøvetaking, jordanalyser og observasjoner 12

Kjemiske og biologiske jordanalyser 12

Endringer i jordstruktur 13

Visuell bedømmelse og mikroskopering 13

Glødetap 13

Penetrometermålinger 14

Analyse av målbart nitrat og ammonium i jordprøver 17

Avlingsnivå og observasjoner av plantevekst 21

Avlingsnivå 21

Observasjoner av ugras og plantevekst 23

Ugras 23

Plantevekst 26

Virkning av AKKU på avling med ulike gjødseltyper 27

Mykorrhiza 31

Resultater og diskusjon av forsøksfeltet 2015-2018 31

Ingen kobling avlingsnivå - nitrogen 31

Utvikling av jordas organiske materiale 31

Jordmotstand - penetrometermålinger 32

Aggregatdannelse, underkultur og ugras 32

Virkning av AKKU 32

Avling, humus og den flytende karbonpumpen 33

Forslag til videre arbeid 33

Økologisk korn fra levende matjord – sluttrapport for Sigdalfeltet forsøksårene 2015 – 2018

Forord

Prosjektet startet som et initiativ innenfor Levende Matjordprosjektet i samarbeid med Økologisk Foregangsfylke korn. Bakgrunnen for prosjektet var et ønske om å starte et orienterende forsøk for å se om det var mulig å etablere et rikere jordliv. Dette både med hensyn på biomasse og biologisk mangfold ved tilføring av ulike komposter, biorest, underkultur, mineralgjødsel samt sprøyting av Aerob kompostkultur på tvers av gjentakene på halve forsøksfeltet.

Et liknende forsøk har aldri tidligere blitt gjennomført i Norge og var således et pionerprosjekt. Forsøket ble designet av VitalAnalyse og Alene Tesfamichael ved Lindum og har vært grundig fulgt opp i alle år. Liknende forsøk bør gjennomføres i større skala for å få mer informasjon og erfaring i forhold til gjenopprettelse av biologisk mangfold, karbonlagring, jordstruktur og næringstilførsel. Det har vært veldig spennende å få arbeide med prosjektet og det har gitt oss mye læring og en del uventede funn. Prosjektet hadde aldri vært mulig å gjennomføre uten mange gode hjelpere og viktig støtte. I den anledning vil vi rette et stort TAKK til alle som har vært involvert i dette prosjekt:

- Oppland Foregangsfylke Økologisk korn med prosjektleder Torunn Riise Jackson og senere Bente Odlo som i alle år har sikret oss midler for å arbeide med dette førsøksfeltet.
- Øystein Haugerud, prosjektleder for Buskerud Foregangsfylke Levende matjord som har vært en av initiativtakerne til prosjektet. Øystein har vært med å utvikle de mikroskoperingsmetoder for biologiske analyser som VitalAnalyse fortsatt jobber etter. Øystein har også bistått ved feltoperasjoner samt støttet oss gjennom prosjektet på ulike måter.
- Feltvert Guttorm Tovsrud på Ramstad Gård i Prestfoss som har gjennomført alle større agronomiske tiltak på forsøksfeltet; vår- og høstonn, reparasjoner og stell av forsøksskurtresker m.m. Guttorm har alltid vært tilgjengelig i vått og tørt.
- Kristian Ormset, tidligere daglig leder for VitalAnalyse, som sammen med Berit Swensen har vært initiativtaker til, og hovedansvarlig for, Sigdal forsøksfelt. Mange er de eksperiment med gjødselblandinger og feltforsøk som Kristian sammen med Berit har gjort gjennom årene. Erfaringer og kunnskap fra disse forsøk ble grunnlaget for valg av gjødselmidler til dette prosjektet.
- Lindum AS med Alene Tesfamichael som gjennom alle år har gjennomført de botaniske analysene av forsøksfeltet og kjørt den lunefulle kinesiske skurtreskeren med stil og presisjon. Lindum AS har også bidratt med ulike komposter. Alene har som sagt også vært med å designe forsøksoppsettet i prosjektet.
- Katelyn Solbakk, VitalAnalyse, for kjemiske og biologiske analyser av jorden. Med så mange ulike gjødselblandinger så var dette en stor jobb og tidkrevende jobb.
- Vibhoda Holten, VitalAnalyse, for feltarbeid og undersøkelser på forsøksfeltet.

- Anders Næss, Økologisk spesialkorn, for kunnskap om korn og jord, arbeid med brygging og påføring av Aerob kompostkultur (AKKU), bidrag på markdager, arbeid på forsøksfeltet med mer.

Gjennom prosjektårene har vi med hjelp fra våre erfaringer fra prosjektet, samt vårt utvidede arbeide med regenerative landbruksprinsipper, fått en langt større kunnskap om hvordan andre komponenter enn næringsstoffer (det «kjemiske) henger sammen med, og påvirker, det fysiske i jorden (jordstruktur) og jordbiologien. Kjemiske ubalanser i jorden og samarbeidet mellom planten og jordbiologien har langt større påvirkning på jordstruktur, jordbiologi, tilvekst, avling, ugras- og sykdomstrykk enn vi tidligere har forstått. Forskning innenfor jord og arbeid i det regenerative landbruket har fått mye mer fokus internasjonalt de siste årene og er noe VitalAnalyse arbeider mye med nå. Faglig ekspertise og bakgrunnen for dette prosjekt hadde vi fra samarbeidet med dr. Elaine Ingham som er direktør og grunnlegger av Soil Foodweb International. Nettside https://www.soilfoodweb.com/

Forsøksfeltet i Sigdal har gitt oss mye viktig kunnskap, erfaring og interessante funn. Prosjektet har fungert som et springbrett videre for økt forståelse om disse sammenhenger, noe vi er veldig takknemlige for.

Veronica Lilliehöök, VitalAnalyse, og Berit Swensen, 1 mars 2019

Introduksjon

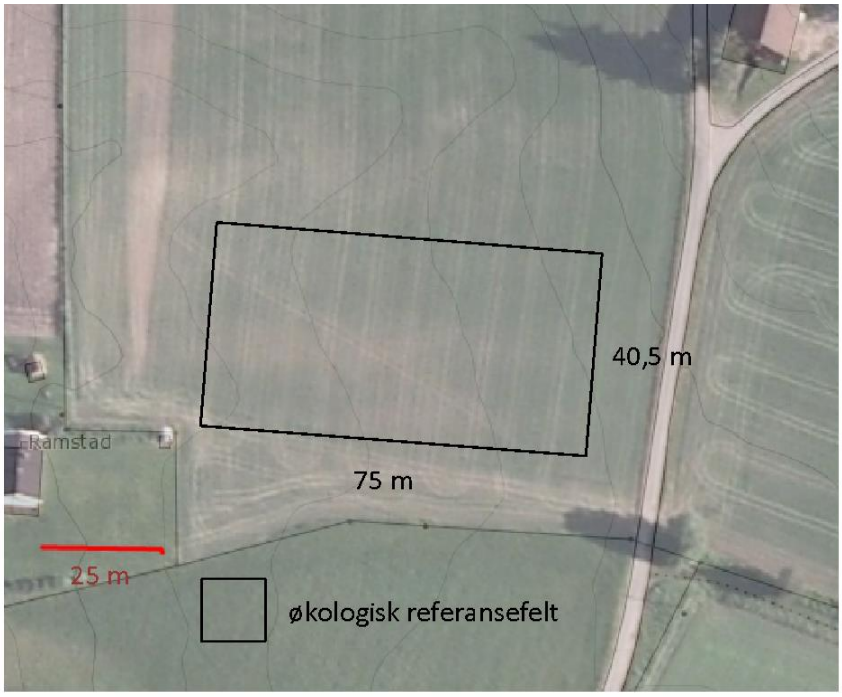
Forsøksfeltet i Sigdal ble lagt på konvensjonell jord hvor det hadde vært dyrket konvensjonelt korn i en årrekke. Utgangspunktet var derfor perfekt for å kunne måle eventuelle forandringer ved overgang til økologisk drift og hvorvidt det var mulig å øke det biologiske mangfoldet og karbonoppbygging i matjordlaget på kort sikt. Det var også et bredt ønske om å bruke ulike gjødselmidler som er tillatt i økologisk landbruk for eventuelt å kunne observere forskjeller mellom dem med hensyn på jordbiologi, rotvekst, avlingsmengde osv. Vi hadde i flere år brukt Aerob kompostkultur (AKKU) på ulike vekster og tidvis kunnet observere statistiske sikre forskjeller i avling og vekst ved bruk av AKKU. På korn hadde vi ikke hatt noen god oppfølging på dette selv om Anders Næss hadde brukt AKKU på deler av sitt kornareal. Derfor ble feltet anlagt for å få en bedre forståelse og grunnlag for videre undersøkelser av dette.

Et annet formål med prosjektet var å se på koblingen mellom tilført nitrogen (N) og avling. Er den så sterk som man tror i landbruket? Ved prosjektets begynnelse lå avlingsfokus i norsk planteproduksjon i første hånd på store nok mengder tilført nitrogen (N) men også fosfor (P) og kalium (K) og da i form av gjødsel tilført utenfra. Prosjektgruppen ønsket å se om dette virkelig var nødvendig for å sikre en god avling.

Prosjektpartnere

Prosjektet har blitt gjennomført med midler fra Foregangsfylke Opplands prosjekt Økologisk korn og Foregangsfylke Buskeruds prosjekt Levende matjord.

I tillegg til Fylkesmannen i Buskerud og Fylkesmannen i Oppland har VitalAnalyse, Lindum AS og Økologisk Spesialkorn vært prosjektpartnere. VitalAnalyse har hatt ansvar for gjennomføringen av forsøket. Feltvert har vært Guttorm Tovsrud, Ramstad Gård i Prestfoss.



Figur 1: Feltet er anlagt på et konvensjonelt areal (over 30 år ensidig korndyrking) slik at endringer ved omlegging til økologisk drift har kunnet følges over tid. Det økologiske referansefeltet har blitt drevet økologisk siden 2000 (15 år ved forsøksstart).

Kort oppsummering, resultater og konklusjon

I prosjektet har ulike organiske gjødselmidlers virkning på jordas fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper dannet utgangspunkt for forsøksoppsettet. Dette er i motsetning til et mål om å optimalisere avlingsnivå. Koblingen mellom tilførsel av nitrogen (N) og avling har også blitt undersøkt. Forsøksfeltet ble anlagt i en konvensjonell kornåker slik at erfaringer fra forsøket kan si noe om utfordringer og muligheter ulike tiltak har ved omlegging til økologisk drift. Fire år er imidlertid kort tid for å etablere en velfungerende økologisk drevet jord etter mer enn 30 år med ensidig, konvensjonell kornproduksjon og for å se endringer i jordens egenskaper og fruktbarhet. Derfor har sammenlikninger med et nærliggende økologisk referansefelt, der det har vært økologisk korndyrking siden år 2000, også vært en viktig del i prosjektet.

Selv på så kort tid som fire år har forsøket gitt flere interessante resultat:

- **Jordstrukturen** er bedret i alle forsøksledd – mest der det er gjødslet med ulike komposter, minst der det er brukt biorest, blautgjødsel og kunstgjødsel. Dette har blitt undersøkt ved hjelp av VESS målinger og penetrometermålinger.
- **Glødetap** er den mest brukte parameter for å måle **humusinnhold**. Glødetap i den konvensjonelle åkeren der forsøksfelt ble anlagt ved oppstart i 2015 ble dette år målt til 4,28% av TS. Våren 2018 hadde glødetapsprosenten her økt betraktelig i og lå i gjennomsnitt på 5,6% av TS. En økning av glødetap fra 4,28% til 5,6% mener vi er veldig god. Glødetap i det økologiske referansefeltet var i 2018 på 7,17 % av TS,

mens det i den konvensjonelle åkeren lå på samme nivå som ved oppstart, dvs. 4,28 %.

- Det er ikke funnet noen sammenheng mellom **avlingsnivå og tilført mengde nitrogen**, hverken med mengde total-N eller mengde lettløselig nitrat og ammonium (mineral-N).
- Gjødseltyper som ga høye verdier av mineral-N i første del av vekstsesongen har hatt mye **ugras.** Kunstgjødselrutene har gjennom alle forsøksår skilt seg markant ut med mest ugras av alle forsøksledd. Den store ugrasmengden har gjort at dette gjødslingsleddet har hatt liten kornavling alle år med lavest avling i 2018 (sammen med 0-ledd) av alle forsøksledd og det økologiske referansefeltet. NB: Ingen av forsøksrutene har vært sprøytet mot ugras.
- De beste **kornavlingene** hadde det økologiske referansefeltet både i 2015 og tørkeåret 2018. I 2016, da den kortvokste hvetesorten «Bjarne» ble dyrket, var kornavlingen høyest i kompostert husdyrgjødsel (G3). Også i 2017, da hvetesorten «Mirakel» var tilbake, ga kompostert husdyrgjødsel best avling, men Lindumkompost (G7) og blautgjødsel (G2) lå på nesten samme nivå. Det økologiske referansefeltet kom tett etter de tre i avling i 2017. Alt i alt har det økologiske referansefeltet enten hatt høyest eller en av de høyeste avlingene gjennom alle de fire forsøksåren på tross av veldig ulike temperatur- og nedbørsforhold.
- De målinger av **jordmotstand** (penetrometermålinger) som har blitt foretatt hver vår gjennom hele prosjektet viser en tydelig redusert jordmotstand for de aller fleste gjødslingsledd, mens det konvensjonelle referansefeltet har kommet dårligst ut.
- Underkulturen som besto av hvitkløver har blitt brukt i alle forsøksledd, liksom i de økologiske og konvensjonelle feltene. Forsøksledd gjødslet med komposter hadde god tilvekst i underkulturen og de hadde lite ugras. Kompostert storfetalle har utmerket seg med godt etablert underkultur i alle forsøksår.
- Tilførsel av AKKU (Aerob KompostKUltur) har hatt ulik virkning på avlingsnivå og målbar mengde min-N i de ulike gjødslingsleddene, noe som viser betydningen av et godt samspill mellom gjødselkvalitet/-type og jordbiologiske prosesser.

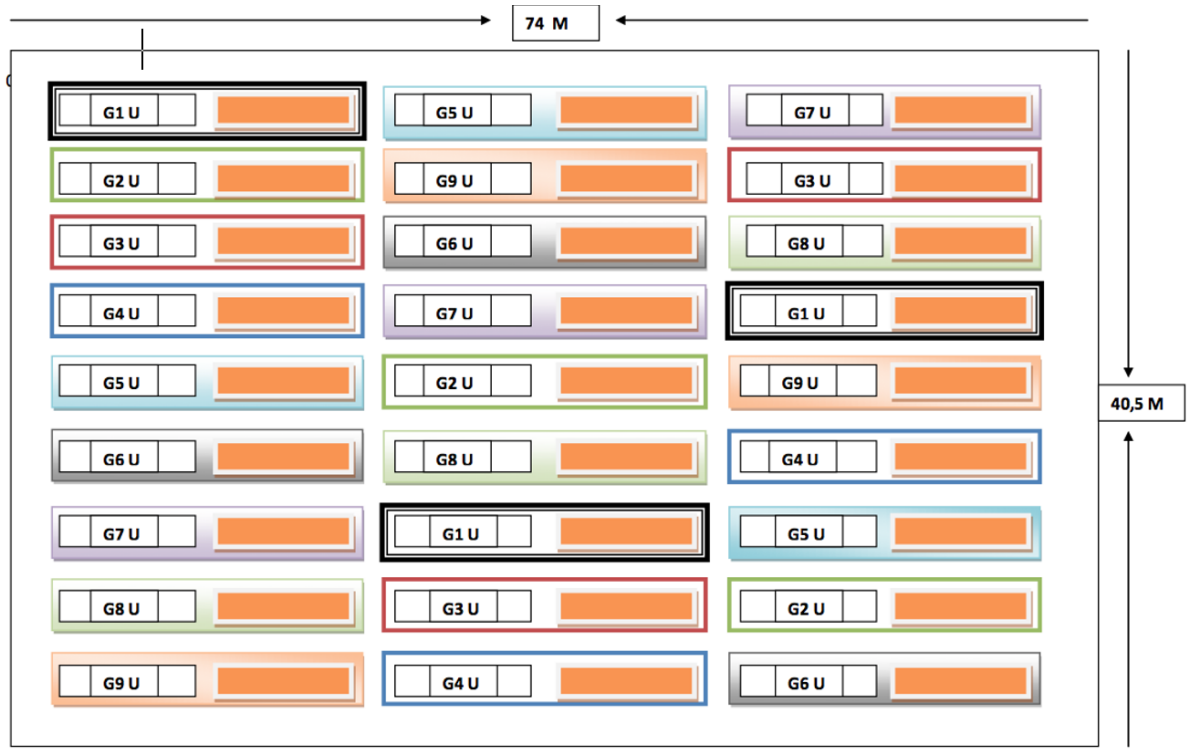
Etter avslutt av det fireårige kornforsøksfeltet i Sigdal kan vi konstatere at ulike typer av gjødsling påvirker både kornavling, tilvekst, ugrasmengde og jordstruktur på ulik måte. Det er mange parametre her. Mengde nitrogen påvirker som sagt derimot *ikke* avlingsnivået. Vi ser det derfor som viktig med forskning og studier hvor det tas et mer helhetlig blikk og man ser nærmere på koblingen mellom plantehelse- og avling, gjødsling, humusinnhold og jordmikroliv. Her mener vi det finnes et stort potensial. Samarbeid mellom planten og jordmikrolivet er det som får den såkalte »Liquid Carbon Pump» eller på norsk, «den flytende karbonpumpen» (kilde Dr. Christine Jones) i naturen å fungere. Da må vi sikre grønne jorder året rundt. Når «den flytende karbonpumpen» fungerer, sikres en effektiv fotosyntese som gir maksimalt med energirike roteksudater til jordmikrolivet. Til gjengjeld kan mikrolivet fôre planten med alle de næringsstoffene den trenger. Det er også mikrolivet som binder ca 80% av nitrogenet som planten trenger. Som bonus i denne prosess klarer så jorden å binde karbon og andre næringsstoffer, og da kan vi redusere ekstern næringstilførsel til planten/jorden. Med økt humusinnhold får jorden en økt vannlagringsevne (viktig med økt sannsynlighet for tørkeperioder), økt

infiltrasjonsevne for vann og redusert risiko for erosjon. Alt dette er deler av det fremtidige, regenerative landbruket som vi i VitalAnalyse og andre jobber for.

Forsøksoppsett og agronomiske tiltak

Forsøket ble anlagt våren 2015 på en konvensjonell kornåker med siltig lettleire (se Figur 1). Forsøksfeltet er totalt på 3 dekar (74 x 40,5 m) og ble inndelt i 27 gjødslingsruter (9 behandlinger, 3 gjentak), hver på 2,5 x 20 meter (50 m^2). I tillegg ble halvparten av hver gjødslingsrute (25 m^2) behandlet med AKKU (Aerob KompostKUltur). Dette gir totalt 54 forsøksruter á 25 m^2 (se Figur 2). Underkultur av hvitkløver har blitt brukt i hele forsøksperioden (2015-2018), også i det økologiske samt det konvensjonelle referansefeltet. Ingen annen gjødsling enn underkulturen er brukt i det økologiske referansefeltet. Det er vanlig agronomisk praksis for bonden som driver dette felt. 2015 var første år med korn på det økologiske referansefeltet etter fire år med kløverrik eng.

De ulike behandlingene og forsøksleddene



Figur 2: Oppsett av forsøksfeltet med 9 ulike behandlinger i 3 gjentak (blokker). Veien som sees i Figur 1 lenger opp går langs venstre side av feltet, langs blokk 1. Blokk 3 til høyre. 9 ulike gjødslingsbehandlinger, kalt G1-G9.

- **G1:** Flytende biorest fra EGE (Energigjenvinningsetaten i Oslo kommune)
- **G2:** Blautgjødsel (storfe)
- **G3:** Kompostert storfe- og sauetalle
- **G4:** Kunstgjødsel (22-3-10)
- **G5:** Avvannet (fast) biorest fra HRA (Hadeland og Ringerike Avfallsanlegg)
- **G6:** Vermikompost (meitemarkkompostert avvannet biorest – G5)
- **G7:** Lindumkompost (50 % matavfall – 50 % hageavfall)
- **G8:** Pionerblanding (raigras, honningurt, blodkløver, vintervikke – for bedring av jordkvaliteten) i 2015 og 2016. Dyrket korn med underkultur i årene 2017 og 2018.
- **G9:** 0-ledd – ingen gjødsling.

De ulike organiske gjødselmidlene ble tilført i samme mengde hvert år i perioden 2015-2017. Det ble valgt å bruke 4 tonn friskvekt per dekar (200 kg våtvekt/rute), som er i tråd med det som ofte brukes i praksis. Kunstgjødsel ble tilført med 11 kg N/daa. Dette betyr at det er gitt ulik mengde og type nitrogen i hver behandling/gjødslingsrute. I 2015 ble tilført mengde total-N beregnet for alle gjødseltyper (se Tabell 1). Det er ikke foretatt ny analyse av de ulike gjødslingstypene hvert år, da det antas å være lite forskjell i innhold. Som en kontroll har det

hvert år blitt tatt jordprøver 1-2 uker etter gjødsling og såing. Målt innhold av mineral-N (sum nitrat-N og ammonium-N) i dette uttaket har vist at nivåene er ganske like hvert år.

Tabell 1: Beregnede og målte N-verdier i de ulike forsøksleddene, 2015.

Behandling		kg N/daa beregnet tilført*	% av tilført N antatt tilgjengelig	kg N/daa antatt tilgjengelig	kg min-N/daa målt to uker etter gjødsling**
G1	Flytende biorest	10	80	8	5
G2	Flytende storfegjødsel	14,4	50	7,2	6,5
G3	Kompostert talle	19	10	1,9	1,1
G4	Kunstgjødsel 22-3-10	11	100	11	10,5
G5	Fast biorest	51	30	15,4	3,3
G6	Vermikompost	48,5	10	5	2
G7	Lindumkompost	20	10	2	0,85
G8	Pionerblanding	0	-	-	1,45
G9	0-ledd	0	-	-	0,8

*Tot-N i komposter og fast biorest er beregnet fra kjemisk analyse. For flytende storfegjødsel og biorest generelle verdier brukt i beregningen.

**Jordprøver tatt 16/6-2015, 6 jordprøver per behandling, verdi beregnet for 10 cm dyp.

Det siste året i prosjektet 2018 var et ettervirkningsår. Det ble da ikke tilført noe gjødsel i forsøksfeltene (kun det som kommer av underkulturen), og heller ikke brukt AKKU.

Agronomiske tiltak

I alle fire forsøksår har det i alle forsøksledd, og i det økologiske referansefeltet, blitt dyrket hvete med hvitkløver som underkultur. Unntak er leddet med Pionerblandning (G8) hvor det kun var pionérblanding i 2015 og 2016. I 2017 og 2018 ble dette forsøksledd sådd med hvete og underkultur på samme måte som resten av feltet.

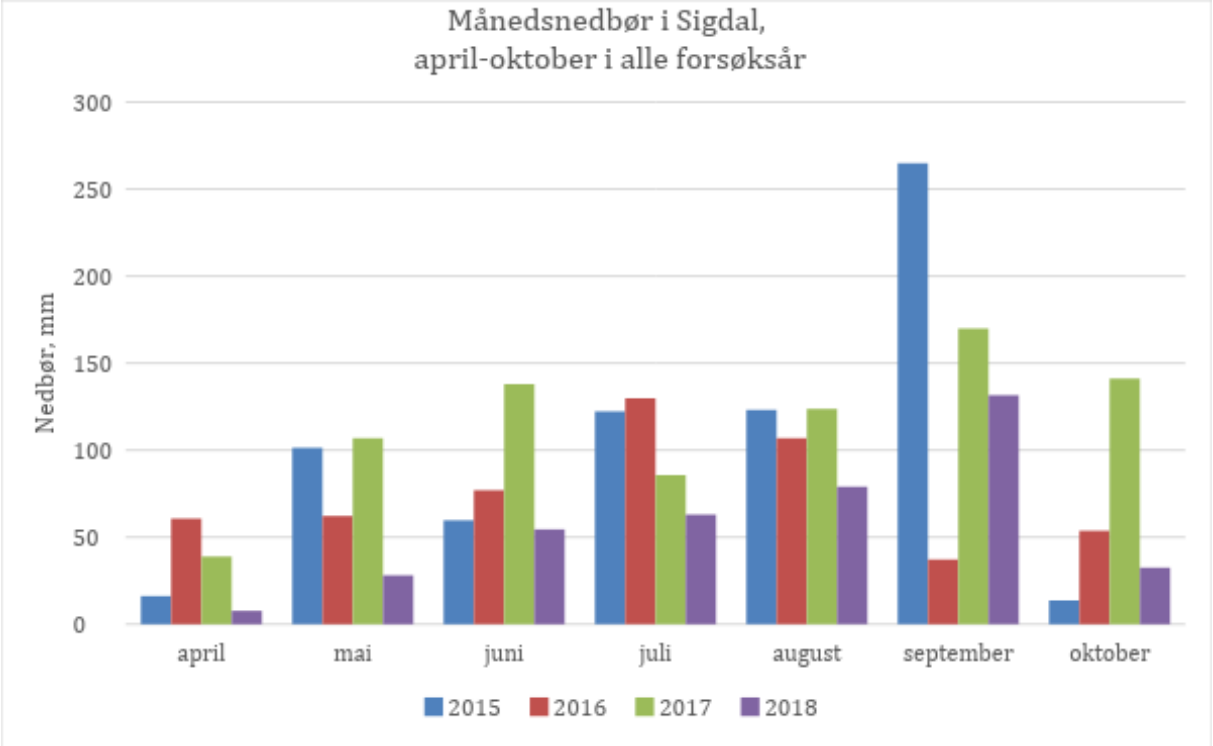
Samme såmengde (22 kg/daa), såmaskin, sådybde, hvetesort og underkultur er brukt på både forsøks- og referansefelt og alt er sådd på samme dag gjennom hele forsøksperioden (tabell 2). Jordarbeiding, blindharving og høsting har også blitt uført likt og på samme dag i alle forsøksledd og i referansefeltet. Hvetesorten 'Mirakel' har vært brukt alle år unntatt 2016. Da var det ikke mulig å få tak i 'Mirakel' og hvetesorten 'Bjarne' ble brukt dette året.

Vær og nedbør i forsøksperioden

Været er det vanskelig å ha kontroll på, og det har vært store årsvariasjoner. Forskjellene i både den totale nedbørsmengden og fordelingen gjennom vekstsesongen har vært til dels ekstreme og dermed påvirket vekst, modning og mulig høstetidspunkt. Vintertemperatur og snødekke har også variert, med en spesielt stabil og kald vinter med mye snø i 2017/18. Senere del av våren og så sommeren 2018 var veldig tørr, noe som påvirket både tilvekst, ugras og avling i forsøksleddene. Mer om dette senere. Været mellom høst og vår har betydning for omsetningen av organisk materiale og frigjøring av næringsstoff som kan nyttes tidlig i ny vekstsesong. Gjennom hele året vil kraftige nedbørsepisoder øke faren for utvasking av næringsstoff som ikke er bundet i organisk materiale eller på jordkolloidene.

Tabell 2: Oversikt over så- og høstetidspunkt, hvetesort og nedbørsum i vekstsesong i prosjektperioden.

	2015	**2016**	**2017**	**2018**
Dato såing	26. mai	19. mai	2. juni	25. mai
Dato høsting	2. oktober	14. september	9. oktober	31. august
Hvetesort	'Mirakel'	'Bjarne'	'Mirakel'	'Mirakel'
Nedbør (mm) sum mai-sept.	671	413	624	356 (224 mai-aug.)



Figur 3: Summert månedsnedbør (mm) i Sigdal i vekstsesongen i forsøksperioden.

Prøvetaking, jordanalyser og observasjoner

Kjemiske og biologiske jordanalyser

I alle prosjektår har det jevnlig blitt tatt ut jordprøver til kjemiske målinger (pH, ledningsevne (EC), nitrat og ammonium) og til mikroskopering av jordliv (se Tabell 3). Prøvene ble frosset ned og siden analysert. Mikroskopering ble gjort på ferske prøver. I 2018 var det også foretatt kjemiske målinger og mikroskopering, men ved færre tidspunkter da det var et ettervirkningsår uten gjødsling.

Jordprøvene er tatt på 0-10 cm og det er tatt fem stikk i hver rute. Enkelte uttak av jordprøver er gjort for hvert forsøksledd +/-AKKU, (totalt 54 prøver + referanse og konvensjonelt felt). Det er ikke brukt AKKU i referansefeltet. Ved noen uttak representerer enkeltprøvene en gjødslingsrute, noe som gir totalt 27 prøver (28 inkl. øko-referansefeltet).

Ved de fleste prøveuttak ble gjentakene slått sammen i en samleprøve (totalt 18 prøver + referanse- og konvensjonelt felt). Her ble det tatt 5 stikk i hver delrute i hvert gjentak. Totalt består da en samleprøve av jord fra 15 stikk som har blitt blandet før prøven til analyse er tatt ut.

I 2018 ble det ikke tilført AKKU, og gjødslingsrutene ble da ikke delt. (Et sett samleprøver består da av 9 prøver.)

I 2016 ble endringer i jordas innhold av lett tilgjengelig nitrat og ammonium fulgt spesielt tett, med prøveuttak hver uke i hele juni, se tabell 3.

Tabell 3: Datoer for uttak av jordprøver til enkel kjemisk analyse i forsøksårene 2015-2018. Antall avhenger av om det er enkeltruter eller samleprøver (se tekst), og + markerer at prøvene også ble mikroskopert.

2015		**2016**		**2017**		**2018**	
16. juni	54	05. mai	28	04. mai	28	11. mai	29
30. juni	18 +	31. mai	28	28. juni	19	15 juni	22+
06. aug.	18	07. juni	28	06. juli	19	6 juli	22+
19. aug.	18 +	13. juni	19	14. juli	19		
09. sept.	18	22. juni	19	22. juli	19 +		
		06. juli	19 +	10. aug.	19		
		03. aug.	19	23. okt	56 +		
		02. sept	19 +				
Sum	**126**		**179**		**179**		**73**

Hvert år har forsøksfeltet blitt nøye fulgt opp med observasjon av spiring, vekst og ugrasmengde. Gresset har blitt slått i stier med gressklipper mellom forsøksrutene.

Alle delruter i forsøket har blitt høstet separat (54 prøver i årene 2015-2017 og 27 prøver i 2018). I tillegg har det det økologiske referansefeltet blitt høstet samtidig, og på en måte og i et areal som tilsvarer tre gjødslingsruter (3 gjentak) i forsøksfeltet.

Endringer i jordstruktur

Visuell bedømmelse og mikroskopering

På et generelt grunnlag opplever vi at jorda i forsøksfeltet gradvis har blitt mer «aktiv» og med en kontinuerlig forbedret aggregatstabilitet i løpet av forsøksperioden. Første året var jorden i prøvene som ble tatt ut veldig finkornet og tett med en lys farge, uten så mye mer mikroorganismer enn bakterier og noen små flagellater. Jordprøvene i 2017 hadde bedre og flere størrelser på aggregater og med et forbedret mangfold i mengde mikroorganismer.

Det er interessant at det konvensjonelle referansefeltet og forsøksfeltet med kunstgjødsel (G4) har en lavere grad av aggregater sammenliknet med de andre feltene, noe som indikerer en lavere mikrobiell aktivitet, men resultatene her er ikke helt entydige.

Den mest sannsynlige forklaringen til den positive utviklingen av aggregater og større mangfold av mikroorganismer, som vi mener å se, er bruken av organiske gjødselmidler i forsøksfeltet. Det inkluderer bruk av en underkultur i alle forsøksledd, inkludert det økologiske referansefeltet.

Endringer i jordstruktur har blitt undersøkt med visuell bedømmelse, VESS (Visual Evaluation of Soil Structure) av jorda i blokk 1 i hvert gjødslingsledd. Disse undersøkelser har blitt foretatt i 2017 og 2018. Begge år var det forsøksledd med kompostert talle som kom best ut, tett fulgt av de to andre kompostleddene og det økologiske referansefeltet. Dårligst jordstruktur var det i forsøksruta med biorest og i den konvensjonelle referanseåkeren.

Glødetap

Glødetap, som er den mest brukte parameteren for å måle humusinnhold, ble målt både ved oppstarten av forsøket i 2015 og så igjen i 2018. Unntak er det økologiske referansefeltet der glødetap kun ble målt det siste året 2018. Ved prosjektstart i mai 2015 ble glødetap målt i jord fra den konvensjonelle åkeren som skulle bli forsøksfelt. Glødetapet var da her 4,28 % av jordas tørrstoff (TS). I 2018 lå glødetap i de ulike forsøksleddene på mellom 5,08 og 5,95 % med et gjennomsnitt på 5,6 % (se tabell 5). En gjennomsnittlig økning i glødetap fra 4,28 % til 5,6 % må ses som en veldig god humusøkning i løpet av fire år. Til sammenlikning var glødetapet i jord fra den konvensjonelle åkeren ved siden av forsøksfeltet på 4,29% i 2018, dvs. i prinsippet på samme nivå som ble målt opp i 2015 på det konvensjonelle feltet som så ble forsøksfelt.

Glødetapet i det økologiske referansefeltet var 7,17 % av TS i 2018, noe som er veldig høyt. I dette felt ble det dessverre ikke foretatt glødetapsmålinger i 2015.

Det er godt kjent at innholdet av organisk materiale bedrer jordas evne til å holde på vann i tørkeperioder. Dette ble tydelig i forsøket tørkesommeren 2018. Avlingen i det økologiske referansefeltet har vært god i alle år og den var bedre i 2018 sammenliknet med alle gjødslingsledd i forsøksfeltet (mer om det i avsnitt «Avling»). Jordfuktighet ble målt både her og i den konvensjonelle åkeren ved siden av forsøksfeltet. Det økologiske referansefeltet hadde jevnt over en klart høyere luftfuktighet gjennom hele tørkeperioden enn den konvensjonelle åkeren, se tabell 4. Vår konklusjon er at den større mengden humus i det økologiske referansefeltet bedre klarte å forsyne kornplantene med vann og næringsstoffer i tørken som var i 2018.

Tabell 4: Jordfuktighet målt tørkesommeren 2018

Vanninnhold, %	11. mai	15. juni	06. juli
Økologisk referansefelt	25,8	20,7	6,5
Konvensjonell ref. felt	19,0	14,2	5,0

Tabell 5: Glødetap målt i mai 2018 i jord fra de ulike forsøksleddene.
(Sammenlikning gjennomsnittlig glødetap på 4,28% i 2015 for hele forsøksfeltet)

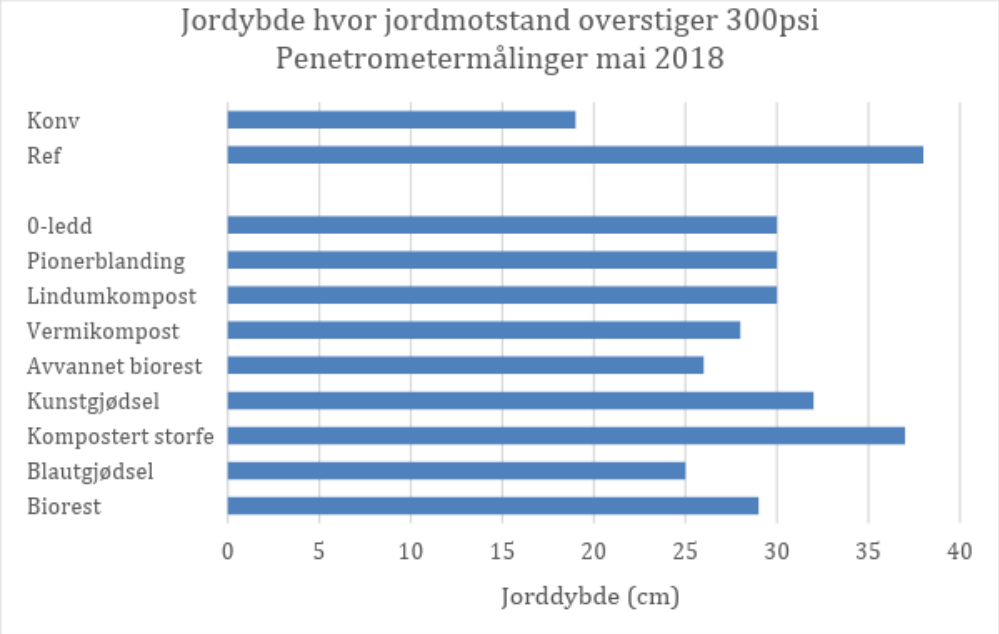
	Glødetap, % av TS
Biorest	5,55
Blautgjødsel	5,58
Kompostert storfe	5,89
Kunstgjødsel	5,57
Avvannet biorest	5,70
Vermikompost	5,82
Lindumkompost	5,95
Pionerblanding	5,29
0-ledd	5,08
Økologisk referansefelt	7,17
Konvensjonell åker	4,29

Penetrometermålinger

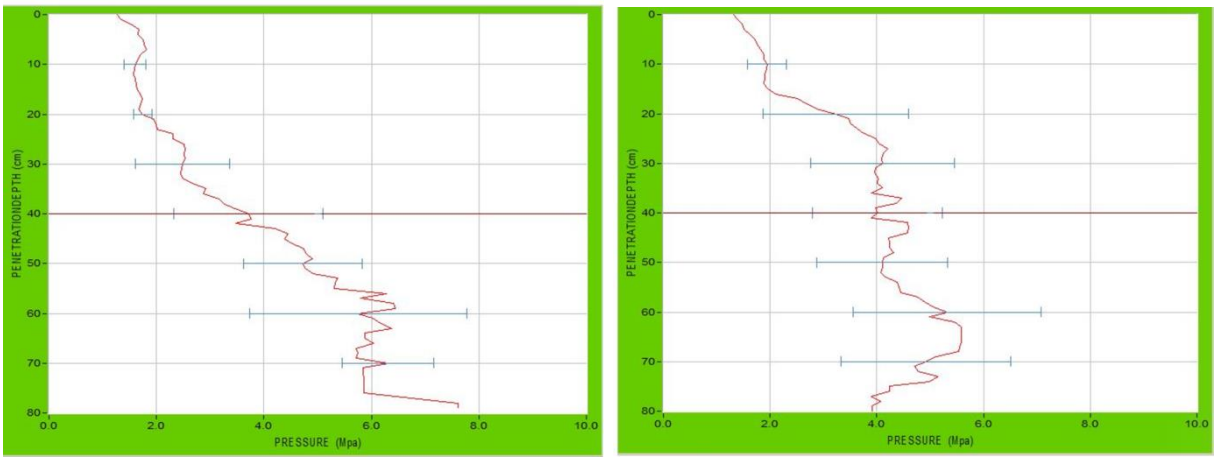
Penetrometermåling er måling av jordmotstand i ulike jorddyp, og gir et bilde av grad av pakking i jord. Harde plogsåler vil komme tydelig fram i en penetrometermåling.
I forsøksperioden har slike målinger blitt gjennomført både manuelt (i juni 2015) og med digitalt penetrometer våren 2016, 2017 og 2018. Alle penetrometermålinger har blitt foretatt før jordarbeiding og såing i alle år.

Samtlige tall beskrevet nedenfor er snitt av totalt 15 stikk i hver gjødseltype: 5 stikk i hver rute – 3 gjentaksruter. Statistisk analyse av de digitale målingene ligger imidlertid utenfor rammene av dette prosjektet.

Jordmotstanden påvirkes mye av jordfuktighet og det kan derfor være vanskelig å sammenligne målinger gjort på ulik tid eller målinger gjort i tørre og fuktige partier. I forsøksfeltet har vanninnholdet i jorda vært relativt likt ved alle målinger om våren (20-25 %), men en del mindre i 2018. Selv om forsøksperioden bare har vært i fire år, ses en tydelig endring i jordmotstand i forsøksfeltet der de alle fleste felt, med unntak av det konvensjonelle referansefeltet, Lindumkomposten og vermikomposten har hatt en positiv utvikling med mindre jordmotstand for hvert forsøksår. 2018 var et ekstremt år med tørke og her ser vi naturlig nok at samtlige forsøksfelt, liksom de to referansefeltene, har en høyere jordmotstand enn tidligere år. For vermikomposten og Lindumkomposten er det år 2017 som skiller seg ut. Disse to feltene hadde i 2017 år en litt høyere jordmotstand sammenliknet med 2015 og 2016, noe som er vanskelig å forklare. Når vi studerer motstanden i jorden 2018 så har det økologiske referansefeltet (kalt «Ref» i figur 4 nedenfor) og kompostert husdyrtalle hatt minst jordmotstand i tørken. Hele forsøksfeltet med alle gjødslingsledd kommer langt bedre ut i 2018 sammenliknet med det konvensjonelle feltet ved siden av. Forsøksleddene har likevel ikke like bra resultater som det økologiske referansefeltet. Unntaket er gjødslingsleddet kompostert talle. Dette forsøksleddet har kommet best ut alle år i alle blokker, men det skal bemerkes at spesielt høye verdier i blokk 3 trekker snittet ekstra opp.

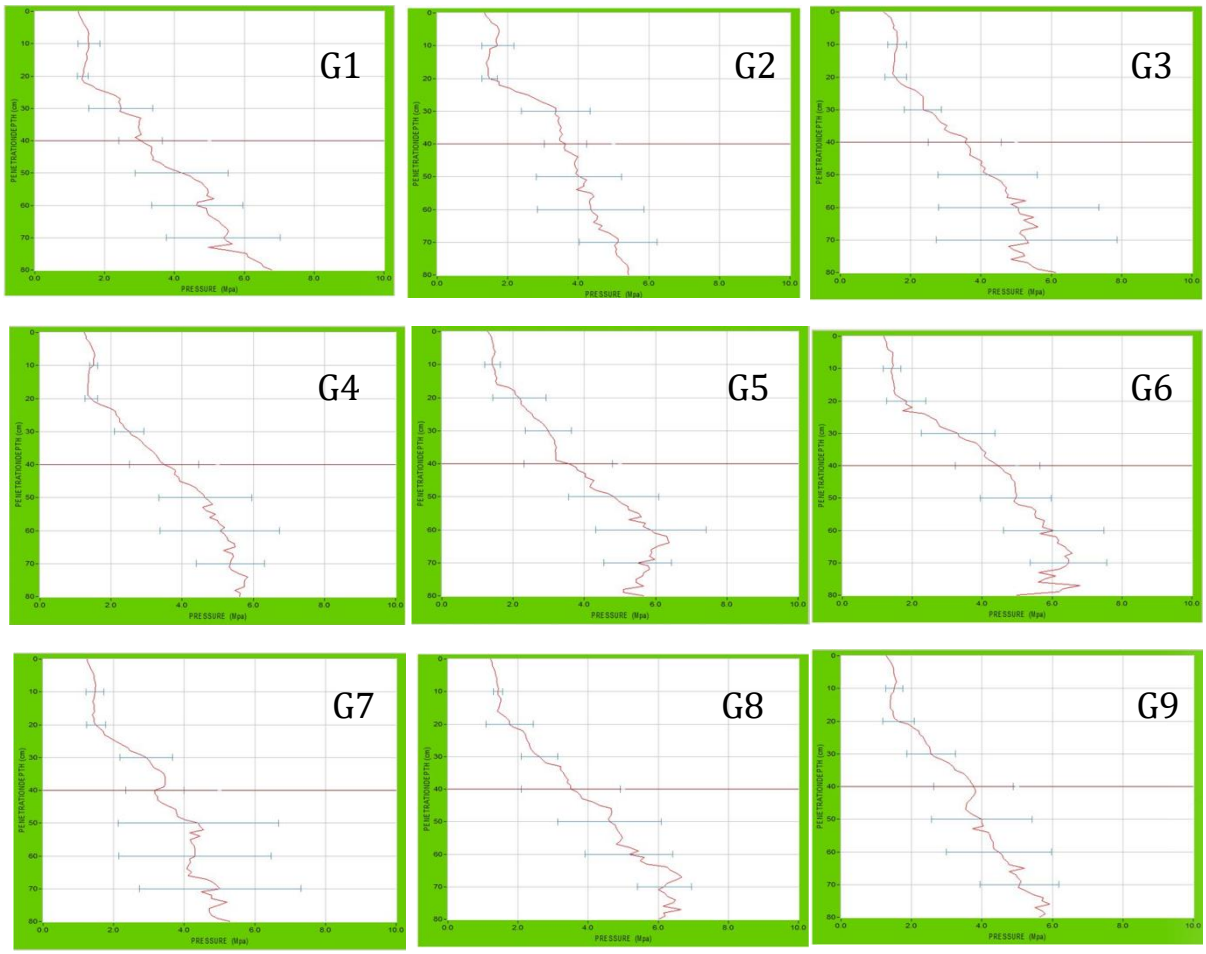


Figur 4: Penetrometermålinger fra mai 2018 (før jordarbeiding og såing). Søylene viser hvor dypt penetrometeret er når et trykk på 300 psi passeres. Målingene er gjort med et digitalt penetrometer.



Økologisk referansefelt Konvensjonelt referansefelt

Figur 5: Variasjon i jordmotstand ned til dybde på 80cm målt med digitalt penetrometer. Det er betydelig mer pakket jord i de øvre 40 cm i det konvensjonelle feltet og med en tydelig plogsåle ved 20-25 cm dyp.



Jordmotstand i alle forsøksledd (G1-G9) målt 15. mai

Figur 6: Variasjon i jordmotstand målt i alle forsøksledd i mai 2018.

Et overraskende funn er at forsøksleddet med kunstgjødsel (G4) kommer mye bedre ut ved penetrometermålingene i 2018 sammenliknet med tidligere år. Det har helt klart blitt en stor forskjell mellom dette forsøksledd og det konvensjonelle referansefeltet utenfor feltet i løpet av forsøksperioden. Det som har ført til forbedringen i forsøksleddet med kunstgjødsel (G4) er ganske sikkert den frodige planteveksten med ugras (med annen mikrobiologi som er tilpasset det jorden behøver (pluss litt kløver og korn). Her har det ikke vært heller vært kjørt med tunge maskiner. Det konvensjonelle referansefeltet har ikke blitt sprøytet men har også hatt underkultur av hvitkløver. På dette felt er det kjørt med tyngre maskiner og sannsynligvis med flere kjøringer enn i forsøksfeltet.

Gjennomsnittsverdiene for jorddybde der jordmotstanden overstiger 300 psi (se Figur 4) viser imidlertid ikke hele bildet. Med det digitale penetrometeret fås en opptegning av jordmotstanden i hele jordprofilet som vises i figur 5 og 6. Tilleggsinformasjonen i penetrometerbildene viser at det fortsatt er større tendens til en plogsåle på 20-25 cm dyp i forsøksrutene med flytende biorest, blautgjødsel og avvannet biorest enn i noen av de andre behandlingene, men også her er det en forbedring sammenlignet med det konvensjonelle feltet.

Analyse av målbart nitrat og ammonium i jordprøver

Det har blitt tatt ut jordprøver like før jordarbeiding, gjødsling og såing hvert år i prosjektperioden.

Det første året 2015 ble jordprøver tatt ut to uker ETTER gjødsling og disse viste en tydelig forskjell i målbart innhold av nitrat og ammonium (min-N). Der det var tilført kunstgjødsel var det stort samsvar mellom kjent tilført mengde og det som kunne beregnes ut fra de målte verdiene. Gjennom sommeren 2015 ble jordprøver tatt med noe ujevnt intervall, men analysene viste tydelige forskjeller i hvordan de ulike gjødseltypene påvirket min-N gjennom vekstsesongen. Gjødseltyper som kunstgjødsel, blautgjødsel og flytende biorest ga høye verdier like etter gjødsling, men nivåene i disse gjødselleddene var mot slutten av vekstsesongen lavere enn i de kompostgjødslede feltene. Det ble også tydelig at målbart innhold av mineral-N ikke viste noen sammenheng med avlingsnivåene av korn.

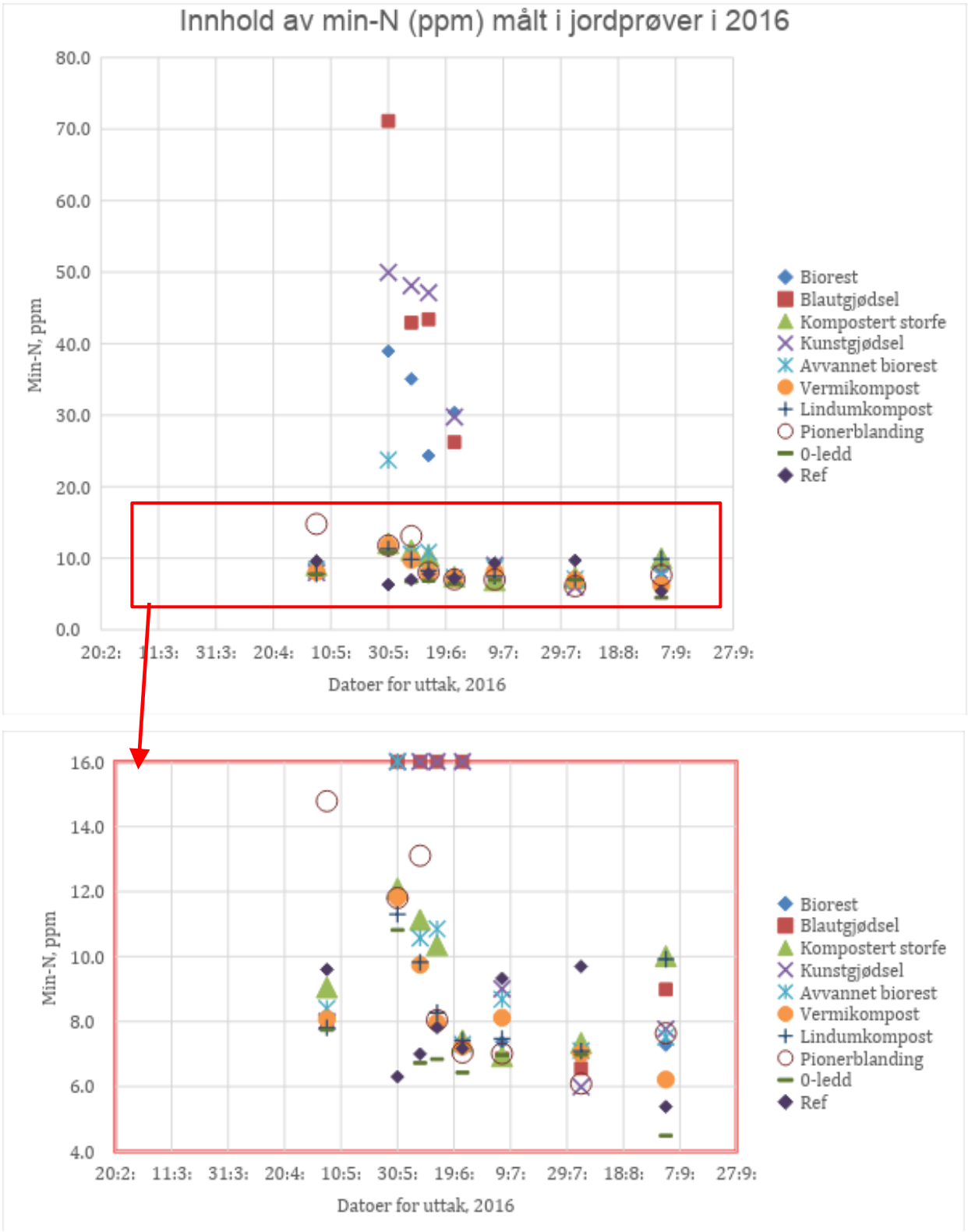
For å kunne følge denne variasjonen i målbart innhold av min-N tettere, ble det tatt mer hyppige jordprøver i 2016 (figur 7). Det ble da tatt ut prøver hver uke, fra 10 dager etter gjødsling til begynnelsen av juli. Det ga et enda tydeligere bilde av hvordan ulike gjødseltyper og bruk av AKKU påvirket det målbare innholdet av mineral-N (nitrat og ammonium) i jorda. Høye nivåer vil lett kunne tas opp i plantene, men kan også lett vaskes ned i dypere jordlag og ut i vassdrag ved store nedbørsmengder. I 2016 var det tørt i juni, og nivået av mineral-N holdt seg da høyt i rutene gjødslet med kunstgjødsel, blautgjødsel og flytende biorest. Etter kraftig nedbør i begynnelsen av juli (75 mm fra 26. juni til 6. juli) var nivåene sunket til samme lave nivå som i de andre forsøksleddene. Det antas derfor at nedgangen ikke skyldtes planteopptak, men at nitrogenet ble vasket ned i dypere jordlag enn der vi tok prøver. For alle andre gjødseltyper og forsøksledd er nivået av mineral-N lavt hele tiden, men på slutten av sesongen er det faktisk noe høyere enn i kunstgjødsel, blautgjødsel og biorest-rutene. Den samme tendensen fant vi også i de andre forsøksårene. Det her viser at der det er gjødslet med

ulike komposter, har mer næring blitt frigjort fra reserver i den tilførte gjødsla og reserver i jorda. Denne frigivelsen av næring har selvsagt skjedd gjennom hele vekstsesongen, men kommer bare til syne i målbart innhold av mineral-N på slutten av vekstperioden når frigivelsen blir større enn planteopptak. Mengde næring frigitt gjennom vekstsesongen vil også gi utslag i avlingsnivået.

Dette forsøksoppsett har vist at målt innhold av mineral-N ikke sier mye om hva plantene faktisk har tilgang på når vi har en jord med organisk materiale og godt mikroliv. I en slik jord er jordbiologien dynamisk, og jordas aktivitet og plantenes opptak endrer seg hele tiden, både gjennom døgnet og sesongen.

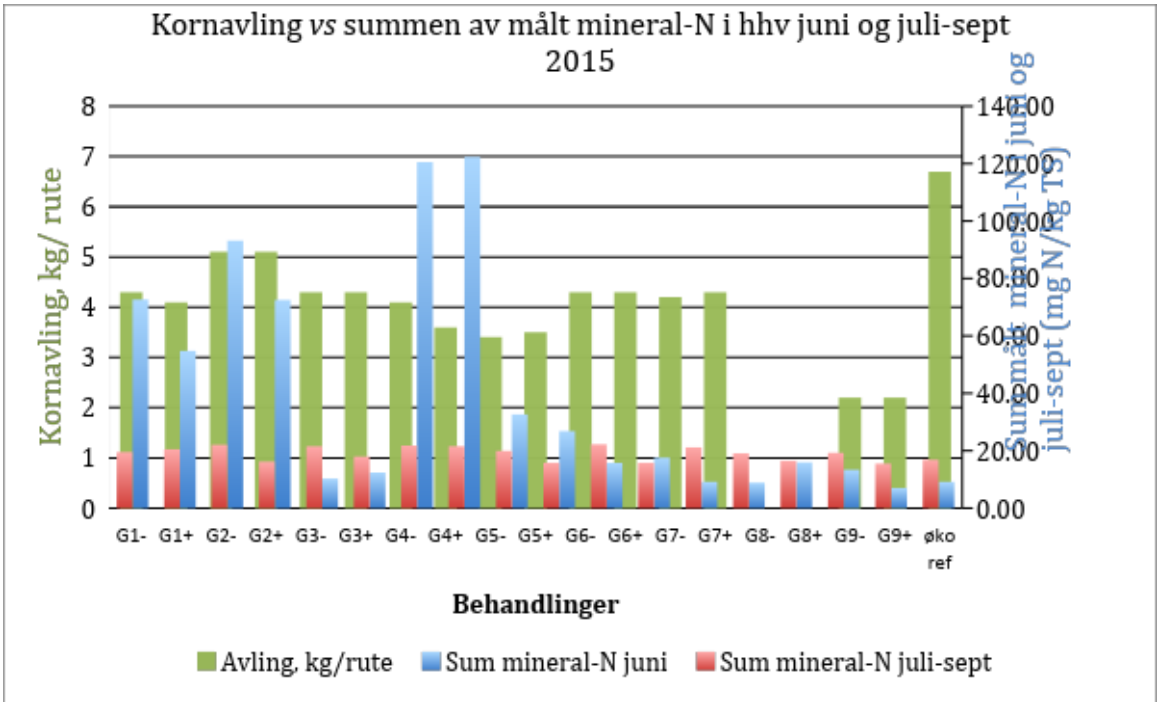
Er det imidlertid høye nivå av mineral-N, det vil si mer enn 30-40 ppm (tilsvarer 10-12 kg N/daa, beregnet til 15-20 cm dybde), stimuleres ugrasveksten og faren for utvasking øker. Slike høye verdier vil ikke opptre der mikroorganismer frigjør næring fra organisk materiale – det være seg næringshumus i jorda og/eller tilført kompost/organisk gjødsel med C/N-forhold >11.

De høyeste nitrogenverdiene som ble målt om våren av de organiske gjødseltypene i forsøket var i pionerblandingsleddet (se figur 7). Økt fare for nitrogenutvasking har ofte blitt trukket fram som en negativ side ved grønngjødsling, men nivåene var langt lavere enn etter gjødsling med mineralgjødsel og bløtgjødsel, det vil si nitrat og ammoniumrike gjødseltyper. Det ser også ut til at det lettløselige nitrogenet raskt ble tatt opp i plantene i pionerblandingsrutene siden nivåene falt før den kraftige nedbøren kom.



Figur 7: Summen av nitrat og ammonium (min-N) målt i jordprøver tatt i 2016. Forstørring av rød boks i bildet nederst. Første prøveuttak i begynnelsen av mai var tatt før jordarbeiding og såing. Neste uttak ble tatt to uker etter gjødsling.

Verken forskjeller i tilført tot-N eller målt mengde mineral-N i jorda har gitt entydige utslag i avlingsnivå. Dette ble tydelig allerede i 2015 og har vært det samme i alle forsøksår (figur 8).



Figur 8: Kornavling i 2015 vist mot målte verdier av mineral-N (sum nitrat- og ammonium-N) i jordprøver tatt i juni og juli-september 2015. G1-9 er de ulike gjødselbehandlinger, +/- er med/uten AKKU.

Forklaring til koder på gjødseltyper/behandlinger i figur 8 og 9:

- **G1:** Flytende biorest fra EGE (Energigjenvinningsetaten i Oslo kommune)
- **G2:** Blautgjødsel (storfe)
- **G3:** Kompostert storfe- og sauetalle
- **G4:** Kunstgjødsel (22-3-10)
- **G5:** Avvannet (fast) biorest fra HRA (Hadeland og Ringerike Avfallsanlegg)
- **G6:** Vermikompost (meitemarkkompostert avvannet biorest – G5)
- **G7:** Lindumkompost (50 % matavfall – 50 % hageavfall)
- **G8:** Pionerblanding (raigras, honningurt, blodkløver, vintervikke – for bedring av jordkvaliteten) i 2015 og 2016. Dyrket med hvete med underkultur som resten av feltet i 2017 og 2018.
- **G9:** 0-ledd – ingen gjødsling.

Avlingsnivå og observasjoner av plantevekst

Avlingsnivå

Avlingsnivået i det økologiske referansefeltet har ikke uventet gått ned gjennom de tre første forsøksårene med kun underkultur av hvitkløver som «gjødsling». Det fjerde og siste året gikk faktisk avlingen opp litt igjen, (mer informasjon lenger ned). Det første året etter omlegging av enga (2015) var høstevekta av korn på det økologiske referansefeltet 268 kg/daa. Dette er vekt målt i felt under høsting og kan derfor ikke uten videre sammenlignes med avlingstall for 2016 og 2017 som er etter tørking og rensing (fra NIBIO). Fra våre rådataer ser vi at vi kan anta 15-20% lavere vekt etter tørking og rensing. For sammenligning må derfor avlingstallet i 2015 for det økologiske referansefeltet fratrekkes ca. 15 % og dermed være rundt 225 kg/daa for å tilsvare tørrvekt. Sammenlignbare avlingstall i dette felt blir da 225, 153 og 170 kg/daa i hhv. 2015, 2016 og 2017. I tørkeåret 2018 klarte kornet seg overraskende bra i det her feltet og ga en avling på 178 kg/daa. Dette høye nivået gir ekstra lav *relativ* avling i forsøksrutene som nok var mer påvirket av tørken. Vanninnholdet i jorda holdt seg som beskrevet lenger opp betydelig høyere i referansefeltet enn i både forsøksrutene og den konvensjonelle åkeren ved siden av.

Figur 9: Relativ avling ved ulike gjødseltyper i % av økologisk referansefelt gjennom alle forsøksårene (2015-2018). Den røde linjen markerer avling i referansefeltet. I 2018 ble det ikke gjødslet noe sted, og kun brukt underkultur av hvitkløver.

Figur 10: Avlingsnivå i de ulike forsøksleddene. Tall for 2016-2018 er renset og tørket mengde korn, mens tallene for 2015 er basert på utørket vekt. De ligger derfor 15-20 % over verdiene fra de andre årene.

Avlingene i forsøksledd gjødslet med komposter har vært relativt gode, og kompostert husdyrtalle (G3) skilte seg ut klart positivt i 2016 og med bra avlingsnivåer også i 2017. I 2018 kom husdyrtallen også best ut av forsøksleddene, men med langt lavere avling enn det økologiske referansefeltet. Lindumkomposten (G7) kom på tredjeplass i 2018, etter det økologiske referansefeltet og kompostert husdyrtalle.

Forsøksleddet med bløtgjødsel (G2) var det som kom best ut av gjødslingsleddene i 2015,

etter det økologiske referansefeltet. I årene etter har det holdt seg på et middels avlingsnivå.

Det økologiske referansefeltet har hatt de klart høyeste avlingene av alle felt i 2016 og 2018. Det kom ut som et av de bedre i 2017, men kun på et middels avlingsnivå i 2016, da den kortvokste hvetesorten ´Bjarne´ ble brukt. Overraskende nok var som sagt avlingen i det økologiske referansefeltet høyere i tørkeåret 2018 enn i 2017. Dette felt var det eneste feltet som rent visuelt så riktig godt ut i tørken 2018; høyt, tett og uten noe særlig ugras. Forskjellen mot kunstgjødselleddet er veldig tydelig (se figur 11 og 12). Årsaken til den gode avlingen er trolig det høye humusinnholdet, et godt utviklet rotsystem og en velfungerende jordmikrobiologi. 0-leddet (uten noen gjødsling) er det feltet som har hatt lavest avling i løpet av alle år. Dette er et forventet og naturlig resultat.

Kunstgjødselfeltet (G4) har hatt de nest dårligste avlinger alle år, unntatt det første året da det var det tredje dårligste feltet. Feltet har hatt mest ugras gjennom hele forsøksperioden. Det viser at bruk av kunstgjødsel nesten forutsetter ugrassprøyting i tillegg (noe som ikke har blitt foretatt her) for å sikre en akseptabel avling.

Observasjoner av ugras og plantevekst

Ugras

Noen av de mest slående observasjonene gjennom prosjektet er forskjellen i mengden ugras i de ulike gjødslingsleddene (tabell 6). Allerede i 2015 hadde kunstgjødselrutene (G4) ekstremt mye ugras. Det har også vært mye ugras i forsøksrutene med flytende biorest (G1) og flytende storfegjødsel (G2). Det her har gjentatt seg gjennom alle forsøksårene. Et fellestrekk for disse tre forsøksleddene er at gjødselen inneholder mye lett tilgjengelig nitrogen (nitrat og ammonium), noe som stimulerer vekst av mange ugrasvekster. Ugrasvekst kan også være en effekt av høye kaliumverdier. Ved bruk av kunstgjødsel, biorest og bløtgjødsel følges høye kaliumverdier også gjerne av høye NO3-verdier.

I tillegg til mye ugras ga disse gjødseltypene kunstgjødsel, flytende biorest og flytende storfegjødsel, også veldig dårlig vekst i underkulturen. Det var også i de her forsøksleddene legde ble observert, og da spesielt i kunstgjødselrutene.

I den motsatte enden av skalaen finner vi de tre forsøksleddene hvor det ble tilført kompost (G3, G6 og G7). Her var det generelt god vekst i hvitkløveren og lite ugras.

Den store ugrasmengden i forsøksledd med mye lett tilgjengelig nitrogen (min-N) tidlig i vekstsesongen er helt i tråd med ugrasplantenes vekstmønster. De spirer og vokser raskt når det er god næringstilgang og lite konkurranse fra andre planter. Ugraset utkonkurrerer derfor raskt kløveren og etterhvert også kornet. På grunn av alt ugraset har kunstgjødselrutene hatt lav kornavling i alle forsøksår. Mye lett tilgjengelig nitrat er en faktor som stimulerer bakteriell dominans i jordens mikrobiologi og begrenser mengden gunstig sopp i jord. Jordpakking og anaerobe forhold er andre faktorer som ytterligere stimulerer flere ugrassorter. En bakteriedominert jord er et habitat pionervekster som ugras liker godt. Bakterielle forhold kjennetegner en tidlig suksesjonsfase i naturen eller en forstyrret jord.

Den gode etableringen av hvitkløver i de kompostgjødslede rutene (G3, G6 og G7) stemmer også godt med at det her er lite lett tilgjengelig nitrogen. Dette stimulerer kløverens

nitrogenfiksering og gir den dermed et konkurransefortrinn over ugraset. Utover vekstsesongen vil både kløveren, og ikke minst en mikrobiell omdanning av komposten, bidra med næring til det voksende kornet. Den relativt høye andelen av ugras i pionerleddet som ble målt i 2017 er ikke helt lett å forklare men dette var det første året det ble sådd inn korn (med underkultur) her. En hypotese er at den mangfoldige pionerblandingen som var avlingen i dette ledd i 2015 og 2016 gav mindre gunstige forhold for ugras og klarte å holde tilbake spiringen av de ugrasfrø som lå i jorden. Det endrede agronomiske tiltaket i 2017 med innsådd av korn og underkultur gir en mindre mangfoldig kultur, med mer glissen vekst, enn pionerblandingen. Det kan ha gitt bedre forhold for ugraset å spire.

	Andel ugrasplanter i gjødslingsleddene (%)		
	2015	**2016**	**2017**
Biorest – G1	20,0	40,0	35,7
Blautgjødsel – G2	46,7	58,3	8,3
Kompostert storfe – G3	11,7	33,3	6,7
Kunstgjødsel – G4	76,7	80,0	56,7
Avvannet biorest – G5	25,0	13,3	15,0
Vermikompost – G6	8,3	15,0	7,3
Lindumkompost – G7	13,3	18,3	7,3
Pionerblanding – G8			26,7
0-ledd – G9	11,7	11,7	23,3
Gjennomsnitt	*26,7*	*33,8*	*20,8*

Tabell 6: Mengde ugras observert i de ulike gjødslingsleddene. Angitt som % av plantevekst i rutene.

Grunnet den store tørken i vekstsesongen 2018 ble visuelle målinger av ugrasvekst, plantehøyde, akslengde og andre vekstmålinger av kornet ikke sammenlignbare for forsøket og de visuelle målingene ble avsluttet i juli. Tørken stresset kornet som gikk i tvangsmodning, det ble uvanlig kort samtidig som ekstra mye ugras vokste i mange gjødslingsledd.

Ved dagen for høsting, 31. august 2018, gjorde vi noen interessante, visuelle observasjoner. Det var mye ugras i mange gjødslingsledd og i noen av kunstgjødselrutene var det nesten bare ugras å se (figur 11). Som stor kontrast til dette sto det økologiske referansefeltet høyt, friskt og med tett plantevekst av korn. Her var det veldig lite synlig ugras (figur 12).

Vi kunne også observere at kornet i flere forsøksledd var høyere ute på sidene av rutene, nærmest grasgangene som går rundt og mellom de ulike forsøkrutene. Kornet *midt i* ruten var tydelig kortere. Da dette fenomenet kunne ses i ulike gjødslingsledd var det ikke mulig å måle som forskjell i avlingsnivå. Et forsøk på forklaring på dette fenomen er at graset på utsiden av gjødslingsrutene med sitt store og tette rotsystem bedre klarte å holde på vann enn kornet i gjødslingsrutene. Det var kanskje årsaken til at kornet ute i kantene av gjødslingsrutene søkte seg dit med sine røtter, noe gav en litt høyere plante her? Kanskje var de sukkerholdige roteksudatene fra graset også en hjelp for kornet? Sukker, enzymer m.m. i roteksudatene gir næring til mikrobiologien i graset som gjør at det kan oppformeres og trives, noe som i sin tur hjelper kornet i ytterkantene av gjødslingsleddet med mer næringsstoffer og fukt.

Figur 11: En av kunstgjødselrutene, innhøstingsdag 31. august 2018

.

Figur 12: Det økologiske referansefeltet, innhøstingsdag 31. august 2018

Det er i forsøksperioden dessverre ikke gjort en tilsvarende estimering av ugrasmengde i det økologiske referansefeltet, men både i 2015, 2017 og 2018 var det lite ugras å se rent visuelt, og god vekst i hvitkløveren. I 2016 var det derimot mer ugras enn vanlig både her og i hele forsøksfeltet. Spesielt var det mer kveke dette året. I forsøksfeltet kan dette skyldes en grunn pløying dette året, men den økte kvekemengden ble også sett i referansefeltet som var pløyd på vanlig måte. Grunnen til den økte ugrasmengden i 2016 var sannsynligvis bruken av den kortvokste hvetesorten 'Bjarne' som grunnet mangel på 'Mirakel' ble brukt dette år. Den hadde en mer glissen vekst enn 'Mirakel', noe som ga bedre lys- og vekstvilkår for ugraset. Betydningen av kornsort ble i 2016 også tydelig demonstrert i et annet forsøk som var lagt i den økologiske åkeren. Dette var ''Smakskornprosjektet'' sitt felt der man hadde med ulike kornsorter i forsøket sitt. Den eneste forskjellen mellom forsøksrutene i dette forsøksfelt var hvilken korntype/-sort som ble dyrket. Ruter med veldig mye ugras lå her side om side med ruter nesten uten ugras. Det viser hvor viktig valget av kornsort og gjødsling er i økologisk korndyrking. I 2016 var det små forskjeller i avlingsnivå mellom det økologiske referansefeltet og de fleste av forsøksleddene. Unntakene var den komposterte talla som ga signifikant høyest avling, samt kunstgjødsel og flytende biorest som var tydelig lavest (se figur 9 og avsnitt 'Avlingsnivå' og 'Observasjoner av ugras og vekst').

Plantevekst

Ved forsøkets målinger av plantehøyde (i cm) er det flytende husdyrgjødsel (G2) som har gitt høyest planter, tett fulgt av kompostert husdyrgjødsel (G3). Observerte forskjeller i plantehøyde og akslengde mellom behandling med og uten AKKU er små. Forskjellene slår begge veier slik at noen felt reagerer positivt på AKKU mens noen har litt lavere plantehøyde og akslengde uten behandling med AKKU. Disse forskjellene gjenspeiles også i avlingstallene (se eget avsnitt om AKKU lenger ned). I tabell 7 er gjennomsnittlig plantehøyde og akslengde målt (i cm) for de ulike gødslingsrutene oppført (n=18).

Alle mål i cm	2016		2017	
	Plantehøyde	Akslengde	Plantehøyde	Akslengde
Biorest	73,3	7,2	90,2	6,2
Blautgjødsel	74,6	7,4	101,2	6,9
Kompostert talle	73,1	7,3	98,8	6,9
Kunstgjødsel	72,6	6,8	96,0	6,3
Avvannet biorest	71,3	6,7	92,4	6,5
Vermikompost	69,7	7,0	93,9	6,8
Lindumkompost	71,9	6,8	95,9	6,9
Pionerblanding	-	-	92,3	6,5
0-ledd	61,5	5,6	83,0	5,8

Tabell 7: Plantehøyde og akslengde målt ved blomstring. Alle tall (cm) representerer gjennomsnittet av 18 målinger (6 målinger i hver gjødselrute, 3 gjentak).

Virkning av AKKU på avling med ulike gjødseltyper

I forsøksårene 2015-2017 ble det sprøytet med AKKU (aktive mikroorganismer oppformert fra god kompost) to ganger tidlig i vekstsesongen på halvparten av hver gjødslingsrute, se forsøksplan figur 2. Første sprøyting ble gjennomført to uker etter såing, og andre gangen fire uker etter såing.

Generelt antas det at økt mengde mikroorganismer og biologisk aktivitet i jorda vil føre til økt omsetning av det organiske materialet og dermed øke næringstilgangen til plantene. Hvorvidt økt biologisk aktivitet i praksis vil føre til frigivelse, eller tvert imot binde inn næringsstoff, avhenger imidlertid av mange faktorer, hvorav C:N-forholdet i det organiske materialet er veldig viktig.

Vi fant at både avling og nitrogennivå ble veldig ulikt påvirket av AKKU i de ulike behandlingene (tabell 8). I noen tilfeller har AKKU hatt en klar negativ effekt på avling. Det gjelder biorest (G1), flytende husdyrgjødsel (G2) og ikke minst på kunstgjødsel (G4). I kompostene, i pionerblanding og 0-ledd har AKKU derimot hatt en positiv effekt. I 2017 har avvannet biorest (G5) gitt stor forskjell med og uten AKKU. Her er avlingsøkning markant med AKKU (figur 13 og tabell 8).

Disse varierende effektene av tilførte mikroorganismer i form av AKKU har vi også har sett i andre forsøk i prosjektet Levende matjord. De sprikende funnene var en av grunnene til at dette forsøket ble lagt opp med så mange ulike gjødseltyper. Det vil trenges flere forsøk for å

få en bedre forståelse av hvordan organiske gjødselmidler vil påvirke og samvirke med jordbiologien slik at man får gode avlinger og oppbygging av organisk materiale i jorda.

2017	**Virkning av AKKU (Differanse = med AKKU – uten AKKU)**	
	Diff. min-N i jord, ppm*	Diff. i avling, kg/daa
G1 Flytende biorest	-4,3	-15,0
G2 Blautgjødsel	4,0	-21,1
G3 Kompostert storfe	0,3	10,0
G4 Kunstgjødsel	-3,6	-37,6
G5 Avvannet biorest	-2,8	51,8
G6 Vermikompost	1,8	2,0
G7 Lindumkompost	-1,6	15,8
G8 Pionerblanding	-1,2	25,5
G9 0-ledd	1,8	17,9
	*Summert differanse i perioden 28.06-22.07.2017	

Tabell 8: Virkning av AKKU på min-N og avling i 2017

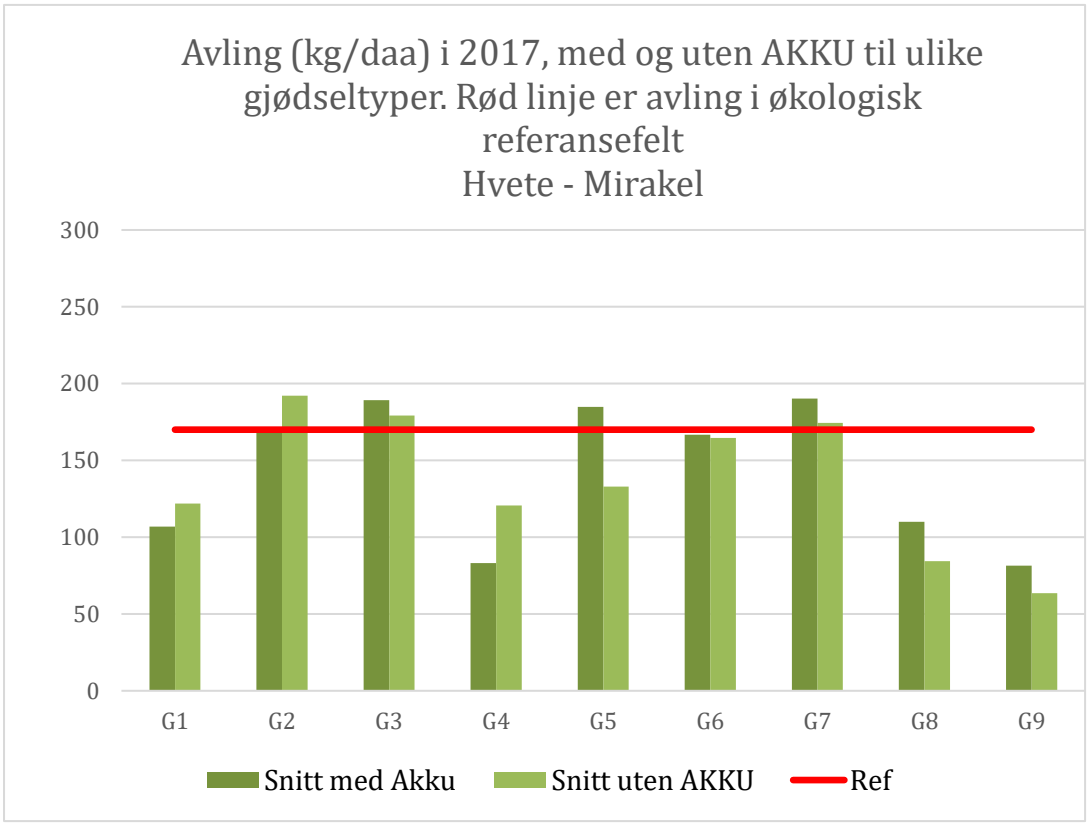
2016	**Virkning av AKKU (Differanse = med AKKU–uten AKKU)**	
	Diff. min-N i jord, ppm*	Diff. i avling, kg/daa
G1 Flytende biorest	3,7	-34,8
G2 Blautgjødsel	-40,1	5,1
G3 Kompostert storfe	-3,5	6,5
G4 Kunstgjødsel	-20,5	11,2
G5 Avvannet biorest	-0,2	2,2
G6 Vermikompost	-3,0	38,5
G7 Lindumkompost	2,1	-33,1
G8 Pionerblanding	-4,8	
G9 0-ledd	1,1	-7,6
	*Summert differanse i perioden 13.06-06.07.2017	

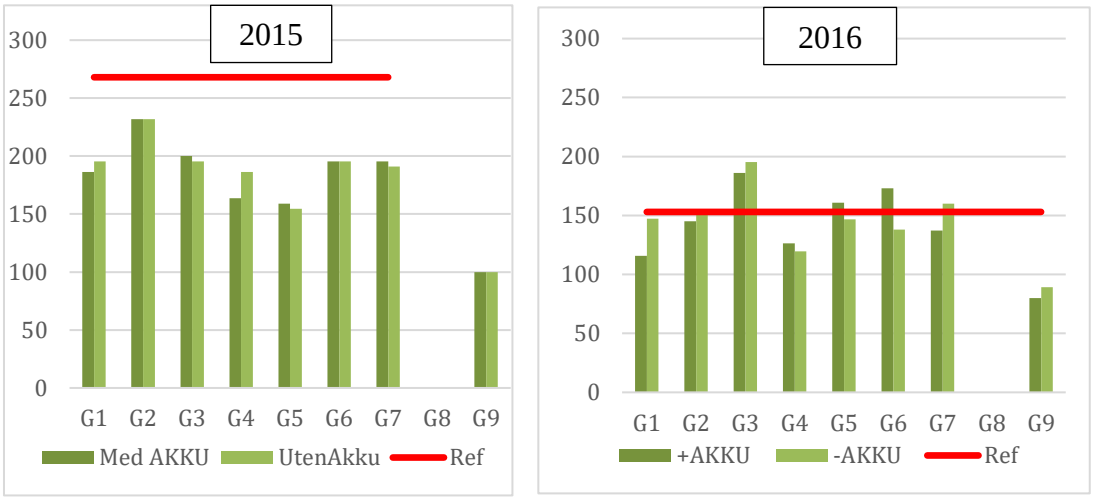
Tabell 9: Virkning av AKKU på min-N og avling i 2016

Ulik kvalitet på gjødselmidlene forklarer hvorfor avlingsnivået i de ulike gjødselmidlene reagerer ulikt på tilførselen av AKKU. Hvis vi tilfører en kompost med et høyt C:N forhold (>20) kan man forvente lavere avling fordi mikroorganismene binder opp tilgjengelig nitrogen når komposten skal omdannes. Tilføres det mer mikroorganismer (i dette tilfelle AKKU) vil denne prosessen forsterkes og dermed gi lavere avling. Det er trolig forklaringen til den dårlige avlingen i Lindumkomposten der det var tilført AKKU år 2016.

Med et C:N forhold på 10-20 er vi nær det vi finner i næringshumus og moden kompost (ca. 12:1 i C:N forhold). Her vil en økt biologisk aktivitet etter tilført AKKU gi frigivelse av mer plantetilgjengelig nitrogen og dermed økt avling.

Når det gjødsles med mye lettløselig nitrogen (C:N forhold <10), som i den mest ekstreme formen er kunstgjødsel, så vil man forvente mindre effekt av tilførte mikroorganismer som for eksempel AKKU. Det er mest sannsynlig at AKKU gir en viss negativ effekt på avlingen, fordi det økte jordlivet for en periode vil binde opp mye av det lettløselige nitrogenet og konkurrere med plantene om den tilgjengelige næringen. Effekten vil også avhenge av hva slags om hvor mye organisk materiale som er i jorda fra før.





Figur 13: Avling (kg/daa) i de ulike gjødseltypene med og uten AKKU gjennom de tre forsøksårene 2015-2017. Rød linje er avling i økologisk referansefelt. I 2015 var det, som i 2017, hvetesorten 'Mirakel'. I 2016 'Bjarne'

Mykorrhiza

I 2016 ble Dr. Theo Ruissen med oss til forsøksfeltet i Sigdal (4.-8. juli). Der tok han 16 prøver fra det konvensjonelle referansefeltet ved siden av forsøksfeltet og 16 prøver fra det økologiske referansefeltet. Disse prøvene tok han med til Tingvoll hvor han undersøkte mengde og type av mykorrhizasporer. Det ble funnet omtrent samme antall arter i begge felt, men med et betydelig større antall sporer i det økologiske.

Det ble også tatt rotprøver i enkelte av behandlingene i forsøksfeltet for å undersøke om plantene hadde ulik grad av etablert mykorrhiza. Siden vi ikke kunne ta prøver fra alle forsøksledd, valgte vi de behandlingene hvor vi forventet mest forskjell. Det ble tatt 4 prøver fra hver av følgende behandlinger i blokk 1:

- Flytende storfegjødsel (G2)
- Kunstgjødsel (G4)
- Kompostert hage- og matavfall (Lindumkompost) (G7)
- 0-ledd (G9)

Etter et møysommelig og tidkrevende arbeid med farging og mikroskopering av rotprøvene, klarte vi ikke å påvise forskjeller i antall røtter med etablert mykorrhiza. Det ble funnet etablert mykorrhiza i ca. 40 % av de undersøkte rotfragmentene i alle forsøksledd, men det understrekes at dette er usikre tall da dette var vårt første forsøk med denne type analyse. Vi fant ut at å utvikle dette arbeidet videre ville kreve langt større ressurser enn vi har hatt til rådighet i dette prosjektet. (Egen rapport om mykorrhizaarbeidet i 2016 finnes tilgjengelig).

Resultater og diskusjon av forsøksfeltet 2015-2018

Det er interessant å se at det finnes noen felles trekk og funn som går igjennom forsøksfeltet i Sigdal i løpet av de fire årene forsøket har pågått.

Ingen kobling avlingsnivå - nitrogen

Det første å trekke frem er at det ikke er funnet noen sammenheng mellom avlingsnivå og tilført mengde nitrogen, verken med mengde total-N eller mengde lettløselig nitrat og ammonium (mineral-N) målt i jordprøver et par uker etter gjødsling. Her må man nok tenke mer helhetlig og bare konstatere at det er mange andre parametere enn mengde nitrogen som har utslag på avling.

Utvikling av jordas organiske materiale

Organisk materiale i jorda, målt som glødetap, i den konvensjonelle delen av åkeren som skulle bli forsøksfelt ved oppstart i 2015, lå ved dette tidspunkt på 4,28% av TS. Våren 2018 hadde glødetapet økt betraktelig i forsøksfeltet og lå i gjennomsnitt på 5,6% av TS. En slik økning over kun fire år er veldig bra. Glødetap i det økologiske referansefeltet var i 2018 på

7,17 % av TS, mens glødetapet i den konvensjonelle åkeren ved siden av forsøksfeltet i 2018 lå på i prinsippet samme nivå som ved oppstart, dvs. 4,29 %.

Jordmotstand - penetrometermålinger

Selv om forsøksperioden bare har vart i fire år, ses en tydelig bedring i jordmotstand i forsøksfeltet der de alle fleste felt, unntatt det konvensjonelle referansefeltet, Lindumkomposten og vermikomposten har hatt en positiv utvikling med mindre jordmotstand i løpet av forsøksperioden. De to kompostleddene hadde en liten negativ utvikling i 2017 som er vanskelig å forklare. 2018 var et ekstremt år med tørke og her ser vi naturlig nok at alle forsøksrutene, liksom referansefeltene, har høyere jordmotstand enn tidligere år.

Når vi studerer motstanden i jorden 2018 så har det økologiske referansefeltet og kompostert talle hatt lavest jordmotstand i tørken. Hele forsøksfeltet med alle gjødslingsledd er i 2018 langt bedre enn det konvensjonelle feltet ved siden av, men fortsatt ikke like bra som det økologiske referansefeltet.

Aggregatdannelse, underkultur og ugras

Det er også en positiv utvikling av aggregatdannelse og mot en mer porøs jord og et mer mangfoldig mikroliv i alle forsøksledd, unntatt kunstgjødselfeltet (G4) og det konvensjonelle referansefeltet. Det ser ut til at tilførsel av organisk gjødsel i moderate mengder, bruk av underkultur og begrenset jordarbeiding med ikke altfor tunge maskiner påvirker jordens struktur og aggregatdannelse positivt.

Gjødselmidler som ga høye verdier av mineral-N i første del av vekstsesongen har hatt mye ugras. Kunstgjødselrutene har gjennom alle forsøksår skilt seg markant ut med mest ugras av alle forsøksledd og den store ugrasmengden har gjort at dette leddet har hatt lav avling alle år. Lavest kornavling var det her i 2018 (sammen med 0-ledd) sammenliknet med alle andre forsøksledd og det økologiske referansefeltet. Slik vi ser det viser disse resultatene at bruk av kunstgjødsel nesten forutsetter ugrassprøyting for å sikre en akseptabel avling.

Når vi ser på underkulturen av hvitkløver så har forsøksruter gjødslet med kompost hatt en god tilvekst i underkulturen og lite ugras. Kompostert storfetalle er det felt som har utmerket seg med å ha den beste underkulturen alle forsøksår.

Virkning av AKKU

Tilførsel av AKKU (Aerob KompostKUltur) har hatt ulik virkning på avlingsnivå og målbar mengde min-N i de ulike gjødseltypene. Dette viser betydningen av å ha et godt samspill og plan mellom gjødselkvalitet/-type og jordbiologiske prosesser og at det er vanskelig å eksakt forstå og vise hva som skjer i jorden.

Avling, humus og den flytende karbonpumpen

Det økologiske referansefeltet har hatt de beste kornavlingene av alle forsøksledd både i 2015 og i tørkeåret 2018.

I 2016, da den kortvokste hvetesorten ´Bjarne´ ble dyrket, ga kompostert husdyrgjødsel (G3) høyeste kornavlingen av alle felt, tett fulgt av blautgjødsel, Lindumkompost og det økologiske referansefeltet. Kompostert husdyrgjødsel kom også best ut i 2017 da hvetesorten ´Mirakel´ var tilbake i forsøket, men blautgjødsel (G2) og Lindumkompost (G7) lå på nesten samme nivå, tett fulgt av det økologiske referansefeltet. Oppsummert har avlingsnivået på det økologiske referansefeltet enten vært høyest, eller holdt seg i avlingstoppen gjennom alle tre forsøksår. Kunstgjødselfeltet (G4) har i alle år vært et av de feltene med lavest avling.

Det økologiske referansefeltet har med et betraktelig høyere innhold av organisk materiale (målt som glødetap) enn alle andre forsøksledd og med den laveste jordmotstanden fått til et fungerende samarbeid mellom plante og jordliv som sikrer at den såkalte 'flytende karbonpumpen' fungerer. Det betyr maksimal fotosyntese som gjør at mest mulig energirike roteksudater fra planten dannes og fôrer mikrolivet i jorden. Til gjengjeld forsyner mikrolivet planten med alle nødvendige næringsstoffer som planten ikke klarer å få tilgang til uten mikrolivets hjelp.

Ved en økt mengde aktiv humus dannes det gode levekår for et aktivt og mangfoldig jordmikroliv. Et mangfold av mikroorganismer i jorden sikrer også at de patogene bakterier og sopper, som alltid er til stede, ikke får ikke plass til å utvikle seg til skadelige nivåer i dette mangfold. I humusen lager mikrolivet aggregater som øker jordens vannlagringsevne og gassutveksling, noe som forhindrer tap av næringsstoff og reduserer erosjonsrisiko. I det økologiske referansefeltet, samt til dels i noen av de kompostgjødslede leddene, har planten og mikrobiologien utviklet et vel fungerende samarbeid, til nytte for alle parter.

Forslag til videre arbeid

Etter avslutning av det fireårige kornforsøket i Sigdal kan vi konstatere at ulike gjødseltyper påvirker både kornavling, tilvekst, ugrasmengde og jordstruktur ulikt. Vi ser også at det er mange ulike parametere som påvirker. Vi har i forsøket sett at mengde nitrogen, både totalt og lettløselig derimot *ikke* påvirker avlingsnivået. Derfor ser vi det som viktig med fortsatt forskning og studier der man fokuserer på andre parametere enn gjødselmengde og avling og heller ser nærmere på koblingen mellom plantehelse- og avling, humusinnhold og jordmikroliv. Her finnes et stort potensial for fortsatte spennende studier.

Med et mer eller mindre kontinuerlig grønt plantedekke som vintergrønne dekkvekster, underkultur og grønngjødsling sikrer vi økt humusdannelse og et aktivt jordmikroliv. Med det klarer vi også å binde karbon og andre næringsstoffer i jorden og forhindre utvasking. Denne tankegangen er en viktig del av det regenerative landbruket. Vi håper arbeidet og forskning innenfor dette fagfelt fortsetter og spres videre for å sikre et bærekraftig landbruk i fremtiden.