



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

VOL.: 1, NR.: 80, 2015

Kjelle avrenningsforsøk

Årsrapport 2014-2015 for jordarbeidingsforsøk på lav
erosjonsrisiko



MARIANNE BECHMANN, SIGRUN KVÆRNØ OG OLE MARTIN EKLO

Miljø og Naturressurser; Plantehelelse

TITTEL/TITLE

ÅRSRAPPORT FOR KJELLE AVRENNINGSFORSØK
JORDARBEIDINGSFORSØK PÅ LAV EROSJONSRISIKO

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

MARIANNE BECHMANN, SIGRUN H. KVÆRNØ OG OLE MARTIN EKLO

| | | | | |
|-------------------|--|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| DATO/DATE: | RAPPORT NR./ REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: | PROSJEKT NR./PROJECT NO.: | SAKSNR./ARCHIVE NO.: |
| 23.02.2016 | 1(80) 2015 | Åpen | 8503/8753 | Arkivnr |
| ISBN-NR./ISBN-NO: | ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION: | ISSN-NR./ISSN-NO: | ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES: |
| 978-82-17-01544-4 | Versjon nr 1 | ISSN 2464-1162 | 66 | 3 |

OPPDRAUGSIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

STIKKORD/KEYWORDS:

Jordarbeiding, klima, erosjon, suspendert
stoff, fosfor, løst fosfat, nitrogen,
plantevernmidler, ruteforsøk

Soil tillage, climate, erosion, suspended
sediments, phosphorus, phosphate,
nitrogen, pesticides, runoff plots

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Erosjon og avrenning, plantevernmidler

Erosion and runoff, pesticides

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Se side 6

See page 6

GODKJENT /APPROVED



JANNES STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



MARIANNE BECHMANN



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

FORORD

Denne rapporten oppsummerer resultater fra det første år for avrenningsforsøket på Kjelle Videregående skole i Bjørkelangen. Forsøket gjennomføres i samarbeid mellom Kjelle Videregående skole, Romerike Landbruksrådgiving og NIBIO (tidligere Bioforsk).

Følgende personer har bidratt til drift av forsøket i 2014-2015:

Thomas Sandbækbråten og Stig Helge Basnes, Kjelle Vgs.

Jan Stabbetorp, Romerike Landbruksrådgiving

Geir Tveiti, Kjell Wærnhus, Marit Helgheim, Rikard Pedersen, Marit Hauken, Sigrun Kværnø, Ole Martin Eklo og Marianne Bechmann.

Forsøksanlegget er finansiert av Landbruksdirektoratet, Halden vannområde og NIBIO. Forsøket ble etablert i 2013, men første hele forsøksår går fra høsten 2014 til høsten 2015.

Resultatene som presenteres her omfatter avrenning av både partikler, næringsstoffer og pesticider. Prosjektet med pesticider er finansiert som et tilleggsprosjekt av Landbruksdirektoratet.

I prosjektets referansegruppe deltar representanter fra Fylkesmannens landbruksavdeling, Landbruksrådgivingen, Landbruksdirektoratet, Halden vannområde og Bondelaget.

Ås, 23.02.16

Marianne Bechmann

INNHold

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | SAMMENDRAG | 6 |
| 2 | SUMMARY | 8 |
| 3 | INNLEDNING | 9 |
| 4 | METODER | 10 |
| 4.1 | Værdata | 10 |
| 4.2 | Jordegenskaper | 10 |
| 4.3 | Jordhydrologisk respons og jordtemperatur | 11 |
| 4.4 | Jordarbeiding og drift | 11 |
| 4.5 | Sprøyting | 11 |
| 4.6 | Avrenning og prøvetaking | 12 |
| 4.7 | Analyser | 12 |
| 4.8 | Databehandling | 12 |
| 5 | DRIFTS PRAKSIS | 13 |
| 5.1 | Jordarbeiding | 13 |
| 5.2 | Såing av korn | 14 |
| 5.3 | Gjødsling og sprøyting | 14 |
| 5.4 | Høstetidspunkt og avling | 14 |
| 6 | VÆRFORHOLD | 15 |
| 7 | JORDEGENSKAPER OG JORDHYDROLOGI | 17 |
| 7.1 | Jordas egenskaper i to jordprofiler | 17 |
| 7.1.1 | Kornfordeling, karbon og kjemiske analyser | 18 |
| 7.1.2 | Jordtetthet og fuktighetskarakteristikk | 20 |
| 7.1.3 | Vannledningsevne | 22 |
| 7.2 | Jordtemperatur og jordhydrologi | 24 |
| 8 | AVRENNING | 28 |
| 8.1 | Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger | 28 |
| 8.2 | Månedlig avrenning og episoder | 31 |
| 9 | PARTIKLER OG NÆRINGSSTOFFER | 35 |
| 9.1 | Konsentrasjoner | 35 |
| 9.1.1 | Suspendert stoff | 35 |
| 9.1.2 | Fosfor | 36 |
| 9.1.3 | Nitrogen | 40 |
| 9.2 | Jord- og næringsstofftap | 42 |
| 9.2.1 | Jordtap | 42 |
| 9.2.2 | Fosfortap | 43 |

| | |
|---|----|
| 9.2.3 Nitrogentap..... | 45 |
| 10 PLANTEVERN MIDLER..... | 48 |
| 10.1 Glyfosat | 48 |
| 10.2 AMPA..... | 49 |
| 10.3 Protiokonazol-destio | 50 |
| 11 DISKUSJON..... | 53 |
| 11.1 Erosjon og tap av næringsstoffer | 53 |
| 11.2 Avrenning av plantevernmidler..... | 54 |
| 12 KONKLUSJONER..... | 55 |

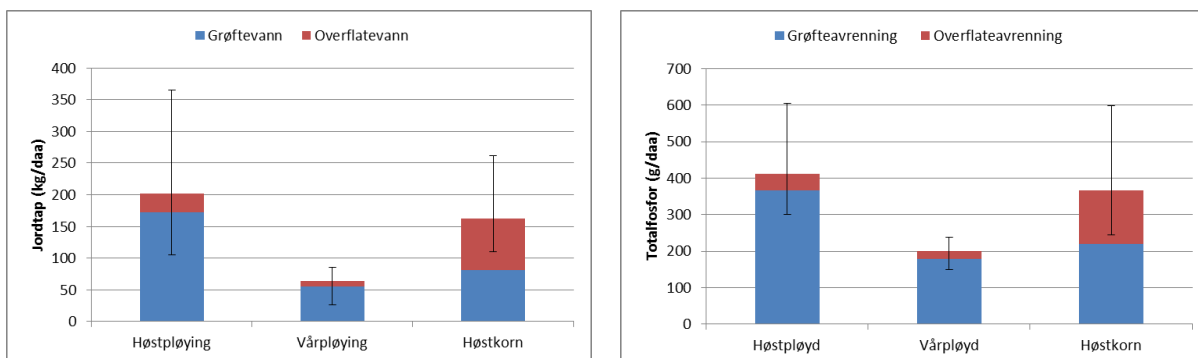
1 SAMMENDRAG

Redusert og endret jordarbeiding har vært et av de viktigste tiltakene mot erosjon og tap av næringsstoffer fra jordbruksarealer siden begynnelsen på 1990-tallet. Redusert jordarbeiding betyr bare harving i stedet for pløying, mens endret jordarbeiding betyr pløying om våren i stedet for høsten. Avrenningsforsøk som startet på 1980-tallet viser stor effekten av redusert og endret jordarbeiding på erosjon og næringsstofftap på forholdsvis bratte jordbruksarealer. Det eksisterer derimot kun få undersøkelser av jordarbeidingseffekter på arealer med liten helling, på tross av at disse arealer utgjør størsteparten av jordbruksarealene der det dyrkes korn.

Avrenningsforsøket på Kjelle i Bjørkelangen ble satt i gang i 2014 for å belyse effekter av jordarbeiding på næringsstoffavrenning fra arealer med liten erosjonsrisiko, det vil si forholdsvis flate arealer. Forsøket består av 9 forsøksruter med målinger av avrenning fra både overflatevann og grøftevann fra hver rute. Jordarbeidingen omfatter 1) høstpløying med vårkorn, 2) vårpløying med vårkorn og 3) høstpløying med høstkorn. Resultater fra forsøkets første år, 2014-2015, er beskrevet i denne rapporten.

Værforholdene har stor betydning for avrenningsprosessene og vil kunne påvirke effekten av jordarbeidingen i forsøket. Resultatene for dette ene året kan derfor ikke forventes å gjelde for alle år og en er avhengig av flere år for å kunne trekke generelle konklusjoner om jordarbeidingseffekter.

Fra forsøkets første år 2014/2015 var den viktigste konklusjonen at det de høstpløyde rutene hadde i gjennomsnitt om lag 3 ganger så store jordtap som de vårpløyde rutene, mens jordtapene fra ruter med høstkorn var betydelig større enn for vårpløyde ruter og viste tendens til å være mindre enn fra de høstpløyde ruter.

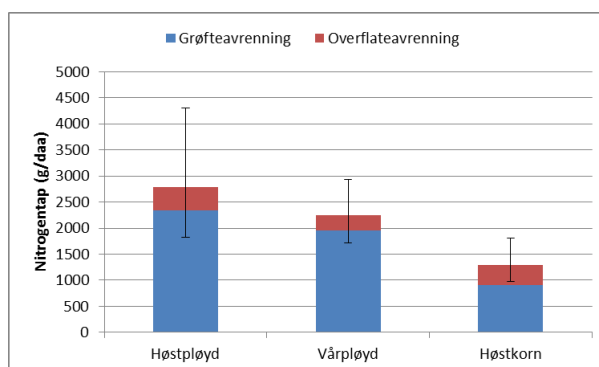


Jordtap (a) og fosfortap (b) fra ruter med høstpløying, vårpløying og høstkorn (n=3).

Fosfortapene fulgte den samme trend som for jordtap, men med litt mindre forskjell mellom behandlingene.

Dette året kom det meste av avrenningen på høsten og vinteren og ga de største jordtapene gjennom drenggrøftene da, men det var også en kraftig nedbørepisode 2. juni som ga den høyeste konsentrasjonen av suspendert stoff (1400 mg/L) i overflateavrenning. Den høye konsentrasjonen i overflatevann ble målt fra en rute med høstpløying, som ble harvet og sådd 15. mai. Også generelt ble det målt høye konsentrasjoner av suspendert stoff i avrenning i mai-juni fra ruter som ble sådd 15. mai.

De årlige nitrogentapene var lavest fra høstkorn og høyest fra det som ble høstpløyd. Det ble målt meget høye konsentrasjoner av nitrogen i vannprøver om våren fra ruter med vårkorn, både det som ble høstpløyd og vårpløyd. Både nitrogenkonsentrasjoner og nitrogentap var betydelig lavere på våren i både overflatevann og grøftevann fra høstkorn sammenlignet med vårkorn, det vil si høstpløyde og vårpløyde rutene. Vekst og opptak av næringsstoffer har redusert risikoen for utvasking av nitrogen fra høstkornrutene.



Nitrogentap fra ruter med høstpløying, vårpløying og høstkorn (n=3).

Det ble undersøkt to plantevernmidler i forsøket, glyfosat og protikonazol-destio. Generelt var det liten effekt av jordarbeiding på konsentrasjon av plantevernmidler i feltet.

Det er små forskjeller i konsentrasjonen av glyfosat ved ulike jordarbeiding med tendens til mer glyfosat i avrenning fra høstpløyde ruter med vårkorn og minst i avrenning fra vårpløyde ruter. Dermed følger glyfosat samme trend som suspendert stoff og jordtap. Konsentrasjonene av glyfosat er generelt relativt lave og representerer liten risiko for effekter på vannlevende organismer (miljøfarlighetsgrense på 20 µg/L). Imidlertid overskrider konsentrasjonene av glyfosat grensen for tillatt mengde i drikkevann og grunnvann som er 0,1 µg/L.

Protiokonazol-destio ser ut til å brytes ned og finnes kun i overflatevann og da i meget lave konsentrasjoner. Det ble ikke funnet protikonazol-destio i drensvann.

2 SUMMARY

Reduced and changed soil tillage has been one of the most important measures against erosion and loss of nutrients from agricultural land since the early 1990s. Reduced tillage means harrowing instead of ploughing while changed tillage means ploughing in spring instead of autumn. Few studies of tillage effects were carried out on areas with low erosion risk and low nutrient loss, despite the fact that these areas make up the majority of agricultural areas for cereal crops.

The runoff plots at Kjelle in Bjørkelangen was initiated in 2014 to identify the impact of soil management on nutrient runoff from areas with little erosion risk, i.e. relatively flat areas. The experiment consists of 9 plots with measurements of runoff from both surface water and drainage water from each plot. Soil tillage consist of 1) autumn ploughing with spring cereals , 2) spring ploughing with spring cereals and 3) autumn ploughing with winter wheat. Results from the first year, 2014-2015, of the experiment are described in this report.

The weather conditions are of great importance for runoff processes and may influence the effect of soil tillage in the experiment. The results of this one year cannot be expected to apply for all years and several years are needed in order to draw general conclusions about the effects of soil tillage on erosion and nutrient loss.

From the experiment the first year of 2014/2015 the main conclusion was that autumn ploughed plots had on average about 3 times as large erosion as the spring ploughed plots, while soil losses from plots with winter wheat were significantly greater than from spring ploughed plots and showed tendency to be less than the autumn ploughed.

Phosphorus losses followed the same trend as for soil loss, but with some minor differences between treatments.

Most of the runoff came in autumn and winter and gave the greatest soil losses through the tile drains at this time, but there was also a heavy rainfall episode on June 2 that gave the highest concentration of suspended solids (1,400 mg / L) in surface runoff. The highest concentration of suspended sediments in surface water was measured in a sample during spring from a plot with autumn ploughing, which was harrowed and sown on 15 May. Generally, the highest concentrations of suspended solids were measured in runoff in May-June from plots that were sown on 15 May.

The annual nitrogen losses were the lowest for winter wheat and highest from the autumn ploughed plots. Very high concentrations of nitrogen were measured in water samples in the spring from plots with spring cereals, both autumn ploughed and spring ploughed. Both nitrogen concentrations and nitrogen losses were significantly lower in the spring in both the surface and drainage water from winter wheat compared with the other treatments. Growth of winter wheat and nutrient uptake has reduced the risk of leaching of nitrogen from the winter wheat plots.

There are slight differences in the concentration of glyphosate for different tillage methods with a tendency towards more glyphosate in runoff from autumn ploughed plots with spring cereals and less in runoff from spring ploughed plots. Protiokonazol - destio was only found in surface water and then in very low concentrations. Protiokonazol - destio was not found in drainage water.

3 INNLEDNING

Effekter av jordarbeiding på erosjon og tap av næringsstoffer har vært undersøkt tidligere i en rekke avrenningsforsøk på arealer med mer enn 10 % helling (Kværnø og Bechmann, 2010; Skøien et al., 2012). Forsøket på Kjelle ble startet for å belyse effekten av jordarbeiding på arealer med liten helling og liten erosjonsrisiko. Forsøket omfatter både vårkorn og høstkorn, og det er to studier inkludert i rapporten:

- 1) Jordarbeidingseffekt på tap av jord- og næringsstoffer
- 2) Avrenning av plantevernmidler fra arealer med ulik jordarbeiding

Resultatene fra forsøket vil bli presentert i form av faktaark, via nettsiden og på markvandring. Dessuten vil de bli brukt til modellering av avrenningsprosesser med fysisk baserte simuleringsmodeller.

Det blir dessuten gjennomført andre studier i tilknytning til avrenningsforsøket. En studie av gjødslingspraksis for fosfor på arealer med høyt fosforinnhold ble satt i gang i 2015. Praksis for fosforgjødsling og avlingseffekter på arealer med høye fosfortall vil bli undersøkt i dette prosjektet.

4 METODER

Metodene er beskrevet i en egen rapport om etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk og det henvises til denne rapporten for detaljer (Hauken et al., 2015).

4.1 Værdata

I november 2014 ble det i mellomrute Xa plassert en klimastasjon for automatisk innsamling av værdata. Her blir det innhentet data om følgende: Luftfuktighet, lufttemperatur (utstyr: Vaisala HMP45AC), nedbør (utstyr: Geonor T-200), vindhastighet og vindretning (utstyr: Young 05103), og kort og langbølget strålingsbalanse (utstyr: Kipp og Zonen CNR-4). Det er også montert et webkamera (Campbell Scientific CC640) som styres av innstrålingssensoren på klimastasjonen. Bildene fra webkameraet presenteres daglig på forsøkets internettside (www.nibio.no/kjelle). Loggeren er en Campbell Scientific CR1000. Stasjonen får strøm ved hjelp av et solcellepanel.

4.2 Jordegenskaper

I slutten av november 2014 ble det gravd to jordprofiler i mellomrutene Xa og Xb. Rute Xa lå i stubb og var tilvokst med gras og ugras, rute Xb var høsthvete. Det ble laget jordprofilbeskrivelser, tatt ut jordprøver og installert sensorer for registrering av jordfuktighet, jordtemperatur og grunnvannsnivå. Dette er nærmere beskrevet av Hauken et al. (2015).

I de to jordprofilene ble det tatt ut esker med forstyrta jordprøver, ved fire dybder. Disse er analysert for kornfordeling, organisk karbon/moldinnhold og diverse kjemiske variable. Det ble dessuten tatt ut uforstyrta jordprøvesylindere (tre gjentak for hver dybde) som ble analysert for jordtetthet, porøsitet, fuktighetskarakteristikk, umettet vannledningsevne og mettet vannledningsevne.

På de forstyrta jordprøvene ble følgende analyser gjort, av NIBIO:

- Bestemmelse av elementer i oppsluttede jordprøver ved ICP (ICP41100.M)
- Bestemmelse av karbon (C) og nitrogen (N) i jordprøver ved forbrenningsanalyse (KAN40000-M)
- Bestemmelse av pH i tørre jordprøver etter oppslemming i vann (E3pH) (PH-43200.M)
- Bestemmelse av Al, Fe og P i oxalat-ekstrakt (E13) og måling av optisk densitet (ODOE)
- Bestemmelse av kornfordeling ved pipettemetoden og våtsikting
- Bestemmelse av tørrstoff i tørre plante- og jordprøver (TOR00000-M).

Fuktighetskarakteristikk og umettet vannledningsevne ble målt simultant på 250 cm³ sylindere, med en metode som kalles «fordampningsmetoden». Apparatet som ble brukt til dette var en ku-pF MP10 fra UGT. Jordprøvesylindere har to borehull på den ene siden, det ene hullet 3 cm over det andre. I disse hullene fjernes jord med et lite jordbor, og det settes inn et tensiometer (Tensio 130 med diameter 6,5 mm og lengde 20 mm) i hvert hull. Tensiometerne kalibreres på forhånd. Prøvene settes så på en filterplate, og mettes med vann. Deretter settes prøvene i måleapparatet, og der står de i noen dager til et par uker, avhengig av jordtype. Vannet i prøvene fordampes

underveis, og med jevne mellomrom blir prøvene automatisk veid på en selvkalibrerende vekt, samtidig som matrikspotensialet blir registrert via tensiometerne. Under fordampingen blir det en gradient i matrikspotensiale mellom de to tensiometerne, og utfra denne gradienten kan strømningshastigheten bestemmes. Alle data lagres i en integrert datalogger.

Mettet vannledningsevne (Ksat) ble målt på 760 cm³ sylindre med en såkalt «konstant vannhøyde-metode», ved bruk av et enkelt, «hjemmelaget» oppsett. Dette består av et stativ med plass til fem store trakter som de på forhånd oppmetta sylinderprøvene plasseres i. På toppen av sylinderprøvene festes en sylinder med rør og slanger som leder vann inn i toppsynderen og holder vannivået konstant. Under prøvene er det fri drenering gjennom traktene, og dette vannet samles i en beholder og ledes ut i avløpet.

4.3 Jordhydrologisk respons og jordtemperatur

I de samme sjiktene som jordprøver ble tatt fra ble det installert sensorer (type Hydraprobe i rute Xa og Decagon 5TM i rute Xb) for kontinuerlig måling av vanninnhold i jord og jordtemperatur. Hydraprobe-sensorene gir jordfuktigheten direkte, mens Decagon-sensorene gir en verdi som må regnes om via en kalibreringslikning (Decagon Devices Inc., 2015):

$$WVC = 4,3 \times 10^{-6} \times \varepsilon_a^3 - 5,5 \times 10^{-4} \times \varepsilon_a^2 + 2,92 \times 10^{-2} \times \varepsilon_a - 5,3 \times 10^{-2}$$

der WVC er volumetrisk vanninnhold og ε_a er apparent dielektrisk konduktivitet.

På rutene Xa og Xb ble det målt grunnvannsstand i grunnvannsrør som på rute Xa ble satt til 180 cm under overflata, mens på rute Xb ble røret satt til 109 cm under overflata. Vannivået registreres vha. trykceller (type Keller PR27W 0,5bar på rute Xa og Impress S12C på rute Xb).

4.4 Jordarbeiding og drift

Jordbruksdriften, det vil si jordarbeiding, såing, gjødsling og tresking, ble gjennomført av ansatte ved Kjelle Videregående skole med skolens vanlige maskiner og redskap. Det betyr at vi får tilnærmet de samme effekter som vil forekomme i praksis.

Romerike landbruksrådgiving gjennomførte en avlingsregistrering den 20. august for alle kornslag.

4.5 Sprøyting

All sprøyting har blitt utført av NIBIO med NOR-sprøyte spesielt konstruert til bruk på forsøksarealer. Det ble brukt en væskemengde på 20 L/daa med sprøytetrykk 1,5 – 2 bar med dysetype XR TeeJet 11002. Alle ruter ble sprøytet mot sopp og ugras 30. mai og mot kveke 25. august 2014. Samme sprøyting mot ugras og sopp gjentatt på alle ruter 18. juni 2015.

4.6 Avrenning og prøvetaking

Overflate- og grøfteavrenning ledes inn i målehytta fra hver enkelt rute, det vil si at det måles overflateavrenning og grøfteavrenning fra 9 ruter. Vannføringen måles med vippekar og for hvert annet vipp samles det opp en delprøve i en prøvedunk for hver av de 2 ganger 9 målepunkter. Vannprøve-uttak og analyse skjer etter behov, ca en gang annenhver måned. Det tas fortrinnsvis ut vann fra alle ruter samtidig. Det tas da ut vann til både næringsstoff og plantevernmiddeleanalyser. Dersom det er for lite vann blir næringsstoffanalyser prioritert. I 2014-2015 ble det tatt ut 7 vannprøver fra overflatevann og 8 vannprøver fra grøftevann for analyse av næringsstoffer. Det var ved et prøveuttak ikke overflatevann fra rute 1. Det ble tatt ut 5 vannprøver til plantevernmiddeleanalyse i overflatevann og 6 for grøftevann.

4.7 Analyser

Vannprøver analyseres av Eurofins i Moss med angitte metoder og usikkerhet (tabell 4.1).

Tabell 4.1. Analysemetoder for vannprøver.

| Analyse | Måleusikkerhet | Metode | Kvantifiseringsgrense |
|----------------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| Konduktivitet/ledningsevne | 10 % | NS ISO 7888 | 0,1 |
| Suspendert stoff | 15 % | Intern metode | 1.5 |
| Total Fosfor | 20 % | NS EN ISO15681-2 | 3 |
| Fosfat (PO4-P) | 15 % | NS EN ISO 15681-2 | 2 |
| Total Nitrogen | 10 % | NS 4743 | 10 |

Analyser av plantevernmidler blir gjort ved NIBIO, Bioteknologi og plantehelse, avdeling Pesticider og naturstoffkjemi, som er nasjonalt referanse-laboratorium og akkreditert for analyser av plantevernmidler.

Vannprøver fra grøftevann og overflatevann er analysert på metode M101 med LC-MS/MS (liquid chromatograph og Mass Spectrometry) for protiokonazol-destio som er et nedbrytingsprodukt av soppmidlet protiokonazol. Bestemmelses-grensen (LOQ-limit of quantification) for dette produktet er på 0,01 µg/L.

Vannprøver fra drengrofter og overflatevann er også analysert for glyfosat og AMPA (amino, hydroxy, metyl-isoxazolepropion syre) på LC-MS/MS. Bestemmelsesgrensen er 0,05 µg/L for begge stoffene. Det er ikke analysert for de andre ugrasmidlene som er brukt på feltet.

4.8 Databehandling

Data fra forsøket lagres i NIBIOs database for avrenningsmålinger.

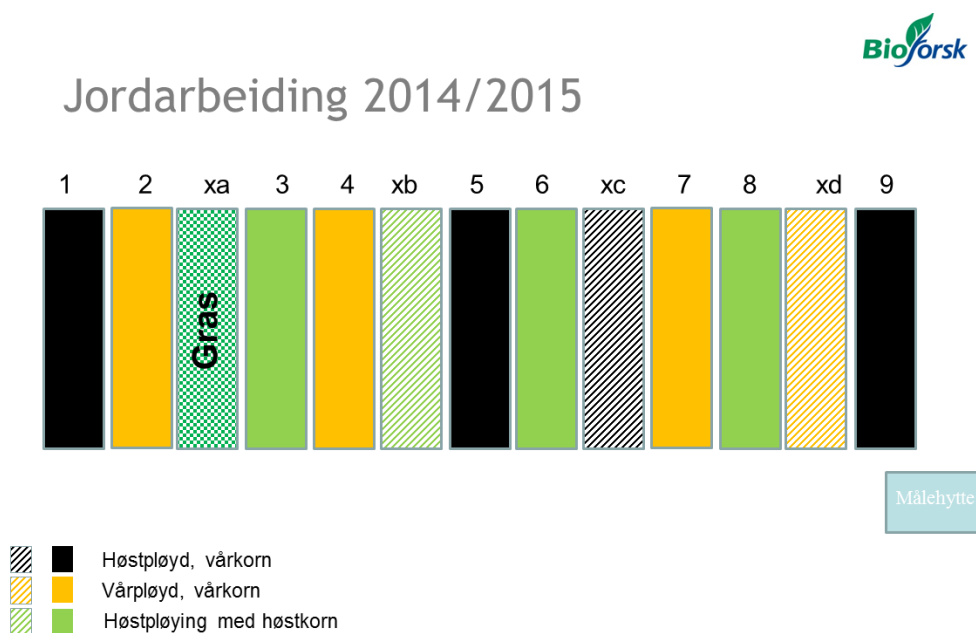
5 DRIFTSPRAKSIS

Forsøksleddene består av tre ulike jordarbeidingsystemer, 1) høstpløying, 2) vårpløying og 3) høstkorn (figur 5.1). Tre og tre ruter behandles likt. Rute 1, 5 og 9 er høstpløyde, rute 2, 4 og 7 er vårpløyd og rute 3, 6 og 8 er høstpløyde med høstkorn fra høsten 2014. På rute xa er det kontinuerlig eng fordi det er etablert en klimastasjon her med måling av ulike jordparametere. Rute xb, xc og xd er i 2014-2015 behandlet som henholdsvis forsøksledd høstkorn, høstpløying og vårpløying, men det blir ikke målt avrenning fra dem. I disse rutene kan det bli gjort spesielle undersøkelser av jordsmonn.

Jordarbeidingsystemene inngår i en rotasjon, slik at behandlingene blir prøvd ut på ulike ruter hvert år. Jordbruksdriften fra tresking 2014 og til og med tresking 2015 oppsummert i Tabell. Detaljer om jordbruksdriften i de ulike systemene er vist i vedlegg v1, v2 og v3.

5.1 Jordarbeiding

Jordarbeiding skjer fortrinnsvis når jorda er laglig. Etter pløying blir det harvet før såing. Vårpløying betyr at arealene overvintres uten jordarbeiding, dvs. overvintring i stubb.



Figur 5.1. Jordarbeiding på avrenningsrutene i 2014-2015

Jordarbeidingsmetodene er den vesentlige forskjellen mellom ruter, og forsøksleddene omtales i rapporten som følger:

Høstpløying: Høstpløying, vårharving, såing av havre

Vårpløying: Ingen jordarbeiding på høsten, vårpløying, vårharving, såing av bygg

Høstkorn: Høstpløying, harving, såing av høstvet

5.2 Såing av korn

I forsøksleddet med høstkorn ble det dyrket høsthvete, mens det på rutene med vårkorn ble dyrket havre etter høstpløying og bygg etter vårpløying. Høstkornet ble sådd 2. september 2014 og vårkornet 15. mai 2015 (tabell 5.1).

Tabell 5.1. Jordbruksdrift på ulike ruter fra tresking 2014 til og med tresking 2015.

| Forsøksledd | Pløye-dato | Kornslag | Sådato | Gjødsling (kg/daa) | Sprøyting | Sprøyting | Høste-dato | Avling (kg/daa) |
|-------------|------------|-----------|---------|----------------------------------|-----------|--------------------|------------|-----------------|
| Høstpløyd | 2.9.14 | Havre | 15.5.15 | N: 11; P: 0,8 15.5.15 | Glyfosat | Proline, Ariane | 8.9.15 | 368 |
| Vårpløyd | 9.5.15 | Bygg | 15.5.15 | N: 11; P: 0,8 15.5.15 | Glyfosat | Proline, Ariane | 29.8.15 | 264 |
| Høstkorn | 2.9.14 | Høsthvete | 10.9.14 | N: 13; P: 0,5 16.4.15; 2.6.15 | Glyfosat | Proline, Ariane | 8.9.15 | 732 |

5.3 Gjødsling og sprøyting

Det ble gjødslet med 13 kg N/daa til høstkorn (høsthvete) og 11 kg N/daa til vårkorn (bygg og havre). Tilsvarende fosforgjødsling var henholdsvis 0,5 og 0,8 kg P/daa. Jordas gjennomsnittlige fosforinnhold varierer mellom 13 og 33 mg P-AL/100 g. På jord med >14 mg P-AL/100 g er det ikke anbefalt fosforgjødsling, men for å følge gjødslingsnivået som brukes i praksis er det valgt å gjødsle med noe fosfor på forsøket.

30. mai 2014 ble alle ruter sprøytet med ugrasmidlet Ariane S, 250 mL/daa og soppmidlet Proline EC250, 80 ml/daa. Ariane S inneholder fluorksyppyr 1-metylheptylester, klopyralid og MCPA med henholdsvis 57,6 g/L, 20 g/L og 200 g/L. Proline EC250 inneholder det aktive stoffet protiokonazol 250 g/L.

25. august 2014 ble alle ruter sprøytet med Glyfonova Pluss 350 mL/daa. Glyfonova Pluss inneholder glyfosat 360 g/L. Denne sprøytingen foregikk etter innhøsting.

18. juni 2015 ble det sprøytet med 250 ml/daa av Ariane S mot ugras og 80 ml/daa av Proline EC250 mot sopp.

5.4 Høstetidspunkt og avling

Byggen ble høstet 29. august, mens havren og høstveten ble høstet 8. september.

6 VÆRFORHOLD

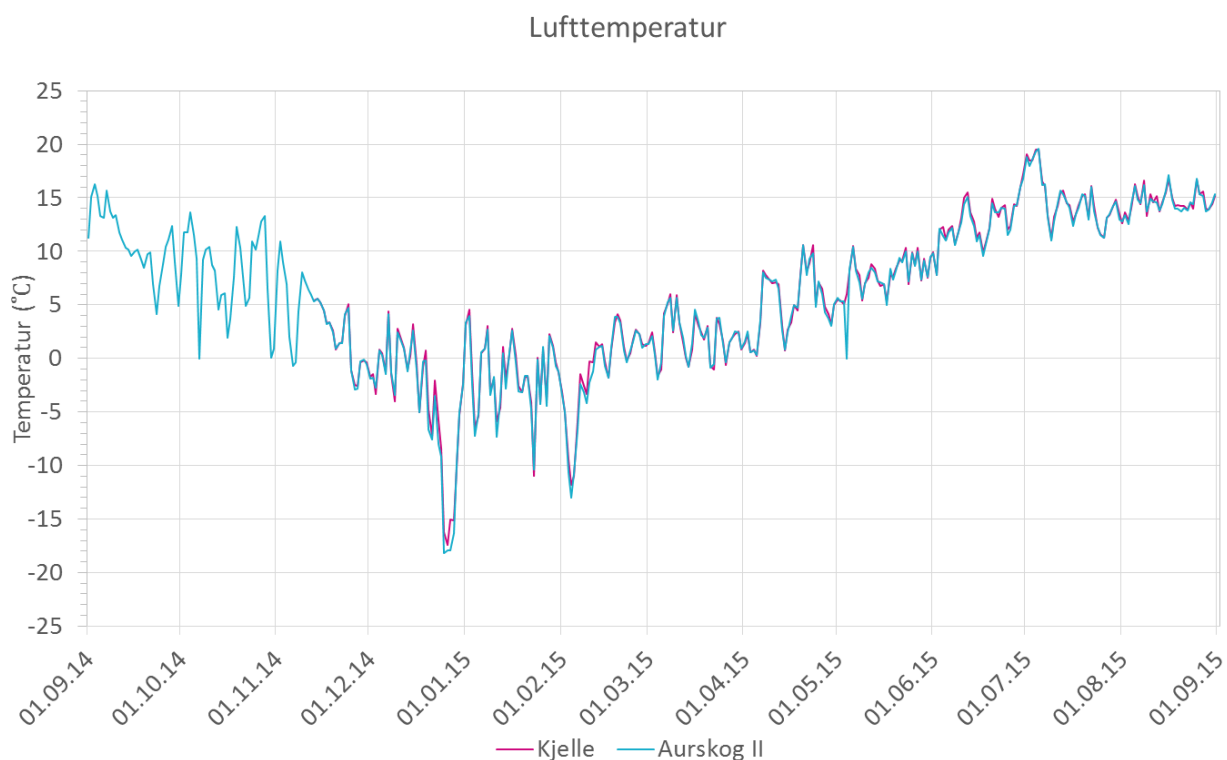
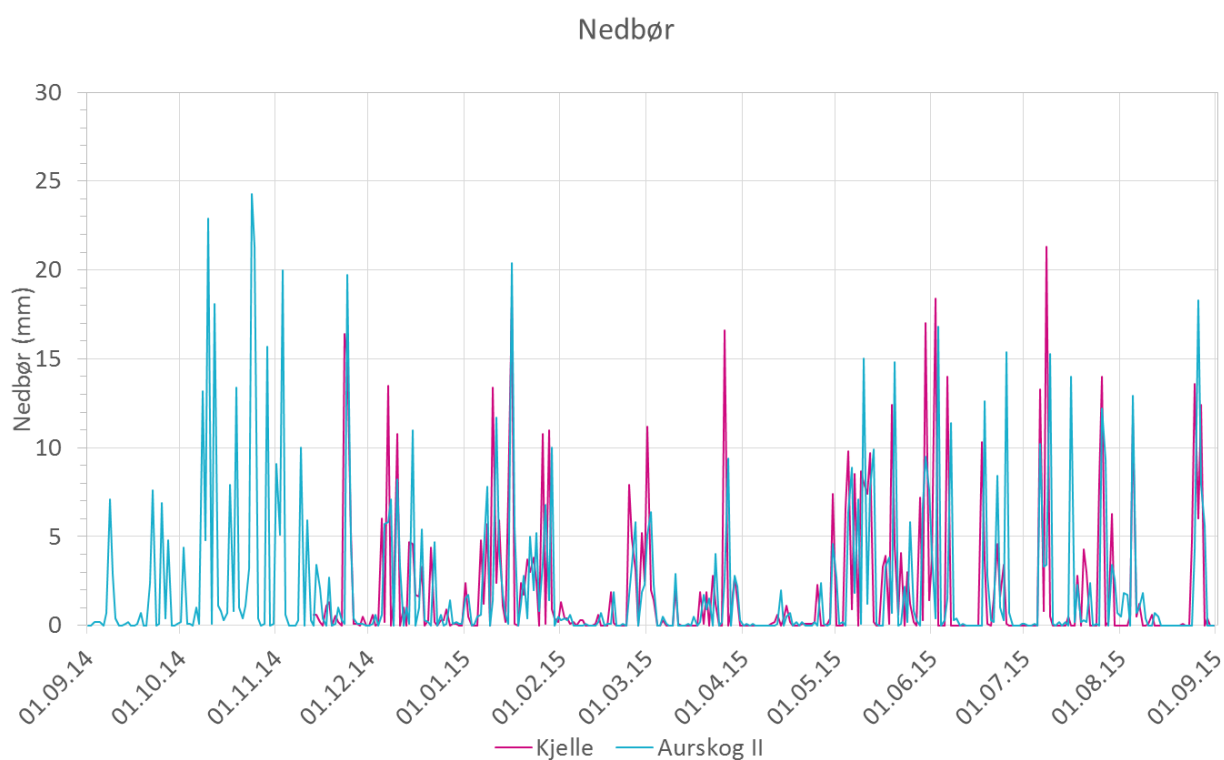
Tabell 6.1 viser månedlig nedbør og gjennomsnittstemperatur for stasjonene Aurskog II (Haneborg) og Kjelle (stasjonen i rutefeltet), for normalperioden (Aurskog II) og for forsøksperioden. Stasjonen på Kjelle kom ikke i gang før midt i november 2014, data for denne er dermed kun oppgitt f.o.m. desember 2014. Værdataene som ble samlet inn på Kjelle er i grove trekk like dataene fra Aurskog II (figur 6.1). Det er større forskjeller i nedbørsmengder enn i temperatur mellom de to stasjonene.

Dataene viser at perioden 1. september 2014 til 31. august 2015 var betydelig varmere og en del våtere enn normalen. Høsten (september-november) var varm og fuktig, med mye nedbør i oktober og november, men lite nedbør i september. Vinteren var svært mild, spesielt januar og februar, med mye nedbør i januar. Første dag med døgnmiddeltemperatur under null var 6. november, mens siste dag var 26. mars. Det var stadig veksling mellom frysing og tining, og opptil flere snøsmeltepisoder. De tidlige vårmånedene var også varme sammenliknet med normalen, med nedbør tilnærmet normalen i mars og lite nedbør i april. Mai, juni og juli var noe kjøligere og mer nedbørrike enn normalt, mens august var noe varmere og tørrere.

Maksimal døgnnedbør registrert på Kjelle var litt i overkant av 20 mm, mens maksimal timesnedbør var 7 mm (2. juni 2015). Nedbørsepisodene blir kommentert i avsnittet om avrenning.

Tabell 6.1. Nedbør og lufttemperatur målt på stasjonen Haneborg/Aurskog II og på Kjelle.

| Måned | Normal | Aurskog II | Kjelle | Normal | Aurskog II | Kjelle |
|------------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|
| sep.14 | 75 | 35 | - | 8.7 | 10.8 | - |
| okt.14 | 77 | 158 | - | 4.9 | 8.3 | - |
| nov.14 | 71 | 87 | - | -1.6 | 3.4 | - |
| des.14 | 52 | 58 | 56 | -6.7 | -4.2 | -3.7 |
| jan.15 | 43 | 102 | 104 | -7.9 | -1.6 | -1.4 |
| feb.15 | 44 | 20 | 29 | -7.6 | -1.4 | -1.1 |
| mar.15 | 39 | 44 | 47 | -3.6 | 2.0 | 1.9 |
| apr.15 | 48 | 11 | 13 | 2.3 | 5.1 | 5.1 |
| mai.15 | 47 | 117 | 119 | 9.1 | 7.8 | 7.8 |
| jun.15 | 56 | 77 | 61 | 13.3 | 12.5 | 12.8 |
| jul.15 | 70 | 81 | 75 | 15.2 | 14.7 | 14.8 |
| aug.15 | 80 | 58 | 52 | 13.7 | 14.6 | 14.7 |
| Sum/middel | 702 | 846 | | 3.3 | 6.0 | |



Figur 6.1. Nedbør (øverst) og lufttemperatur (nederst) i forsøksperioden, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet (Kjelle) og på Meteorologisk Institutt's stasjon Aurskog II.

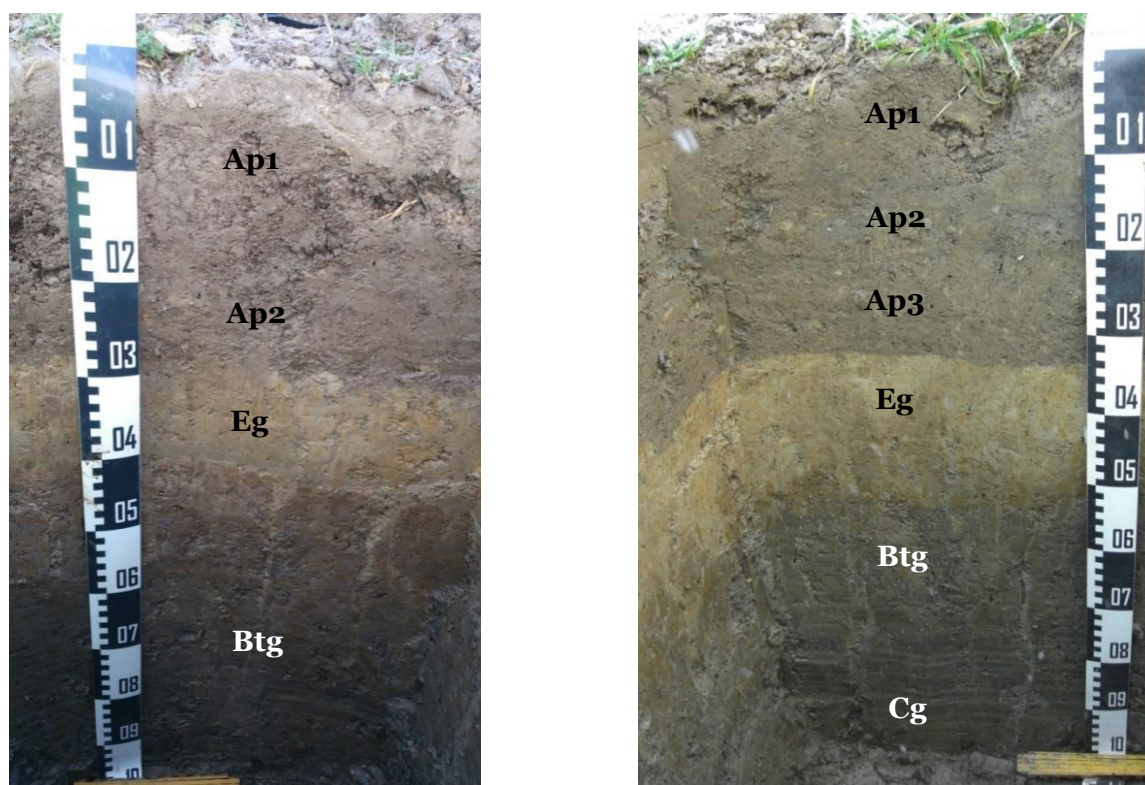
7 JORDEGENSKAPER OG JORDHYDROLOGI

7.1 Jordas egenskaper i to jordprofiler

Jordprofilene som ble beskrevet på Kjelle kan klassifiseres som Endostagnic Albeluvisols (siltic) i World Reference Base for Soil Resources (WRB) (figur 7.1). Både kartleggingen som ble gjennomført i begynnelsen av prosjektet og profilbeskrivelsene viser dette.

Denne jordtypen har et lyst grått utvaskingssjikt (Eg) som det vaskes ut leirpartikler fra, og leirpartikler fra dette sjiktet blir avsatt som filmer på innsiden av sprekker og andre porer i det underliggende Btg-sjiktet. Generelt har utvaskingssjiktet ofte platestruktur, mens Btg-sjiktet består av grove prismer. Materiale fra utvaskingssjiktet har blitt avsatt i sprekkenene til Btg-sjiktet, og sprekkenene framstår som lyse «tunger». I disse sprekkesonene foregår mye av vanntransporten, og her finner man også planterøttene. Selve jordmatriksen er lite gjennomtrengelig for røtter og vann.

Kornfordeling og moldinnhold samt andre elementer er analysert i fire sjikt i profil 1 og i seks sjikt i profil 2. Det er målt jordtetthet, fuktighetskarakteristikk og umettet/mettet vannledningsevne i fire sjikt i hvert profil. Resultatene av disse analysene er beskrevet i de følgende avsnittene.



Figur 7.1. Jordprofil 1 på mellomrute Xa til venstre, og jordprofil 2 på mellomrute Xb til høyre. Med sjiktbetegnelser (se profilskrivelse i Hauken et al., 2015).

7.1.1 Kornfordeling, karbon og kjemiske analyser

Tabell 7.2 til 7.4 viser resultater av analysene på de forstyrta jordprøvene. Moldinnholdet ligger på om lag 4 % i ploglaget og 0,4 % i undergrunnsjorda. Kornfordelingsdataene viser at begge profilene har teksturklassen siltig lettleire i ploglaget (Ap-sjiktene), med litt over 20 % leirinnhold og litt over 60 % siltinnhold, og stiv leire i Btg- og C-sjiktet, med både leir- og siltinnhold på rundt 45-50 %. E-sjiktet i profil 1 har teksturklassen silt, med 83 % silt og 11 % leir, mens i E-sjiktet i profil 2 har teksturklassen siltig lettleire, med 22 % leir og 73 % silt.

Tabell 7.2. Tørrstoffinnhold, karbon (C), nitrogen (N), C/N-forhold og moldinnhold (= C/0,58) i ulike sjikt i to jordprofiler (profil 1 på rute Xa, profil 2 på rute Xb).

| Profil | Sjikt | Sjiktdybde (cm) | Tørrstoff % | C % | N % | C/N | Mold % |
|--------|-------|-----------------|-------------|-----|-----|------|--------|
| 1 | Ap1 | 0-20 | 98,8 | 2,1 | 0,2 | 10,5 | 3,6 |
| | Ap2 | 20-28 | 98,7 | 1,8 | 0,2 | 10,1 | 3,0 |
| | Eg | 28-41 | 98,5 | 0,2 | 0,1 | 4,1 | 0,4 |
| | Btg | 41-100 | 99,5 | 0,3 | 0,0 | 8,4 | 0,5 |
| 2 | Ap1 | 0-14 | 98,5 | 2,3 | 0,2 | 10,6 | 4,0 |
| | Ap2 | 14-19 | 98,6 | 2,2 | 0,2 | 10,6 | 3,8 |
| | Ap3 | 19-34 | 98,6 | 2,0 | 0,2 | 10,3 | 3,4 |
| | Eg | 34-52 | 99,1 | 0,2 | 0,0 | 6,2 | 0,4 |
| | Btg | 52-74 | 98,4 | 0,2 | 0,0 | 5,3 | 0,4 |
| | Cg | 74-100 | 98,7 | 0,2 | 0,0 | 5,2 | 0,4 |

Tabell 7.3. Frasikt/grov fraksjon (vektprosent av total prøve), kornfordeling (vektprosent av materiale <2 mm) og teksturklasse i ulike sjikt i to jordprofiler (profil 1 på rute Xa, profil 2 på rute Xb). Teksturklasse er etter Sveistrup og Njøs (1984).

| Profil | Sjikt | Sjiktdybde (cm) | Teksturklasse | Frasikt, >2 mm (%) | Sand, 0,06-2 mm (%) | Silt, 0,002-0,06 m (%) | Leir, <0,002 mm (%) |
|--------|-------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | Ap1 | 0-20 | Siltig lettleire | 9,1 | 14,7 | 64,9 | 20,4 |
| | Ap2 | 20-28 | Siltig lettleire | 2,7 | 14,3 | 64,5 | 21,2 |
| | Eg | 28-41 | Silt | 0,1 | 5,4 | 83,2 | 11,4 |
| | Btg | 41-100 | Stiv leire | 0,3 | 3,8 | 46,5 | 49,7 |
| 2 | Ap1 | 0-14 | Siltig lettleire | 2,8 | 13,9 | 62,6 | 23,6 |
| | Ap2 | 14-19 | Siltig lettleire | 2,7 | 13,4 | 63,7 | 22,9 |
| | Ap3 | 19-34 | Siltig lettleire | 4,0 | 14,4 | 63,0 | 22,6 |
| | Eg | 34-52 | Siltig lettleire | 0,2 | 4,4 | 73,4 | 22,2 |
| | Btg | 52-74 | Stiv leire | 0,3 | 2,7 | 44,7 | 52,6 |
| | Cg | 74-100 | Stiv leire | 0,4 | 6,7 | 48,9 | 44,4 |

Tabell 7.3. Fortsettelse av tabell på forrige side. G. = grov, M. = middels, F. = fin, S.F. = svært fin.

| Profil | Sjikt | G. sand, 0,6-2 mm (%) | M. sand, 0,2-0,6 mm (%) | F. sand, 0,1-0,2 mm (%) | S.F. sand, 0,06-0,1 mm (%) | G. silt, 0,02-0,06 mm (%) | M. silt, 0,006-0,02 mm (%) | F. silt, 0,002-0,006 mm (%) |
|--------|-------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | Ap1 | 2,1 | 4,6 | 3,9 | 4,1 | 23,0 | 30,5 | 11,4 |
| | Ap2 | 2,9 | 4,1 | 3,4 | 3,9 | 23,6 | 29,8 | 11,1 |
| | Eg | 0,2 | 0,4 | 1,0 | 3,8 | 36,9 | 35,6 | 10,8 |
| | Btg | 0,0 | 0,2 | 0,7 | 2,8 | 17,8 | 15,4 | 13,3 |
| 2 | Ap1 | 2,6 | 4,5 | 3,5 | 3,3 | 19,4 | 30,6 | 12,6 |
| | Ap2 | 2,5 | 4,3 | 3,4 | 3,2 | 20,4 | 30,1 | 13,2 |
| | Ap3 | 3,4 | 4,5 | 3,4 | 3,1 | 19,9 | 29,7 | 13,5 |
| | Eg | 0,5 | 1,1 | 1,1 | 1,8 | 24,1 | 35,0 | 14,3 |
| | Btg | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 1,9 | 14,8 | 15,3 | 14,6 |
| | Cg | 0,1 | 0,2 | 1,4 | 5,1 | 20,2 | 15,3 | 13,4 |

Tabell 7.4. Kjemiske analyser.

| Profil | Sjikt | Sjikt dybde (cm) | pH | Totalfosfor mg/100g | P-AL | Oxalatløselig P | Oxalatløselig Al mg/100g | Oxalatløselig Fe | PSI* |
|--------|-------|------------------|-----|---------------------|------|-----------------|--------------------------|------------------|------|
| 1 | Ap1 | 0-20 | 6,2 | 116 | 19 | 88 | 121 | 404 | 48 |
| | Ap2 | 20-28 | 6,4 | 110 | 17 | 83 | 117 | 434 | 44 |
| | Eg | 28-41 | 6,2 | 63 | 4 | 31 | 78 | 278 | 25 |
| | Btg | 41-100 | 6,7 | 63 | 11 | 38 | 118 | 297 | 25 |
| 2 | Ap1 | 0-14 | 6,5 | 115 | 12 | 83 | 134 | 493 | 39 |
| | Ap2 | 14-19 | 6,1 | 116 | 17 | 81 | 123 | 438 | 42 |
| | Ap3 | 19-34 | 6,2 | 111 | 11 | 78 | 133 | 514 | 36 |
| | Eg | 34-52 | 6,7 | 44 | 4 | 20 | 83 | 440 | 12 |
| | Btg | 52-74 | 7,1 | 68 | 17 | 44 | 122 | 257 | 31 |
| | Cg | 74-100 | 7,4 | 73 | 19 | 44 | 99 | 177 | 42 |

*Fosformetningsgrad: $P_{ox}/(Al_{ox}+Fe_{ox})$ på molbasis (Maguire et al., 2005)

Innholdet av totalfosfor og oxalatløselig fosfor var størst i de øverste jordlagene og det samme gjelder fosformetningsgraden beregnet som andel oxalatløselig fosfor i forhold til summen av oxalatløselig aluminium og jern (tabell 7.4). Totalfosforinnholdet var 115-116 mg/100g i øverste jordlag og ned til 44 mg/100g nederst i profilene, og det resultatet stemmer godt med forventningen om at det er mest fosfor i ploglaget på grunn av mange års tilførsel av fosfor med gjødsel. P-AL var høyest i ploglaget i profil 1, men i profil 2 er P-AL høyest i de to nederste sjikt. Det skyldes den uforvitrede undergrunnsleire, som inneholder mye P-AL-løselig fosfor. De høye pH-verdiene og høye innhold av leire nederst i profil 2 indikerer også at det er undergrunnsleire i disse sjiktene. Profil 1 viser samme tendens som profil 2, men ikke så utpreget. pH-verdiene og leirprosenten nederst i profil 1 er også litt høyere enn i de øverste lagene og P-AL-verdien også litt høyere.

Den høyeste fosforbindingkapasiteten (målt som oxalatløselig Al og Fe) ble funnet i matjordlaget (Ap-sjiktene). Fosformetningsgraden var henholdsvis 46 og 39 i gjennomsnitt for A-sjiktene for profil 1 og 2. I de nederste sjiktene var det også fosformetning på 25 % og høyere. For at konsentrasjonen av løst fosfat skal holdes under 100 µg/L, bør fosformetningen holdes på under 25 % (Breeuwsma et al., 1995).

7.1.2 Jordtetthet og fuktighetskarakteristikk

Fuktighetskarakteristikken (vanninnhold som en funksjon av matrikspotensiale, også kalt «pF-kurve») sier noe om fordelingen av porestørrelser, som igjen bestemmer hvor godt jorda holder på vannet og hvor raskt vann kan transporteres. Jordtettheten (vekt av tørr jord i forhold til totalt jordvolum) sier noe om hvor tett/kompakt jorda er. Porøsiteten, som også er en del av fuktighetskarakteristikken, sier noe om det totale porevolumet. Alle disse egenskapene påvirkes av både tekstur og struktur.

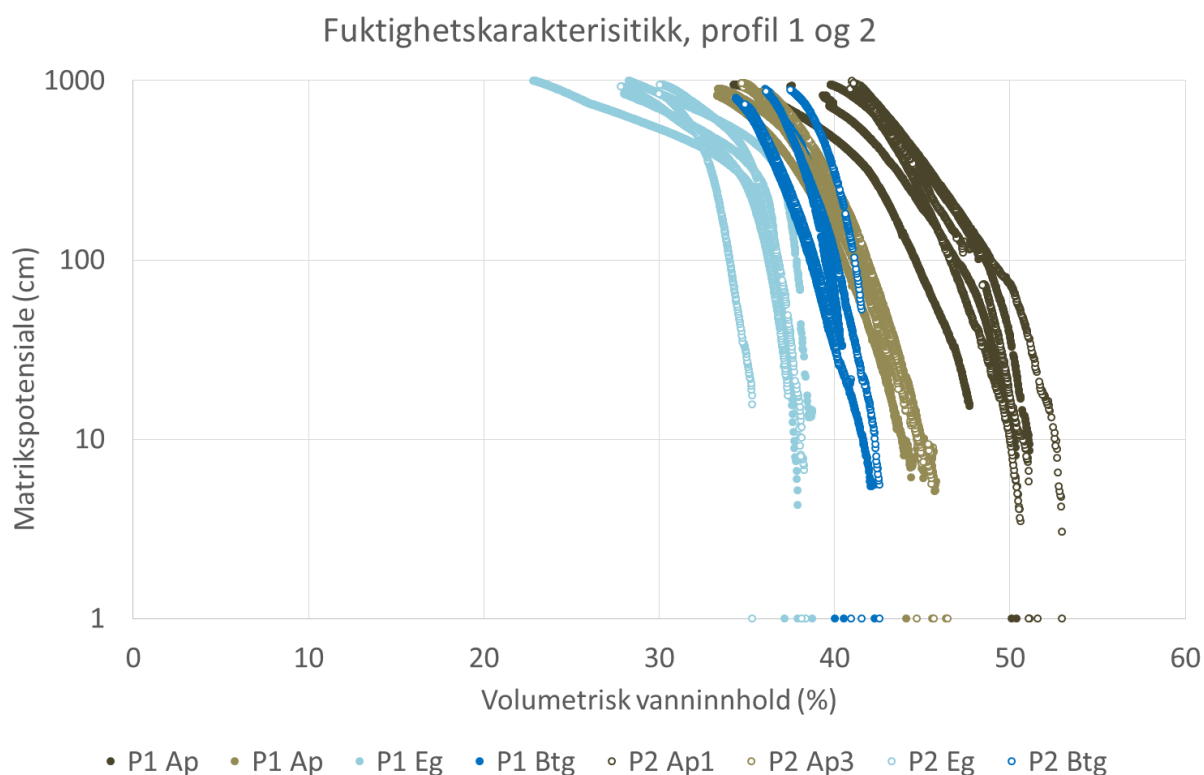
Tabell 7.5 viser jordtetthet og vanninnholdet ved metning. Sistnevnte representerer porøsiteten, men vil i de fleste tilfeller være 2-10 % lavere enn porøsiteten fordi det nesten er umulig å unngå at noe luft fanges i porene under oppmetning av jordprøven. Resultatene viser at det var svært liten variasjon mellom gjentak innenfor de ulike sjiktene, variasjonskoeffisienten (CV) var mindre enn 5 %. Både jordtetthet og porøsitet lå innenfor det man ofte måler på leirjord i Norge (Kværnø et al., 2013). Jordtettheten og porøsiteten var lavest i øvre del av Ap-sjiktet og noe høyere i nedre del av Ap. På høsthveteruta var jordtettheten i Eg høyere enn i Btg, mens på grasruta var disse like. Porøsiteten var lavere i Eg enn i Btg under både gras og høstvetete. Det var jevnt over litt høyere jordtetthet på ruta med høstvetete, noe som indikerer at jorda på denne ruta kanskje var noe mer pakket, særlig i Eg-sjiktet. Dette har kanskje sammenheng med at høstveteruta ligger noe lavere i terrenget og kanskje jevnt over har vært fuktigere og mer utsatt for jordpakking.

Tabell 7.5. Jordtetthet (ρ_d) og vanninnhold ved metning (θ_s) i fire sjikt i de to profilene på Kjelle. Profil 1 lå på rute Xa, under plen, mens profil 2 lå på rute Xb, under høstvetete.

| Profil | Sjikt | Sjikt-dybde (cm) | Prøve-dybde (cm) | Jordtetthet ρ_d (g/cm ³) | CV ρ_d (%) | Vanninnhold θ_s (%) | CV θ_s (%) |
|--------|-------|------------------|------------------|---|-----------------|----------------------------|-------------------|
| 1 | Ap | 0-28 | 0,5-6,5 | 1,33 | 1 | 51 | 1 |
| | Ap | 0-28 | 20-26 | 1,41 | 4 | 45 | 3 |
| | Eg | 28-41 | 32-38 | 1,67 | 1 | 38 | 2 |
| | Btg | 41-100 | 50-56 | 1,67 | 3 | 41 | 3 |
| 2 | Ap1 | 0-14 | 0,5-6,5 | 1,34 | 2 | 52 | 2 |
| | Ap2 | 14-19 | - | - | - | - | - |
| | Ap3 | 19-34 | 25-31 | 1,45 | 5 | 46 | 2 |
| | Eg | 34-52 | 35-41 | 1,73 | 3 | 37 | 5 |
| | Btg | 52-74 | 60-66 | 1,61 | 3 | 42 | 2 |
| | Cg | 74-100 | - | - | - | - | - |

Figur 7.2 viser pF-kurvene for de fire sjiktene i hvert profil. Resultatene viser at de to jordprofilene hadde ganske like pF-kurver. Den øverste delen av Ap-sjiktet hadde høyest vanninnhold som funksjon av matrikspotensialet, etterfulgt av nedre del av Ap-sjiktet, deretter det dypeste sjiktet, Btg, og lavest i det mellomliggende Eg-sjiktet. Det betyr at det totalt sett er flere porer og større andel store porer i den øvre delen av profilet, og det skyldes flere faktorer, bl.a. at det er høyere moldinnhold og mer biologisk aktivitet i øvre del av profilet. Det gjenspeiles i den registrerte grynstrukturen (mange små, løst pakka aggregater) og dessuten markganger og rotkanaler. Nedre del av Ap-sjiktet, som er omtrent der pløgen skjærer, er mer pakka enn øvre del. Det er vanlig at det over mange år med pløying utvikles en kompakt plogsåle ved pløedybden. Dette gir færre store porer, og dermed lavere vanninnhold enn i øvre del ved samme matrikspotensiale. Btg-sjiktet og særlig Eg-sjiktet har mer kompakt struktur, fortrinnsvis platestruktur i Eg og blokk-, plate- og prismestruktur i Btg. Uten målte teksturdata er det litt vanskelig å tolke forskjellene mellom Eg- og Btg-sjiktet, men det kan tenkes at leirinnholdet er forskjellig pga. leirnedvasking fra Eg til Btg, og Eg-sjiktet er kanskje også mer pakka.

Fordampingsmetoden klarer ikke å måle ved høyere matrikspotensialer enn ca. 900 cm, så data for den tørreste delen av pF-kurven må analyseres med mer egnet metodikk på et senere tidspunkt. Det fuktigste området (nærmest metning) har metoden heller ikke helt lyktes med å fange opp for alle prøvene, men porøsiteten for alle gjentak er inkludert i figuren. Det er en del variasjon mellom gjentakene.



Figur 7.2. Fuktighetskarakteristikk (pF-kurve) for ulike sjikt i de to jordprofilene på Kjelle. Hver punktsverm inneholder data fra tre gjentak. Y-aksen er framstilt logaritmisk.

7.1.3 Vannledningsevne

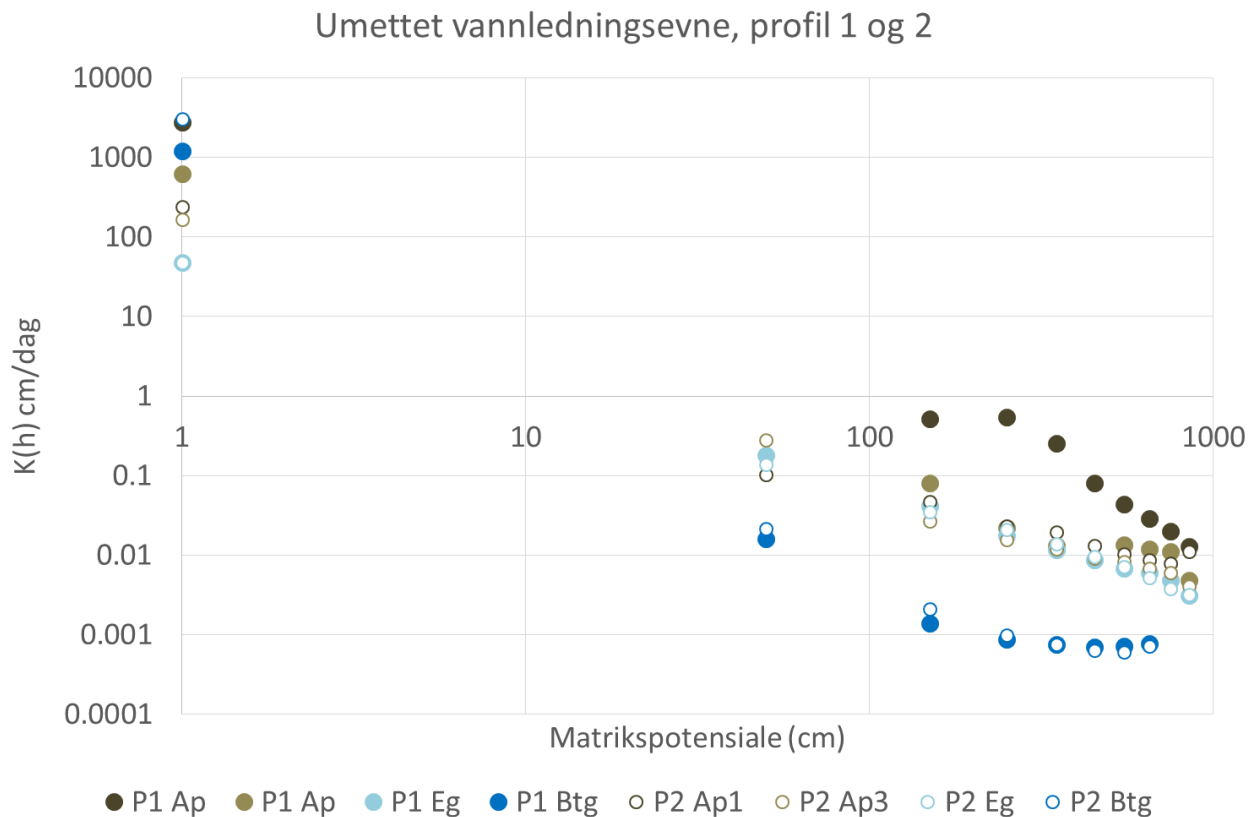
Vannledningsevnen sier noe om jordas evne til å transportere vann, og bestemmer dermed viktige faktorer som infiltrasjonskapasitet, redistribusjon, risiko for overflateavrenning, hvor fort og hvor lett plantene kan få tak i porevann, drenering, etc. Mettet vannledningsevne (Ksat) representerer vannledningsevnen når alle porene i jorda er fylt med vann, mens umettet vannledningsevne (K(h)) representerer vannledningsevnen når jorda ikke er vannmettet, og varierer med matrikspotensialet (poretrykket)/vanninnholdet.

Målte verdier for Ksat i de uforstyrta jordprøvene fra Kjelle er presentert i tabell 7.6 mens både Ksat og K(h) er framstilt i figur 7.3. Ksat var moderat til svært variabel i de to jordprofilene, med variasjonskoeffisienter (CV) mellom 43 og 171 % for individuelle sjikt. Variasjonen skyldes en kombinasjon av leirjordas strukturelle heterogenitet og utfordringer knyttet til prøvetaking av slik jord. Aggregatene, og dermed porene, varierer i størrelse, form og kontinuitet. Det kan være både horisontale og vertikale sprekker. Og det kan være uregelmessig fordeling av rotkanaler og meitemarkganger. Forholdet mellom prøvevolum/tverrsnitt og størrelsen på strukturelementene i jorda har betydning for variasjonen i målt Ksat. I dette tilfellet var det også i overkant fuktig i jorda ved uttak av jordprøver, det kan derfor ha vært visse problemer med komprimering og gjensmøring av porer. Ikke alle målingene av K(h) var helt vellykkede, og for mange prøver mangler data for en stor del av matrikspotensialområdet som ideelt sett skulle være mulig å måle i (matrikspotensialer på ca. 50-900 cm). Dette gjelder særlig for prøver fra Eg-sjikt i begge profilene. Resultater av K(h)-målingene er her derfor sterkt bearbeidet og her framstilt som relativt grove gjennomsnittstall for gitte matrikspotensiale-intervaller.

Med kun tre gjentak i hvert sjikt er det ikke anledning til å kjøre en pålitelig statistisk test for å avdekke om forskjellene er signifikante, men tendensene lar seg likevel studere.

Tabell 7.6. Mettet vannledningsevne i ulike sjikt i to jordprofiler. Profil 1 lå på rute Xa, under plen, mens profil 2 lå på rute Xb, under høsthvete.

| Profil | Sjikt | Sjikt-dybde (cm) | Prøve-dybde (cm) | Ksat (cm/t), min | Ksat (cm/t), max | Ksat (cm/t), middel | Ksat (cm/t), stdav | Ksat (cm/t), CV (%) |
|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | Ap | 0-28 | 0-10 | 37 | 184 | 116 | 74 | 64 |
| | Ap | 0-28 | 15-25 | 15 | 38 | 26 | 12 | 47 |
| | Eg | 28-41 | 30-40 | 1 | 2 | 2 | 1 | 43 |
| | Btg | 41-100 | 50-60 | 14 | 110 | 50 | 52 | 105 |
| 2 | Ap1 | 0-14 | 0-10 | 0 | 31 | 10 | 18 | 171 |
| | Ap2 | 14-19 | - | - | - | - | - | - |
| | Ap3 | 19-34 | 20-30 | 3 | 11 | 7 | 4 | 52 |
| | Eg | 34-52 | 35-45 | 1 | 5 | 2 | 2 | 114 |
| | Btg | 52-74 | 60-70 | 5 | 359 | 128 | 200 | 156 |
| | Cg | 74-100 | - | - | - | - | - | - |



Figur 7.3. Gjennomsnittlig umettet vannledningsevne (K) som funksjon av matrikspotensialintervaller (h) på 100 cm. Både X - og Y -aksene er framstilt logaritmisk.

Ap-sjikt, øvre del (0-10 cm dybde): Begge profilene hadde grynstruktur i dette sjiktet. K_{sat} var betydelig høyere under gras enn under høsthvete. Den høyeste målte verdien under gras var nesten 200 mm/t. To av prøvene fra høsthveteruta var nesten helt tette, med $K_{sat} = 0-0,2$ cm/t.

Resultatet virker rimelig utfra overflatetilstanden: Grasruta ble ikke jordarbeidet om høsten, der skjedde bare en naturlig tilgroing med gras og ugras. Høsthveteruta ble pløyd, harvet og tilsådd om høsten, og har derfor blitt kjørt på flere ganger. Denne ruta har da antakelig vært mer utsatt for pakking i overflatelaget. Jordarbeiding har også en tendens til å kutte og/eller smøre igjen ellers kontinuerlige porer. Videre har jorda under høsthvete i mindre grad har vært beskyttet av plantedekke gjennom den dels våte høsten (oktober), slik at nedbøren kunne bryte ned aggregater og slemme igjen de større porene. $K(h)$ var i størrelsesorden 0,01-0,5 cm/dag innenfor det matrikspotensial-området som var mulig å måle i. I likhet med K_{sat} , var også $K(h)$ høyere under gras enn under høsthvete. Vi ser av figur 7.3 at denne forskjellen var større jo nærmere metning man kommer, noe som underbygger at det kan være mer av de store, kontinuerlige porene i den uforstyrta jorda under gras.

Ap-sjikt, nedre del (15-25/20-30 cm dybde): Under gras var K_{sat} overveiende lavere i nedre del av Ap enn i øvre del. Dette er naturlig ettersom det i den nedre delen kan dannes en plogsåle. Denne plogsålen henger i såfall igjen etter tidligere års pløying, ettersom grasruta ikke ble jordarbeidet i forsøksperioden. Under høsthvete var K_{sat} enda lavere i dette sjiktet enn den var

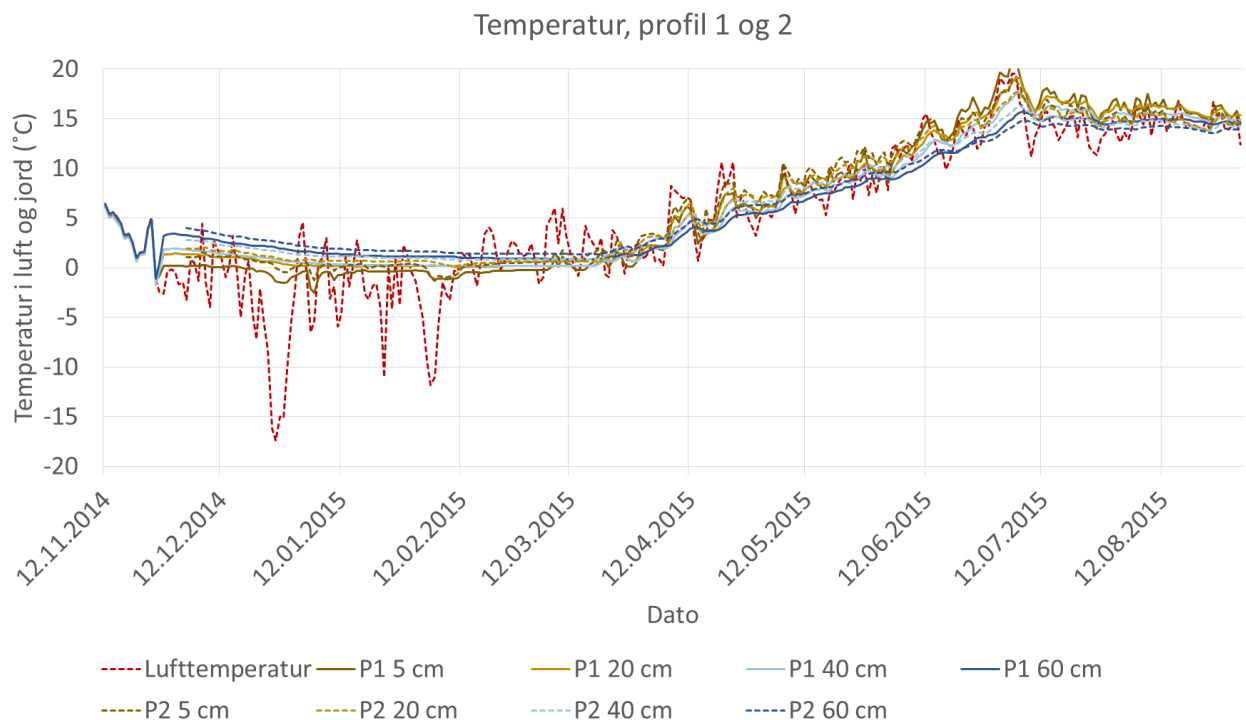
under gras. Det kan kanskje skyldes at denne plogsålen var «ferskere», prøvene var dessuten tatt ut litt dypere, men det kan også skyldes f.eks. beliggenhet i terrenget, med de konsekvenser det evt. kan ha på hydrologi og generell risiko for jordpakking. $K(h)$ var i størrelsesorden 0,004-0,3 cm/dag i denne delen av Ap-sjiktet, og var relativt lik for gras- og høsthveterutene.

Eg-sjikt (30-40/35-45 cm dybde): I dette sjiktet var det registrert fin plate- eller blokkstruktur, og her var målt K_{sat} på sitt laveste (2 cm/t) i begge profiler (konsekvent lav for alle gjentak). Det korresponderer med at porøsiteten var lavest i dette sjiktet. I undergrunnsjorda er det naturlig lavere moldinnhold, høyere jordtetthet og mindre biologisk aktivitet, hvilket vanligvis gir en tettere struktur og derfor lavere vannledningsevne. Ved denne dybden er jorda også ekstra utsatt for jordpakking fordi den ligger nært overflata og derfor nært marktrykket som utøves. I tillegg tørker det saktere opp ved denne dybden enn i ploglaget, samt at dette laget i mindre grad kan løsnest ved jordarbeiding. Jordpakking ved denne dybden kan gi uopprettelige skader. Det er sannsynlig at det tidligere har vært kjørt på for fuktig jord på dette feltet, bl.a. fordi det gamle grøftesystemet har vært delvis ødelagt (jf. Hauken et al., 2015). Leirjord i Norge, særlig akkurat denne leirjordstypen (Albeluvisol) har ofte platestruktur ved denne dybden, dvs. at sprekkesystemene i stor grad er horisontale. Sylinderprøvene er tatt ut vertikalt, og representerer dermed i større grad den vertikale vannstrømningen. $K(h)$ var i størrelsesorden 0,003-0,2 cm/dag, og var tilnærmet lik for gras- og høsthveterutene.

Btg-sjikt (50-60/60-70 cm dybde): Ved om lag 50-70 cm dybde (Btg-sjikt, karakteriseret ved leirnedvasking/-akkumulering, og med grov plate-/fin blokkstruktur og grovere prismestruktur), var K_{sat} høy – ca. 5 – 360 cm/t. De relativt høye verdiene kan ha sammenheng med at man ved prøvetaking kan ha truffet på de vertikale sprekke mellom prismene i Btg-sjiktet («tungene» som går fra Eg-sjiktet og ned i Btg). Disse sprekke dominerer vannstrømningen i dette sjiktet, da jordmatriksen imellom sprekke er svært tett. $K(h)$ var i størrelsesorden 0,001-0,02 cm/dag, og var tilnærmet lik for gras- og høsthveterutene. $K(h)$ var altså lavere i Btg enn i Eg, selv om K_{sat} i Btg var høyere enn i Eg. Det sier noe om strukturforskjellene og dessuten også en mulig teksturforskjell mellom disse sjiktene: Eg har noe bedre evne til å transportere vann i selve matriksen, kanskje pga. noe lavere leirinnhold (målinger må bekrefte/avkrefte dette), men dårligere evne til å transportere vann i de større porene, antakelig fordi Eg har mer horisontale småsprekker mens Btg har større, vertikale sprekke mellom prismene.

7.2 Jordtemperatur og jordhydrologi

Jordtemperaturen for begge profilene er vist sammen med lufttemperaturen i figur 7.4, på døgnbasis. Det er mye mindre svingninger i temperaturen i jordprofilet enn i lufta, og det er mindre svingninger i jordtemperaturen med økende dybde. Det skyldes at jord og luft har forskjellig varmekapasitet og varmeledningsevne. Ved 5 cm dybde var jordtemperaturen under 0°C i perioder om vinteren, med minimum døgntemperatur på -2,5°C under gras, og -1,3°C under høsthvete. Ved 20 cm dybde var temperaturen så vidt under null i slutten av november, ellers over null. Ved 40 og 60 cm dybde var det ikke målt temperaturer under null i løpet av vinteren. Mens temperaturen var høyere i dypere lag om vinteren, var det omvendt om sommeren.



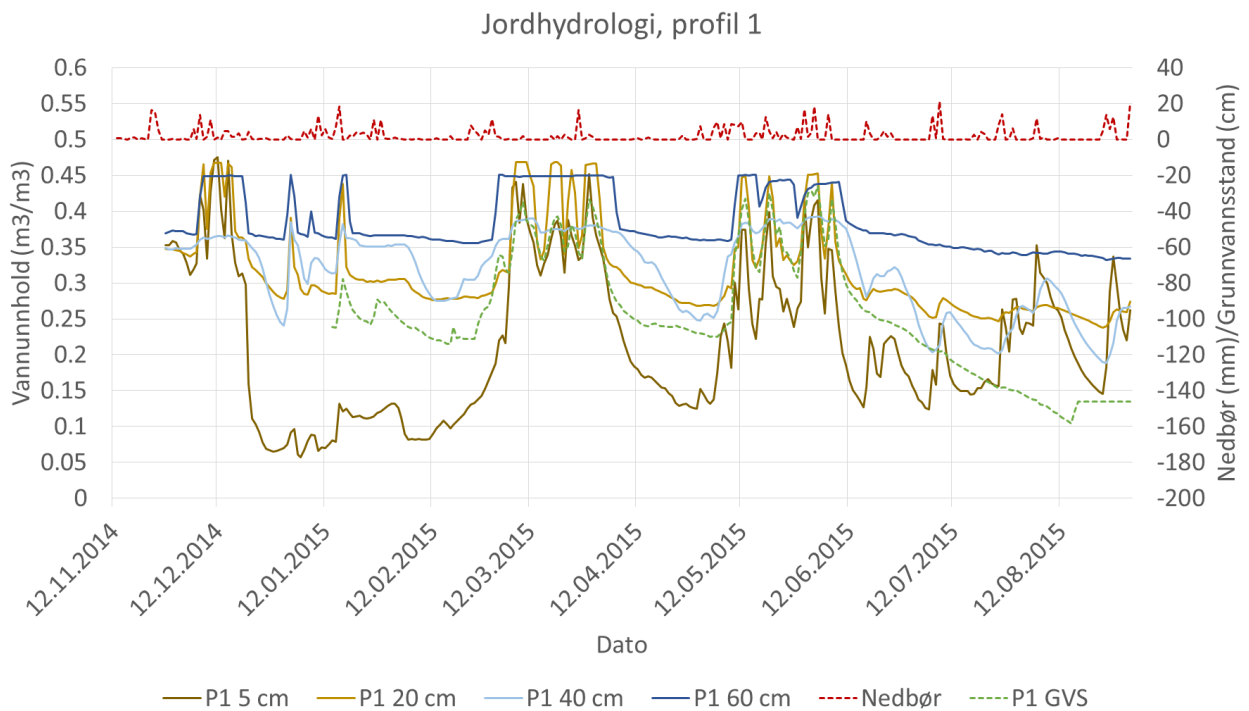
Figur 7.4. Temperatur i jord (profil 1 rute Xa og profil 2 rute Xb) og luft på Kjelle.

Vanninnhold i jord, grunnvannsstand og nedbør er vist i figur 7.5 for rute Xa med gras og i figur 7.6 for rute Xb med høsthvete. Sensorene er foreløpig ikke kalibrert, så dette kan bidra til forskjeller. Kalibrering vil måtte gjennomføres ved å ta ut jordprøver ved ulike tidspunkter og måle vanninnholdet, og sammenlikne dette med vanninnholdet målt med sensorene. Ved større avvik må det lages en kalibreringsfunksjon.

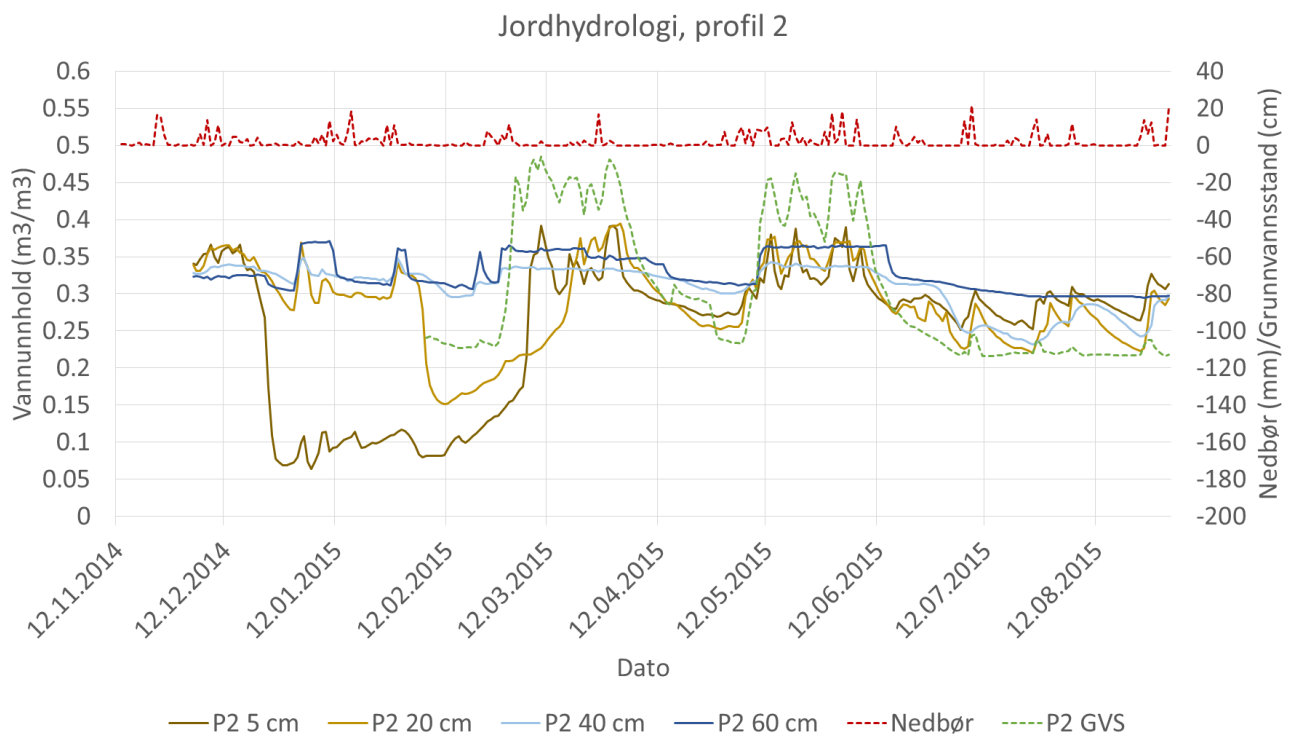
Ut fra de ukalibrerte dataene ser vi at dynamikken i hvordan vanninnholdet endrer seg over tid var tilnærmet lik i de to profilene. Nivåene var derimot ganske forskjellige, med større variasjoner mellom tørt og fuktig i profilet under gras. En av årsakene til det kan være den lave vannledningsevnen som ble målt på høsthveteruta, den kan ha redusert fordampingen om sommeren sammenliknet med på grasruta, der vannledningsevnen var høyere. Gras og høsthvete vil også ta opp ulike mengder vann om sommeren, forskjeller i jordas egenskaper kan ha betydning (f.eks. forskjellen i siltinnhold i Eg-sjiktet), og grunnvannsnivå og evt. horisontalt tilsig er også viktig. Ruta med høsthvete ligger noe lavere i terrenget og svakt nedstrøms ruta med gras, og mottar kanskje noe tilsig fra arealet oppstrøms slik at det blir noe fuktigere og tørker saktere opp på høsthveteruta.

I vinterperioden ser vi at det var til dels svært lavt vanninnhold i noen sjikt. Selv om frost er en form for uttørking i jorda, skyldes de lave verdiene som er målt at sensorene registrerer kun vann i væskefasen, og ikke frosset vann. Det vil alltid være noe vann som er så sterkt bundet til partiklene at det holder seg i flytende form selv om det er minusgrader, derfor var det registrert rundt 10 % vanninnhold fram til sent i februar. Det var noen tineperioder underveis som ga noe økt innhold av

vann i væskeform. Dette fallet i vanninnhold var forsinket eller uteble helt i de dypere sjiktene, pga. høyere jordtemperaturer.



Figur 7.5 Nedbør, vanninnhold i jord og grunnvannsstand på Kjelle, profil 1, rute Xa med gras.



Figur 7.6 Nedbør, vanninnhold i jord og grunnvannsstand på Kjelle, profil 2, rute Xb med høsthvete.

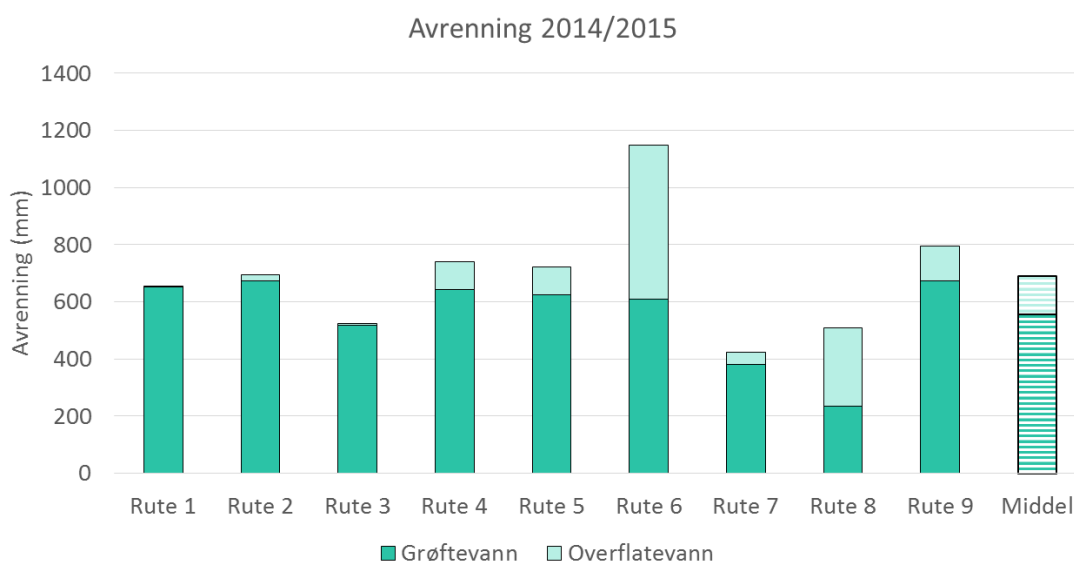
Jorda har ikke vært vannmettet så ofte, men det har vært noen episoder med vannmetning eller nær vannmetning. Grunnvannsstanden var på enkelte tidspunkter helt oppe ved 10 cm dybde i profil 2. I tørrere perioder har grunnvannsstanden sunket raskt.

8 AVRENNING

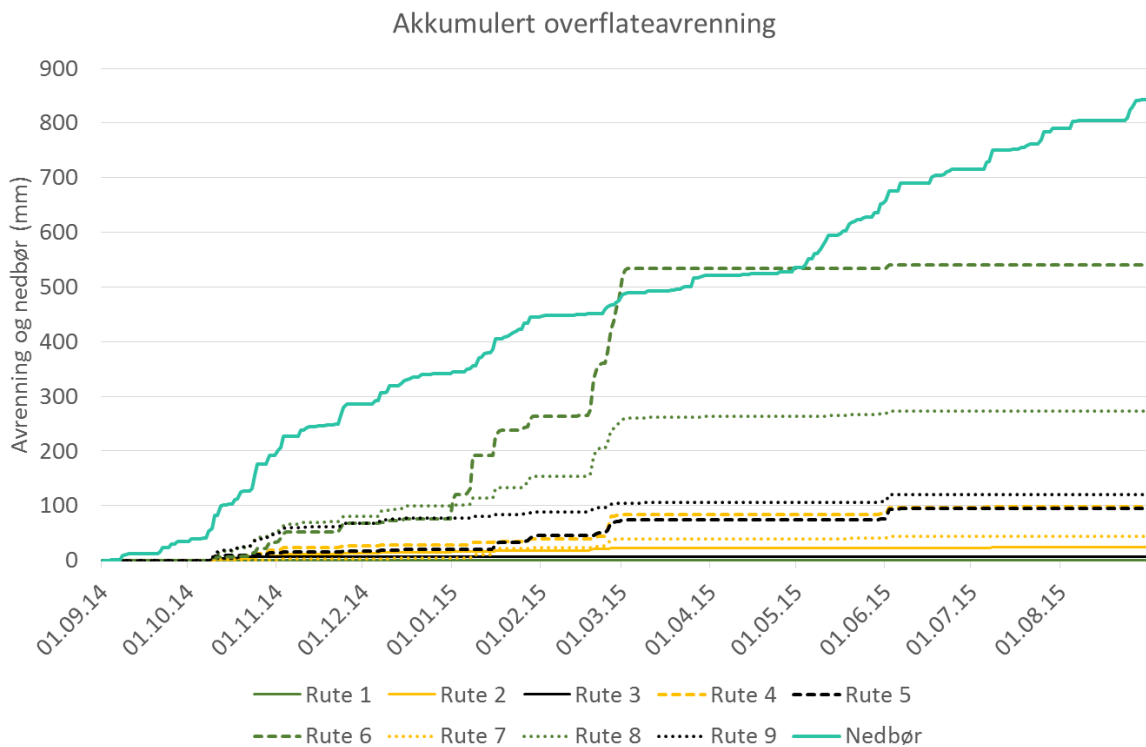
8.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger

I gjennomsnitt for hele forsøksfeltet var den totale avrenningen 690 mm (figur 8.1), som gir en vannbalanse (nedbør minus avrenning) på kun 152 mm. Akkumulert nedbør, overflate- og grøfteavrenning er vist i figur 8.2 og figur 8.3. Det må tas i betraktning at vi fram til midten av november ikke hadde lokale nedbørsmålinger på Kjelle, og nedbørsmengdene mellom 1. september og 13. november kommer derfor fra stasjonen Aurskog II. Det kan forklare noe av avviket i vannbalanse og det at det tilsynelatende var mer grøfteavrenning enn nedbør om høsten.

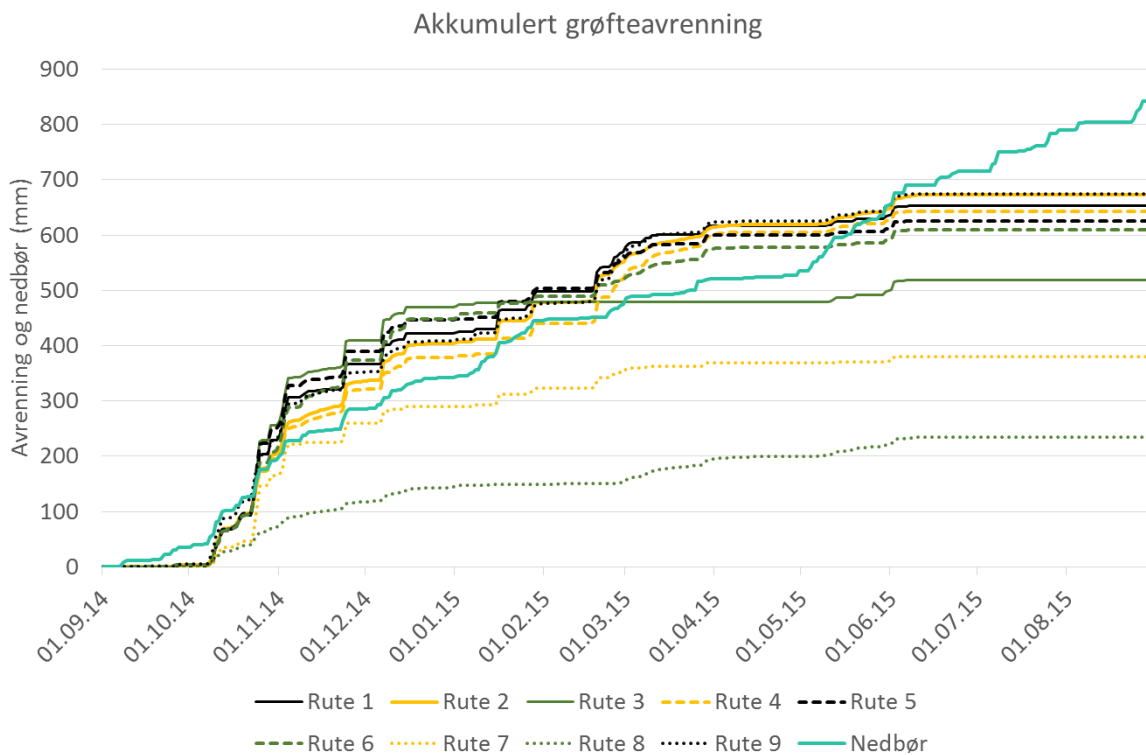
Overflateavrenning utgjorde i gjennomsnitt 26 % (134 mm) av totalen og varierte fra 425 til 1150 mm fra de ni rutene. Det ble målt spesielt lite total avrenning på rute 3 (høsthvete), 7 (stubb) og 8 (høsthvete), mens det ble målt spesielt mye total avrenning på rute 6 (høsthvete). Andelen grøfteavrenning av totalen varierte fra 46 til 100 %. I «øvre» del av feltet (rute 1-3) var det minimalt med overflateavrenning (0-24 mm), mens det var mer overflateavrenning på resten av rutene (45-541 mm). På disse 6 rutene utgjorde overflateavrenningen fra rutene med stubb (4 og 7) 11-13 % av total avrenning, fra rutene med høstpløying (5 og 9) 13-15 %, og 47-54 % på rutene med høsthvete (6 og 8). Dette er i tråd med de jordfysiske målingene som ble beskrevet i kapittel 7, med lavere vannledningsevne på høsthveteåker som var pløyd og harvet enn på stubb tilgrodd med gras og ugras. Under stubb er poresystemet gjerne mer kontinuerlig fordi det ikke er kuttet ved plogsålen eller ved jordarbeiding, jorda er også bedre beskyttet mot gjenslemming av porene fordi det er mer tildekking med planterester. På høstpløyd åker er det et større potensiale for lagring av vann på overflata pga. plogfårene, der vannet kan infiltrere i stedet for å renne av. Pløgsla har dessuten antakelig en løsere struktur med større hulrom som gir bedre infiltrasjonskapasitet enn jorda under høsthvete. Jorda under høsthveten er både pløyd, harvet (3 ganger) og tromlet før såing, og har derfor liten ruhet og evne til å lagre vann på overflata, samtidig som jorda kan være pakket pga. gjentatt kjøring og bearbeiding og gjenslemmet pga. nedbør.



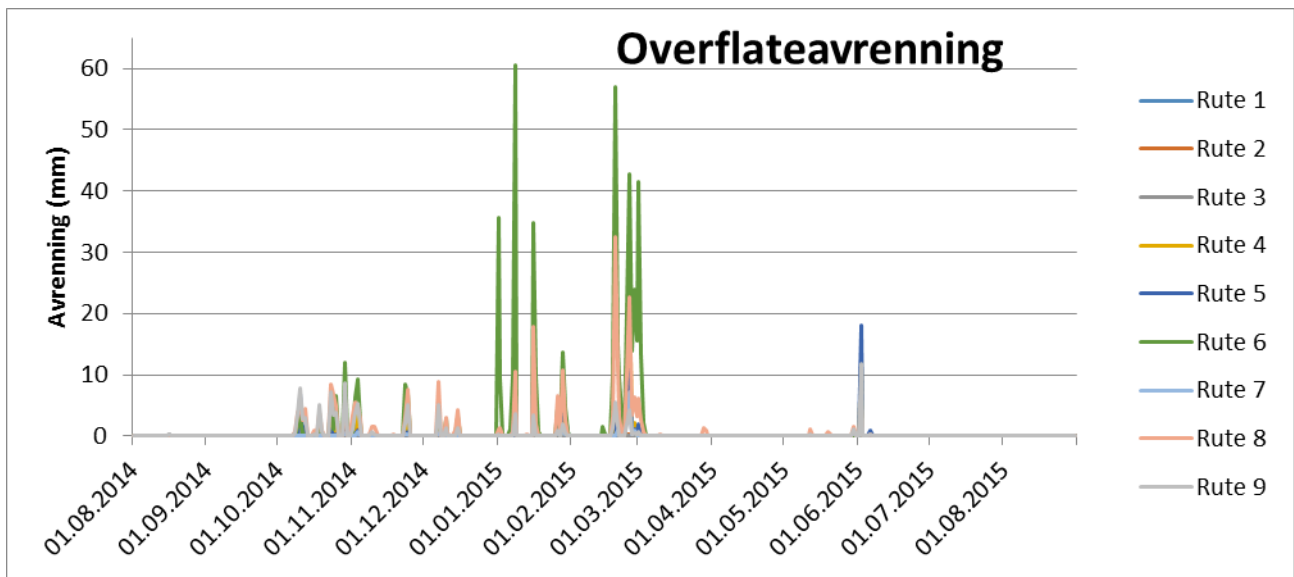
Figur 8.1. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015.



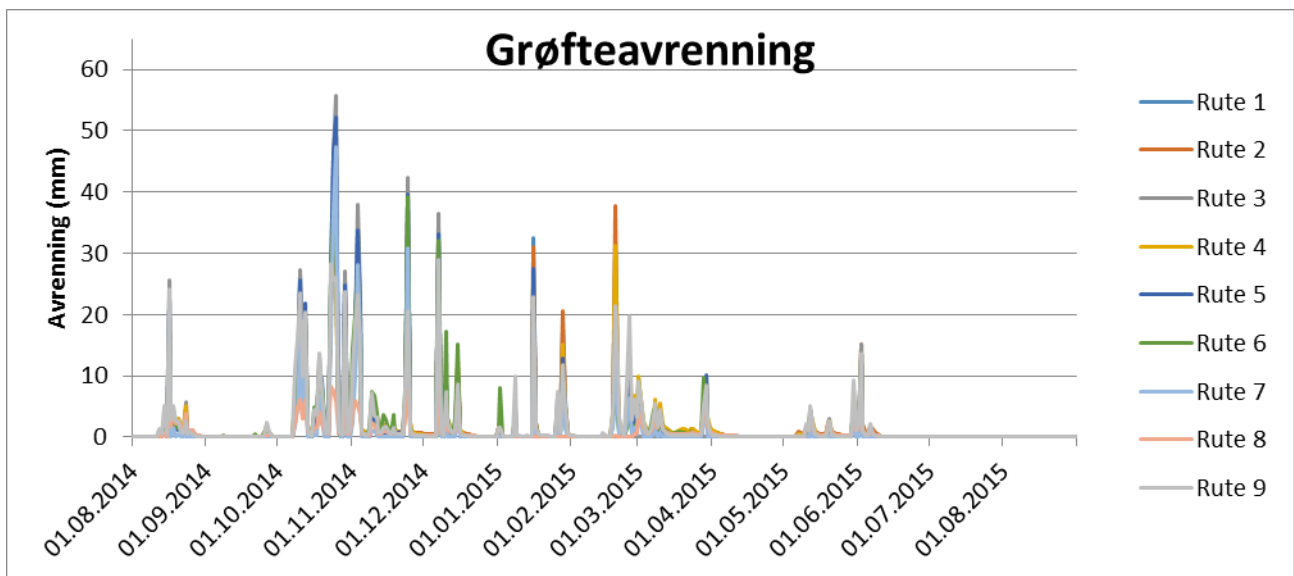
Figur 8.2. Akkumulert overflateavrenning (mm) for alle ruter (1-9) i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015. Fargene indikerer driften: svart = høstpløyd, grønt = høsthvete, oransje = stubb.



Figur 8.3. Akkumulert grøfteavrenning (mm) for alle ruter (1-9) i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015. Fargene indikerer driften: svart = høstpløyd, grønt = høsthvete, oransje = stubb.

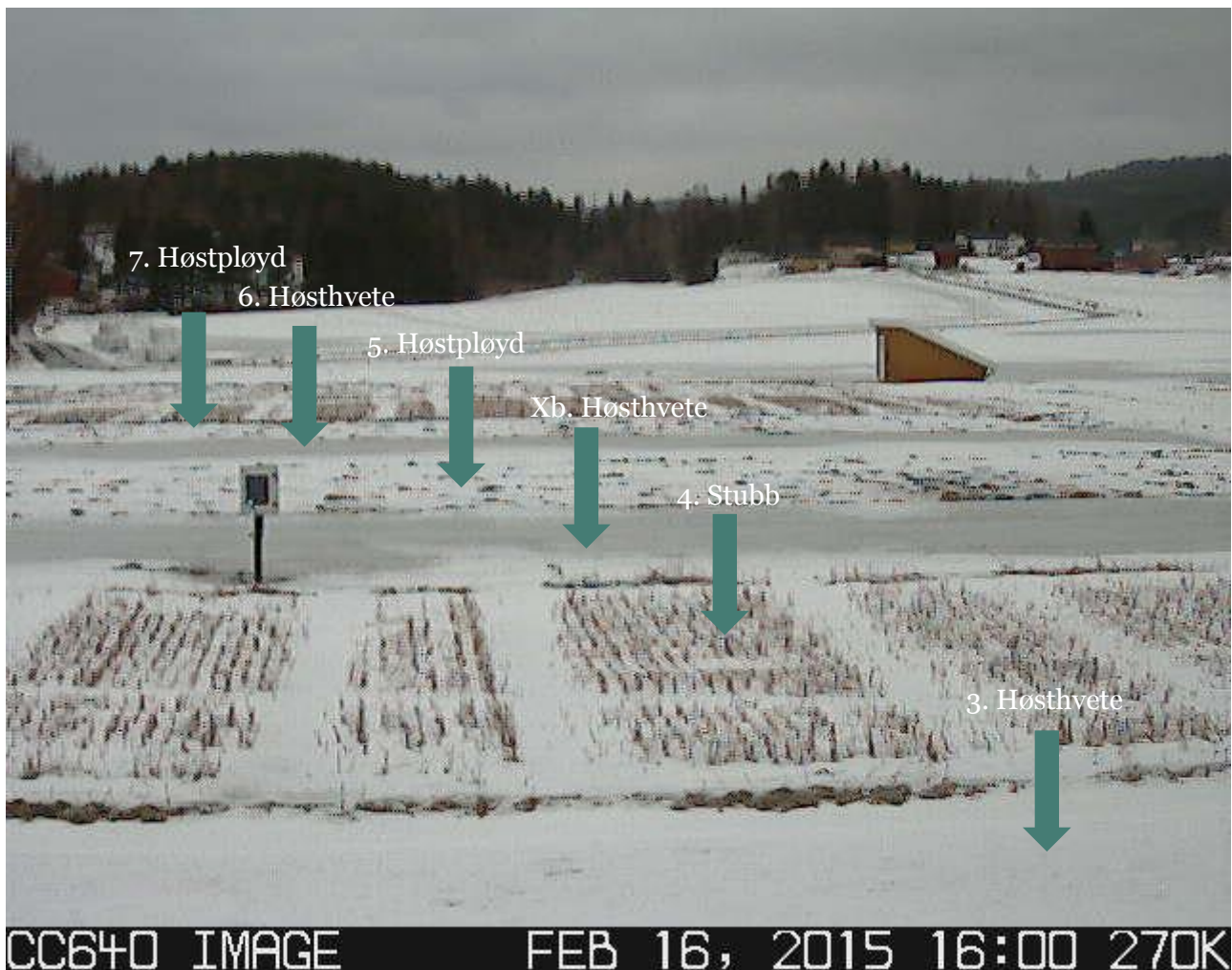


Figur 8.4. Overflateavrenning (mm) fra rute 1-9 i perioden 1.8.2014 til 1.9.2015.



Figur 8.5. Grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i perioden 1.8.2014 til 1.9.2015.

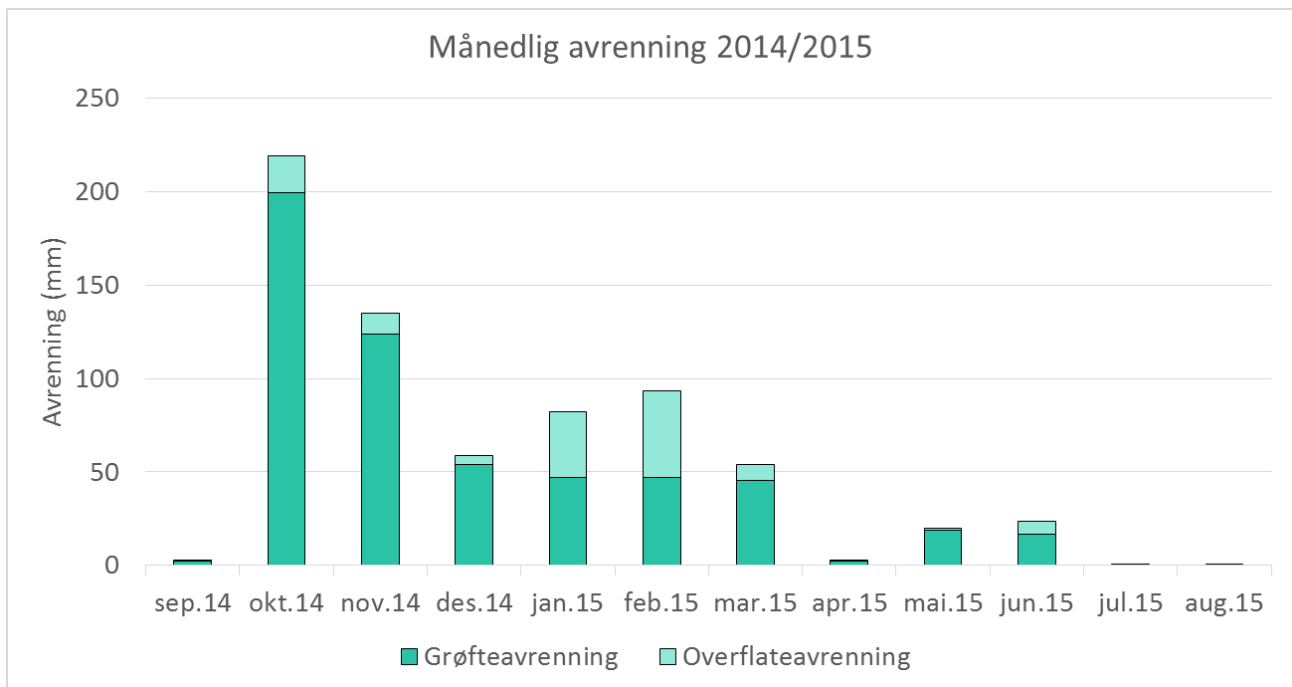
Fra rute 6 er det målt 1150 mm total avrenning, noe som langt overskrider nedbøren på 842 mm (figur 8.5). Overflateavrenningen var usannsynlig høy (541 mm), mens grøfteavrenningen lå på et mer realistisk nivå (ca. 600 mm). Ruta hadde mer overflateavrenning enn alle de andre rutene, spesielt på vinteren (januar til april). På denne ruta må det antakelig komme inn vann fra overliggende areal eller fra en naborute (det var høstpløyd på begge naborutene), eller det er andre uidentifiserte forhold som gjør at det kommer mye vann her. Webkameraet avslører at det ofte var synlig isdekke på rute 6 denne vinteren. Høsten 2015 var det svært bløtt på rute 5 (Sandbækbråten pers. medd.), mens det ikke er gjort tilsvarende observasjoner på rute 6 og ikke høsten 2014. Problemstillingen vil bli fulgt opp i fortsettelsen av forsøket for å avdekke årsaker til stor overflateavrenning på denne ruta.



Figur 8.6. Bilde fra webkamera, tatt 16. februar 2015. Her ser man tydelig overflatevann/ isdannelse på to av rutene med høsthvete.

8.2 Månedlig avrenning og episoder

I gjennomsnitt for alle rutene var det mest avrenning i oktober 2014 (figur 8.7), da det var dobbelt så mye nedbør som normalt (tabell 6.1). September var derimot tørr og med lite avrenning. Det var også ganske mye avrenning i november, mens i desember var det mindre, ettersom det da var kaldt og få dager med tilstrekkelig milde temperaturer til at det ble snøsmelting og avrenning. I perioden januar til mars var det mildere enn i desember, og også mildere enn normalt, og det var flere frysetineepisoder med avrenning i grøftene gjennom vinteren. Snøen «kom og gikk» flere ganger. Det var derfor en god del avrenning disse månedene, og det var særlig mye overflateavrenning i januar og februar. Våren kom ganske tidlig, siste dag med frost var i slutten av mars. April var tørr, og med lite avrenning. Mai var kald, og både mai og juni var fuktige måneder med en del avrenning, inklusive overflateavrenning i juni. I sommermånedene var det lite avrenning, ettersom plantene tar opp vann og det fordamper mye. August var dessuten tørrere enn normalt.



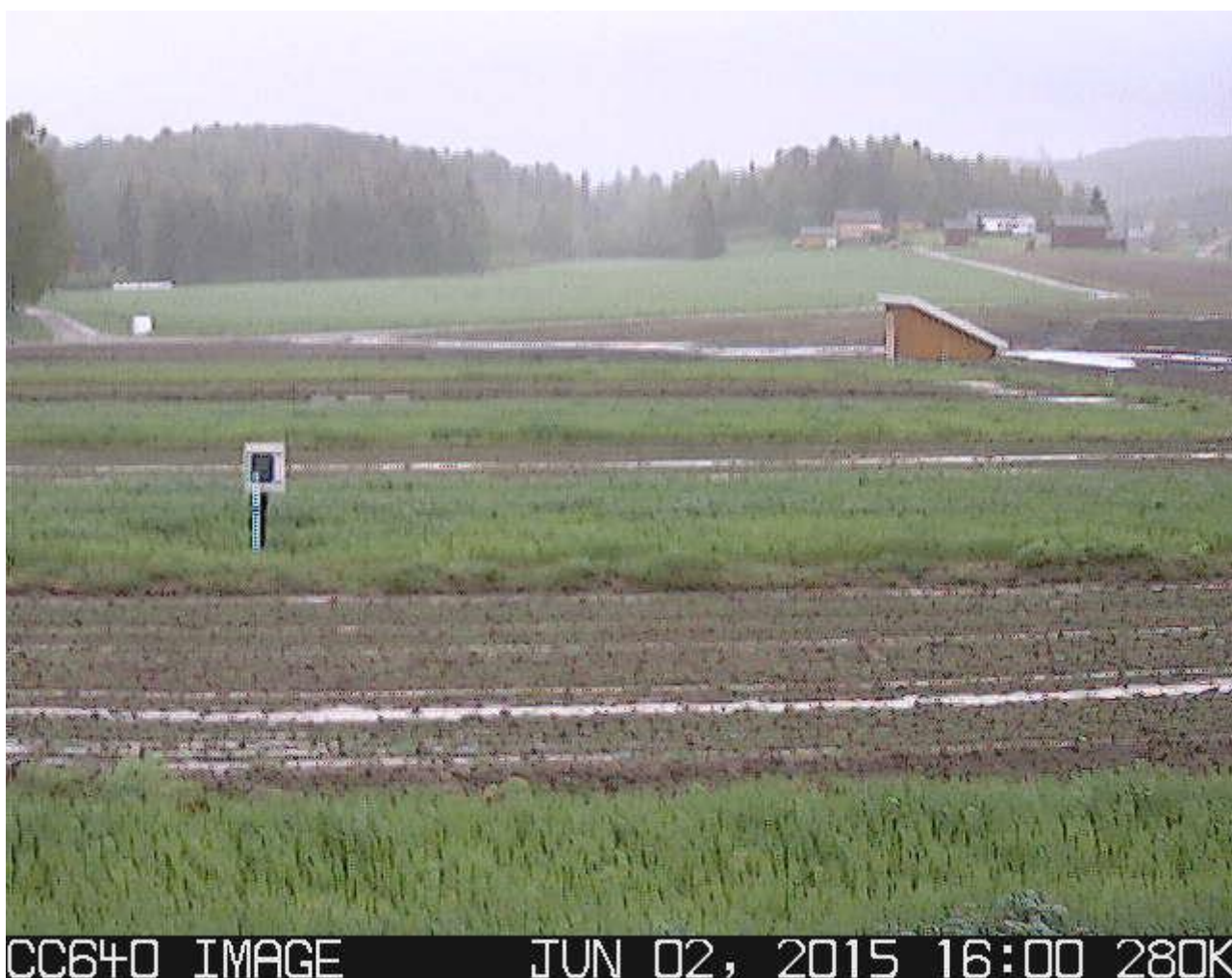
Figur 8.7. Månedlig overflate- og grøfteavrenning (mm) i gjennomsnitt for alle ruter (1-9) i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015.

Webkameraet gjør det mulig å følge alle avrenningsepisodene visuelt, og vurdere måleresultatene opp mot det man faktisk ser. Bildeserien startet i slutten av november 2014, så den våte høsten er dessverre ikke visualisert. Bildene fra webkameraet og måledataene forteller:

Oktober, november og desember 2014. Det var lite overflateavrenning tidlig på høsten 2014 (figur 8.4). Den første episoden med overflateavrenning begynte 6. oktober. Det var mye nedbør og Grøftene ga mer vann enn overflateavrenningen høsten 2014 (figur 8.5), det rant kontinuerlig i grøftene fra tidlig oktober til slutten av november. I denne perioden var det mange dager med overflateavrenning, i flere tilfeller i størrelsesorden 5-10 mm/dag. Bildene fra slutten av november viser flere tilfeller av regn eller sludd. Den første snøen ser ut til å ha kommet 28. november. Den 7. desember var en dag med mildvær, regn og snøsmelting, og resulterende overflateavrenning. Etter det kom en kaldere periode med litt snøfall og lite avrenning. Målingene av jordfuktighet og jordtemperatur viser at det ikke var tele mellom 5 og 60 cm dybde. Omtrent midt i desember begynte jordfuktigheten å falle drastisk, hvilket indikerer at det nå var tele ved 5 cm dybde. I slutten av desember rant det ikke lenger i grøftene, med unntak av på rute 8 og 9, der det har vært grøfteavrenning kontinuerlig i hele forsøksperioden. Da var det helt klart tele ved 5 cm, med et flytende vanninnhold på under 10 %. Det kan også ha vært tele mellom ca 20-40 cm dybde, evt. kun is i de største porene.

Januar, februar og mars 2015. Den 1. januar ble det mildvær, etter et par kalde uker i desember. All snøen som hadde kommet i desember forsvant. Grøfteavrenningen tok til igjen, og det var en del overflateavrenning i et par dager. På rute 6 var overflateavrenningen hele 35 mm, mens det på de andre rutene stort sett var mindre enn 2 mm overflateavrenning. Så ble det noen få kalde dager uten nedbør, etterfulgt av en ny avrenningsepisode 6.-8. januar som skyldtes regn og ikke snøsmelting. Flere av rutene hadde over 3 mm overflateavrenning den siste dagen av denne

episoden, og rute 6 hadde ikke mindre enn 60 mm. På dette tidspunktet var det fortsatt tele i matjordlaget. Det ble flere slike gjentatte fryse-tine-sykluser i januar, februar og mars, med små snøfall avløst av smelting og/eller regn. Smelteperioder som er identifisert er ca. 15. januar, 26.-29. januar, så nesten to uker med frost og snødekt mark, med flere smelteepisoder i perioden 12.-25. februar, smelting igjen 3.-7. mars, ny snø og smelting 22.-23. mars. I mars var det sjelden minusgrader i lufta, og man ser at det ikke lenger var tele i topplaget fra rundt ca. 8. mars (figur 7.5 og 7.6). Jordfuktighet og grunnvannsstand var høy i mars (figur 7.5 og 7.6). Det siste større snøfallet (26. mars, siste dag med frost) smeltet 28.-30. mars – denne smeltingen ga omtrent ingen overflateavrenning – og med dette var vinteren over.



Figur 8.8. Overflateavrenning 2. juni. Denne dagen kom det 18 mm regn. På noen av rutene rant det av mer enn 10 mm vann på overflata denne dagen.

April, mai og juni 2015. April var tørr, med lite nedbør og avrenning. Fra midt i april til noen dager ut i mai rant det ikke engang i grøftene, noe som gjenspeiles ikke bare i avrenningsdataene, men også i lav jordfuktighet og lav grunnvannsstand (ca. 1 m i begge profiler; figur 7.5 og 7.6). I resten av mai (både før og etter pløying 9. mai og harving/såing 15. mai) rant det ofte, men ikke alltid, i grøftene, da det tidvis kom ganske mye nedbør. Det er registrert mange mindre episoder

med overflateavrenning, men disse kan være registrert på grunn av regn direkte i oppsamlingsrennene. Det var høy jordfuktighet (antakelig nær metning ved noen tidspunkter) og høy grunnvannsstand i denne perioden (figur 7.5 og 7.6). I slutten av mai og begynnelsen av juni var det mye regn, til sammen 40 mm på fire døgn. Dette resulterte i kraftig overflateavrenning (opptil 18 mm på ett døgn på rute 5) den 2. juni (se foto i figur 8.8). På dette tidspunktet hadde åkeren spirt. Etter dette ble det tørrere igjen, med færre episoder i både grøftene og på overflata.

Juli, august, september 2015. Det var for det meste ingen avrenning i denne perioden, verken i grøftene eller på overflata. Jordfuktigheten (figur 7.5 og 7.6) var tidvis lav (pga. opptak i plantene), tidvis en del høyere i forbindelse med nedbør, mens grunnvannsstanden lå på 1,1 m i profil 2 (tilsvarende dybden på grunnvannsrøret) og lå helt ned på 1,5 m i profil 1 (dybde av grunnvannsrør 1,8 m).

9 PARTIKLER OG NÆRINGSSTOFFER

9.1 Konsentrasjoner

I perioden fra jordarbeiding høsten 2014 til jordarbeiding høsten 2015 ble det tatt ut 8 blandprøver fra grøftevann. Prøvene dekker perioden fra 28. august 2014 til 9. september 2015. Tilsvarende ble det tatt ut 7 blandprøver fra overflatevann i den samme perioden.

9.1.1 Suspendert stoff

Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning varierte fra 11 til 1400 mg/L (tabell 9.1). Den høyeste konsentrasjonen ble målt i avrenning fra en rute med høstpløying (rute 5) i perioden 2. mars til 11. juni. Det var stor overflateavrenning (18 mm/døgn) fra denne ruta 2. juni (figur 8.4). Overflateavrenning på nysådd åker gir stor erosjonsrisiko. De høyeste konsentrasjonene i overflateavrenning ble også i gjennomsnitt målt i perioden 2. mars til 11. juni, bortsett fra to ruter med høsthvete som hadde høyere konsentrasjoner fra høsten til og med januar. Nedbør- og avrenningsepisoden 2. juni kort tid etter såing har antagelig både på ruter med høstpløying og vårpløying bidratt sterkt til de høye konsentrasjonene i avrenning fra disse rutene. Høstkornet er på det tidspunktet bedre utviklet og beskytter jorda mot erosjon, samtidig som det tar opp mer vann og dermed bidrar til å redusere avrenningen.

De laveste konsentrasjonene av suspendert stoff i overflatevann ble i gjennomsnitt målt i perioden 22. januar til 2. mars (tabell 9.1). På sommeren ble det også målt veldig lite avrenning og lave konsentrasjoner fra de fleste ruter, særlig fra høstkorn.

Tabell 9.1. Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle rutforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|--|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg suspendert stoff/L overflateavrenning | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 93 | 150 | 470 | 170 | 200 | 74 | 180 | 780 | 240 |
| 15.10-31.10 | - | 200 | 540 | 270 | 390 | 550 | 170 | 570 | 400 |
| 31.10-28.11 | 220 | 210 | 550 | 190 | 350 | 200 | 230 | 760 | 540 |
| 28.11-22.1 | 79 | 85 | 240 | 91 | 120 | 110 | 240 | 500 | 580 |
| 22.1-2.3 | 11 | 36 | 31 | 36 | 22 | 12 | 24 | 100 | 96 |
| 2.3-11.6 | 480 | 1400 | 790 | 290 | 480 | 350 | 210 | 240 | 250 |
| 11.6-9.9 | 100 | 130 | 27 | 120 | 50 | 110 | 32 | 30 | 48 |
| Vannførings- veid middel | 93 | 369 | 433 | 162 | 179 | 110 | 175 | 302 | 294 |

Tabell 9.2. Konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle rutforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|---------------------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg suspendert stoff/L grøfteavrenning | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 130 | 160 | 570 | 120 | 72 | 86 | 220 | 160 | 190 |
| 15.10-31.10 | 230 | 210 | 820 | 160 | 100 | 78 | 240 | 180 | 140 |
| 31.10-28.11 | 180 | 150 | 730 | 140 | 82 | 110 | 210 | 170 | 220 |
| 28.11-22.1 | 180 | 190 | 330 | 160 | 110 | 71 | 210 | 230 | 130 |
| 22.1-2.3 | 50 | 43 | 80 | 45 | 55 | 27 | 47 | 26 | 60 |
| 2.3-10.4 | 42 | 21 | 68 | 11 | 12 | 20 | 20 | 28 | 11 |
| 10.4-11.6 | 280 | 300 | 250 | 190 | 170 | 370 | 200 | 240 | 75 |
| 11.6-9.9 | 65 | 77 | 170 | 91 | 66 | 96 | 74 | 61 | 25 |
| Vannførings- veid middel | 162 | 158 | 464 | 122 | 81 | 87 | 221 | 161 | 125 |

Konsentrasjonen av suspendert stoff i grøfteavrenning varierte fra 11 til 820 mg/L (tabell 9.2). Gjennomsnittlig ble de høyeste konsentrasjonene målt i oktober, men også i perioden 10. april til 11. juni ble det målt høye konsentrasjoner av suspendert stoff i grøftene. Den aller høyeste konsentrasjonen ble målt i avrenning fra oktober i en rute som var høstpløyd (rute 9). Denne ruta hadde stor grøfteavrenning i oktober på et tidspunkt da jorda var løsnet etter pløyinga. Nygrøftinga av arealet har sikkert bidratt til at partiklene finner veien gjennom jorda til grøftevannet. Det er imidlertid ikke målt tilsvarende høye konsentrasjoner i grøfteavrenning fra andre ruter som er høstpløyd (med og uten høstkorn) som også hadde stor avrenning i denne perioden. Forskjellen lar seg vanskelig forklare ut fra tilgjengelige data.

De laveste konsentrasjonene av suspendert stoff i grøfteavrenning ble målt i mars-april fra ruter med vårpløying og høsthvete (tabell 9.2). Både stubb og velutviklet høsthvete beskytter mot erosjon tidlig på våren. De høyeste konsentrasjonene i grøfteavrenning ble målt i vannprøver på høsten til og med vannprøver tatt ut 22. januar, og i perioden april til juni.

9.1.2 Fosfor

9.1.2.1 Totalfosfor

Konsentrasjoner av totalfosfor i overflateavrenning varierte fra 0,11 til 3,3 mg/L (tabell 9.3). Den høyeste konsentrasjonen ble målt i avrenning fra en rute med høstpløying (rute 1) om sommeren. Det ble også målt høy fosforkonsentrasjon fra en rute (rute 2) med vårpløying i samme periode. Gjødslingen 15. mai kan ha påvirket fosforkonsentrasjonen i den etterfølgende sommeravrenningen, men rute 1 og 2 er samtidig de ruter som har det høyeste fosforinnhold (P-AL=33 og 22) i jorda. Generelt for alle vannprøver var det i gjennomsnitt tre ganger så mye totalfosfor i forhold til suspendert stoff om sommeren sammenlignet med andre perioder. De høyeste konsentrasjonene av totalfosfor i overflateavrenning ble også generelt målt om våren og i

sommerperioden og kan tyde på at overflateavrenningen er påvirket av gjødsling. I tillegg ble det også målt høye konsentrasjoner av totalfosfor i oktober-november. Konsentrasjonene av totalfosfor var da spesielt høye i forhold til suspendert stoff i avrenning fra rutene som lå i stubb (vårpløyde ruter). Det kan skyldes at fosfor løses ut fra de øverste jordlag og evt. fra planterester eller ugras på jordoverflaten fra arealene i stubb. Den laveste konsentrasjonen av totalfosfor i overflateavrenning ble målt fra en rute med vårpløying i perioden januar til mars (tabell 9.3), da var det også lav konsentrasjon av suspendert stoff.

Tabell 9.3. Konsentrasjoner av totalfosfor i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle rutforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg totalfosfor/L overflateavrenning | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 1 | 0,45 | 1,1 | 0,84 | 0,33 | 0,46 | 0,54 | 1,1 | 0,63 |
| 15.10-31.10 | | 0,58 | 0,87 | 0,91 | 0,65 | 0,98 | 0,49 | 0,94 | 0,85 |
| 31.10-28.11 | 1 | 0,43 | 0,83 | 0,88 | 0,68 | 0,58 | 0,55 | 1,4 | 0,9 |
| 28.11-22.1 | 0,26 | 0,19 | 0,48 | 0,57 | 0,32 | 0,28 | 0,41 | 0,64 | 0,69 |
| 22.1-2.3 | 0,4 | 0,17 | 0,16 | 0,12 | 0,11 | 0,14 | 0,2 | 0,32 | 0,32 |
| 2.3-11.6 | 0,98 | 1,4 | 0,69 | 0,52 | 0,61 | 0,68 | 0,43 | 0,51 | 0,18 |
| 11.6-9.9 | 3,3 | 0,49 | 0,45 | 1,8 | 0,38 | 0,85 | 0,39 | 0,8 | 0,55 |
| Vannførings- veid middel | 1,19 | 0,5 | 0,7 | 0,67 | 0,33 | 0,3 | 0,52 | 0,53 | 0,53 |

Tabell 9.4. Konsentrasjoner av totalfosfor i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle rutforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg totalfosfor/L grøfteavrenning | | | | | | | | | |
| 28,8-15,10 | 0,57 | 0,56 | 1,1 | 0,41 | 0,28 | 0,38 | 0,58 | 0,56 | 0,95 |
| 15.10-31.10 | 0,53 | 0,53 | 1,2 | 0,47 | 0,42 | 0,4 | 0,52 | 0,58 | 0,48 |
| 31.10-28.11 | 0,58 | 0,52 | 1,1 | 0,41 | 0,33 | 0,44 | 0,5 | 0,65 | 0,47 |
| 28.11-22.1 | 0,41 | 0,4 | 0,53 | 0,34 | 0,28 | 0,29 | 0,42 | 0,49 | 0,37 |
| 22.1-2.3 | 0,24 | 0,2 | 0,28 | 0,13 | 0,19 | 0,16 | 0,18 | 0,15 | 0,22 |
| 2.3-10.4 | 0,33 | 0,19 | 0,31 | 0,11 | 0,1 | 0,16 | 0,14 | 0,19 | 0,15 |
| 10.4-11.6 | 0,48 | 0,48 | 0,36 | 0,31 | 0,26 | 0,47 | 0,32 | 0,43 | 0,23 |
| 11.6-9.9 | 0,39 | 0,4 | 0,45 | 0,33 | 0,35 | 0,44 | 0,37 | 0,34 | 0,3 |
| Vannførings- veid middel | 0,46 | 0,45 | 0,77 | 0,33 | 0,28 | 0,36 | 0,49 | 0,51 | 0,41 |

Konsentrasjonen av totalfosfor i grøfteavrenning varierte fra 0,10 til 1,2 mg/L (tabell 9.4). De høyeste konsentrasjonene ble, som for suspendert stoff, målt i grøfteavrenning om høsten. Stor avrenning og høstpløyning er årsaken til de høye konsentrasjonene av totalfosfor i denne perioden. Konsentrasjonene var lavere fra de vårpløyde rutene enn fra høstpløyde ruter og ruter med høstkorn. De laveste konsentrasjonene av totalfosfor i grøfteavrenning ble målt fra januar til og med mars fra ruter med vårpløyning og høsthvete (tabell 9.4). I vannprøver om våren var det mye fosfor i forhold til partikler i grøftevannet, men siden det ikke var mye løst fosfat er det antagelig små fosforrike partikler som transporteres ved lav avrenning.

9.1.2.2 Løst fosfat

Det er målt gjennomsnittlig 2,5 ganger høyere konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning enn i grøfteavrenning (tabell 9.5 og 9.6).

Tabell 9.5. Konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | mg løst fosfat/L overflateavrenning | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 0,66 | 0,21 | 0,19 | 0,38 | 0,20 | 0,31 | 0,11 | 0,21 | 0,14 |
| 15.10-31.10 | | 0,18 | 0,17 | 0,44 | 0,18 | 0,28 | 0,14 | 0,25 | 0,15 |
| 31.10-28.11 | 0,62 | 0,15 | 0,15 | 0,42 | 0,14 | 0,25 | 0,12 | 0,19 | 0,16 |
| 28.11-22.1 | 0,11 | 0,06 | 0,10 | 0,31 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,10 | 0,09 |
| 22.1-2.3 | 0,22 | 0,07 | 0,06 | 0,10 | 0,07 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,09 |
| 2.3-11.6 | 0,35 | 0,11 | 0,09 | 0,25 | 0,07 | 0,25 | 0,11 | 0,21 | 0,14 |
| 11.6-9.9 | 2,60 | 0,28 | 0,27 | 1,20 | 0,34 | 0,55 | 0,34 | 0,70 | 0,37 |
| Vannførings- veid middel | 0,82 | 0,1 | 0,13 | 0,34 | 0,1 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |

Konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning varierte fra 0,06 til 2,6 mg/L (tabell 9.5). Den høyeste konsentrasjonen ble, som for totalfosfor målt i avrenning om sommeren fra en rute med høstpløyning (rute 1). I denne vannprøven utgjorde løst fosfat ca. 80 % av totalfosfor. Andelen løst fosfat var høyest fra ruter med vårkorn og lavere fra ruter med høstkorn. Den høye andelen løst fosfat fra de vårpløyde rutene støtter teorien om at den høye fosforkonsentrasjon henger sammen med gjødslingen i mai. De laveste konsentrasjonene av løst fosfat i overflateavrenning ble målt i perioden 22. januar til 2. mars fra både høstpløyde og vårpløyde ruter (tabell 9.5).

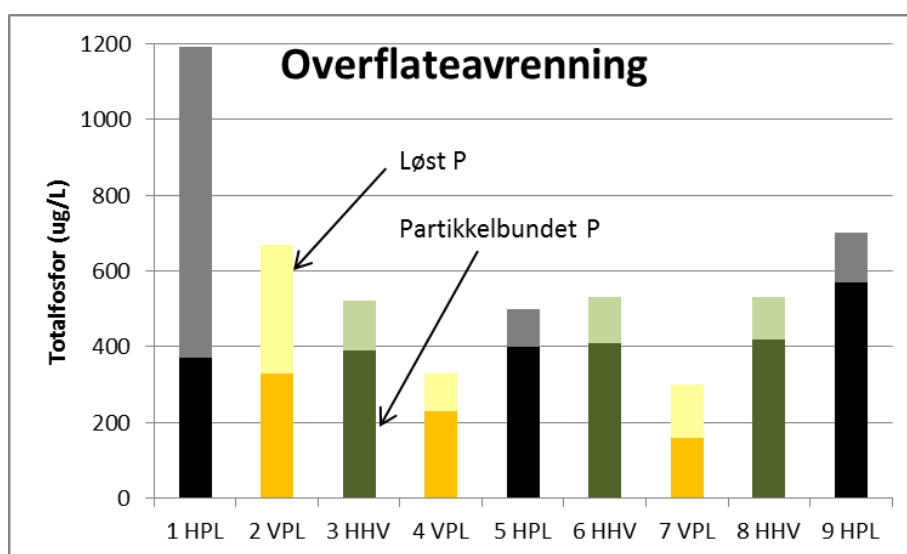
Konsentrasjonen av løst fosfat i grøfteavrenning varierte fra 0,04 til 0,2 mg/L (tabell 9.6). De høyeste konsentrasjonene av løst fosfat ble målt i grøfteavrenning tidlig på høsten. De laveste konsentrasjonene ble målt gjennom vinteren og våren fra alle forsøksledd (tabell 9.6).

Tabell 9.6. Konsentrasjoner av løst fosfat i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg løst fosfat/L grøfteavrenning | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 0,19 | 0,19 | 0,13 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,14 | 0,17 | 0,10 |
| 15.10-31.10 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,15 | 0,14 | 0,20 | 0,11 |
| 31.10-28.11 | 0,17 | 0,12 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,13 | 0,11 | 0,14 | 0,08 |
| 28.11-22.1 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,09 | 0,11 | 0,06 |
| 22.1-2.3 | 0,10 | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| 2.3-10.4 | 0,13 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| 10.4-11.6 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 11.6-9.9 | 0,15 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,09 |
| Vannførings- veid middel | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,07 |

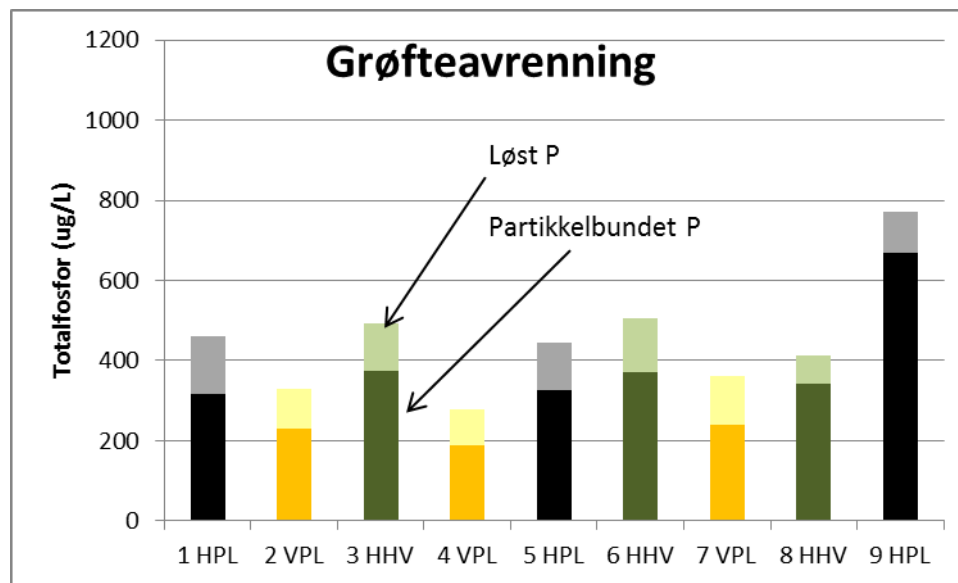
9.1.2.3 Løst og partikkelbundet fosfor

Rute 1 hadde høyere fosforkonsentrasjoner enn de øvrige rutene både i overflate- og grøftevann. Denne ruten ble høstpløyd i 2014, men de høyeste konsentrasjonene i overflatevann ble målt sommeren 2015. Da var det kun lite overflateavrenning og lav konsentrasjon av suspendert stoff, men konsentrasjonen av fosfor, spesielt løst fosfat (820 µg/L), var høy (figur 9.1). Jorda i denne rute har det høyeste fosforinnhold på feltet og dette kan bidra til de høye konsentrasjonene av totalfosfor fra denne rute. Rute 2 hadde også høy konsentrasjon av løst fosfat (340 µg/L) og det er høyt fosforinnhold i denne jorda også, mens konsentrasjonen av løst fosfat i overflateavrenning fra de øvrige rutene varierte mellom 100 og 140 µg/L og utgjorde mellom 20 og 50 % av fosforavrenningen.



Figur 9.1 Vannføringsveide konsentrasjoner av løst og partikkelbundet fosfor i overflateavrenning fra de ni rutene. HPL=høstpløyd; VPL=vårpløyd; HHV=høstkorn.

I grøfteavrenning ble det målt vannføringsveide fosforkonsentrasjoner på mellom 279 og 772 µg/L fra hver av rutene (figur 9.2). Andelen løst fosfat i grøfteavrenningen utgjorde 13 til 33 % av totalfosfor. De laveste fosforkonsentrasjonene ble målt i grøfteavrenning fra ruter som var vårpløyd, mens de høstpløyde rutene og ruter med høstkorn hadde høyere konsentrasjoner av fosfor. De høyeste konsentrasjoner av fosfor i grøfteavrenning ble målt på høsten fra de høstpløyde ruter og ruter med høstkorn.



Figur 9.2 Vannføringsveide konsentrasjoner av løst og partikkelbundet fosfor i grøfteavrenning fra de ni rutene. HPL=høstpløyd; VPL=vårpløyd; HHV=høstkorn.

9.1.3 Nitrogen

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av totalnitrogen var på samme nivå i overflateavrenning som i grøfteavrenning (tabell 9.7 og 9.8).

Konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning varierte fra 0,7 til 55 mg/L. Den høyeste konsentrasjonen ble målt i avrenning fra en rute med vårpløying (rute 7) i vannprøven fra perioden fra 2. mars til 11. juni, det vil si perioden rundt såing og gjødsling, som var 15. mai. De høyeste konsentrasjonene i overflateavrenning ble også generelt målt i vannprøvene som dekker denne perioden. Konsentrasjonene kan være påvirket av gjødslingen eller av mineralisering på grunn av økte temperaturer om våren. De laveste konsentrasjonene i overflateavrenning ble målt fra en rute med vårpløying (rute 4) i perioden 22. januar til 2. mars (tabell 9.7). I denne perioden var det noe høyere konsentrasjoner fra ruter med høstpløying med og uten høstkorn, men konsentrasjonene var også her lave.

Tabell 9.7. Konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|---------------------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg totalnitrogen/L overflateavrenning | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 4.4 | 13.0 | 5.1 | 7.0 | 1.4 | 1.8 | 3.1 | 2.3 | 3.0 |
| 15.10-31.10 | | 2.2 | 2.2 | 3.1 | 0.7 | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 1.4 |
| 31.10-28.11 | 3.3 | 1.6 | 2.2 | 2.5 | 0.7 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | 1.2 |
| 28.11-22.1 | 0.7 | 0.9 | 2.5 | 2.1 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 1.1 |
| 22.1-2.3 | 2.2 | 1.2 | 1.7 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.4 | 1.7 |
| 2.3-11.6 | 11.0 | 18.0 | 33.0 | 9.8 | 33.0 | 55.0 | 6.0 | 5.1 | 4.3 |
| 11.6-9.9 | 7.1 | 1.0 | 1.1 | 10.0 | 1.9 | 3.4 | 2.0 | 4.5 | 2.1 |
| Vannførings- veid middel | 4.6 | 6 | 6.4 | 3.1 | 5.3 | 6.9 | 2 | 1.2 | 1.7 |

Konsentrasjonen av totalnitrogen i grøfteavrenning varierte fra 0,3 til 43 mg/L (tabell 9.8). De høyeste konsentrasjonene ble målt i perioden 10. april til 11. juni i avrenning fra ruter med vårkorn (høstpløying og vårpløying). Generelt for alle ruter ble de høyeste konsentrasjonene i grøfteavrenning målt i vannprøver fra april-juni. Gjødslingen kan ha påvirket konsentrasjonene av nitrogen etter såing og gjødsling 15. mai, men også økt temperatur og dermed økt mineralisering kan bidra til høyere konsentrasjoner på denne tida av året. De laveste konsentrasjonene i grøfteavrenning ble målt på høsten og vinteren (tabell 9.8). Da er det lite omsetning i jorda og liten frigjøring av nitrogen.

Tabell 9.8. Konsentrasjoner av totalnitrogen i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i perioden 28. august 2014 til 9. september 2015.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| mg totalnitrogen/L grøfteavrenning | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 4.7 | 5.0 | 3.2 | 5.0 | 6.3 | 6.9 | 3.7 | 3.3 | 4.1 |
| 15.10-31.10 | 1.4 | 1.4 | 1.8 | 1.7 | 2.0 | 2.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| 31.10-28.11 | 1.6 | 1.4 | 2.1 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 0.3 | 1.1 | 2.4 |
| 28.11-22.1 | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 1.3 | 1.2 | 1.4 |
| 22.1-2.3 | 1.3 | 1.6 | 2.1 | 1.2 | 1.1 | 1.4 | 1.0 | 1.1 | 1.7 |
| 2.3-10.4 | 3.6 | 3.4 | 3.1 | 2.9 | 3.2 | 6.8 | 2.4 | 1.7 | 2.2 |
| 10.4-11.6 | 19.0 | 19.0 | 43.0 | 14.0 | 25.0 | 40.0 | 11.0 | 9.7 | 1.8 |
| 11.6-9.9 | 1.9 | 1.2 | 1.5 | 1.6 | 1.1 | 2.0 | 1.2 | 2.1 | 3.0 |
| Vannførings- veid middel | 2.8 | 2.66 | 5.25 | 3.01 | 3.75 | 3.69 | 2.07 | 1.9 | 2.12 |

9.2 Jord- og næringsstofftap

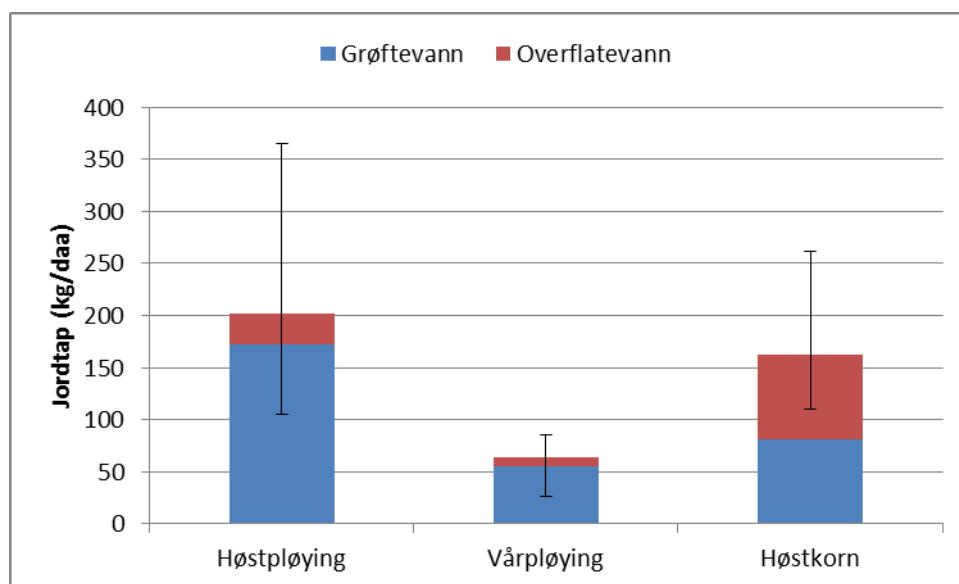
Tap av partikler og næringsstoffer er beregnet som summen av vannføring (L/blandprøveperiode) multiplisert med konsentrasjonen (mg/L) i hver blandprøveperiode.

9.2.1 Jordtap

Resultatene viser at ruter med vårpløying hadde gjennomsnittlig 70 % lavere jordtap enn høstpløying i sum for overflate- og grøfteavrenning (figur 9.3). Høstpløying hadde de største jordtapene (200 kg/daa), mens høstkorn hadde noe mindre jordtap i gjennomsnitt.

På erosjonsrisikokartene er arealet klassifisert til middels erosjonsrisiko (erosjonsrisikoklasse 2, dvs. 50-200 kg/daa) ved høstpløying. Det er stor forskjell på jordtapedet fra de tre rutene med høstpløying og det ble målt jordtap på 365 kg/daa fra rute 9 (se vedlegg 3). 85 % av jordtapedet fra de tre høstpløydde rutene ble målt som grøfteavrenning og den store andelen jordtap via grøfteavrenning har antagelig sammenheng med at arealet ble nygrøftet i 2013. Ved grøfting blir det dannet raskere transportveier for partikler fra overflaten til drengrøftene på grunn av jordas løsning over grøftene.

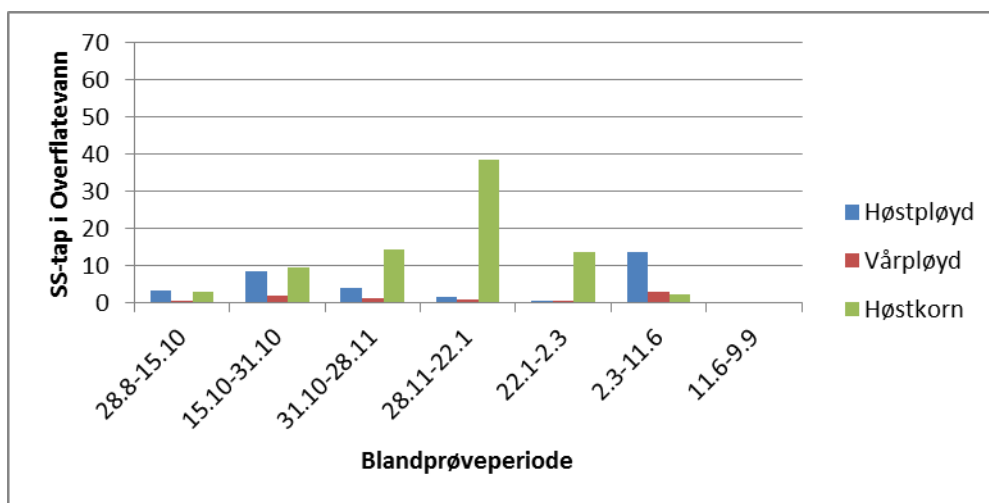
Fra rutene med høstkorn ble i gjennomsnitt 50 % av jordtapedet målt i grøftene. Det var stor variasjon mellom rutene. Det kan tenkes at fuktighetsforholdene ved såing av høstkorn har vært ulike på de ulike rutene og at det har vært forhold for jordpakking i de mest fuktige rutene, som hindrer infiltrasjonen og vanntransport nedover i profilen. Høstkorn-rutene ble pløyd, og harvet tre ganger før såing og jordpakking kan sann sett ha bidratt til å øke andelen overflateavrenning på høstkornet.



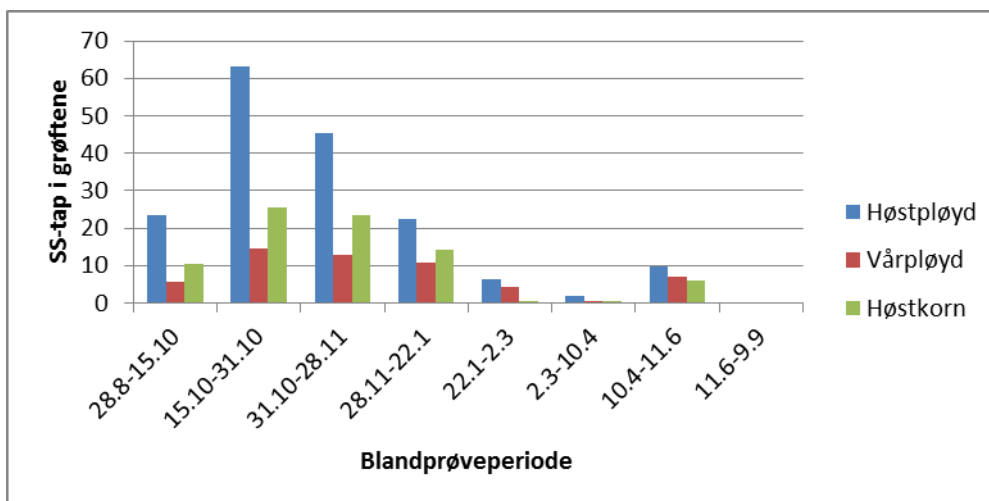
Figur 9.3 Gjennomsnittlig tap av jord (kg/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd fra 1. september 2014 til 1. september 2015. Feilfeltet viser største og minste jordtap fra de tre rutene.

Den største forskjellen mellom høstpløying og vårpløying ble målt i perioder med høy avrenning og store jordtap, særlig i oktober og november 2014 (figur 9.5). Det er kjent fra tidligere forsøk at det er størst effekt av vårpløying i store avrenningsepisoder (Skøien et al., 2012). I desember, januar og

februar var jordtapene med overflateavrenning fra høstkorn høyere enn jordtap fra både høstpløyd og vårpløyd, men i mai-juni har høstveten gitt lavere jordtap sammenlignet med både vårpløyning og høstpløyning (figur 9.4). Utvikling av rotnett og plantedekke i høstveten beskytter mot jordtap fra starten på vekstsesongen. En nedbørepisode i juni ga særlig store jordtap fra to av de høstpløyde rutene (rute 5 og 9). Det kan tenkes at aggregatstabiliteten er lavere på den høstpløyde ruta på grunn av fryse-tine prosesser gjennom vinteren og at det derfor blir større jordtap med overflateavrenning fra den høstpløyde sammenlignet med den vårpløyde ruta.



Figur 9.4 Tap av jord (kg/daa) med overflateavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.



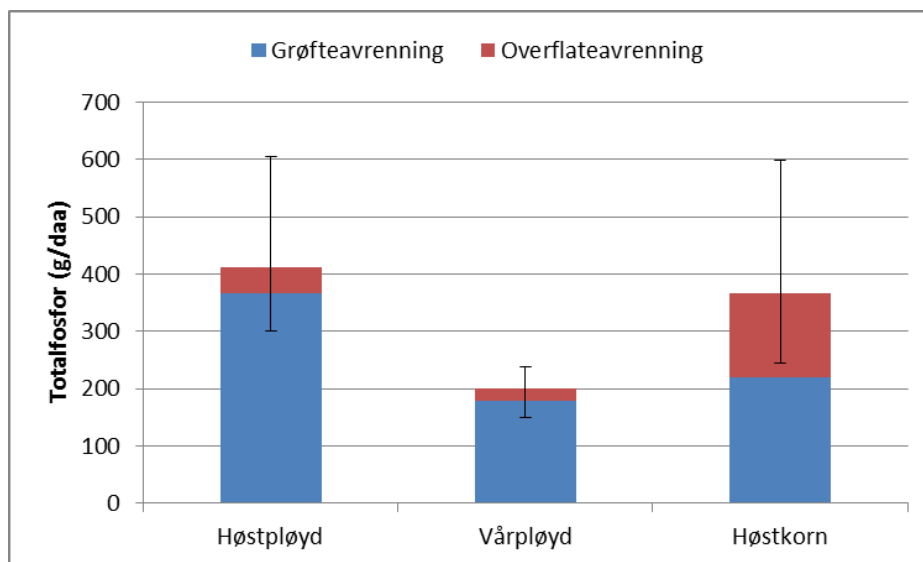
Figur 9.5 Tap av jord (kg/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.

9.2.2 Fosfortap

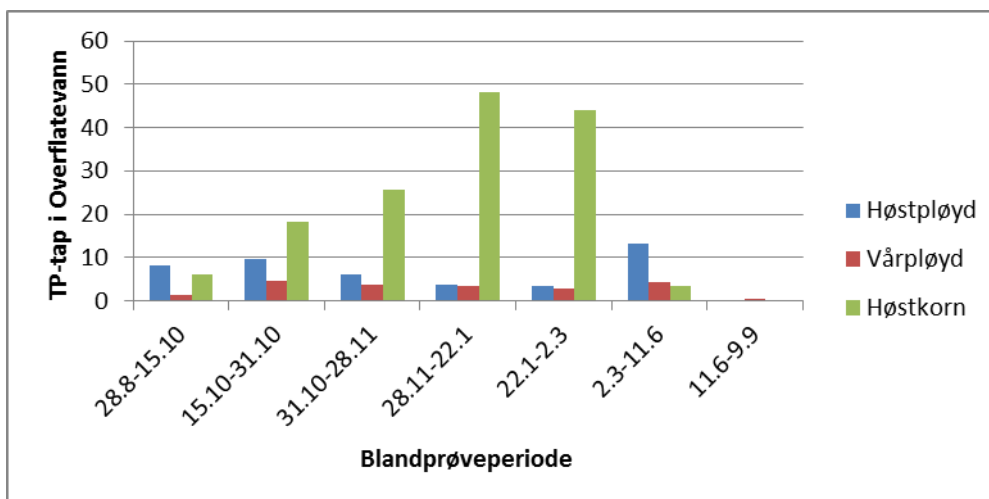
Fosfortapet fra ruter med høstkorn viste stor variasjon, men var i gjennomsnitt høyere enn fosfortapet fra vårpløyde ruter, og lavere enn fosfortapet fra høstpløyde ruter. De gjennomsnittlige

årlige tapene av totalfosfor fra høstpløyde ruter var på litt over 400 g/daa, mens det fra vårpløyde ruter ble målt fosfortap på gjennomsnittlig 200 g/daa (figur 9.6).

Det største fosfortapet skjedde gjennom drensgrøftene og på de høst- og vårpløyde rutene kom ca. 90 % av fosforet den veien, mest som partikkelbundet fosfor. For ruter med høstkorn ble det målt store fosfortap via overflateavrenning, spesielt om vinteren ble det målt mye overflateavrenning fra to av de tre rutene med høstkorn (figur 9.7).



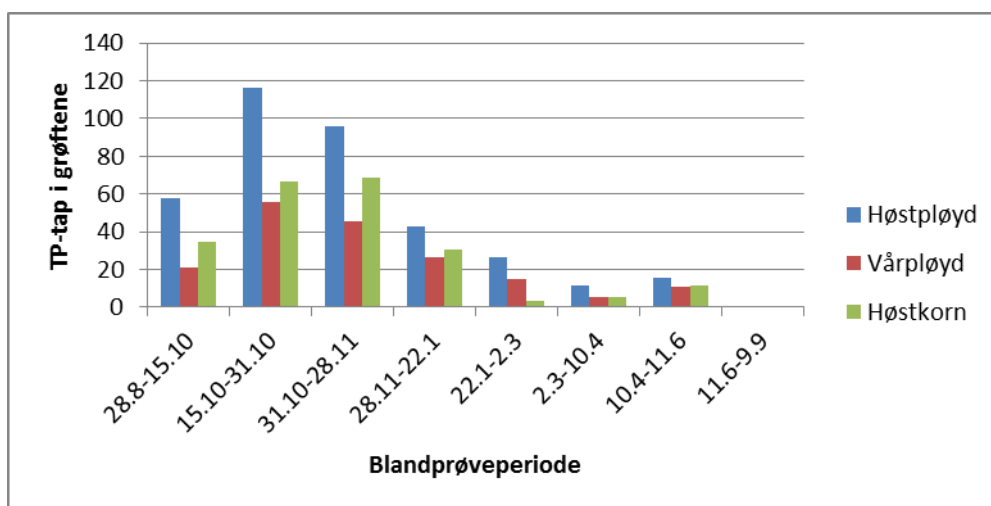
Figur 9.6 Gjennomsnitt av årlige fosfortap fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn.



Figur 9.7 Gjennomsnittlig fosfortap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn per blandprøveperiode.

Fra alle forsøksledd var fosfortap gjennom drensgrøftene størst om høsten og lavere utover vinter, vår og sommer (figur 9.8). Størst fosfortap ble målt fra høstpløyde ruter i alle perioder. På høsten var det lavest fosfortap gjennom grøftene fra vårpløyde ruter, altså de som lå i stubb, mens det på

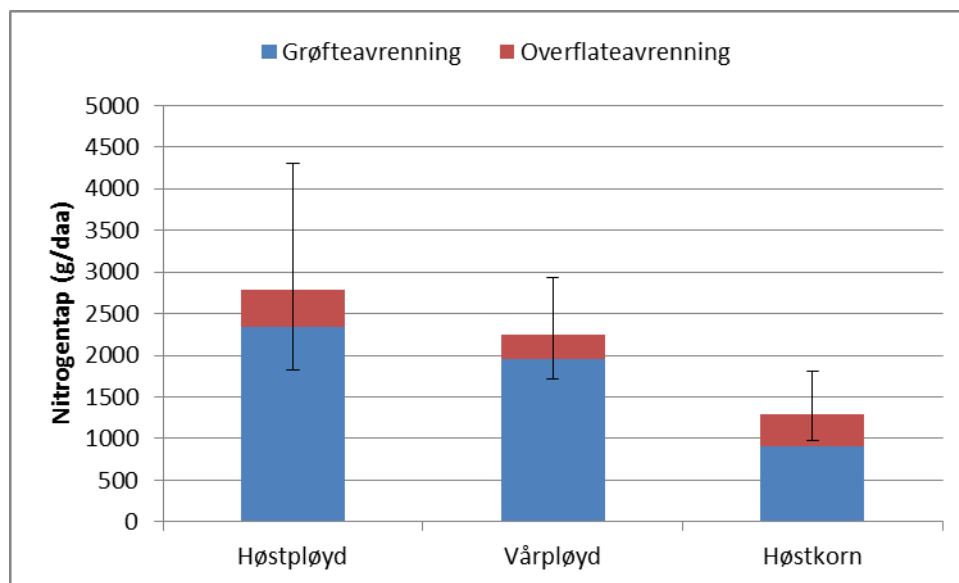
vinteren, våren og sommeren var liten forskjell i fosfortap mellom forsøksledd med vårpløying og høstkorn. Høstkornet gir relativt større jordtap om høsten sammenlignet med de andre jordarbeidingsystemene på grunn av jordarbeidingen om høsten. Jordarbeidingen kan føre til jordpakking og dermed dårlige forhold for vanntransport i jorda. Dessuten er det mindre lagringskapasitet for vann i en jord som er tilsådd med høsthvete enn i en jord som kun er høstpløyd, på grunn av den store ruhet i pløgsla.



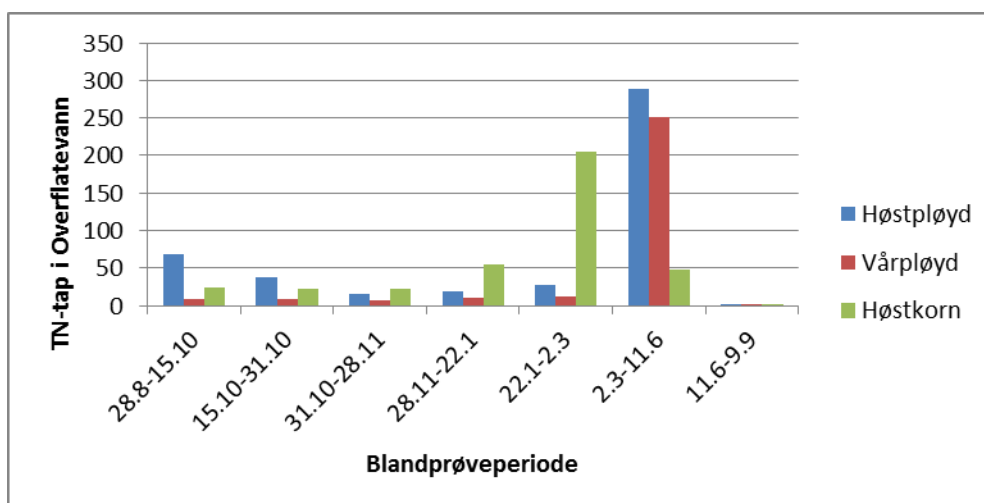
Figur 9.8 Gjennomsnittlig fosfortap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

9.2.3 Nitrogentap

Det gjennomsnittlige nitrogentapet var høyest fra ruter med høstpløying, noe lavere på ruter som overvintre i stubb (vårpløying) og lavest på ruter med høstkorn (figur 9.9). Avrenning av nitrogen gjennom grøftene utgjorde 50-100 % av det totale nitrogentapet for hver rute. Om vinteren var nitrogentapet gjennom overflateavrenning størst fra rutene med høstkorn, mens det om sommeren var størst nitrogentap på det som var høstpløyd og vårpløyd (figur 9.10 og 9.11).



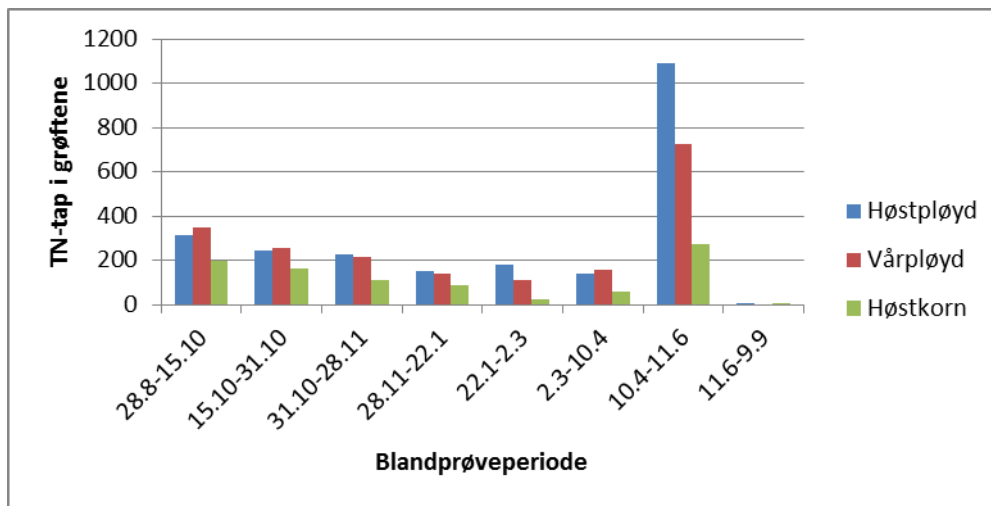
Figur 9.9 Gjennomsnittlige årlige nitrogentap fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn.



Figur 9.10 Gjennomsnittlig nitrogentap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

Det var meget store tap av nitrogen i blandprøveperioden fra 10. april til 11. juni. Avrenningsepisoden den 2. juni var den viktigste i denne perioden og kan ha bidratt mest til de høye konsentrasjoner blandprøvene. Høye nitrogentap på forsommeren kan skyldes både gjødsling og mineralisering. Høstpløying stimulerer mineralisering av organisk materiale i jorda ettersom aggregatene løsnes og eksponeres. Tidligere undersøkelser har vist at jo tidligere høstpløyingen skjer, jo høyere blir nitrogentapet, ettersom mineraliseringen øker med temperaturen. Dersom det sås til med høstkorn, vil noe av det mineraliserte nitrogenet kunne tas opp av veksten i stedet for å lekke ut, hvilket reduserer nitrogentapet. På den andre siden ble det gjort mer omfattende jordarbeiding med tre harvinger før såing av høstkorn og det kan ha bidratt til å øke

mineraliseringen. Høstpløyningen ble gjennomført samtidig, både der det ble sådd høstkorn og der det bare var pløyd.



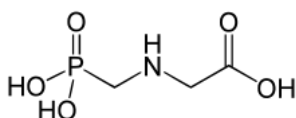
Figur 9.11 Gjennomsnittlig nitrogentap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløyning, vårpløyning og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

10 PLANTEVERNIMIDLER

I perioden fra jordarbeiding høsten 2014 (28. august 2014) til jordarbeiding høsten 2015 (9. september 2015) er det tatt ut 6 blandprøver fra overflatevann og 7 blandprøver fra grøftevann til plantevernmiddeleanalyse. Det ble tatt ut vannprøver også før noe sprøyting hadde blitt foretatt for å sjekke eventuelt bakgrunn fra tidligere sprøyting. Disse prøvene viste ingen funn av plantevernmidler. Det ble tatt ut en felles prøve for alle ruter etter første sprøyting før det ble foretatt noen jordarbeiding.

10.1 Glyfosat

Det ble generelt målt små forskjeller mellom konsentrasjonene av glyfosat (figur 10.1) i overflatevann og grøftevann. Både for overflatevann og grøftevann var konsentrasjonen av glyfosat høyest for de første fem avrenningsepisodene fra de høstpløyde rutene.



Figur 10.1 Molekylstruktur til glyfosat

Konsentrasjonen av glyfosat i overflatevannet var på det meste 1.4 µg/L fra ei av rutene som var høstpløyd. Første prøvetaking etter sprøyting har de høyeste konsentrasjonene og avtar deretter. I vannprøvene fra overflatevann i juni påfølgende år ble det ikke funnet glyfosat (tabell 10.1).

Tabell 10.1 Konsentrasjoner av glyfosat i overflatevann fra 9 ruter på Kjelle

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|--------------|-----------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | µg Glyfosat/L overflatevann | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 0.36 | 1.4 | <0.05 | 0.43 | 1.1 | 0.19 | 0.24 | 0.53 | 1.7 |
| 15.10-31.10 | <0.05 | 0.66 | 0.92 | 0.25 | 0.53 | 1 | 0.29 | 0.21 | 0.18 |
| 31.10-28.11 | 0.058 | 0.29 | 0.45 | 0.14 | 0.25 | 0.57 | 0.17 | 0.076 | 0.12 |
| 22.1-2.3 | 0.079 | <0.05 | 0.14 | 0.12 | 0.29 | 1.1 | 0,065 | 0.054 | 0.14 |
| 2.3-11.6 | <0.05 | <0,05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 11.6-9.9 | <0.05 | <0,05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.05 | <0.05 | <0.05 |

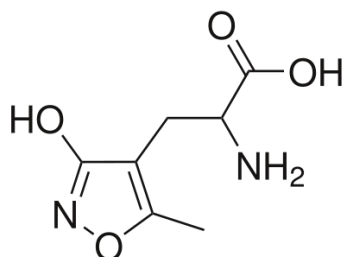
Konsentrasjonene av glyfosat i drensvannet var i gjennomsnitt noe lavere enn i overflatevannet. Det ble funnet glyfosat i alle vannprøvene av drensvann fra rutene som var høstpløyd også i juni året etter sprøyting. Rutene som var vårpløyd med vårkorn hadde lavest konsentrasjon ved alle prøvetakingene av drensvann unntatt prøven fra 28. november.

Tabell 10.2 Konsentrasjoner av glyfosat i drene vann fra 9 ruter på Kjelle

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|--------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| µg Glyfosat/L grøftevann | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 0.42 | 0.68 | 1.0 | 0.28 | 0.43 | 0.28 | 0.42 | 0.37 | 0.57 |
| 15.10-31.10 | 0.22 | 0.26 | 0.46 | 0.21 | 0.3 | 0.16 | 0.16 | 0.21 | 0.38 |
| 31.10-28.11 | 0.14 | 0.18 | 0.32 | 0.12 | 0.18 | 0.11 | 0.1 | 0.094 | 0.18 |
| 22.1-2.3 | <0.05 | 0.056 | 0.086 | 0.088 | 0.102 | 0.055 | 0.56 | <0.05 | 0.059 |
| 2.3-10.4 | <0.05 | 0.067 | 0.091 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 10.4-11.6 | <0.05 | 0.07 | 0.086 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.1 |
| 11.6-9.9 | <0.05 | <0,05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.05 | <0.05 | <0.05 |

10.2 AMPA

Glyfosat brytes ned til amino-hydrokso-metyl-isoksalpropionsyre (AMPA) (figur 10.2)



Figur 10.2 Molekylstrukturen til AMPA

Tabell 10.3 Konsentrasjonen av AMPA i overflateavrenning fra 9 ruter på Kjelle

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|-------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| µg AMPA/L overflatevann | | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | 0.13 | 0.16 | <0,05 | 0.15 | 0.27 | <0,05 | <0,05 | 0.3 | 0.13 |
| 15.10-31.10 | <0,05 | 0.25 | 0.26 | <0,05 | 0.23 | 0.34 | 0.073 | 0.058 | 0.12 |
| 31.10-28.11 | 0.18 | 0.4 | 0.21 | 0.17 | 0.46 | 0.36 | 0.23 | 0.096 | 0.1 |
| 22.1-2.3 | 0.11 | 0.084 | <0.05 | 0.12 | 0.17 | 0.13 | <0.5 | 0.079 | 0.076 |
| 2.3-11.6 | 0.075 | 0.082 | 0.073 | 0.076 | 0.064 | 0.071 | 0.13 | 0.17 | 0.13 |
| 11.6-9.9 | <0.05 | <0,05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.05 | <0.05 | <0.05 |

Nedbrytningsproduktet AMPA finnes både i overflate- og drene vannet fra rute feltet. I overflatevannet er AMPA påvist fra alle jordarbeidingsstrategiene ved alle prøvetakingene. Konsentrasjonene øker fram til prøvetakingen i slutten av november for så å avta i mars 2015. Vårpløyd vårkorn har i gjennomsnitt de høyeste konsentrasjonene i alle prøvene høsten 2014 (tabell 10.3).

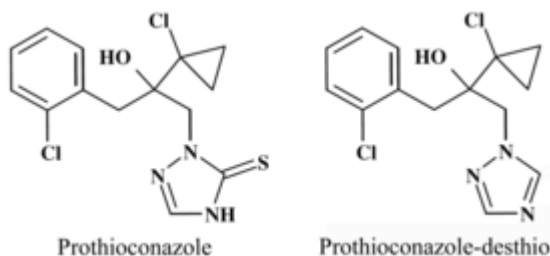
Drensvannet har ikke så mange funn i løpet tidlig på høsten 2014, men har funn i alle prøver fra november og vårprøven mars til juni 2014 (tabell 10.4).

Tabell 10.4 Konsentrasjonen av AMPA grøftevann fra 9 ruter på Kjelle

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | µg AMPA/L grøftevann | | | | | | | | |
| 28.8-15.10 | <0.05 | 0.14 | 0.17 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.19 |
| 15.10-31.10 | 0.068 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.054 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 31.10-28.11 | 0.15 | 0.22 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | <0.05 | 0.11 | 0.11 | 0.12 |
| 22.1-2.3 | <0.05 | 0.086 | 0.06 | <0.05 | 0.142 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| 2.3-10.4 | 0.11 | <0.05 | 0.11 | 0.06 | 0.16 | 0.10 | 0.35 | <0.05 | 0.075 |
| 10.4-11.6 | 0.15 | 0.13 | 0.079 | 0.10 | 0.095 | 0.062 | 0.097 | 0.10 | 0.10 |
| 11.6-9.9 | <0.05 | <0,05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |

10.3 Protiokonazol-destio

Protiokonazol-destio er et nedbrytningsprodukt av soppmidlet protiokonazol (figur 10.3)



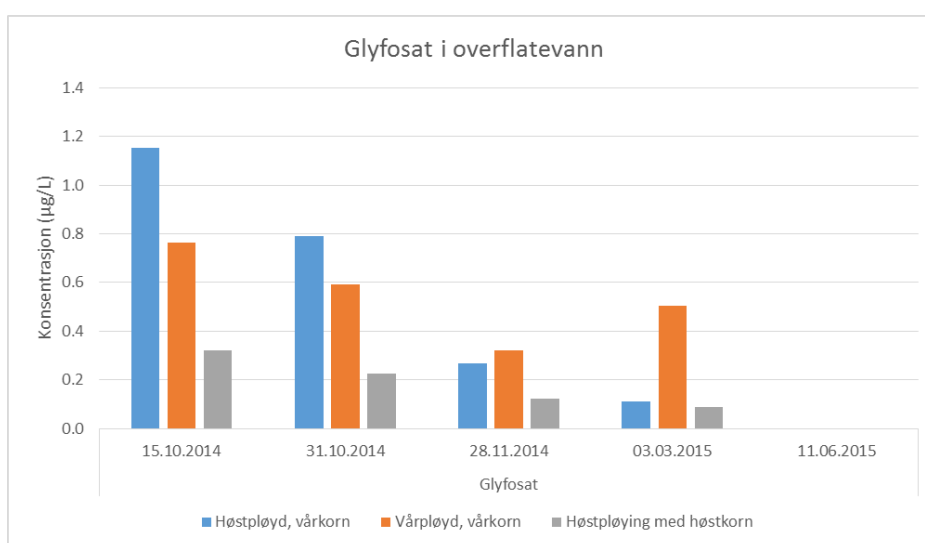
Figur 10.3 Molekylstrukturen til protiokonazol og nedbrytningsproduktet protiokonazol-destio.

Midlet er påvist i enkeltruter fra alle typer jordarbeiding, men har bare fire målinger (tabell 9.3-1) slik at det er vanskelig å si noe generelt om forekomst og effekt av jordarbeiding. De målingene som er gjort er fra kun fra overflatevann. Drensavrenning fra feltet hadde ingen påvisninger av nedbrytningsproduktet. En måling er gjort i juni 2015 ett år etter sprøyting.

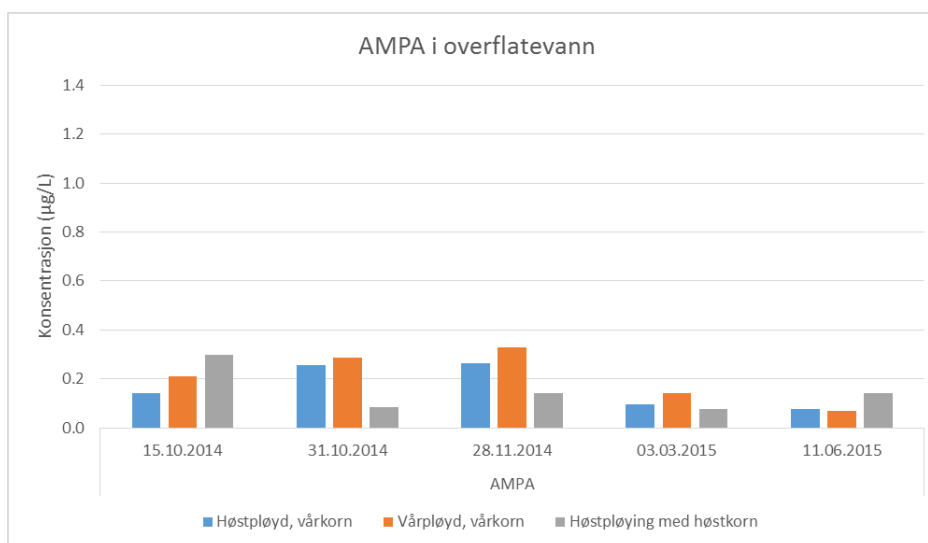
Gjennomsnittskonsentrasjoner for de ulike plantevernmidler og nedbrytningsprodukter i forhold til jordarbeiding er sammenstillet i figur 10.4, 10.5, 10.6 og 10.7.

Tabell 10.5 Konsentrasjonen av protiokonazol-destio i overflateavrenning fra 9 ruter på Kjelle

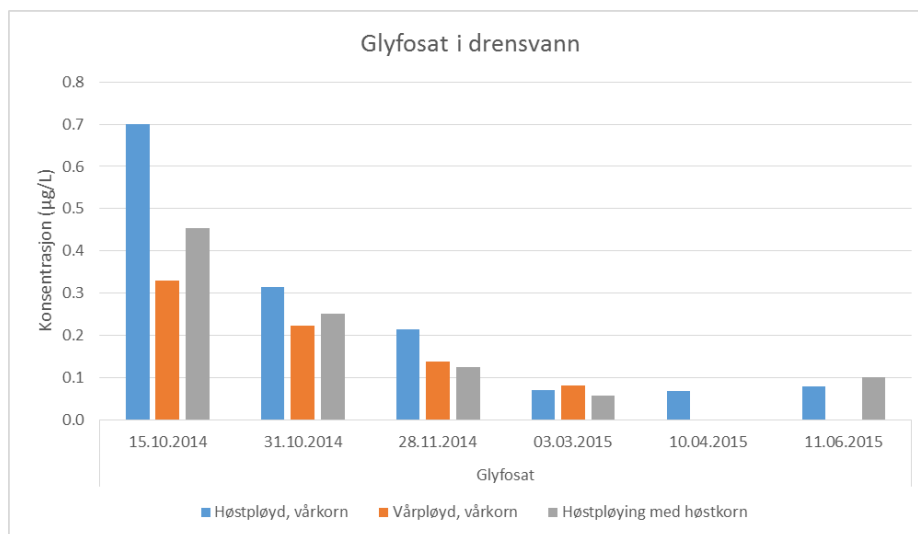
| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|--------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| 28.8-15.10 | | 0.021 | | | | | | 0.023 | 0.028 |
| 15.10-31.10 | | | | | | | | | |
| 31.10-28.11 | | | | | | | | | |
| 22.1-2.3 | | | | | | 0.024 | | | |
| 2.3-11.6 | | | | | 0.010 | | | | |
| 11.6-9.9 | 0.072 | 0.32 | 0.24 | 0.047 | 0.11 | 0.13 | 0.043 | 0.31 | 0.041 |



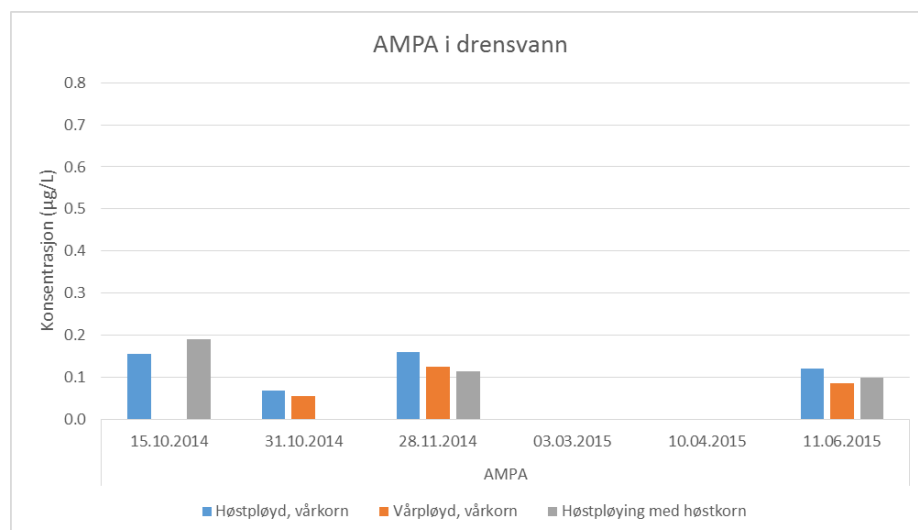
Figur 10.4 Gjennomsnittlig konsentrasjon av glyfosat i overflatevann fra (n=3) ruter med høstpløying/vårkorn, vårpløying/vårkorn og høstpløying med høstkorn.



Figur 10.5 Gjennomsnittlig konsentrasjon av AMPA i overflatevann (n=3) fra ruter med høstpløying/vårkorn, vårpløying/vårkorn og høstpløying med høstkorn.



Figur 10.6 Gjennomsnittlig konsentrasjon av glyfosat i drensvann (n=3) fra ruter med høstpløying/vårkorn, vårpløying/vårkorn og høstpløying/høstkorn.



Figur 10.7 Gjennomsnittlig konsentrasjon av AMPA i drensvann (n=3) fra ruter med høstpløying/vårkorn, vårpløying/vårkorn og høstpløying/høstkorn.

11 DISKUSJON

11.1 Erosjon og tap av næringsstoffer

Effekter av ulik jordarbeidingspraksis er hovedspørsmålet i dette forsøket. Resultatene fra dette året viser at de største jordtap skjer fra ruter med høstpløying og minst jordtap fra ruter med vårpløying. Fra de høstpløyde rutene var det størst jordtap i oktober og november gjennom grøftene. Det ser ut til at pløgsla stabiliserer seg utover vinteren og gir lavere jordtap etterhvert. I juni var det imidlertid forholdsvis store jordtap i overflateavrenning fra de høstpløyde rutene sammenlignet med de andre behandlingene, da har rutene blitt harvet og sådd og jorda er løsnet og mer eroderbar. Høstkornet har større andel jordtap i overflateavrenning enn de to andre behandlingene og det kan henge sammen med at det er lavere vannledningsevne fra høstkorn sammenlignet med stubb med gras slik at det blir mer overflateavrenning (se kapittel 7). Overflateavrenningen fra høstkornrutene økte utover høsten og var størst på vinteren med særlig store jordtap på overflaten i desember-januar. Det kan skje en tilslemming av overflaten fordi jorda er findelt etter harving og såing.

Fosfortapene følger i hovedtrekk tendensene for jordtap, særlig når det gjelder partikkelbundet fosfor. For løst fosfat er det mindre forskjell mellom behandlingene. De årlige tapene av løst fosfat er i gjennomsnitt like store fra høstpløyde ruter som fra ruter med høstkorn. Tapene av løst fosfat fra høstkorn gjennom overflateavrenning er særlig store i februar, mens de er størst fra høstpløyde ruter i oktober-november gjennom grøftene.

De årlige nitrogentapene er lavest fra høstkorn. Fra de vårpløyde og særlig de høstpløyde rutene ble det registrert større nitrogentap. De ble sådd midten av mai med jordarbeiding og gjødsling. Jordarbeidingen kan føre til økt mineralisering og frigjøring av nitrogen. Dette skjer samtidig gjødsling med nitrogen og i en periode hvor kornet ikke har spirt og derfor ikke tar opp næringsstoffer ennå. En kraftig avrenningsepisode 2. juni førte da til utvasking av mye nitrogen fra rutene som ble sådd i mai. Høstkornet kommer raskt i vekst på våren og opptak av nitrogen i høstkorn på forsommeren førte til mindre utvasking fra disse rutene.

Det er forholdsvis god sammenheng mellom avrenning av vann gjennom grøftene og tap av jord, totalfosfor og løstfosfor. Det er imidlertid tre prøver av grøftevann fra rute 9 på høsten som gir meget store jordtap i forhold til avrenningen. Det er usikkert hvorfor det er større jordtap gjennom grøftene fra denne rute enn fra de andre høstkornrutene.

Det ble målt meget høye konsentrasjoner av fosfor, spesielt løst fosfat, i overflatevann på sommeren fra to ruter (rute 1 og 2) som ble sådd på våren. Gjødsling kan ha påvirket konsentrasjonen av løst fosfor i avrenningen i denne perioden og dessuten kan jordas fosfortall ha bidratt til de høye konsentrasjoner. Det var imidlertid lite avrenning på sommeren og tapene av løst fosfat var derfor små fra alle ruter. Forsøksarealet har generelt høyt fosforinnhold i jorda og varierer mellom rutene fra 13 til 33 mg P-AL/100 g i gjennomsnitt for tre jordprøver. Fosfortallene (P-AL) i jord fra rute 1 og 2 de høyeste som ble målt i forsøket. Det er en tendens til høyere konsentrasjon av løst fosfat i overflatevann fra ruter med høyt fosforinnhold, men sammenhengen er ikke statistisk signifikant.

11.2 Avrenning av plantevernmidler

Etter ett år med avrenning er det litt vanskelig å trekke konklusjoner angående effekter av jordarbeiding på glyfosat og nedbrytningsproduktet av soppmidlet protiokonazol. Det kan se ut som at de høyeste konsentrasjoner av glyfosat finnes i overflatevann og særlig fra de feltene som er høstpløyd med vårkorn. Samme tendens er det også for dreinsvann ved at høstpløying med vårkorn gir høyere konsentrasjon av glyfosat enn høstpløying med høstkorn som igjen er høyere enn vårpløying med vårkorn som i mange tilfeller er lavest. Dette kan se ut som kan gi det samme bilde som for jordtap og fosfortap særlig for drenavrenning. Det er ikke analysert for partikkelbundet plantevernmidler, men totalinnhold for hele vannprøven.

Konsentrasjonene i dreinsvannet kan imidlertid være unormalt høyt grunnet nygrøftinger som har tendens til danne dreneringsveier som kan stå åpne.

Konsentrasjonen i dreinsvannet ser ut til å holde seg lenger enn i overflatevannet. Dette kan skyldes raskere nedbryting og eksponering i toppjordlaget enn det som lekker ned gjennom jorda. Raskere nedbrytingen av glyfosat på overflata kan også bekreftes ved at det finnes mer AMPA i overflatevannet, og som øker utover høsten.

12 KONKLUSJONER

Det første forsøksåret (september 2014-september 2015) var betydelig varmere og en del våtere enn normalen for dette område. Høsten var varm og fuktig og det kom mye nedbør i oktober og november. Vinteren var varmere enn normalt med mange fryse-tine perioder og det meste av avrenningen ble målt i perioden fra oktober til mars. Avrenningen skjedde stort sett gjennom drengrøftene, bortsett fra episoder med overflateavrenning på to av de tre høstkornrutene.

Fra forsøkets første år 2014/2015 var den viktigste konklusjonen at det de høstpløyde rutene hadde i gjennomsnitt om lag 3 ganger så store jordtap som de vårpløyde rutene, mens jordtapene fra ruter med høstkorn var betydelig større enn for vårpløyde ruter og viste tendens til å være mindre enn de høstpløyd.

Fosfortapene fulgte den samme trend som for jordtap, men med litt mindre forskjell mellom behandlingene.

Det meste av avrenningen kom på høsten og vinteren og ga de største jordtapene gjennom drengrøftene da, men det var også en kraftig nedbørepisode 2. juni som ga den høyeste konsentrasjonen av suspendert stoff (1400 mg/L) i overflateavrenning. Generelt ble det målt høye konsentrasjoner av suspendert stoff i avrenning i mai-juni fra ruter som ble sådd 15. mai.

De årlige nitrogentapene var lavest fra høstkorn og høyest fra det som ble høstpløyd. Det ble målt meget høye konsentrasjoner av nitrogen i vannprøver om våren fra ruter med vårkorn, både det som ble høstpløyd og vårpløyd. Både nitrogenkonsentrasjoner og nitrogentap var betydelig lavere på våren i både overflatevann og grøftevann fra høstkorn sammenlignet med vårkorn, det vil si høstpløyde og vårpløyde rutene. Vekst og opptak av næringsstoffer har redusert risikoen for utvasking av nitrogen fra høstkornrutene.

Det er to plantevernmidler som ble undersøkt i forsøket, glyfosat og protikonazol. Generelt var det liten effekt av jordarbeiding på konsentrasjon av plantevernmidler i feltet.

Det er små forskjeller i konsentrasjonen av glyfosat ved ulik jordarbeiding med tendens til mer glyfosat i avrenning fra høstpløyde ruter med vårkorn og minst i avrenning fra vårpløyde ruter. Dermed følger glyfosat samme trend som suspendert stoff og jordtap. Konsentrasjonene av glyfosat er generelt relativt lave og representerer liten risiko for effekter på vannlevende organismer (miljøfarlighetsgrense på 20µg/L). Imidlertid overskrider konsentrasjonene av glyfosat grensen for tillat mengde i drikkevann og grunnvann som er 0.1 µg/L.

Protiokonazol-destio ser ut til å brytes ned og finnes kun i overflatevann og da i lave konsentrasjoner. Det ble ikke funnet protiokonazol-destio i drengsvann.

LITTERATURREFERANSER

- Breewisma, A., Reijerink, J.G.A. og Schoumans, O.F. 1995. Impact of manure on accumulation and leaching of phosphate in areas of intensive livestock farming. P. 239-249. In K. Steele (red.) *Animal waste and the land water interface*. Lewis publication-CRC Press, New York.
- Decagon Devices Inc., 2015. 5TM Water Content and Temperature Sensors.
- Hauken, M., Kværnø, S., Bechmann, M., Tveiti, G. og Eklo, O.M. 2015. Etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk – Ruteforsøk med måling av overflate- og grøfteavrenning. *Bioforsk rapport 10(33)*. 50s.
- Kværnø, S.H., Bechmann, M., 2010. Strømningsveier for vann, partikler og næringsstoffer i jord. *VANN 45(2)*:177-190.
- Skøien, S., Børresen, T. og Bechmann, M. 2012. Effects of tillage methods on soil erosion. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and plant Science*. Vol 62, Suppl. 2 191-198.

VEDLEGG 1: DRIFTSPRAKSIS

Tabell v1. Jordbruksdrift i forsøksledd med **høstpløying** 2014-2015

| Dato | Aktivitet |
|-------------------|---|
| 25. august 2014 | Sprøyting med Glyfonova pluss 350 ml/daa (glyfosat: 360 mg/L) på alle unntatt x-rutene. |
| 2. september 2014 | Pløying |
| 15. mai 2015 | Harving |
| 15. mai 2015 | Såing av havre. 22 kg havre Odal/daa |
| 15. mai 2015 | Gjødsling 45 kg NPK 25-2-6 /daa |
| 18. juni 2015 | Sprøyting mot ugras (Proline EC 250: 80 ml/daa) og sopp (Ariane S: 250 ml/daa). |
| 29. august 2015 | Avlingsregistrering |
| 8. september 2015 | Tresking |

Tabell v2. Jordbruksdrift i forsøksledd med **vårpløying** 2014-2015

| Dato | Aktivitet |
|-----------------|---|
| 25. august 2014 | Sprøyting med Glyfonova pluss 350 ml/daa (glyfosat: 360 mg/L) på alle unntatt x-rutene. |
| 9. mai 2015 | Pløying |
| 15. mai 2015 | Harving |
| 15. mai 2015 | Såing av bygg. 25 kg bygg Helium/daa |
| 15. mai 2015 | Gjødsling 45 kg NPK 25-2-6 /daa |
| 18. juni 2015 | Sprøyting mot ugras (Proline EC 250: 80 ml/daa) og sopp (Ariane S: 250 ml/daa). |
| 20. august 2015 | Avlingsregistrering |
| 29. august 2015 | Tresking |

Tabell v3. Jordbruksdrift i forsøksledd med **høstkorn** 2014-2015

| Dato | Aktivitet |
|-----------------|--|
| 25. august 2014 | Sprøyting med Glyfonova pluss 350 ml/daa (glyfosat: 360 mg/L) på alle unntatt x- |

| | |
|-----------------------|---|
| | rutene. |
| 2. september 2014 | Pløying |
| 3. september 2014 | Harving |
| 10. september 2014 | Såing av høsthvete. 21 kg høsthvete Ellvis/daa |
| 16. april 2015 | Gjødsling 29 kg NPK 25-2-6 /daa (7 kg N/daa) |
| 18. juni 2015 | Sprøyting mot ugras (Proline EC 250: 80 ml/daa) og sopp (Ariane S: 250 ml/daa). |
| 2. juni 2015 | Gjødsling 20 kg Kalksalpeter (15,5% N) /daa (3,1 kg N/daa) |
| 24. juni 2015 | Gjødsling 19 kg Kalksalpeter (15,5% N) /daa (3 kg N/daa) |
| 29. august 2015 | Avlingsregistrering |
| 8. september 2015 | Tresking |

VEDLEGG 2. ANALYSERESULTATER VANNPRØVER

| stasj_id | fra_tidspkt | tidspkt | pr_id | ph | kond | ss | ss_glr | p_po4løst | p_tot | n_no3 | n_tot |
|----------|-------------|-----------|-------|-----|--------|-----|--------|-----------|-------|-------|-------|
| kjel_r1g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94609 | 6.7 | 0.186 | 130 | 120 | 0.19 | 0.57 | 4.2 | 4.7 |
| kjel_r1g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94694 | | 0.108 | 230 | | 0.18 | 0.53 | | 1.4 |
| kjel_r1g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94781 | | 0.134 | 180 | | 0.17 | 0.58 | | 1.6 |
| kjel_r1g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94965 | | 0.0737 | 180 | | 0.1 | 0.41 | | 1.2 |
| kjel_r1g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95077 | | 0.0498 | 50 | | 0.099 | 0.24 | | 1.3 |
| kjel_r1g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95336 | | 0.175 | 42 | | 0.13 | 0.33 | | 3.6 |
| kjel_r1g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95281 | | 0.338 | 280 | | 0.11 | 0.48 | | 19 |
| kjel_r1g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95522 | | 0.138 | 65 | | 0.15 | 0.39 | | 1.9 |
| kjel_r1o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94610 | 6.2 | 0.109 | 93 | 78 | 0.66 | 1 | 3.9 | 4.4 |
| kjel_r1o | 15-okt-14 | 28-nov-14 | 94782 | | 0.0599 | 220 | | 0.62 | 1 | | 3.3 |
| kjel_r1o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94966 | | 0.0259 | 79 | | 0.11 | 0.26 | | 0.7 |
| kjel_r1o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95078 | | 0.0428 | 11 | | 0.22 | 0.4 | | 2.2 |
| kjel_r1o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95290 | | 0.153 | 480 | | 0.35 | 0.98 | | 11 |
| kjel_r1o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95523 | | 0.141 | 100 | | 2.6 | 3.3 | | 7.1 |
| kjel_r2g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94611 | 6.8 | 0.215 | 120 | 110 | 0.13 | 0.41 | 4.4 | 5 |
| kjel_r2g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94710 | | 0.127 | 160 | | 0.14 | 0.47 | | 1.7 |
| kjel_r2g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94783 | | 0.18 | 140 | | 0.11 | 0.41 | | 1.7 |
| kjel_r2g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94967 | | 0.108 | 160 | | 0.082 | 0.34 | | 1.5 |
| kjel_r2g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95079 | | 0.0552 | 45 | | 0.072 | 0.13 | | 1.2 |
| kjel_r2g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95337 | | 0.268 | 11 | | 0.053 | 0.11 | | 2.9 |
| kjel_r2g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95282 | | 0.348 | 190 | | 0.056 | 0.31 | | 14 |
| kjel_r2g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95524 | | 0.146 | 91 | | 0.1 | 0.33 | | 1.6 |
| kjel_r2o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94612 | 6.2 | 0.132 | 170 | 150 | 0.38 | 0.84 | 6.2 | 7 |
| kjel_r2o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94695 | | 0.0755 | 270 | | 0.44 | 0.91 | | 3.1 |
| kjel_r2o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94784 | | 0.068 | 190 | | 0.42 | 0.88 | | 2.5 |
| kjel_r2o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94968 | | 0.0434 | 91 | | 0.31 | 0.57 | | 2.1 |
| kjel_r2o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95080 | | 0.022 | 36 | | 0.1 | 0.12 | | 0.75 |
| kjel_r2o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95291 | | 0.13 | 290 | | 0.25 | 0.52 | | 9.8 |
| kjel_r2o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95525 | | 0.114 | 120 | | 1.2 | 1.8 | | 10 |
| kjel_r3g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94613 | 6.8 | 0.186 | 220 | 200 | 0.14 | 0.58 | 3.4 | 3.7 |
| kjel_r3g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94696 | | 0.108 | 240 | | 0.14 | 0.52 | | 1.3 |
| kjel_r3g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94785 | | 0.146 | 210 | | 0.11 | 0.5 | | 0.28 |
| kjel_r3g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94969 | | 0.093 | 210 | | 0.089 | 0.42 | | 1.3 |
| kjel_r3g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95081 | | 0.0651 | 47 | | 0.069 | 0.18 | | 1 |
| kjel_r3g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95338 | | 0.253 | 20 | | 0.046 | 0.14 | | 2.4 |
| kjel_r3g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95283 | | 0.286 | 200 | | 0.051 | 0.32 | | 11 |
| kjel_r3g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95526 | | 0.142 | 74 | | 0.12 | 0.37 | | 1.2 |
| kjel_r3o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94614 | 6.5 | 0.137 | 180 | 160 | 0.11 | 0.54 | 2.1 | 3.1 |
| kjel_r3o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94697 | | 0.0848 | 170 | | 0.14 | 0.49 | | 0.87 |
| kjel_r3o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94786 | | 0.0798 | 230 | | 0.12 | 0.55 | | 0.83 |
| kjel_r3o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94970 | | 0.0341 | 240 | | 0.091 | 0.41 | | 0.88 |
| kjel_r3o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95082 | | 0.0356 | 24 | | 0.11 | 0.2 | | 0.83 |

| stasj_id | fra_tidspkt | tidspkt | pr_id | ph | kond | ss | ss_glr | p_po4løst | p_tot | n_no3 | n_tot |
|----------|-------------|-----------|-------|-----|--------|------|--------|-----------|-------|-------|-------|
| kjel_r3o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95292 | | 0.118 | 210 | | 0.11 | 0.43 | | 6 |
| kjel_r3o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95527 | | 0.0955 | 32 | | 0.34 | 0.39 | | 2 |
| kjel_r4g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94615 | 6.8 | 0.226 | 72 | 59 | 0.11 | 0.28 | 6.1 | 6.3 |
| kjel_r4g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94698 | | 0.135 | 100 | | 0.13 | 0.42 | | 2 |
| kjel_r4g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94787 | | 0.186 | 82 | | 0.1 | 0.33 | | 1.9 |
| kjel_r4g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94971 | | 0.102 | 110 | | 0.076 | 0.28 | | 1.7 |
| kjel_r4g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95083 | | 0.0683 | 55 | | 0.077 | 0.19 | | 1.1 |
| kjel_r4g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95339 | | 0.261 | 12 | | 0.047 | 0.1 | | 3.2 |
| kjel_r4g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95284 | | 0.414 | 170 | | 0.049 | 0.26 | | 25 |
| kjel_r4g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95528 | | 0.134 | 66 | | 0.12 | 0.35 | | 1.1 |
| kjel_r4o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94616 | 6.5 | 0.1 | 200 | 180 | 0.2 | 0.33 | 0.77 | 1.4 |
| kjel_r4o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94699 | | 0.0622 | 390 | | 0.18 | 0.65 | | 0.74 |
| kjel_r4o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94788 | | 0.0691 | 350 | | 0.14 | 0.68 | | 0.68 |
| kjel_r4o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94972 | | 0.0307 | 120 | | 0.11 | 0.32 | | 0.63 |
| kjel_r4o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95084 | | 0.0302 | 22 | | 0.074 | 0.11 | | 0.5 |
| kjel_r4o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95293 | | 0.352 | 480 | | 0.069 | 0.61 | | 33 |
| kjel_r4o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95529 | | 0.0755 | 50 | | 0.34 | 0.38 | | 1.9 |
| kjel_r5g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94617 | 6.6 | 0.159 | 160 | 140 | 0.19 | 0.56 | 4.3 | 5 |
| kjel_r5g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94700 | | 0.0929 | 210 | | 0.16 | 0.53 | | 1.4 |
| kjel_r5g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94789 | | 0.118 | 150 | | 0.12 | 0.52 | | 1.4 |
| kjel_r5g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94973 | | 0.0722 | 190 | | 0.09 | 0.4 | | 1.6 |
| kjel_r5g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95085 | | 0.0786 | 43 | | 0.06 | 0.2 | | 1.6 |
| kjel_r5g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95340 | | 0.147 | 21 | | 0.058 | 0.19 | | 3.4 |
| kjel_r5g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95285 | | 0.289 | 300 | | 0.056 | 0.48 | | 19 |
| kjel_r5g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95530 | | 0.118 | 77 | | 0.14 | 0.4 | | 1.2 |
| kjel_r5o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94618 | 6.3 | 0.234 | 150 | 130 | 0.21 | 0.45 | 13 | 13 |
| kjel_r5o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94701 | | 0.0863 | 200 | | 0.18 | 0.58 | | 2.2 |
| kjel_r5o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94790 | | 0.0759 | 210 | | 0.15 | 0.43 | | 1.6 |
| kjel_r5o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94974 | | 0.0336 | 85 | | 0.064 | 0.19 | | 0.94 |
| kjel_r5o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95086 | | 0.0333 | 36 | | 0.068 | 0.17 | | 1.2 |
| kjel_r5o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95294 | | 0.215 | 1400 | | 0.11 | 1.4 | | 18 |
| kjel_r5o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95531 | | 0.0543 | 130 | | 0.28 | 0.49 | | 1 |
| kjel_r6g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94619 | 6.7 | 0.159 | 160 | 140 | 0.17 | 0.56 | 2.7 | 3.3 |
| kjel_r6g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94702 | | 0.103 | 180 | | 0.2 | 0.58 | | 1.3 |
| kjel_r6g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94791 | | 0.13 | 170 | | 0.14 | 0.65 | | 1.1 |
| kjel_r6g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94975 | | 0.0836 | 230 | | 0.11 | 0.49 | | 1.2 |
| kjel_r6g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95087 | | 0.058 | 26 | | 0.071 | 0.15 | | 1.1 |
| kjel_r6g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95341 | | 0.24 | 28 | | 0.046 | 0.19 | | 1.7 |
| kjel_r6g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95286 | | 0.264 | 240 | | 0.053 | 0.43 | | 9.7 |
| kjel_r6g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95532 | | 0.148 | 61 | | 0.13 | 0.34 | | 2.1 |
| kjel_r6o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94620 | 6.3 | 0.0803 | 780 | 720 | 0.21 | 1.1 | 1.5 | 2.3 |
| kjel_r6o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94703 | | 0.0536 | 570 | | 0.25 | 0.94 | | 0.73 |
| kjel_r6o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94792 | | 0.0596 | 760 | | 0.19 | 1.4 | | 0.82 |
| kjel_r6o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94976 | | 0.0357 | 500 | | 0.1 | 0.64 | | 0.62 |

| stasj_id | fra_tidspkt | tidspkt | pr_id | ph | kond | ss | ss_glr | p_po4løst | p_tot | n_no3 | n_tot |
|----------|-------------|-----------|-------|-----|--------|-----|--------|-----------|-------|-------|-------|
| kjel_r6o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95088 | | 0.0642 | 100 | | 0.11 | 0.32 | | 1.4 |
| kjel_r6o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95295 | | 0.0943 | 240 | | 0.21 | 0.51 | | 5.1 |
| kjel_r6o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95533 | | 0.0841 | 30 | | 0.7 | 0.8 | | 4.5 |
| kjel_r7g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94621 | 6.5 | 0.191 | 86 | 74 | 0.1 | 0.38 | 6.6 | 6.9 |
| kjel_r7g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94704 | | 0.125 | 78 | | 0.15 | 0.4 | | 2.2 |
| kjel_r7g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94793 | | 0.118 | 110 | | 0.13 | 0.44 | | 1.9 |
| kjel_r7g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94977 | | 0.0813 | 71 | | 0.1 | 0.29 | | 1.7 |
| kjel_r7g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95089 | | 0.061 | 27 | | 0.085 | 0.16 | | 1.4 |
| kjel_r7g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95342 | | 0.197 | 20 | | 0.061 | 0.16 | | 6.8 |
| kjel_r7g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95287 | | 0.455 | 370 | | 0.05 | 0.47 | | 40 |
| kjel_r7g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95534 | | 0.12 | 96 | | 0.14 | 0.44 | | 2 |
| kjel_r7o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94622 | 6 | 0.0447 | 74 | 64 | 0.31 | 0.46 | 1.3 | 1.8 |
| kjel_r7o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94705 | | 0.0343 | 550 | | 0.28 | 0.98 | | 1.4 |
| kjel_r7o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94794 | | 0.0427 | 200 | | 0.25 | 0.58 | | 1.2 |
| kjel_r7o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94978 | | 0.0256 | 110 | | 0.11 | 0.28 | | 0.8 |
| kjel_r7o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95090 | | 0.0286 | 12 | | 0.1 | 0.14 | | 0.61 |
| kjel_r7o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95296 | | 0.558 | 350 | | 0.25 | 0.68 | | 55 |
| kjel_r7o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95535 | | 0.0939 | 110 | | 0.55 | 0.85 | | 3.4 |
| kjel_r8g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94623 | 6.8 | 0.225 | 190 | 170 | 0.096 | 0.95 | 3.4 | 4.1 |
| kjel_r8g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94706 | | 0.152 | 140 | | 0.11 | 0.48 | | 1.3 |
| kjel_r8g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94795 | | 0.18 | 220 | | 0.084 | 0.47 | | 2.4 |
| kjel_r8g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94979 | | 0.185 | 130 | | 0.058 | 0.37 | | 1.4 |
| kjel_r8g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95091 | | 0.128 | 60 | | 0.065 | 0.22 | | 1.7 |
| kjel_r8g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95343 | | 0.254 | 11 | | 0.044 | 0.15 | | 2.2 |
| kjel_r8g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95288 | | 0.243 | 75 | | 0.047 | 0.23 | | 1.8 |
| kjel_r8g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95536 | | 0.176 | 25 | | 0.093 | 0.3 | | 3 |
| kjel_r8o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94624 | 6.6 | 0.123 | 240 | 210 | 0.14 | 0.63 | 2.3 | 3 |
| kjel_r8o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94707 | | 0.0816 | 400 | | 0.15 | 0.85 | | 1.4 |
| kjel_r8o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94796 | | 0.0819 | 540 | | 0.16 | 0.9 | | 1.2 |
| kjel_r8o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94980 | | 0.0336 | 580 | | 0.09 | 0.69 | | 1.1 |
| kjel_r8o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95092 | | 0.0439 | 96 | | 0.092 | 0.32 | | 1.7 |
| kjel_r8o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95297 | | 0.102 | 250 | | 0.14 | 0.18 | | 4.3 |
| kjel_r8o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95537 | | 0.0866 | 48 | | 0.37 | 0.55 | | 2.1 |
| kjel_r9g | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94625 | 6.3 | 0.129 | 570 | 510 | 0.13 | 1.1 | 2.5 | 3.2 |
| kjel_r9g | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94708 | | 0.0796 | 820 | | 0.16 | 1.2 | | 1.8 |
| kjel_r9g | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94797 | | 0.0979 | 730 | | 0.099 | 1.1 | | 2.1 |
| kjel_r9g | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94981 | | 0.0757 | 330 | | 0.084 | 0.53 | | 2 |
| kjel_r9g | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95093 | | 0.07 | 80 | | 0.08 | 0.28 | | 2.1 |
| kjel_r9g | 02-mar-15 | 10-apr-15 | 95344 | | 0.139 | 68 | | 0.065 | 0.31 | | 3.1 |
| kjel_r9g | 10-apr-15 | 11-jun-15 | 95289 | | 0.49 | 250 | | 0.039 | 0.36 | | 43 |
| kjel_r9g | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95538 | | 0.0964 | 170 | | 0.11 | 0.45 | | 1.5 |
| kjel_r9o | 28-aug-14 | 15-okt-14 | 94626 | 6.1 | 0.157 | 470 | 420 | 0.19 | 1.1 | 3.7 | 5.1 |
| kjel_r9o | 15-okt-14 | 31-okt-14 | 94709 | | 0.0834 | 540 | | 0.17 | 0.87 | | 2.2 |
| kjel_r9o | 31-okt-14 | 28-nov-14 | 94798 | | 0.0723 | 550 | | 0.15 | 0.83 | | 2.2 |
| kjel_r9o | 28-nov-14 | 22-jan-15 | 94982 | | 0.0498 | 240 | | 0.1 | 0.48 | | 2.5 |

| stasj_id | fra_tidspkt | tidspkt | pr_id | ph | kond | ss | ss_glr | p_po4løst | p_tot | n_no3 | n_tot |
|----------|-------------|-----------|-------|----|--------|-----|--------|-----------|-------|-------|-------|
| kjel_r9o | 22-jan-15 | 02-mar-15 | 95094 | | 0.0329 | 31 | | 0.055 | 0.16 | | 1.7 |
| kjel_r9o | 02-mar-15 | 11-jun-15 | 95298 | | 0.35 | 790 | | 0.091 | 0.69 | | 33 |
| kjel_r9o | 11-jun-15 | 09-sep-15 | 95539 | | 0.0554 | 27 | | 0.27 | 0.45 | | 1.1 |

VEDLEGG 3. TAP AV JORD OG FOSFOR GJENNOM GRØFTE- OG OVERFLATEAVRENNING

| Grøfteavrenning | Høstpløying | Vårpløying | Høstkorning | Vårpløying | Høstpløying | Høstkorning | Vårpløying | Høstkorning | Høstpløying |
|-------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Suspendert stoff | | | | | | | | | |
| kg/daa | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Rute 4 | Rute 5 | Rute 6 | Rute 7 | Rute 8 | Rute 9 |
| sep. 14 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.10 | 0.01 | 0.02 | 0.07 |
| okt. 14 | 0.02 | 1.91 | 1.06 | 5.78 | 2.34 | 20.00 | 0.52 | 17.19 | 24.50 |
| nov. 14 | 0.00 | 0.94 | 0.00 | 2.96 | 0.54 | 26.00 | 0.31 | 17.20 | 11.32 |
| des. 14 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.27 | 0.26 | 4.30 | 0.08 | 10.39 | 1.98 |
| jan. 15 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.81 | 1.60 | 83.30 | 2.00 | 21.81 | 1.99 |
| feb. 15 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.96 | 0.96 | 21.30 | 0.18 | 9.31 | 0.51 |
| mar. 15 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.14 | 0.83 | 7.10 | 0.08 | 2.00 | 0.48 |
| apr. 15 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.03 |
| mai. 15 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.57 | 1.60 | 0.10 | 0.43 | 1.07 | 1.63 |
| jun. 15 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 6.00 | 26.93 | 1.40 | 1.26 | 1.38 | 9.63 |
| jul. 15 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| aug. 15 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00 |
| Hele året | 0.03 | 3.82 | 1.07 | 17.54 | 35.18 | 163.60 | 4.92 | 80.40 | 52.15 |
| | | | | | | | | | |
| Total fosfor | | | | | | | | | |
| g/daa | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Rute 4 | Rute 5 | Rute 6 | Rute 7 | Rute 8 | Rute 9 |
| sep. 14 | 0.3 | 1.5 | 0.4 | 0.7 | 0.3 | 2.3 | 0.1 | 3.1 | 5.3 |
| okt. 14 | 124.2 | 90.2 | 137.1 | 71.8 | 134.2 | 119.1 | 65.4 | 44.3 | 260.9 |
| nov. 14 | 79.3 | 53.8 | 76.7 | 41.0 | 72.9 | 105.6 | 41.3 | 21.9 | 134.8 |
| des. 14 | 23.0 | 23.1 | 25.3 | 16.1 | 22.6 | 36.4 | 9.0 | 9.7 | 29.8 |
| jan. 15 | 25.4 | 18.7 | 3.4 | 14.9 | 18.0 | 15.8 | 8.0 | 2.1 | 29.3 |
| feb. 15 | 17.2 | 9.5 | 0.0 | 15.2 | 10.4 | 4.5 | 4.8 | 0.7 | 24.0 |
| mar. 15 | 14.6 | 7.0 | 0.0 | 9.1 | 8.8 | 10.3 | 2.6 | 6.7 | 18.6 |
| apr. 15 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.9 | 0.8 |
| mai. 15 | 8.7 | 8.7 | 6.6 | 5.8 | 5.2 | 6.1 | 1.8 | 5.0 | 10.0 |
| jun. 15 | 8.2 | 7.9 | 6.3 | 4.2 | 6.7 | 7.4 | 3.7 | 3.0 | 7.8 |
| jul. 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| aug. 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Hele året | 300.9 | 221.1 | 255.8 | 179.2 | 279.1 | 308.1 | 136.7 | 97.4 | 521.3 |
| | | | | | | | | | |
| Løst fosfor | | | | | | | | | |
| g/daa | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Rute 4 | Rute 5 | Rute 6 | Rute 7 | Rute 8 | Rute 9 |
| sep. 14 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.0 | 0.3 | 0.6 |
| okt. 14 | 41.9 | 27.4 | 35.8 | 23.8 | 41.9 | 39.4 | 23.0 | 7.1 | 33.3 |
| nov. 14 | 23.2 | 14.4 | 16.9 | 12.4 | 16.8 | 22.8 | 12.2 | 3.9 | 12.2 |
| des. 14 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 4.4 | 5.1 | 8.2 | 3.1 | 1.5 | 4.7 |
| jan. 15 | 7.5 | 5.9 | 0.7 | 4.7 | 4.4 | 4.1 | 3.1 | 0.4 | 5.6 |
| feb. 15 | 7.1 | 5.2 | 0.0 | 6.2 | 3.1 | 2.1 | 2.5 | 0.2 | 6.9 |
| mar. 15 | 5.8 | 3.5 | 0.0 | 4.1 | 2.7 | 2.7 | 1.1 | 2.0 | 4.1 |
| apr. 15 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.1 |
| mai. 15 | 2.0 | 1.6 | 1.1 | 1.1 | 0.6 | 0.8 | 0.2 | 1.0 | 1.1 |
| jun. 15 | 1.9 | 1.4 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 0.7 | 0.9 |
| jul. 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| aug. 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Hele året | 95.2 | 65.7 | 60.9 | 58.0 | 75.5 | 81.7 | 45.6 | 17.2 | 69.5 |
| | | | | | | | | | |
| Overflateavrenning | Høstpløying | Vårpløying | Høstkorning | Vårpløying | Høstpløying | Høstkorning | Vårpløying | Høstkorning | Høstpløying |
| Suspendert stoff | | | | | | | | | |
| kg/daa | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Rute 4 | Rute 5 | Rute 6 | Rute 7 | Rute 8 | Rute 9 |
| sep. 14 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.10 | 0.01 | 0.02 | 0.07 |
| okt. 14 | 0.02 | 1.91 | 1.06 | 5.78 | 2.34 | 20.00 | 0.52 | 17.19 | 24.50 |
| nov. 14 | 0.00 | 0.94 | 0.00 | 2.96 | 0.54 | 26.00 | 0.31 | 17.20 | 11.32 |
| des. 14 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.27 | 0.26 | 4.30 | 0.08 | 10.39 | 1.98 |
| jan. 15 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.81 | 1.60 | 83.30 | 2.00 | 21.81 | 1.99 |
| feb. 15 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.96 | 0.96 | 21.30 | 0.18 | 9.31 | 0.51 |
| mar. 15 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.14 | 0.83 | 7.10 | 0.08 | 2.00 | 0.48 |
| apr. 15 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.03 |
| mai. 15 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.57 | 1.60 | 0.10 | 0.43 | 1.07 | 1.63 |
| jun. 15 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 6.00 | 26.93 | 1.40 | 1.26 | 1.38 | 9.63 |
| jul. 15 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| aug. 15 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.00 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Hele året | 0.03 | 3.82 | 1.07 | 17.54 | 35.18 | 163.60 | 4.92 | 80.40 | 52.15 |
| | | | | | | | | | |
| Total fosfor | | | | | | | | | |
| g/daa | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Rute 4 | Rute 5 | Rute 6 | Rute 7 | Rute 8 | Rute 9 |
| sep. 14 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 |
| okt. 14 | 0.2 | 7.1 | 3.1 | 9.6 | 6.9 | 32.0 | 1.0 | 38.4 | 45.7 |
| nov. 14 | 0.0 | 4.4 | 0.0 | 5.8 | 1.1 | 47.9 | 0.9 | 28.7 | 17.1 |
| des. 14 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.7 | 0.6 | 5.6 | 0.2 | 12.4 | 4.0 |
| jan. 15 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 2.4 | 4.6 | 111.7 | 5.3 | 30.2 | 4.3 |
| feb. 15 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 4.8 | 4.5 | 68.2 | 2.1 | 31.0 | 2.6 |
| mar. 15 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 1.1 | 20.2 | 0.2 | 3.2 | 0.5 |
| apr. 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| mai. 15 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.7 | 1.6 | 0.2 | 0.8 | 0.8 | 1.4 |
| jun. 15 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 7.7 | 27.0 | 3.0 | 2.5 | 1.0 | 8.4 |
| jul. 15 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| aug. 15 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Hele året | 0.4 | 15.8 | 3.1 | 32.1 | 47.7 | 289.2 | 13.5 | 146.0 | 84.4 |
| | | | | | | | | | |
| Løst fosfor | | | | | | | | | |
| g/daa | Rute 1 | Rute 2 | Rute 3 | Rute 4 | Rute 5 | Rute 6 | Rute 7 | Rute 8 | Rute 9 |
| sep. 14 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| okt. 14 | 0.1 | 3.4 | 0.7 | 3.4 | 2.7 | 8.1 | 0.4 | 7.3 | 8.5 |
| nov. 14 | 0.0 | 2.1 | 0.0 | 1.2 | 0.4 | 6.5 | 0.4 | 5.1 | 3.1 |
| des. 14 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.9 | 0.1 | 1.6 | 0.8 |
| jan. 15 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 1.0 | 1.7 | 19.0 | 2.2 | 5.0 | 1.0 |
| feb. 15 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 3.2 | 1.8 | 23.4 | 1.5 | 8.9 | 0.9 |
| mar. 15 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 7.3 | 0.1 | 1.4 | 0.1 |
| apr. 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| mai. 15 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.2 |
| jun. 15 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.9 | 2.1 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 1.1 |
| jul. 15 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| aug. 15 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| Hele året | 0.3 | 8.0 | 0.8 | 10.2 | 9.4 | 66.8 | 6.1 | 30.8 | 15.8 |

ETTERORD

Vi takker Kjelle videregående skole for det gode samarbeidet og for alle bidrag til prosjektet. Dessuten takker vi referansegruppen for nyttige innspill, og takk for de økonomiske bidragene fra Landbruksdirektoratet og fra Haldenvassdraget vannområde.

| | |
|------------|--|
| Nøkkelord: | Jordarbeiding, klima, erosjon, suspendert stoff, fosfor, løst fosfat, nitrogen, plantevernmidler, ruteforsøk |
| Key words: | Soil tillage, climate, erosion, suspended sediments, phosphorus, phosphate, nitrogen, pesticides, runoff plots |

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

