



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Kjelle avrenningsforsøk

Årsrapport 2017-2018 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

NIBIO RAPPORT | VOL. 5 | NR. 26 | 2019



Marianne Bechmann, Torsten Starkloff, Ole Martin Eklo*, Geir Tveiti

Divisjon for miljø og naturressurser/Jordressurser og arealbruk, * Divisjon for Bioteknologi og plantehelse
/ Pesticider og naturstoffkjemi

TITTEL/TITLE

Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2017–2018 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Marianne Bechmann, Torsten Starkloff, Ole Martin Eklo, Geir Tveiti

| | | | | |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|-------------------------|
| DATO/DATE: | RAPPORT NR./ REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: | PROSJEKTNR./PROJECT NO.: | SAKSNR./ARCHIVE NO.: |
| 27.02.2019 | 5/26/2019 | Åpen | 8503 | 17/01076 |
| ISBN: | ISSN: | ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES: | |
| 978-82-17-02284-8 | 2464-1162 | 46 | | |

OPPDRAKSGIVER/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

Erosion and runoff

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Se side 5

See page 8

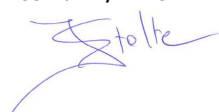
LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

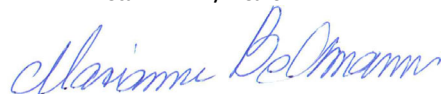
Akershus

GODKJENT /APPROVED



JANNE STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



MARIANNE BECHMANN

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten oppsummerer resultater fra alle forsøksår med spesiell fokus på det tredje året (01.09.17 – 01.09.18) for avrenningsforsøket på Kjelle Videregående skole i Bjørkelangen. Forsøket gjennomføres i samarbeid mellom Kjelle Videregående skole, Romerike Landbruksrådgiving og NIBIO.

Følgende personer har bidratt til drift av forsøket i 2014-2018:

Thomas Sandbækbråten og Stig Helge Basnes, Kjelle Vgs.

Jan Stabbetorp, Roger Kollstuen, Norsk Landbruksrådgiving Øst

Geir Tveiti, Kjell Wærnhus, Ole Martin Eklo og Marianne Bechmann.

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

Resultatene som presenteres her omfatter avrenning av både partikler, næringsstoffer og plantevernmidler.

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

Ås, 27.02.19

Marianne Bechmann

Innhold

| | |
|--|----|
| Sammendrag..... | 5 |
| Summary..... | 7 |
| 1 Innledning..... | 9 |
| 2 Metoder..... | 10 |
| 2.1 Jordarbeiding og drift..... | 10 |
| 2.2 Sprøyting..... | 10 |
| 2.3 Avrenning og prøvetaking..... | 10 |
| 2.4 Målefeil og usikkerheter..... | 10 |
| 3 Driftspraksis..... | 12 |
| 3.1 Jordarbeiding..... | 12 |
| 3.2 Såing av korn..... | 12 |
| 3.3 Gjødsling og sprøyting..... | 13 |
| 3.4 Høstetidspunkt og avling..... | 13 |
| 4 Værforhold..... | 14 |
| 5 Avrenning..... | 16 |
| 5.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger..... | 16 |
| 5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året..... | 18 |
| 6 Partikler og næringsstoffer..... | 23 |
| 6.1 Konsentrasjoner..... | 23 |
| 6.1.1 Suspendert stoff..... | 23 |
| 6.1.2 Fosfor..... | 24 |
| 6.1.3 Nitrogen..... | 26 |
| 6.2 Jord- og næringsstofftap..... | 27 |
| 6.2.1 Jordtap..... | 27 |
| 6.2.2 Fosfortap..... | 29 |
| 6.2.3 Nitrogentap..... | 32 |
| 7 Plantevernmidler..... | 35 |
| 7.1.1 AMPA..... | 38 |
| 7.2 Oppsummering av resultater fra fire år med pesticiddata..... | 40 |
| 8 Konklusjoner..... | 44 |
| Referanser..... | 45 |

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 slike arealer utgjør størsteparten av jordbruksarealene der det dyrkes korn.

Kjelle ruteforsøk

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 grøftvann fra hver rute. Det er tre gjentak og behandlingene omfatter

1. høstpløying med vårkorn
2. vårpløying med vårkorn
3. høstpløying med høstkorn

Resultater fra forsøkets fire år (2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 og 2017-2018), er beskrevet i denne rapporten med fokus på siste året.

Vær og avrenning

Det siste året (1. september 2017-1. september 2018) har det vært mindre nedbør (630 mm) enn gjennomsnitt for normalperioden (702 mm) og gjennomsnittstemperaturen har vært høyere (5,9 °C) enn i normalperioden (3,3 °C). Resultatene for det siste året, 2017-2018 var preget av en sommer med sterk tørke og lave avlinger. Den gjennomsnittlige avrenningen var på 465 mm.

Jord- og næringsstofftap

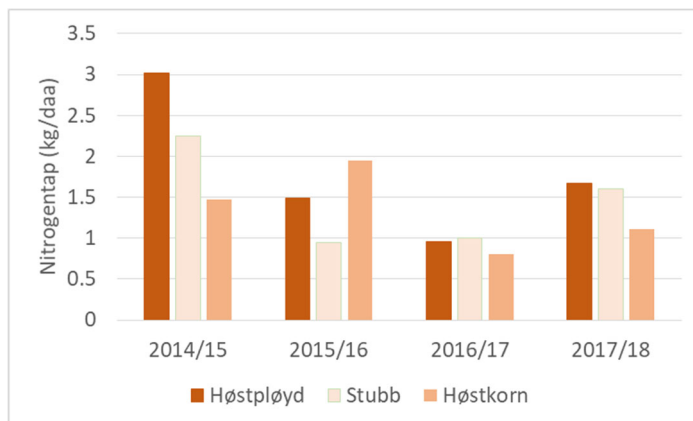
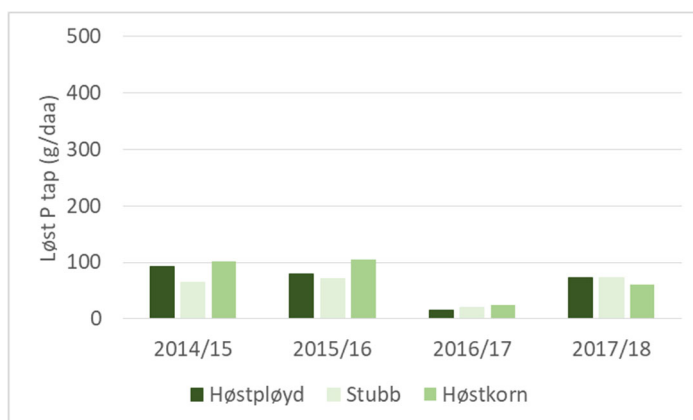
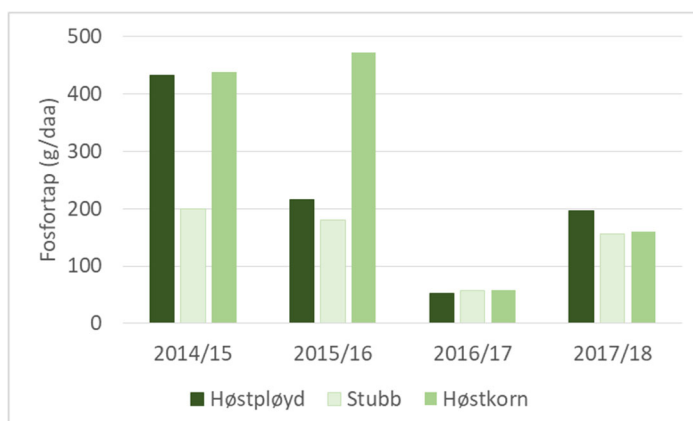
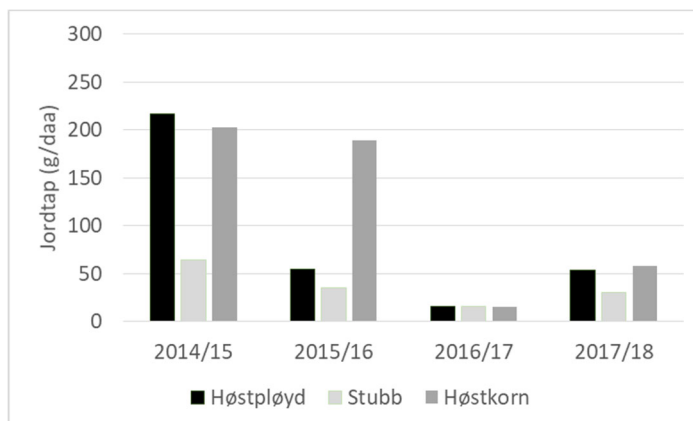
Jordtapene i 2017-2018 var i gjennomsnitt lavere fra de vårpløyde rutene sammenlignet med ruter med høstpløying (vårkorn eller høstkorn). Fra høstkornrutene skjedde 50 % av jordtapet via overflateavrenning, mens det meste av jordtapet fra de øvrige rutene skjedde gjennom drengroftene.

Fosfortapene i 2017-2018 var også i gjennomsnitt lavere for vårpløyde ruter, men høstkornrutene hadde kun litt høyere fosfortap. De høstpløyde rutene uten høstkorn hadde i gjennomsnitt de høyeste fosfortapene. Tapene av løst fosfat var i gjennomsnitt minst fra ruter med høstkorn. Mest løst fosfat ble tapt gjennom drengroftene.

Nitrogentapene i 2017-2018 var minst fra høstkornrutene og det meste av tapene skjedde gjennom drengroftene.

Grøftene var en viktig transportvei for både partikler og næringsstoffer alle fire årene. I gjennomsnitt skjedde 52-97 % av jordtapene gjennom grøftene.

Forskjellen i tap mellom årene skyldes blant annet forskjeller i været og i jordbruksdriften. For høsthveten spiller forskjeller i såtidspunkt en vesentlig rolle. Høsthveten ble sådd 10. september 2014, 4. oktober 2015, 10. september 2016 og 26. september 2017.



Tap av jord, totalfosfor, løstfosfat og totalnitrogen for hvert år (2014-2018) og i gjennomsnitt for hver behandling.

Avrenning av plantevernmidler

Fire års forsøk med glyfosatsprøyting er gjennomført og analysert for glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA i overflateavrenning og grøfteavrenning. Alle feltene har vært sprøytet i 3 år med glyfosat om høsten etter tresking. Det fjerde året dvs i 2017 ble bygget sprøytet i gulmoden åker, vårpløyd og vårsådd korn ble sprøytet i 2018 før pløying, mens havren ble sprøytet i stubbåkeren høsten 2017 som de foregående årene.

Det har vært målt glyfosat og AMPA i både overflatevann og grøftevann i store deler av året. Konsentrasjonene har for det meste ligget godt under daværende miljøfarlighetsgrensen på 28 ug/L med unntak av 2015/2016. Dette året var det avrenningsepisoder med konsentrasjoner i overflatevann som oversteg miljøfarlighetsgrensen for vannlevende organismer. Denne grensen er nå hevet til 100 µg glyfosat/L, slik at de målte verdiene ligger under den nye grensen. Tap av plantevernmidler i løpet av hele forsøksperioden på feltet har vært mindre enn 1% av sprøytet mengde med unntak av glyfosat i høstkorn vekstsesongen 2015/2016. De andre årene var det ikke slike nedbørepisoder som forårsaket avrenningstopper som året før. Generelt viser forsøkene at det er liten forskjell mellom jordarbeidingspraksis. Sprøyting i gulmoden åker gav ikke spesielt stor avrenning på høsten. De høyeste konsentrasjonene siste året 2017/2018 ble målt i første avrenning fra de vårsprøytete rutene. Avrenning til grøftevann har siste året vært hyppigere enn overflateavrenning.

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 1990's. 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 were 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 and drainage water from each plot. Soil tillage consists of 1) autumn ploughing with spring cereals, 2) spring ploughing with spring cereals and 3) autumn ploughing with winter wheat. Results from the first three years of the experiment (2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 and 2017-2018) are described in this report.

The weather conditions influence runoff considerably, and may cover the effect of soil tillage on soil and nutrient losses in the experiment. More monitoring years are needed in order to draw general conclusions about the effects of soil tillage on erosion and nutrient loss.

The last year (1. September 2017-1. September 2018) precipitation was lower (627 mm) than average for the normal period (1961-1990) (702 mm) and average temperature has been higher (5.9 °C) than in the normal period (3.3 °C). The two first experimental years were warmer and wetter than the normal period. The average annual precipitation was almost the same for year one and year two, but the amount of runoff was higher in 2014-2015 (728 mm) compared to 2015-2016 (525 mm). In 2016-2017, there was only 211 mm runoff on average. In 2017-2018 precipitation was comparable to the year before, but runoff was much higher (465 mm).

Soil loss in 2017-2018 was on average lower from the spring tilled plots compared to plots with autumn ploughing (spring- or winter cereals). From the plots with winter wheat approximately 50 % of the soil loss occurred through surface runoff, whereas most of the soil loss from the other plots occurred through the tile drainage system.

The total phosphorus losses in 2017-2018 was on average lower from the spring ploughed plots, but plots with winter wheat had only slightly higher losses. The autumn ploughed plots without winter wheat had on average the highest losses of phosphorus. Losses of dissolved reactive phosphorus was on average lowest from plots with winter wheat. Most of the dissolved reactive phosphorus was lost through the tile drainage system.

Losses of nitrogen in 2017-2018 was lowest from plots with winter wheat and most of these losses occurred through the tile drainage system.

Loss of pesticides during the entire trial period has been less than 1% of sprayed amount with the exception of glyphosate in plots with winter wheat 2015/2016. The last years did not have such rainfall events that caused runoff peaks as in the previous year. Nevertheless, the experiment confirms that autumn spraying with glyphosate and spring plowing results in increased concentrations compared to autumn ploughing after spraying. Spraying in mature barley before harvesting did not influence increased runoff concentrations in autumn. Spraying in spring before plowing and sowing gave increased concentrations in the first runoff after sowing the last year 2017/2018. Drainage runoff of glyphosate is more frequent than surface runoff.

1 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 m.fl. 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. En utførlig beskrivelse av forsøksanlegget er gitt av Hauken m.fl. (2015), mens resultater fra de tre første forsøksårene er rapportert av Bechmann m.fl. (2015), Kværnø m.fl. (2017) og Bechmann m.fl. (2017). Denne rapporten presenterer resultater for fjerde forsøksperiode (høst 2017 – høst 2018), presentert sammen med resultatene fra de første tre forsøksårene.

2 Metoder

Metodene er beskrevet i en egen rapport om etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk (Hauken et al., 2015) og resultater er beskrevet i årsrapporter (Bechmann m.fl. 2015, Kværnø m.fl. 2017; Bechmann m.fl. 2017). I denne rapporten vil vi kun oppsummere metode-informasjon som avviker fra de foregående forsøksårene.

2.1 Jordarbeiding og drift

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

Norsk Landbruksrådgiving Øst gjennomførte en avlingsregistrering den 15. august 2017 for alle kornslag.

2.2 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.

2.3 Avrenning og prøvetaking

I 2017-2018 ble det tatt ut åtte vannprøver fra overflatevann og ni vannprøver fra grøftevann for analyse av næringsstoffer. Det ble tatt ut åtte vannprøver til plantevernmiddeleanalyse i overflatevann og grøftevann.

2.4 Målefeil og usikkerheter

Inntak for overflatevann

Det har vært problemer med jordrotter som har gravd ganger i graset foran målerennene (figur 2.1.). Problemene ble diskutert på referansegruppemøtet og det er besluttet å erstatte grasbeltet foran rennene med grus oppå en tett duk (figur 2.2). Tiltaket ble gjennomført i august 2018 i en periode der det ikke var avrenning og det har derfor ikke påvirket tidsserien for målingene.



Figur 2.1. Grasbelte foran inntak for overflatevann.



Figur 2.2. Ombygging av inntak for overflatevann. Grasbeltet erstattet med grus oppå tett duk (venstre) og 14. (rute 8) og 21. oktober 2018 (resten av rutene) ble det lagt pressenning over for å unngå regnvann direkte inn i intaket (høyre).

Uttøking av vannprøver

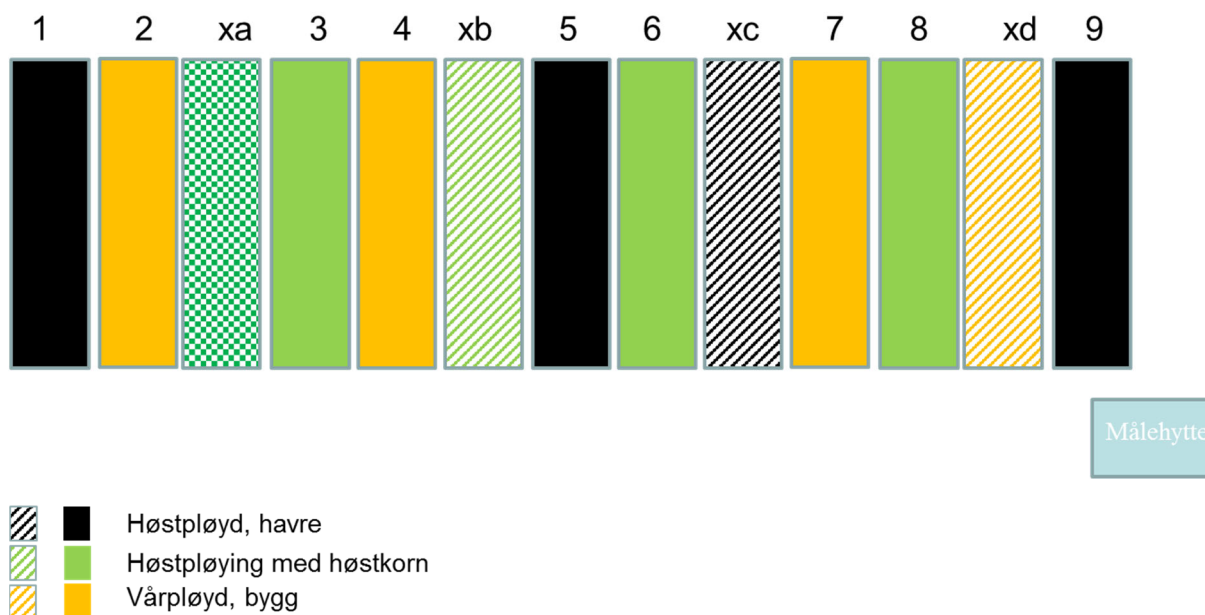
Det var en lang og varm sommer i 2018 og det ble tatt ut en vannprøve 3. juli som dekker perioden fra 25. april. Vannprøvene sto i kannene i målehytte i den mellomliggende perioden og det er risiko for at det har skjedd fordampning slik at konsentrasjonen er noe forhøyet.

3 Driftspraksis

Forsøksleddene består av tre ulike jordarbeidingsystemer (figur 3.1). Tre og tre ruter behandles likt. I forsøksåret 2017-2018 var rute 2, 4 og 7 vårpløyde med bygg, rute 3, 6 og 8 var høstpløyde med høstkorn, og rute 1, 5 og 9 var høstpløyde med havre. På rute xa (med klimastasjon) var det permanent gras. Rute xb, xc og xd, som ikke har avrenningsmålinger, ble i 2017-2018 behandlet som henholdsvis forsøksledd høstkorn, høstpløyning og vårpløyning. Jordarbeidings-systemene inngår i en rotasjon, slik at behandlingene blir prøvd ut på ulike ruter hvert år. Jordbruksdriften fra tresking 2017 og til og med tresking 2018 er oppsummert i tabell 3.1.

3.1 Jordarbeiding

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



Figur 3.1. Jordarbeiding på avrenningsrutene i 2017-2018. Rute xa har gras.

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

Høstpløyning: Høstpløyning, vårharving, såing av havre

Vårpløyning: Ingen jordarbeiding på høsten, vårpløyning, vårharving, såing av bygg

Høstkorn: Høstpløyning, harving, såing av høstvetete

3.2 Såing av korn

Høstkornet ble sådd 26. september 2017, etter å ha blitt pløyd og harvet 22. september 2017.

Vårkornet ble sådd 15. mai 2018, etter å ha blitt harvet 14. mai og pløyd hhv. 13. mai og 16. oktober

(tabell 3.1). Det ble høstet tidlig (17. august) på grunn av tørken og de dårlige vekstvilkårene dette året.

Det ble diskutert å ikke høste rutene fordi avlingene så ut til å bli så dårlige. I forsøksleddet med

høstkorn ble det dyrket høsthvete, mens det på rutene med vårkorn ble dyrket havre etter høstpløying og bygg etter vårpløying.

Tabell 3.1. Jordbruksdrift på ulike ruter fra tresking 2017 til og med tresking 2018.

| Forsøks-ledd | Pløye- dato; harvedato | Kornslag | Sådato | Gjødsling (kg/daa) | Sprøyting | Høste-dato | Avling (råavling) (kg/daa) |
|-----------------------------|------------------------------|----------------|----------|------------------------------------|----------------------|------------|----------------------------------|
| Høstpløyd (Rute 1, 5, 9) | 16.10.17; 14.05.18 | Havre | 15.05.18 | N: 11; P: 0,7 15.05.18 | Glyfosat 08.08.17 | 17.08.18 | 194 (210) |
| Vårpløyd (Rute 2, 4, 7) | 13.05.18; 14.05.18 | Bygg | 15.05.18 | N: 11; P: 0,7 15.05.18 | Glyfosat 30.04.18 | 17.08.18 | 168 (201) |
| Høstkorn (Rute 3, 6, 8) | 22.09.17; 22.09.17 | Høst- hvete | 26.09.17 | N: 21; P: 0,6 3.5.18 21.6.18 | Glyfosat 05.09.17 | 17.08.18 | 185 (189) |

3.3 Gjødsling og sprøyting

Vårkornet ble gjødslet 15. mai med 45 kg 25-2-6/daa som svarer til 11 kg N/daa og 0,7 kg P/daa (tabell 3.1.). Høstkornet ble gjødslet 3. mai med 38 kg 25-2-6/daa som svarer til 9 kg N/daa og 0,6 kg P/daa. De to siste planlagte gjødslinger ble slått sammen fordi høstkornet allerede hadde skutt og det ble gjødslet med 44 kg OPTI NS 27-0-0 som svarer til 12 kg N/daa. Høsthveten fikk totalt 21 kgN/daa og 0,6 kg P/daa.

I rutene 1, 5 og 9 som hadde bygg i 2017 ble den 8. august 2017 sprøytet med 300 g/daa av Glyphogan Eco i gulmoden åker.

I rutene 3,6 og 8 som hadde havre i 2017 ble 5. september 2017 sprøytet 300 g/daa av Glyphogan Eco i stubben etter at havren var høstet før såing av høsthveten.

I rutene 2,4 og 7 ble det 30 april 2018 sprøytet med 300 g/daa av Glyphogan Eco i stubbåkeren før at rutene ble pløyd og sådd til med bygg.

Glyphogan Eco inneholder 360 g/L med glyfosat.

3.4 Høstetidspunkt og avling

I 2017 ble det tresket 30. august. Ved slutten av forsøksåret ble alle ruter tresket 17. august 2018. I vekstsesongen 2018 var det tørke og meget lave avlinger. I gjennomsnitt ga høsthveten 185 kg/daa, havren (høstpløyd) ga 194 kg/daa og bygg (vårpløyd) ga 168 kg/daa. Det ble målt et meget høyt vanninnhold i kornet (opp til 45 % i havren) på tross av tørken. Det kan henge sammen med at det var mye ugras i høsteprøvene.

4 Værforhold

Tabell 4.1 viser månedlig nedbør og gjennomsnittstemperatur på Kjelle (målt ved stasjonen i rutefeltet), for alle forsøksperiodene og for normalperioden (Aurskog II), og figur 4.1 viser døgnverdier. Figur 4.2 viser mer detaljert døgnverdier av nedbør og gjennomsnittstemperatur for den siste forsøksperioden (2017-2018).

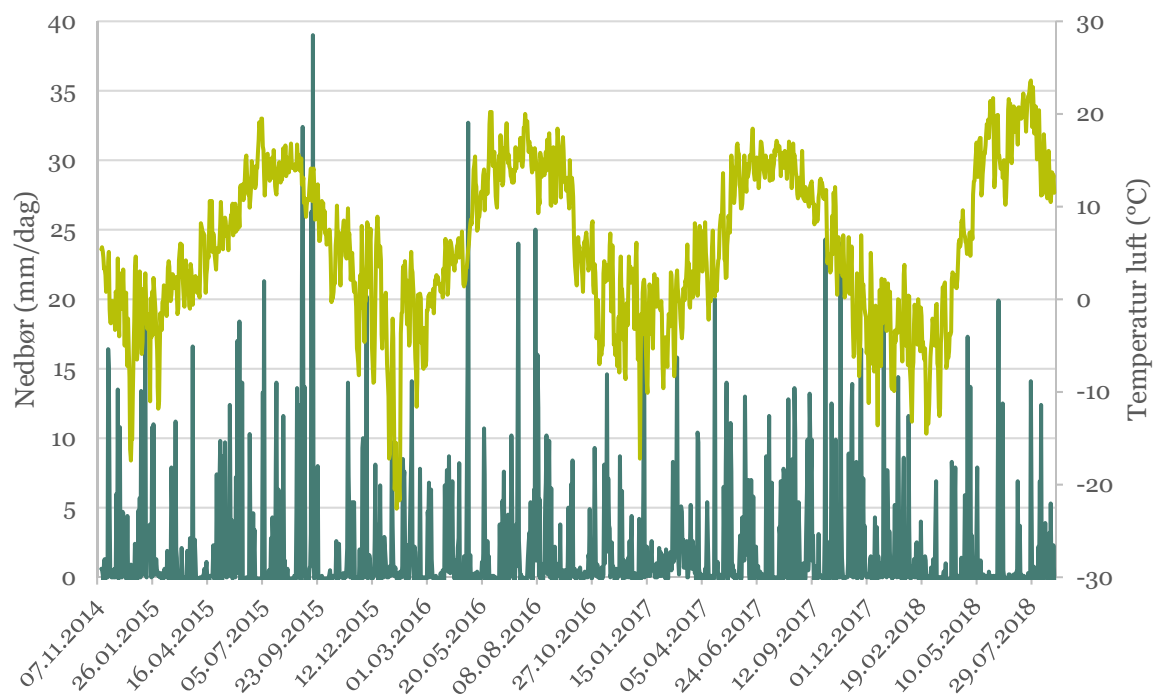
Gjennomsnittstemperaturene var ganske like i alle forsøksperiodene, og det var betydelig varmere i forsøksperiodene enn i normalperioden. I de to første forsøksperiodene (2014-2016) var nedbøren høyere enn i normalperioden i åtte av tolv måneder, og temperaturen var høyere enn i normalperioden alle måneder unntatt januar. De første tre forsøksperiodene er beskrevet i detaljer i Kværnø m.fl. (2017) og Bechmann m.fl. (2017). I siste forsøksperiode (2017-2018) var nedbøren betydelig lavere enn i de to første forsøksperiodene (ca. 200 mm mindre nedbør) og normalperioden, men lik som forsøksperioden 2016-2017. Fordeling av nedbøren i 2017-2018 var forskjellig fra 2016-2017. Maksimal mengde nedbør i 2017-2018 ble målt i oktober (100 mm). I månedene mars, mai, juli og august var nedbørmengden betydelig lavere enn i 2016-2017. Lite nedbør i mai, juni, juli og august sammen med høye temperaturer førte til en tørkeperiode som skadde plantene og førte til lave avlinger.

Sommeren var karakterisert av høy temperatur hvorav mai, juni og juli hadde høyere gjennomsnittstemperaturer sammenlignet med de andre forsøksperiodene. 33 °C i juli var den høyeste målet temperaturen i denne forsøksperiode. Første dagen med døgnmiddeltemperatur under null var 11. november og siste dagen med døgnmiddeltemperatur under null var 3. april. Vinteren 2017-2018 var karakterisert av en lang frostperiode fra november 2017 til april 2018 med bare noen få dager med temperaturer over null (figur 4.2). Den laveste temperaturen som ble målet i forsøksperioden var -24 °C. Den første snøen kom 11. november og det var kontinuerlig snødekke fra 1. januar til 11. april.

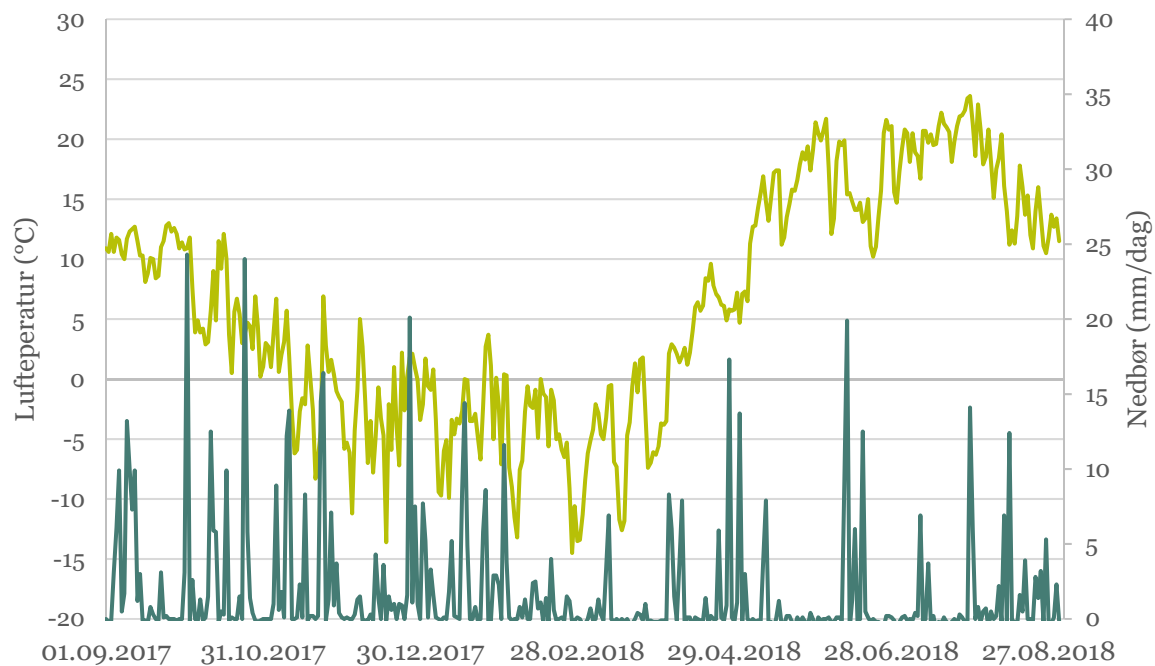
Maksimal døgnnedbør som ble registrert i siste forsøksperiode var 24.3 mm (2. oktober 2017, figur 4.2), mens det i perioden 2015-2016 var 39 mm (17. september) og 20 mm i perioden 2014-2015 og 2016-2017 (1. september 2015 og 24. april 2016). I siste forsøksår var maksimal timesnedbør 12.5 mm en gang i juli, og 7.6 mm en gang i april.

Tabell 4.1. Nedbør og lufttemperatur målt på stasjonen på Kjelle, i de fire forsøksperiodene, samt normalperioden (1961 – 1990). Tall merket med * er fra stasjonen Haneborg/Aurskog II.

| Måned | Normal* Nedbør | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 | Normal* Temp | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
|------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| sep | 75 | 35* | 169 | 30 | 70 | 8,7 | 10,8* | 10,8 | 13,7 | 11 |
| okt | 77 | 158* | 10 | 24 | 100 | 4,9 | 8,3* | 5,6 | 4,5 | 5,8 |
| nov | 71 | 87* | 62 | 61 | 94 | -1,6 | 3,4* | 2,5 | -0,2 | -0,1 |
| des | 52 | 56 | 54 | 29 | 56 | -6,7 | -3,7 | 1,0 | -0,7 | -3 |
| jan | 43 | 104 | 47 | 49 | 80 | -7,9 | -1,4 | -8,8 | -2,7 | -2,9 |
| feb | 44 | 29 | 52 | 60 | 21 | -7,6 | -1,1 | -2,9 | -2,7 | -5,5 |
| mar | 39 | 47 | 56 | 67 | 11 | -3,6 | 1,9 | 1,4 | 1,5 | -5,1 |
| apr | 48 | 13 | 101 | 34 | 52 | 2,3 | 5,1 | 4,4 | 3,6 | 4,2 |
| mai | 47 | 119 | 31 | 59 | 26 | 9,1 | 7,8 | 11,2 | 10,4 | 14,7 |
| juni | 56 | 61 | 37 | 64 | 47 | 13,3 | 12,8 | 15,2 | 13,8 | 16,3 |
| juli | 70 | 75 | 79 | 46 | 30 | 15,2 | 14,8 | 15,9 | 15 | 20,4 |
| aug | 80 | 52 | 126 | 79 | 42 | 13,7 | 14,7 | 14,1 | 14,1 | 14,8 |
| Sum, middel | 702 | 836 | 823 | 600 | 627 | 3,3 | 6,2 | 5,9 | 5,9 | 5,9 |



Figur 4.1. Nedbør og lufttemperatur i hele forsøksperioden høst 2014 – høst 2018, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.



Figur 4.2. Nedbør og lufttemperatur i hele forsøksperioden høst 2017 – høst 2018, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.

5 Avrenning

5.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger

I gjennomsnitt for hele forsøksfeltet (unntatt rute 1 og 3) var den totale avrenningen i 2017-2018 465 mm, mens den var betydelig høyere i perioden 2014-2015 (728 mm), om lag lik i 2015-2016 (525 mm) og betydelig lavere i perioden 2016-2017. Mens forsøksperioden 2016-2017 og 2017-2018 hadde nesten like nedbørmengder var det mer enn dobbelt så mye avrenning i 2017-2018 (tabell 5.1). Dette kan forklares med ulik fordeling av nedbør i de to forsøksperiodene. I den siste forsøksperioden kom de største nedbørmengdene i månedene med lite fordampning (september – januar), i tillegg ble en stor del av nedbøren fra november til mars akkumulert som snø. Den ble til avrenning når snøsmeltingen startet. Det kom 52 mm nedbør i april 2018, samtidig med snøsmelting, delvis frossen jord og lav fordampning. Derfor var nedbørsoverskuddet (nedbør minus avrenning) bare 162 mm i 2017-2018, mens det var på 108 mm det første året, 298 mm det andre året og 390 mm i det siste året. Som diskutert i årsrapporten (Bechmann m.fl., 2015), er vannbalansen det første året urealistisk, mens det stemmer bedre i de andre årene med hva som kan forventes.

Tabell 5.1. Nedbør og gjennomsnittlig avrenning i de fire årene med overvåking.

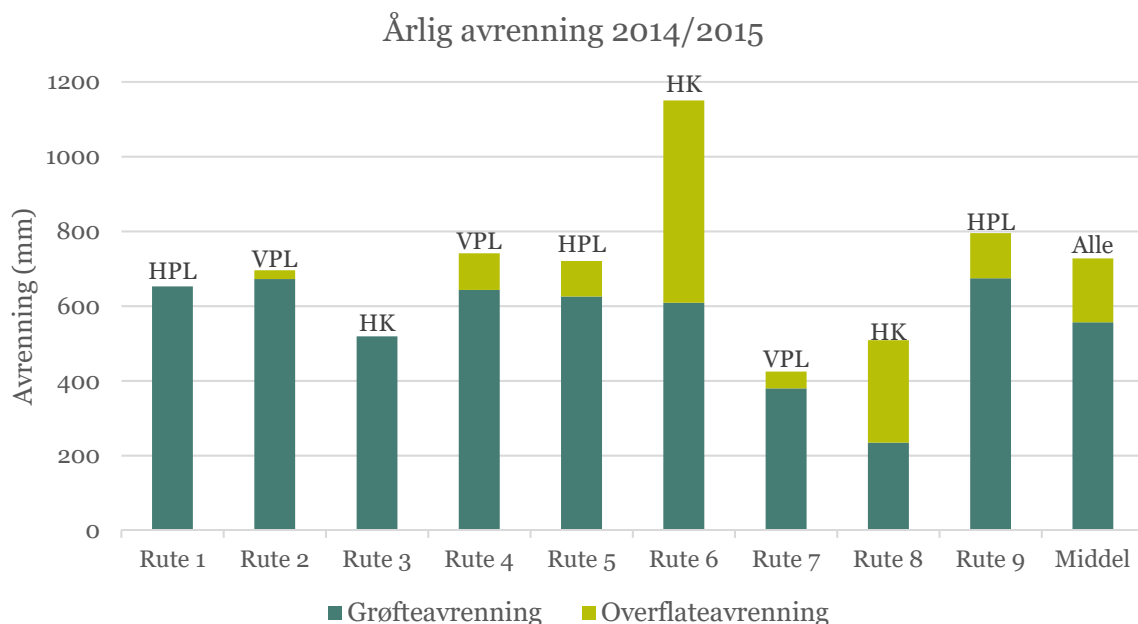
| | Nedbør i mm | Avrenning i mm |
|-----------|-------------|----------------|
| 2014-2015 | 836 | 728 |
| 2015-2016 | 823 | 525 |
| 2016-2017 | 600 | 211 |
| 2017-2018 | 627 | 465 |

Figur 5.1 til 5.3 viser årlig avrenning fordelt på overflate- og grøfteavrenning på de 9 rutene. Vi ser at den totale avrenningen er relativt konsistent mellom de to første årene for de enkelte rutene, med minst avrenning fra rute 7 og 8 begge årene, og ellers relativt like mengder. Forsøksperioden 2016-2017 var preget av konsistent lav avrenning fra alle rutene, mye mindre enn i de første årene. Den siste forsøksperioden viste lignede mengde total avrenning som den andre forsøksperioden (2015-2016). Også i denne perioden viste rutene 7 og 8 minst avrenning, mens mest avrenning ble målt fra rute 9 som også hadde mest overflateavrenning og rute 5 som hadde mest grøfteavrenning. At noen ruter viste like avrenningsmønster i de ulike forsøksperiodene viser at avrenningen påvirkes av de ulike egenskaper (f.eks. infiltrasjonsevne) i de ulike rutene ikke bare av behandlingsmetodene. Dette blir enda tydeligere i det følgende.

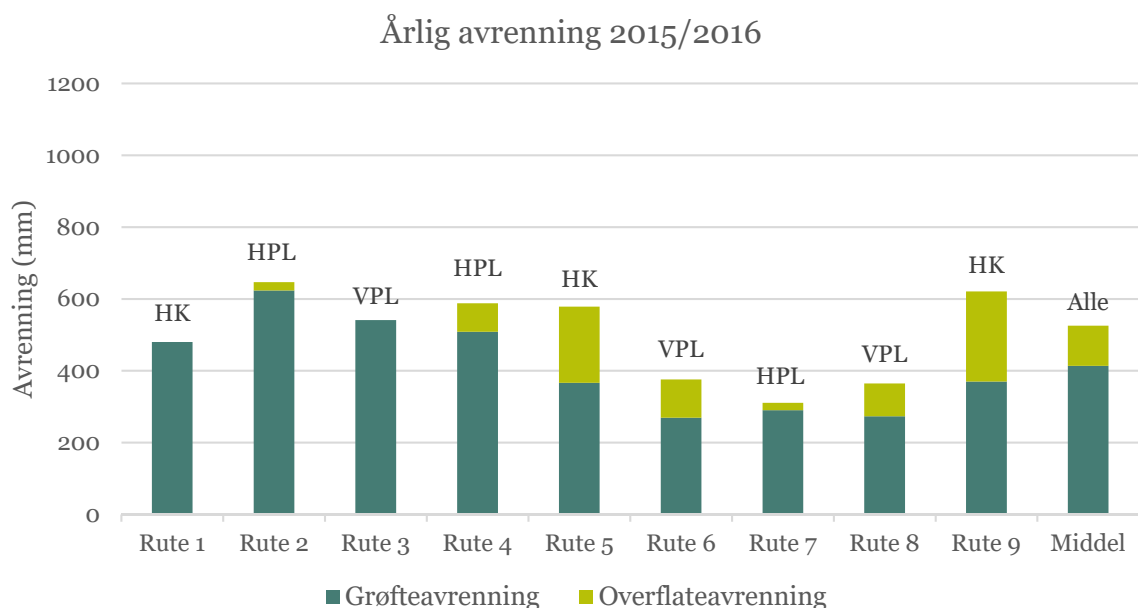
Gjennomsnittlig mengde overflateavrenning var 84.8 mm og lavere enn de første to årene (ca. 110 mm), men andel overflateavrenning var om lag lik de to første årene (16% og 22%) og mye mindre enn i 2016-2017 (36%).

Mengde grøfteavrenning i 2017-2018 varierte fra 90 mm (rute 8) til 561 mm (rute 5) og var dermed betydelig høyere enn i 2016-2017 og sammenliknbar med 2015-2016. Det var stor variasjon mellom rutene de første tre årene og slik var det også det siste året. Mengde overflateavrenning varierte mellom ca. 4 mm fra rute 7 (vårpløyd med vårkorn) og 249 mm fra rute 9 (høstpløyd med vårkorn), mens andelen av overflateavrenning varierte mellom 0.81% på rute 5 (høstpløyd med vårkorn) og rute 7 (vårpløyd med vårkorn) og 53 % på rute 9 (høstpløyd med vårkorn). Som i de andre årene hadde rute 7 minst avrenning. Grøfteavrenning varierte mellom 90 mm fra rute 8 og 561 mm fra rute 5 som hadde ulike behandlinger (rute 8 høstpløyd med høstkorn og rute 5 høstpløyd med vårkorn), mens

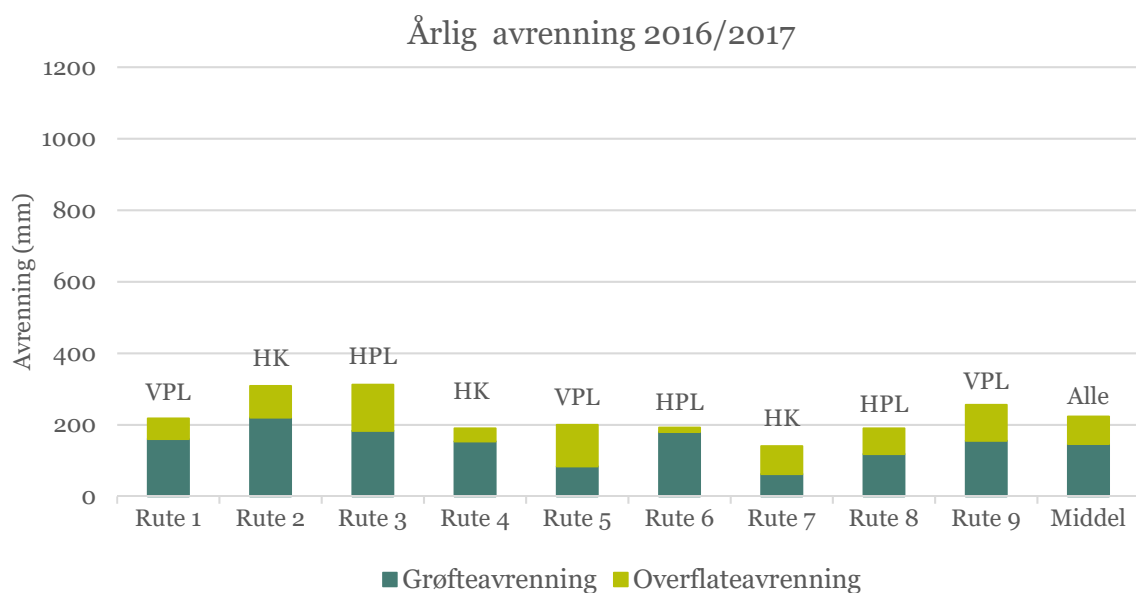
andelen av grøfteavrenning fra det total avrenning varierte mellom 47 % på rute 9 (høstpløyd med vårkorn) og 99% på rute 5 (høstpløyd med vårkorn) og rute 7 (vårpløyd med vårkorn). Total avrenning var høyest på rute 4 (565 mm) og rutene 2, 3 og 5 var på samme nivå (562 mm, 534 mm og 564 mm). Minst total avrenning ble målt på rute 7 (270 mm). På samme måte som i de andre årene er det ikke noen klar forskjell på avrenningen mellom de forskjellige behandlingene, noe som understreker at behandlingseffektene i noe grad maskeres av de individuelle rutenes hydrologiske egenskaper.



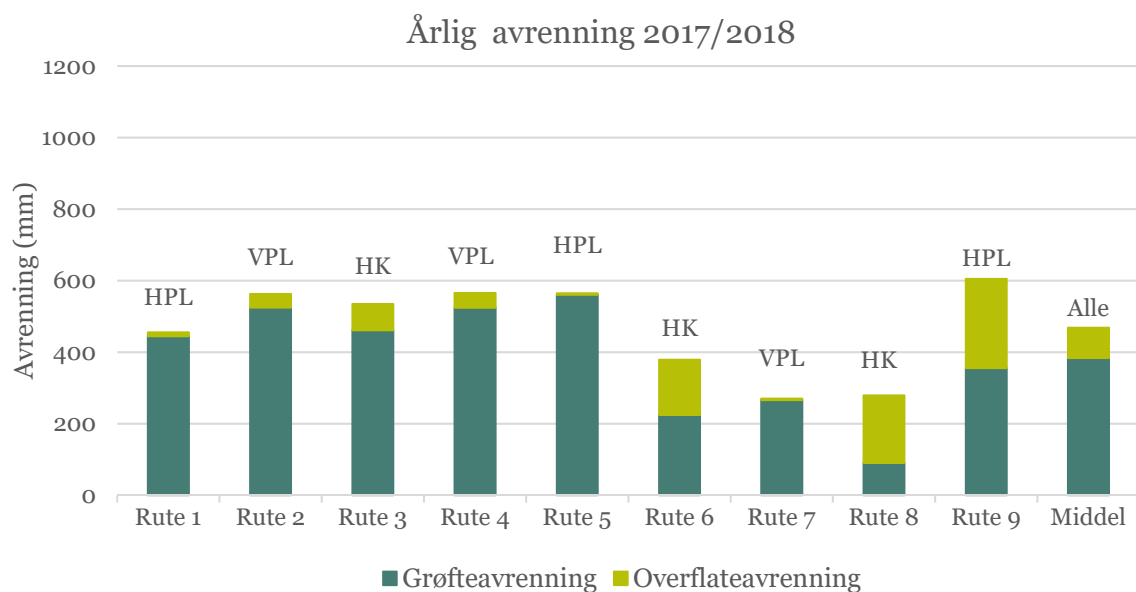
Figur 5.1. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015. Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



Figur 5.2. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2015 til 1.9.2016. NB! Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



Figur 5.3. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2016 til 1.9.2017. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



Figur 5.4. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2017 til 1.9.2018. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året

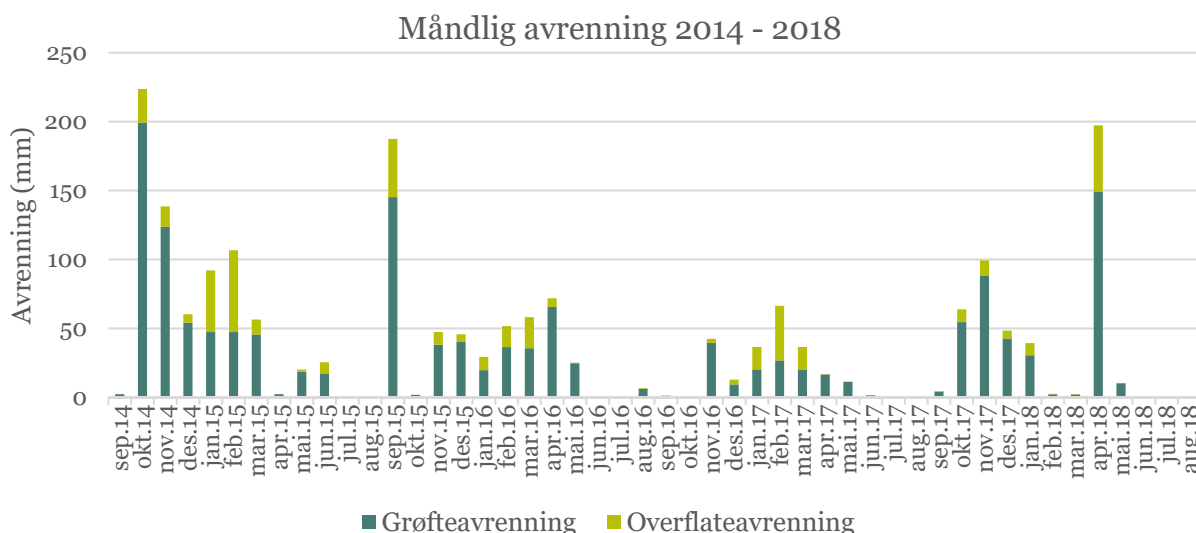
Figur 5.5 viser overflate- og grøfteavrenning per måned i de fire forsøksårene, i gjennomsnitt for alle rutene (unntatt 1 og 3 for overflateavrenning). Måten vannet fordeler seg på overflate- og grøfteavrenning var relativt likt de fire årene, med høye andeler overflateavrenning fra januar til mars, og en høy andel grøfteavrenning fra september til desember.

Sesongvariasjonene i de tre første forsøksperioden er nærmere beskrevet av Bechmann m.fl. (2015), Kværnø m.fl. (2017) og Bechmann m.fl. (2017). I 2017-2018 var det mest avrenning i april (197 mm),

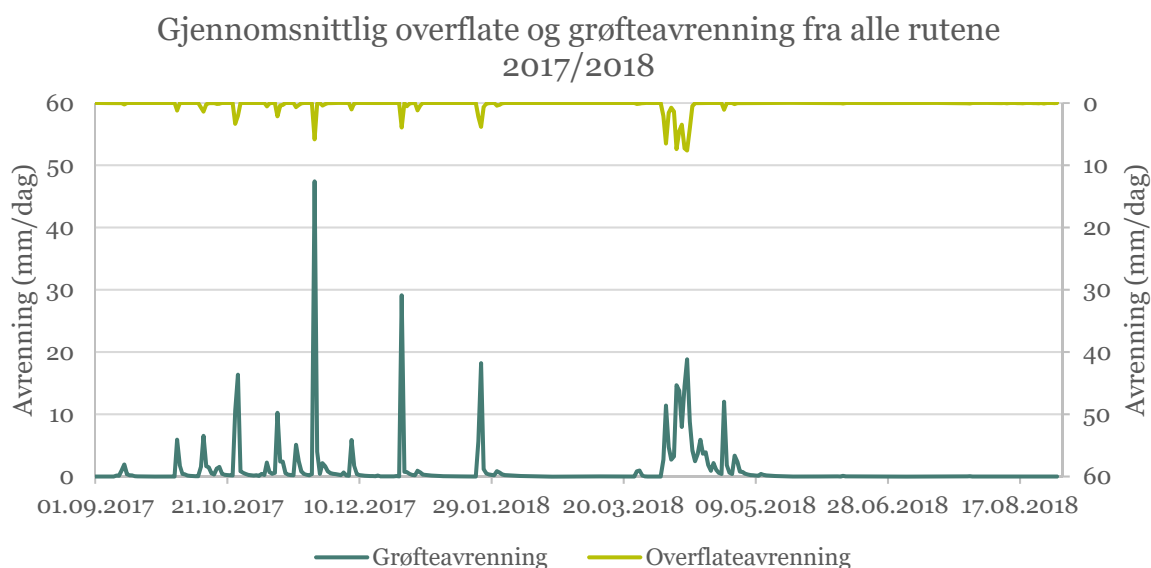
da en del nedbør (tabell 4.1) kom sammen med snøsmelting. En god del av smeltevannet og nedbøren kunne infiltrere og derfor ble største delen av avrenningen til grøfteavrenning (150 mm). At jorda hadde tint når mesteparten av nedbør kom i april (starten 18.04.) blir synlig fra jordfuktighetsmålingene (figur 5.9) som viser at jordfuktigheten var på ca. 50 vol.-% etter at den hadde vært på ca. 10 vol.-% noe som er et tydelig tegn på frost i bakken, fordi måleutstyr kan bare måle flytende vann ikke is.

September var preget av fortsatt lite avrenning (4.5 mm), men fra oktober til januar kom en god del avrenning (okt. 64 mm, nov. 99 mm, des. 48 mm og jan. 39 mm). Februar og mars var preget av lite avrenning (totalt 4.7 mm) på grunn av frost og lite nedbør. Sommeren i 2018 (mai – august) var svært tørr med en totalt avrenningsmengde på ca. 11 mm, hvorav 10 mm kom i mai. Lite nedbør og høy fordampning på grunn av høye lufttemperaturer førte til at vanninnholdet i jord (figur 5.9) falt til under 20 vol.-% allerede i slutten av mai. Et slikt lavt vanninnhold i jord på Kjelle førte til en pf på ca. 4.2 (eller poretrykk av ca. 15 bar) som er for høyt til at plantene kan suge vann ut av jordporene. Derfor fikk plantene ikke nok vann i 2018 og den resulterende dårlig utvikling førte til svært lave avlinger.

For å visualisere hvordan rutene reagerte i de forskjellige episodene i det siste forsøksåret er gjennomsnittlig grøfte- og overflateavrenning vist i figur 5.6. Man kan merke seg at de fleste episodene som førte til avrenning, førte til mest grøfteavrenning fra rutene.

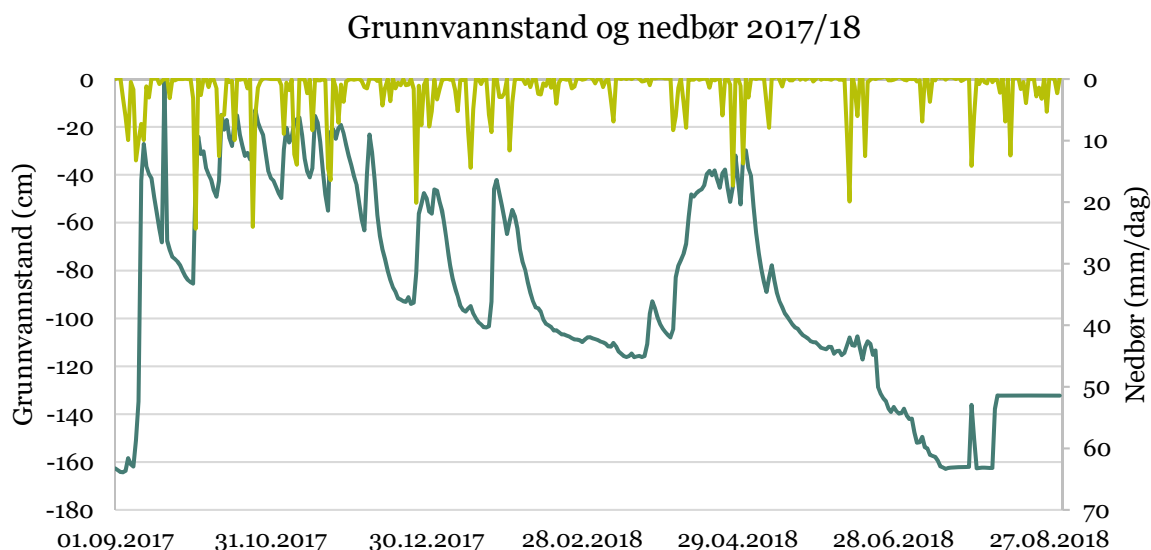


Figur 5.5. Gjennomsnittlige månedlig overflate- og grøfteavrenning (mm) for alle rutene (rute 1 og 3 utelatt), i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2018.



Figur 5.6. Gjennomsnittlig overflate- og grøfteavrenning (mm) fra alle rutene, i forsøksperioden 1.9.2017 til 1.9.2018.

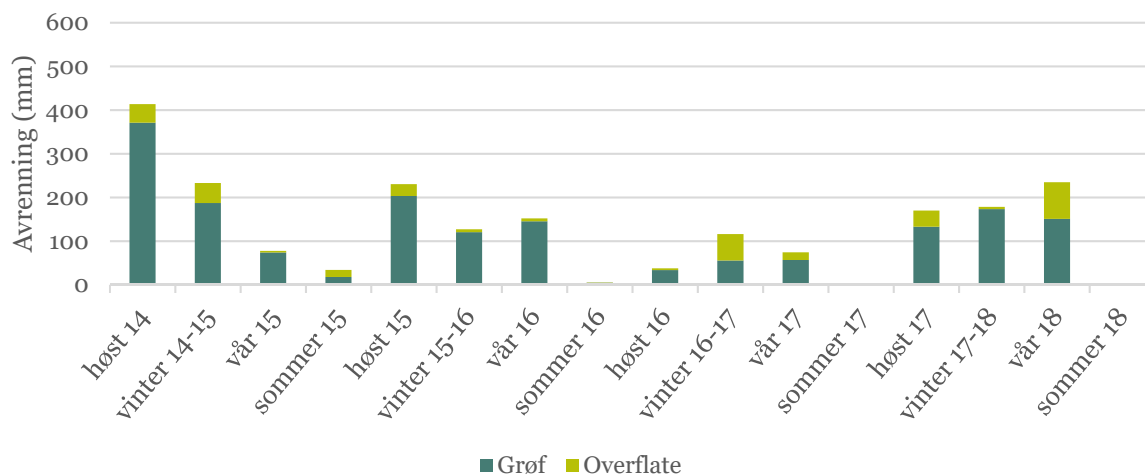
Figur 5.7 viser grunnvannstand målt i det siste forsøksåret. Man kan se at grunnvannstanden varierte mellom ca. 20 cm og 1,6 m fra september til juli. Fra september til begynnelsen av desember varierte grunnvannstand mellom 80 cm til 0 cm. Februar og mars var preget av lav grunnvannstand på mellom 1.16 m til 1 m. I april steg grunnvannstanden til 30 cm på grunn av regn og snøsmelting, og sank ned til ca. 1.6 m i slutten av juli.



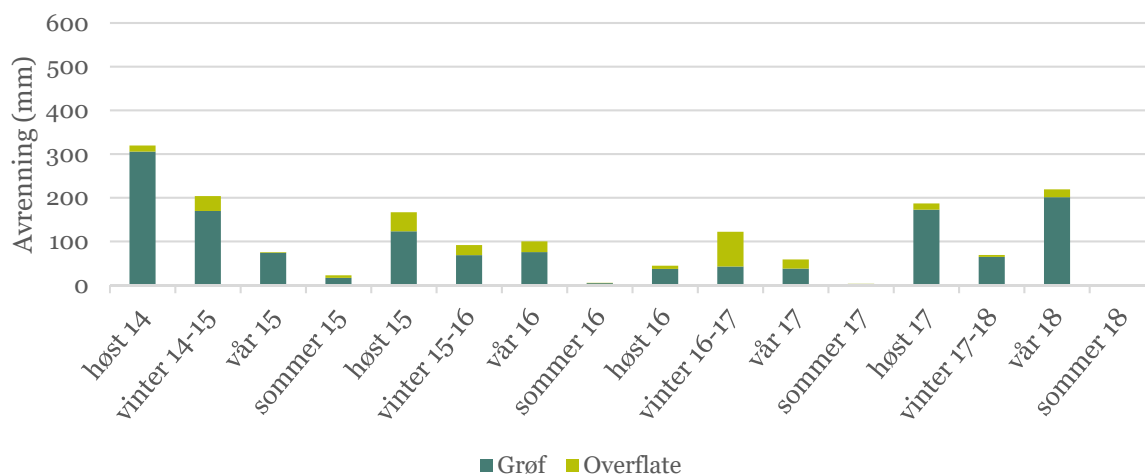
Figur 5.7. Grunnvannstand og nedbør i forsøksperioden 1.9.2017 til 1.9.2018.

Figur 5.8 viser sesongvariasjoner i avrenning i gjennomsnitt for hver behandling. Det var mest overflateavrenning fra rutene med høstkorn i forsøksårene 2014-2015 mens det var mest overflateavrenning fra de vårpløyde rutene i vinteren 2016-2017. I 2017-2018 oppsto mest overflateavrenning om våren på de høstpløyde rutene med høstkorn (138 mm). Grøfteavrenningen var ganske lik på de vårpløyde (440 mm) og høstpløyde med vårkorn (450 mm) rutene og skjedde fra høsten 2017 til våren 2018.

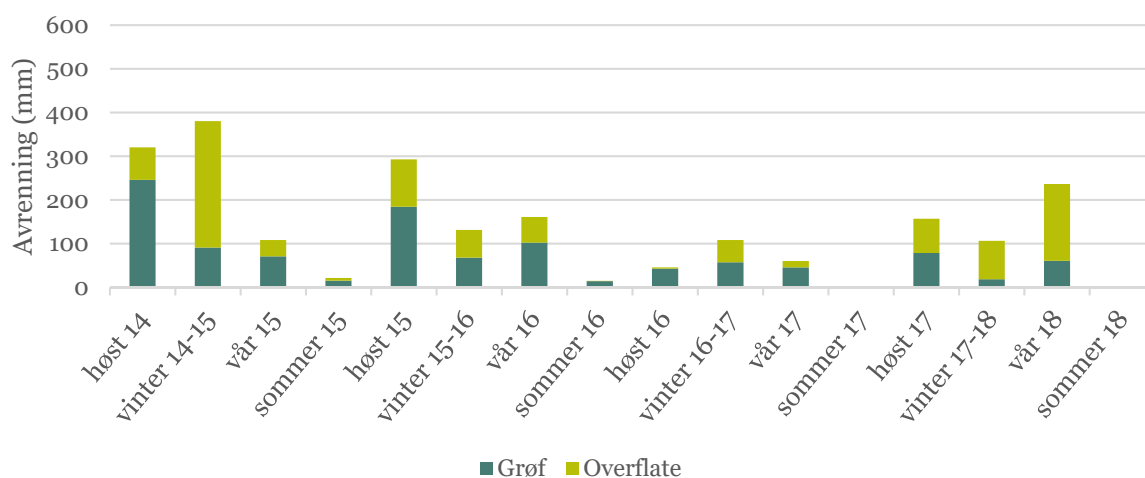
Høstpløying med vårkorn, årstid



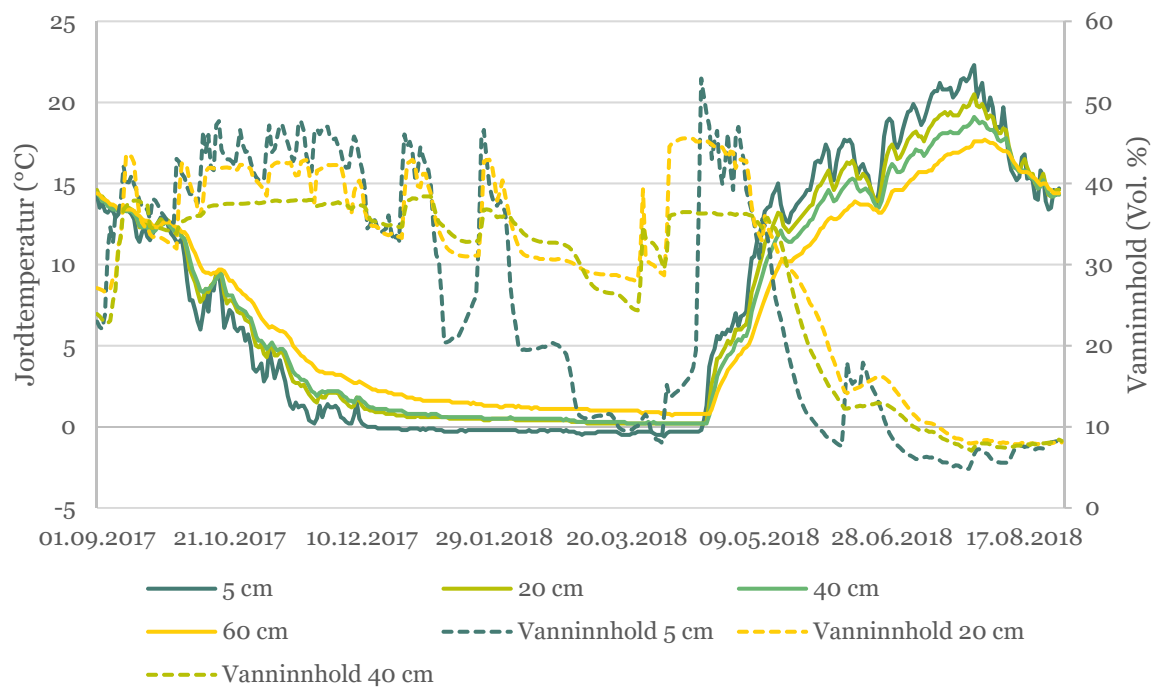
Vårpløying, årstid



Høstpløying med høstkorn, årstid



Figur 5.8 Overflate- og grøfteavrenning (mm) i gjennomsnitt for ruter med lik behandling (rute 1 og 3 utelatt), alle fire forsøksår.



Figur 5.9 Jordtemperatur og vanninnhold målet i jordprofil 1, i forsøksperioden 2017-2018.

6 Partikler og næringsstoffer

6.1 Konsentrasjoner

I perioden fra jordarbeiding høsten 2016 til jordarbeiding høsten 2017 ble det tatt ut 9 blandprøver fra grøftevann og 8 blandprøver for overflatevann. Den siste blandprøven fra overflateavrenning dekket en lang periode fra 25. april til 7. juli. Etter det og frem til 1. september har det ikke vært avrenning.

6.1.1 Suspendert stoff

Konsentrasjonene av suspendert stoff i overflateavrenning varierte fra 2 mg/L for rute 3 (høstkorn) på vinteren til 3500 mg/L i rute 8 (høstkorn) målt på våren/sommeren (tabell 6.1). De høyeste konsentrasjonene ble målt fra høstkornruter i november 2017 og på våren/sommeren 2018. Det er noe usikkerhet om fordampning i løpet av sommeren kan ha bidratt til å øke konsentrasjonen i vannprøvene på våren/sommeren. Det var lite overflateavrenning fra rute 7, noe som kan skyldes graving av jordrotter. For to perioder var det ikke vann nok til å ta ut vannprøver fra rute 7.

Tabell 6.1. Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018.

| 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 | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 220 | 190 | 65 | 290 | 170 | 150 | 300 | 79 | 190 |
| 16/10/17-9/11/17 | - | 840 | 510 | 99 | 150 | - | 1800 | 1600 | 1200 |
| 9/11/17-5/12/17 | 140 | 510 | 290 | 55 | 51 | 23 | 2 | 95 | 300 |
| 5/12/17-24/1/18 | 27 | 11 | 110 | 30 | 110 | 30 | 37 | 19 | 54 |
| 24/1/18-21/3/18 | 6,7 | 5,9 | 33 | 4,7 | 8,9 | 9,3 | 12 | 9,6 | 16 |
| 21/3/18-12/4/18 | 11 | 68 | 11 | 4,1 | 19 | - | 14 | 4,3 | 13 |
| 12/4/18-25/4/18 | 150 | 13 | 36 | 6,4 | 7,4 | 12 | 13 | 9,9 | 29 |
| 25/4/18-3/7/18 | 190 | 140 | 810 | 250 | 320 | 160 | 88 | 2800 | 3500 |

Tabell 6.2. Konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018.

| 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 | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 50 | 48 | 54 | 21 | 18 | 40 | 60 | 75 | 70 |
| 16/10/17-9/11/17 | 280 | 250 | 200 | 280 | 190 | 170 | 330 | 300 | 340 |
| 9/11/17-23/11/17 | 140 | 61 | 210 | 93 | 120 | 88 | 200 | 82 | 210 |
| 23/11/17-5/12/17 | 96 | 340 | 49 | 36 | 51 | 28 | 63 | 210 | 91 |
| 5/12/17-24/1/18 | 56 | 42 | 73 | 22 | 30 | 46 | 60 | 88 | 59 |
| 24/1/18-21/3/18 | 25 | 26 | 43 | 21 | 21 | 23 | 25 | 30 | 47 |
| 21/3/18-12/4/18 | 13 | 15 | 14 | 15 | 14 | 13 | 19 | 33 | 15 |
| 12/4/18-25/4/18 | 26 | 31 | 24 | 27 | 20 | 20 | 45 | 36 | 85 |
| 25/4/18-3/7/18 | 330 | 340 | 360 | 130 | 160 | 220 | 210 | 220 | 70 |

Konsentrasjonene av suspendert stoff i grøfteavrenning var generelt lavest i en prøve fra mars-april. Konsentrasjonen var fra 13 mg/L for en høstpløyd (1) og en vårpløyd rute (7) i mars-april til 360 mg/L for en høstpløyd rute på våren/sommeren (tabell 6.2).

6.1.2 Fosfor

6.1.2.1 Totalfosfor

Konsentrasjonen av totalfosfor i overflateavrenning var minst (0,066 mg/L) for rute 6 med høstkorn i januar-mars (tabell 6.3). Utenom rute 7, ble de høyeste konsentrasjonene av totalfosfor (opp til 4,1 mg/L) målt i vannprøvene fra 25. april til 3. juli. Disse vannprøvene representerer stort sett vann fra avrenning i april. Etter april var det lite eller ingen avrenning fra rutene. Det er noe usikkerhet om fordampning i løpet av sommeren kan ha bidratt til å øke konsentrasjonen i disse prøvene. Det er generelt målt meget høye konsentrasjoner av totalfosfor fra rute 7 hele året. Disse konsentrasjonene er mye høyere enn de tilsvarende målte konsentrasjonene av suspendert stoff. Det er usikkert om dette kan ha sammenheng med at det var jordrotter i systemet. Resultatene er satt i parentes p.g.a. usikkerheten.

Tabell 6.3. Konsentrasjoner av totalfosfor i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018. Tall for rute 7 er i parentes p.g.a. usikkerhet om resultatene.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|------------------|--------------------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | mg total fosfor/L overflateavrenning | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 2,4 | 1,6 | 0,55 | 2,9 | 3,3 | (7,5) | 1,6 | 1 | 0,73 |
| 16/10/17-9/11/17 | - | 1 | 0,71 | 1,1 | 0,82 | - | 1,2 | 1,2 | 1,4 |
| 9/11/17-5/12/17 | 1,4 | 0,67 | 0,62 | 0,4 | 0,71 | (5,4) | 0,65 | 0,57 | 0,58 |
| 5/12/17-24/1/18 | 0,85 | 0,12 | 0,38 | 0,37 | 2 | (3,3) | 0,1 | 0,094 | 0,13 |
| 24/1/18-21/3/18 | 0,29 | 0,12 | 0,23 | 0,2 | 0,4 | (1,8) | 0,1 | 0,066 | 0,076 |
| 21/3/18-12/4/18 | 0,49 | 0,61 | 0,19 | 0,46 | 0,28 | - | 0,3 | 0,16 | 0,28 |
| 12/4/18-25/4/18 | 0,58 | 0,24 | 0,21 | 0,31 | 0,2 | (2) | 0,24 | 0,2 | 0,18 |
| 25/4/18-3/7/18 | 1,2 | 1,1 | 0,71 | 1,6 | 1,9 | (4,4) | 2 | 3,5 | 4,1 |

Tabell 6.4. Konsentrasjoner av totalfosfor i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018.

| Prøveperiode | Høstpløyd | | | Vårpløyd | | | Høstkorn | | |
|------------------|-----------------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | mg total fosfor/L grøfteavrenning | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 0,64 | 0,26 | 0,23 | 0,23 | 0,38 | 0,33 | 0,69 | 0,73 | 0,52 |
| 16/10/17-9/11/17 | 0,75 | 0,85 | 0,57 | 0,59 | 0,51 | 0,65 | 0,35 | 0,74 | 0,63 |
| 9/11/17-23/11/17 | 0,46 | 0,41 | 0,42 | 0,38 | 0,44 | 0,45 | 0,51 | 0,39 | 0,4 |
| 23/11/17-5/12/17 | 0,46 | 0,39 | 0,42 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,35 | 0,47 | 0,28 |
| 5/12/17-24/1/18 | 0,31 | 0,24 | 0,26 | 0,14 | 0,17 | 0,28 | 0,25 | 0,32 | 0,24 |
| 24/1/18-21/3/18 | 0,18 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,21 | 0,17 | 0,2 | 0,14 |
| 21/3/18-12/4/18 | 0,36 | 0,24 | 0,25 | 0,33 | 0,2 | 0,25 | 0,33 | 0,27 | 0,17 |
| 12/4/18-25/4/18 | 0,26 | 0,17 | 0,24 | 0,23 | 0,17 | 0,24 | 0,26 | 0,23 | 0,24 |
| 25/4/18-3/7/18 | 0,83 | 0,73 | 0,87 | 0,46 | 0,35 | 0,76 | 0,48 | 0,46 | 0,52 |

De laveste konsentrasjonene av totalfosfor (0,14 mg/L) i grøfteavrenning ble målt i vannprøvene fra perioden fra 24. januar til 21. mars 2018 (tabell 6.4). Den høyeste konsentrasjonen av totalfosfor (0,87 mg/L) i grøfteavrenning ble målt fra den høstpløyde rute 9 i perioden 25. april-3. juli 2018. Det var veldig lite avrenning etter 1. mai og konsentrasjonen i vannprøvene fra denne perioden gjelder stort sett slutten på april.

6.1.2.2 Løst fosfat

Konsentrasjonene av løst fosfat i overflateavrenning etter 16. oktober 2017 (kommentert i fjorårets rapport) varierte fra 0,052 mg/L til 1,8 mg/L (tabell 6.5). Løst fosfatkonsentrasjonene i overflatevann var i gjennomsnitt størst for de tre vårpløyde rutene. Gjennomsnittskonsentrasjonen var lavest for rutene med høstkorn. Konsentrasjonene av løst fosfat var generelt høyest i vannprøven fra 25. april til 3. juli, der vannet stort sett kommer fra avrenning i april. Det er noe usikkerhet om fordampning i løpet av sommeren kan ha bidratt til å øke konsentrasjonen i disse prøvene.

Tabell 6.5. Konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018. Tall for rute 7 er i parentes p.g.a. usikkerhet om resultatene.

| 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 | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 1,5 | 0,6 | 0,31 | 1,9 | 3 | (6,6) | 0,54 | 0,52 | 0,27 |
| 16/10/17-9/11/17 | - | 0,11 | 0,11 | 0,63 | 0,49 | - | 0,14 | 0,18 | 0,13 |
| 9/11/17-5/12/17 | 1,1 | 0,15 | 0,1 | 0,28 | 0,59 | (4,4) | 0,11 | 0,13 | 0,13 |
| 5/12/17-24/1/18 | 0,73 | 0,092 | 0,13 | 0,33 | 1,8 | (2,9) | 0,061 | 0,066 | 0,062 |
| 24/1/18-21/3/18 | 0,28 | 0,097 | 0,19 | 0,18 | 0,39 | (1,6) | 0,093 | 0,052 | 0,063 |
| 21/3/18-12/4/18 | 0,45 | 0,52 | 0,14 | 0,44 | 0,24 | - | 0,26 | 0,12 | 0,24 |
| 12/4/18-25/4/18 | 0,27 | 0,17 | 0,11 | 0,26 | 0,15 | (1,8) | 0,17 | 0,13 | 0,1 |
| 25/4/18-3/7/18 | 0,82 | 0,82 | 0,18 | 1,3 | 1,4 | (3,9) | 1 | 1 | 0,96 |

Tabell 6.6. Konsentrasjoner av løst fosfat i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018.

| 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 | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 0,13 | 0,065 | 0,063 | 0,1 | 0,11 | 0,11 | 0,078 | 0,13 | 0,11 |
| 16/10/17-9/11/17 | 0,15 | 0,11 | 0,07 | 0,11 | 0,1 | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,061 |
| 9/11/17-23/11/17 | 0,16 | 0,1 | 0,084 | 0,13 | 0,11 | 0,15 | 0,12 | 0,12 | 0,058 |
| 23/11/17-5/12/17 | 0,14 | 0,11 | 0,073 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,14 | 0,056 |
| 5/12/17-24/1/18 | 0,14 | 0,085 | 0,074 | 0,082 | 0,079 | 0,13 | 0,1 | 0,12 | 0,061 |
| 24/1/18-21/3/18 | 0,13 | 0,093 | 0,078 | 0,11 | 0,11 | 0,16 | 0,11 | 0,15 | 0,038 |
| 21/3/18-12/4/18 | 0,32 | 0,19 | 0,2 | 0,28 | 0,16 | 0,22 | 0,26 | 0,19 | 0,053 |
| 12/4/18-25/4/18 | 0,16 | 0,1 | 0,092 | 0,13 | 0,087 | 0,16 | 0,13 | 0,12 | 0,065 |
| 25/4/18-3/7/18 | 0,18 | 0,12 | 0,1 | 0,12 | 0,11 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,11 |

Det var liten forskjell på de gjennomsnittlige konsentrasjonene av løst fosfat i grøfteavrenning ulike behandlinger (tabell 6.6). De høyeste konsentrasjonene ble målt i mars-april, bortsett fra rute 8, der det ble målt meget lave konsentrasjoner fra oktober til april.

6.1.3 Nitrogen

Konsentrasjonene av totalnitrogen i overflateavrenning varierte fra 0,44 mg/L for en høstkorn-rute i desember-januar til 41 mg/L for rute 6 (høstkorn), som dekker perioden 25. april- 3. juli (tabell 6.7). Konsentrasjonene av totalnitrogen var generelt høyest i vannprøven fra 25. april til 3. juli, der vannet stort sett kommer fra avrenning i april. Det er noe usikkerhet om fordampning i løpet av sommeren kan ha bidratt til å øke konsentrasjonen i disse prøvene.

Tabell 6.7. Konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018. Tall for rute 7 er i parentes p.g.a. usikkerhet om resultatene.

| 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 | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 20 | 14 | 8,1 | 24 | 25 | (52) | 12 | 7,2 | 4,2 |
| 16/10/17-9/11/17 | - | 3,3 | 2,8 | 3 | 2,3 | - | 2,1 | 2,4 | 2,6 |
| 9/11/17-5/12/17 | 5,7 | 1,9 | 2,3 | 0,91 | 2,1 | (33) | 1,3 | 1,3 | 1,4 |
| 5/12/17-24/1/18 | 3,2 | 0,67 | 3,6 | 1,1 | 9,5 | (11) | 0,44 | 0,48 | 0,68 |
| 24/1/18-21/3/18 | 1,2 | 0,86 | 1,3 | 0,91 | 1,5 | (4,5) | 0,9 | 0,72 | 0,7 |
| 21/3/18-12/4/18 | 2 | 2,5 | 1,1 | 1,8 | 1,7 | - | 1,7 | 1,2 | 1,3 |
| 12/4/18-25/4/18 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,1 | 0,86 | (5) | 1,2 | 1,1 | 0,82 |
| 25/4/18-3/7/18 | 11 | 9 | 4,1 | 10 | 17 | (14) | 38 | 41 | 27 |

Tabell 6.8. Konsentrasjoner av totalnitrogen i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i fjerde forsøksår for perioden 1. september 2017 til 1. september 2018.

| 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 | | | | | | | | |
| 19/5/17-16/10/17 | 8,6 | 6,2 | 6,6 | 6,9 | 8,1 | 6,6 | 6,4 | 3,9 | 4,6 |
| 16/10/17-9/11/17 | 4,5 | 3,8 | 3,7 | 5 | 4,2 | 3,2 | 1,7 | 2,8 | 1,6 |
| 9/11/17-23/11/17 | 3 | 2,6 | 2,5 | 3,3 | 2,6 | 2,2 | 2,3 | 1,8 | 1,2 |
| 23/11/17-5/12/17 | 3,8 | 3,2 | 3,4 | 4,1 | 3,1 | 2,9 | 3 | 2,3 | 1,6 |
| 5/12/17-24/1/18 | 3,9 | 3 | 3,8 | 3,9 | 2,6 | 4,2 | 2,4 | 2,1 | 1,5 |
| 24/1/18-21/3/18 | 1,4 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 1,9 | 1,3 | 1,3 | 0,68 |
| 21/3/18-12/4/18 | 1,7 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,4 | 3 |
| 12/4/18-25/4/18 | 2,8 | 2,2 | 3 | 2,8 | 3,4 | 2,8 | 2,5 | 2 | 9,1 |
| 25/4/18-3/7/18 | 11 | 9,9 | 5,9 | 8,5 | 7,6 | 9,9 | 12 | 13 | 4,6 |

Det er liten forskjell i gjennomsnittskonsentrasjonene av totalnitrogen i grøfteavrenningen fra ulike behandlinger (tabell 6.8). Konsentrasjonene av totalnitrogen i grøfteavrenning varierte fra 0,68 mg/L i januar-mars for rute 8 med høstkorn til 13 mg/L i april- juli fra rute 6 også med høstkorn (tabell 6.8).

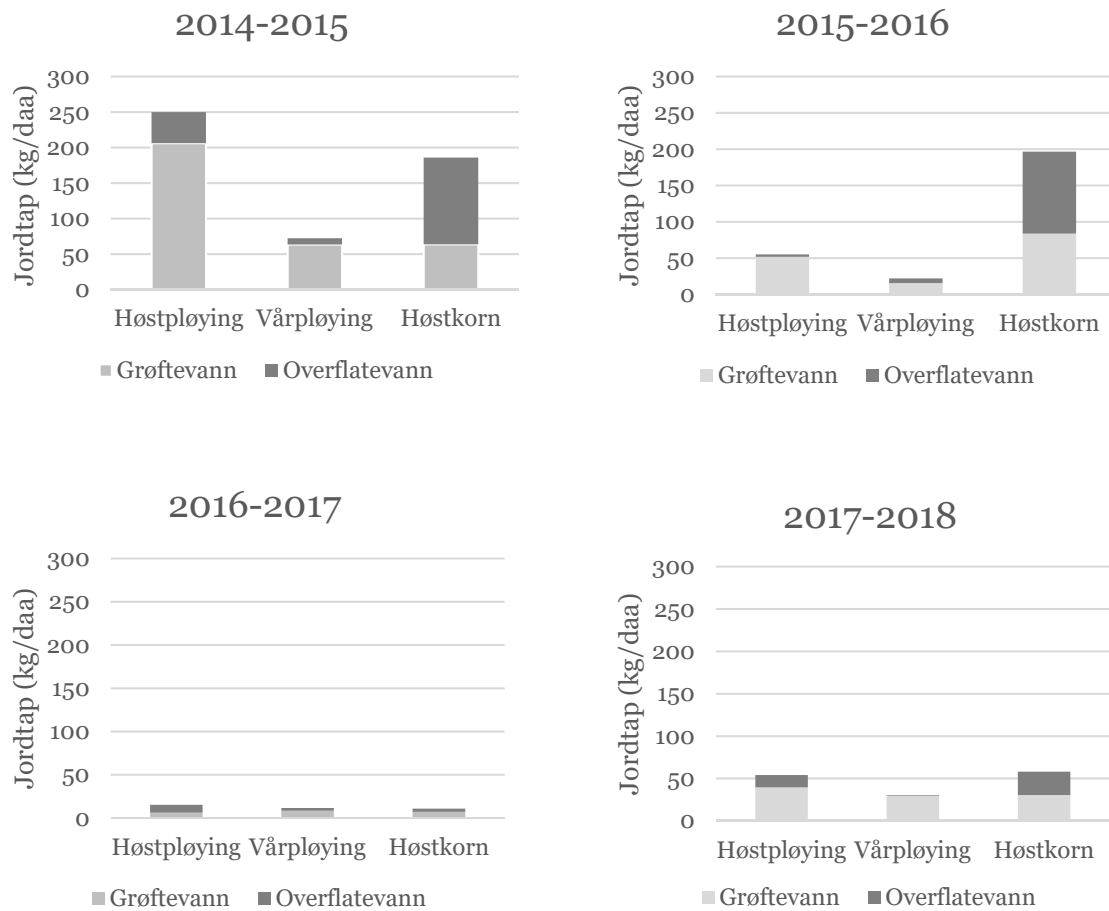
6.2 Jord- og næringsstofftap

Tap av partikler og næringsstoffer er beregnet som summen av vannføring (L/blandprøveperiode) multiplisert med konsentrasjonen (mg/L) i hver blandprøveperiode. Tallene for hele år gjelder for perioden 1. september til 1. september.

6.2.1 Jordtap

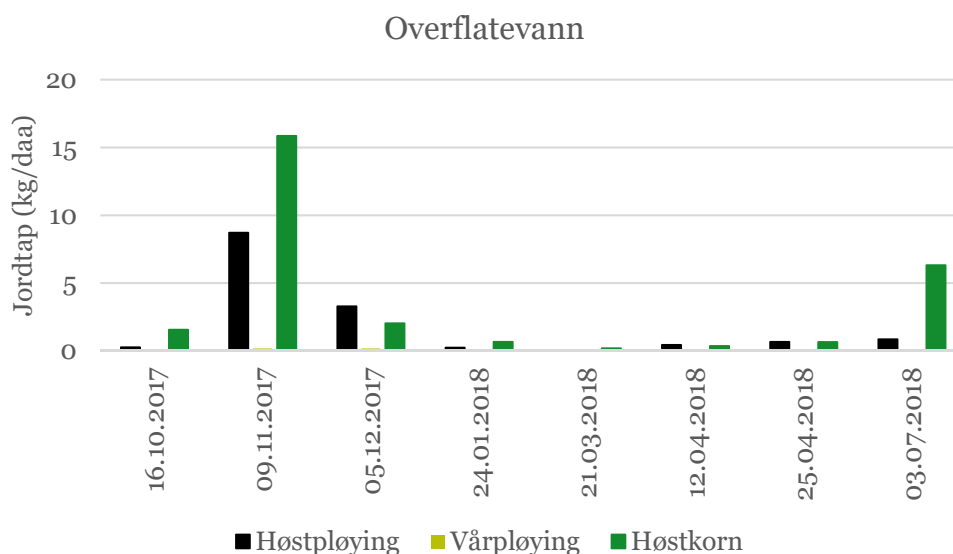
Jordtapene i 2017-2018 var forholdsvis lave sammenlignet med de to første årene, men høyere enn 2016-2017 (figur 6.1). Fra rutene med vårkorn, både høstpløyde og vårpløyde ruter, var de gjennomsnittlige jordtapene omtrent som i år 2015-2016 med dobbelt så store jordtap fra høstpløyde rutene som fra de vårpløyde rutene. Fra rutene med høstkorn sådd etter høstpløying var jordtapene mindre enn tilsvarende fra 2015-2016. I september 2015 bidro en kraftig nedbørepisode etter pløying av høstkornrutene til store jordtap fra disse rutene. I september 2017 var det også vanskelig å få sådd høstkornet på grunn av nedbør, men det kom mindre nedbør tidlig på høsten sammenlignet med 2015 og det ble derfor mindre erosjon etter pløying til høstkornet.

Fra høstkornrutene bidro overflateavrenningen i 2017-2018 med ca halvparten av jordtapedet mens fra rutene med vårkorn kom det største jordtapedet gjennom grøftene. De vårpløyde rutene hadde nesten ikke jordtap med overflatevann. Jordtapedet gjennom grøfteavrenning variaerte mindre mellom rutene enn jordtapedet i overflateavrenningen.

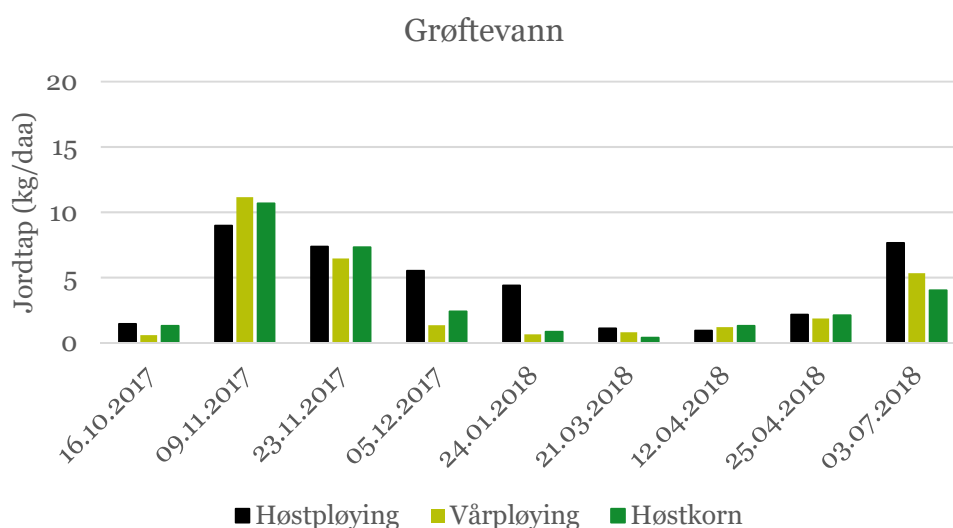


Figur 6.1 Gjennomsnittlig tap av jord (kg/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd i fire forsøksår.

De største jordtapene med overflateavrenning skjedde i oktober-november fra rutene med høstpløying med eller uten høstkorn (figur 6.2). Det ble dessuten målt betydelige jordtap fra høstkornrutene i perioden 25. april til 3. juli. Det er imidlertid usikkerhet knyttet til konsentrasjonene i vannprøver fra denne perioden p.g.a. mulig fordampning fra vannprøvene og dermed oppkonsentrering av vannprøvene.



Figur 6.2 Tap av jord (kg/daa) med overflateavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.



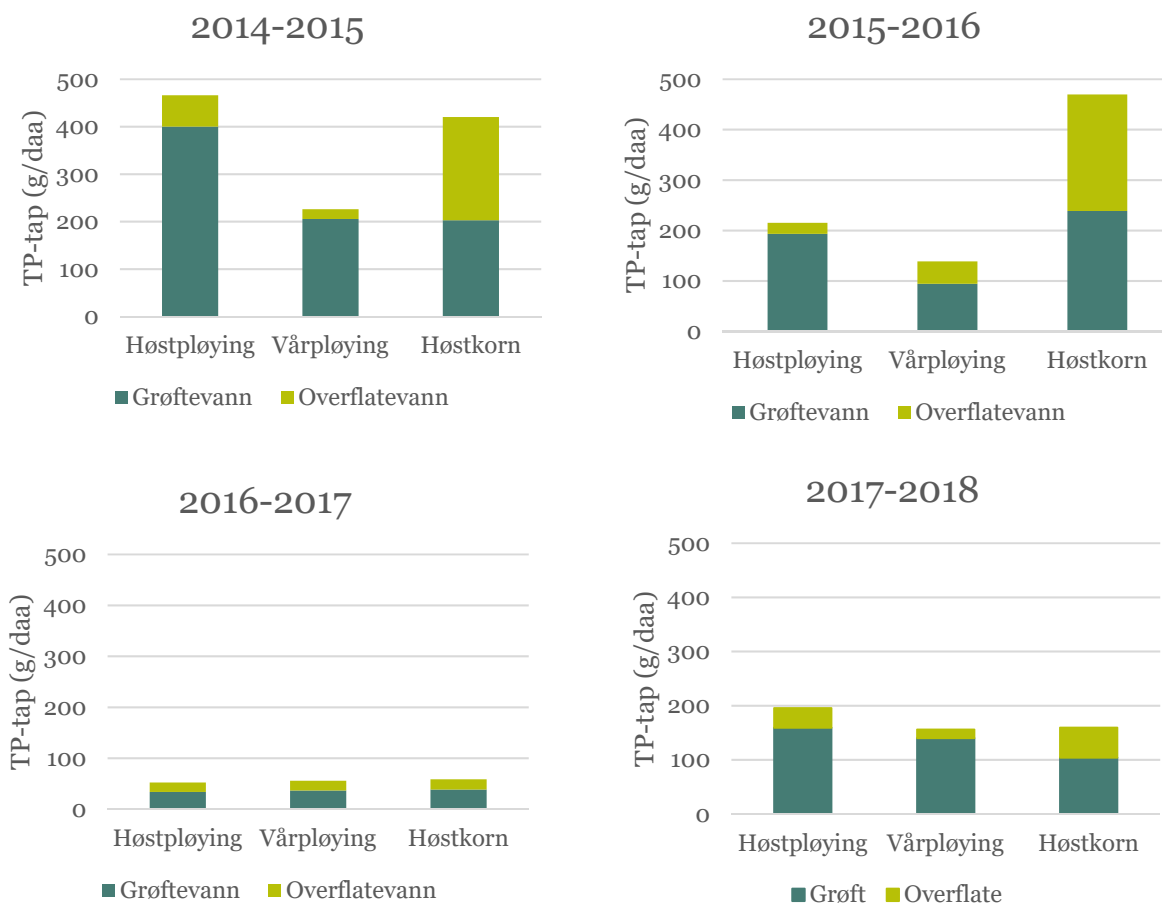
Figur 6.3 Tap av jord (kg/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.

Jordtapene gjennom drensgrøftene var størst på høsten (oktober-november), men også på våren ble det målt betydelige jordtap gjennom grøftene. Som nevnt over er det noe usikkerhet knyttet til de målte konsentrasjonene i disse vannprøvene. De høstpløydte rutene har større jordtap i desember-januer enn de andre behandlingene, men for øvrig er det kun små forskjeller i sesongfordelingen av jordtapene for ulike behandlinger.

6.2.2 Fosfortap

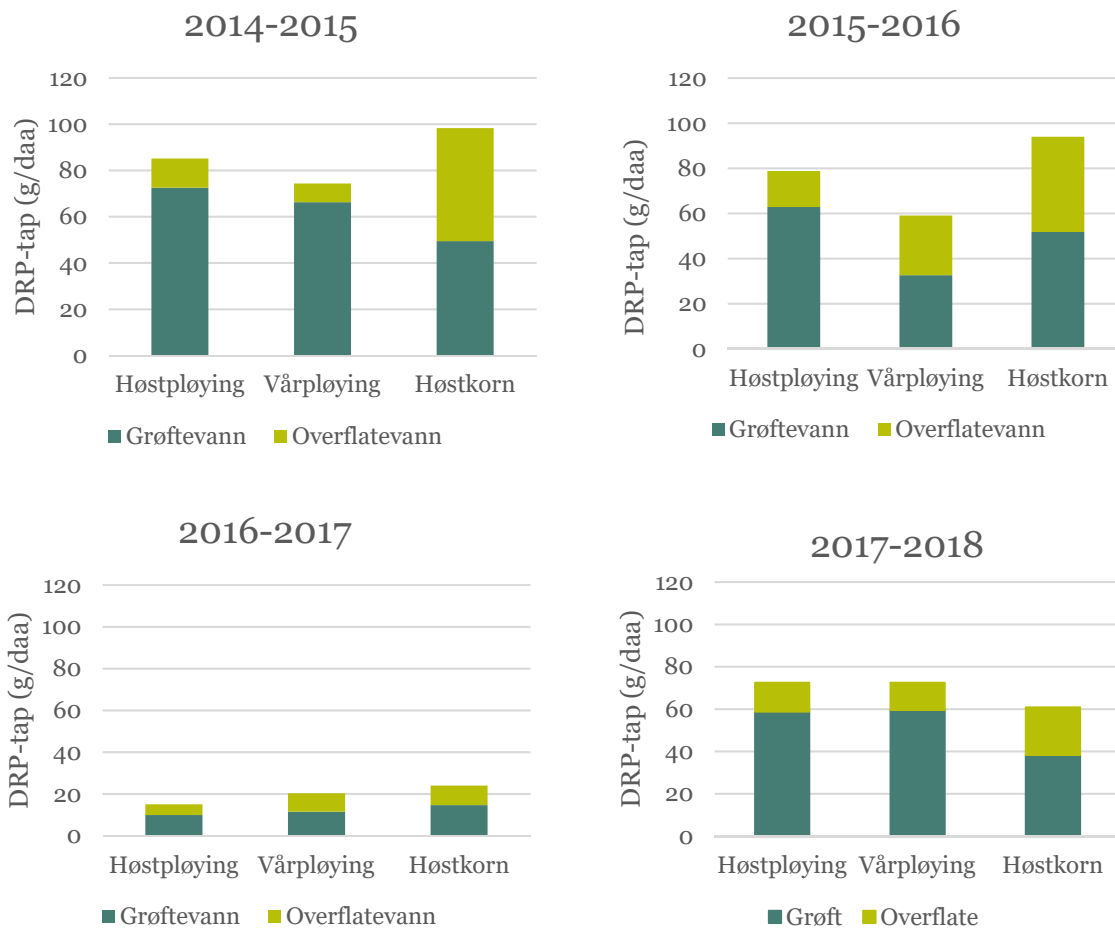
De målte fosfortapene i 2017-2018 korresponderer godt med de målte jordtapene. Fosfortapene i 2017-2018 var høyere enn for 2016-2017 (figur 6.4) noe som henger sammen med mer nedbør og avrenning. Avrenningsmengden var omtrent som i 2015-2016 og fosfortapene fra høstpløydte og vårpløydte ruter var også omtrent på samme nivået de to årene 2017-2018 og 2015-2016. Derimot var det stor forskjell på fosfortapene fra høstkornrutene de to årene. Det skyldes, som beskrevet for

jordtap, at det i 2015 kom en kraftig nedbørepisode etter pløying til høstkorn og den episoden bidro til de høye fosfortapene fra høstkornrutene i 2015-2016. I 2017 var høstnedbøren mer jevnt fordelt.



Figur 6.4 Gjennomsnitt av årlige totalfosfortap (TP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, fire forsøksår.

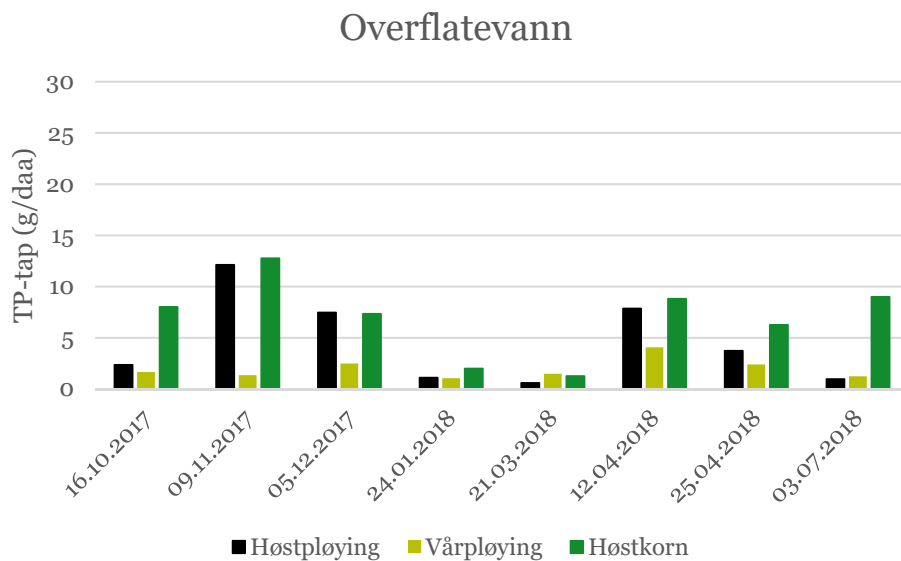
Tapene av løst fosfat varierer mindre enn tapene av total fosfor. I 2017-2018 ble de høyeste tapene av løst fosfat målt fra ruter med vårkorn (figur 6.5). Det var liten forskjell i tap av løst fosfat mellom høstpløying og vårpløying. I 2017-2018 skjedde om lag 20% av tapene av løst fosfat via overflatevann for de vårpløyde og høstpløyde rutene, mens det tilsvarende var 37 % av tapene fra høstkorn ruter som skjedde via overflatevann.



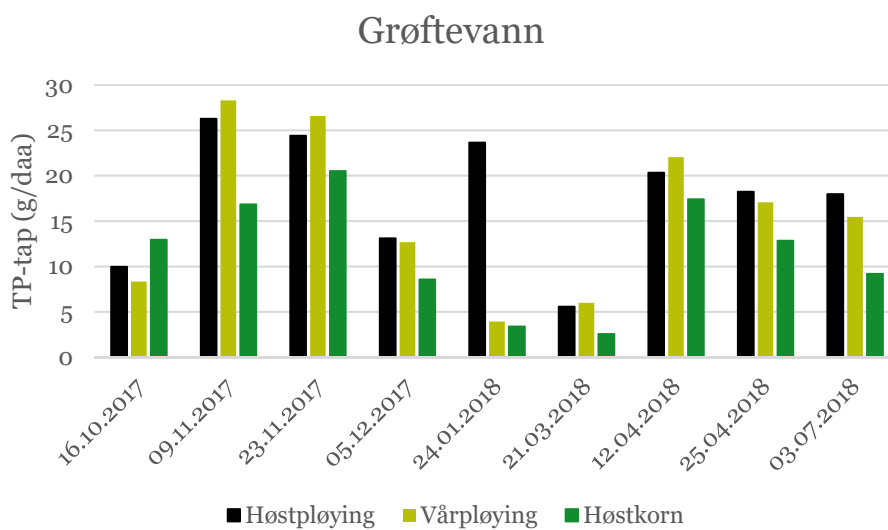
Figur 6.5 Gjennomsnitt av årlige tap av løst fosfat (DRP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, alle forsøksår.

Tap av fosfor via overflateavrenning var størst på høsten og på våren (figur 6.6). Det var lite tap med overflatevann fra rutene som overvintret i stubb, særlig på høsten var det lave fosfortap med overflatevann fra ruter som skal vårpløyes.

I grøfteavrenningen har det også vært størst fosfortap på høsten og våren, men under en episode på vinteren var det store fosfortap i gjennomsnitt for de høstpløydte rutene (figur 6.7). Rutene som vårpløyes har de høyeste fosfortapene mens det ligger i stubb om høsten. Om vinteren er det lave fosfortap fra ruter med overvintring i stubb og med høstkorn.



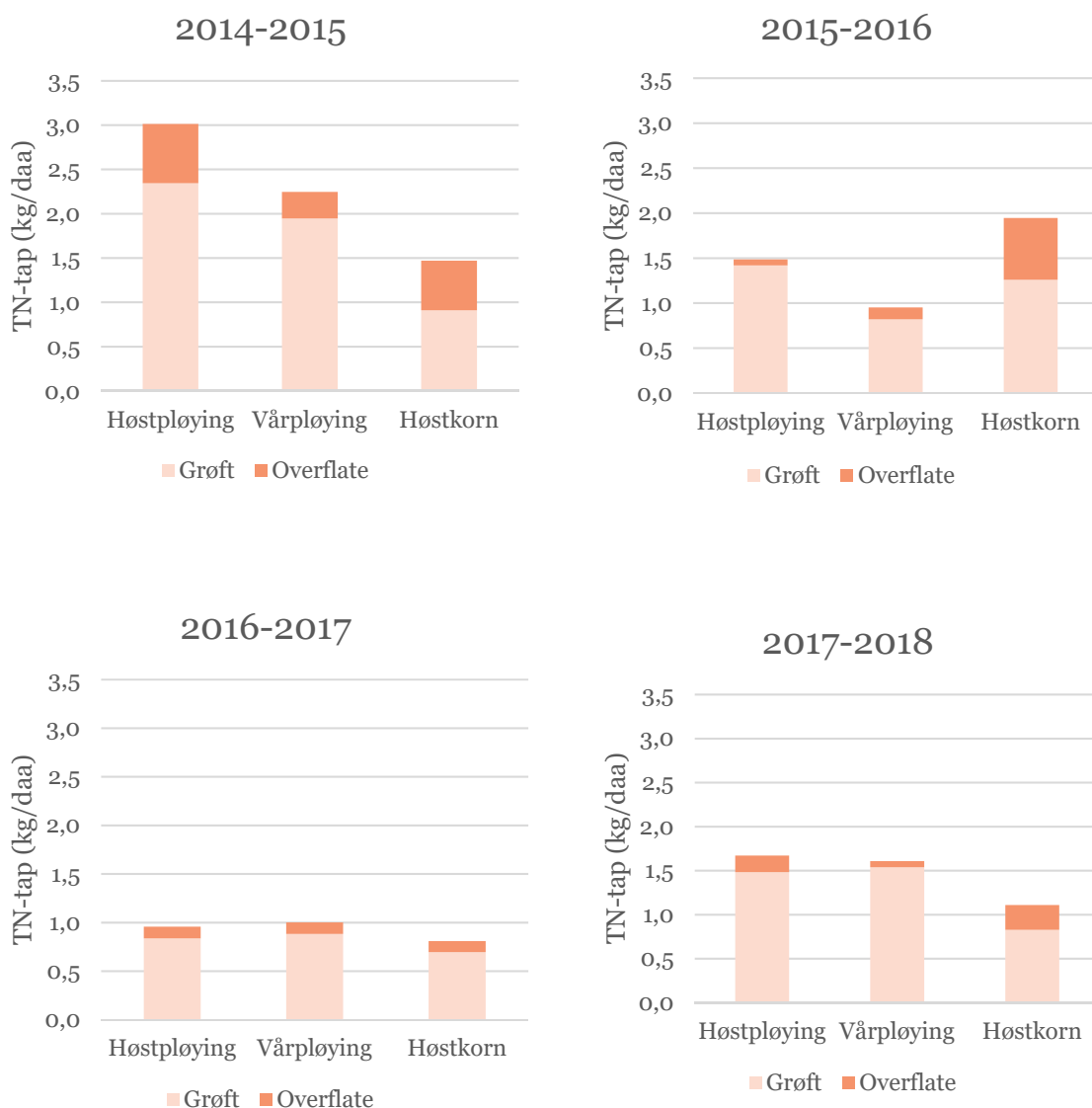
Figur 6.6 Gjennomsnittlig fosfortap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn per blandprøveperiode.



Figur 6.7 Gjennomsnittlig fosfortap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

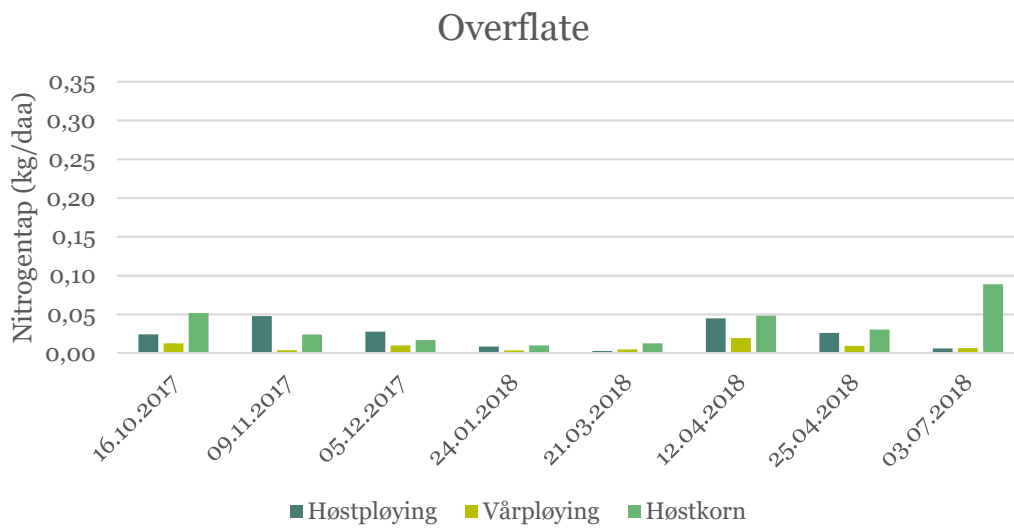
6.2.3 Nitrogentap

Det var liten forskjell i nitrogentapene fra ruter med vårkorn og høstpløying versus vårpløying (figur 6.8). Nitrogentapene fra ruter med høstpløying hadde noe mer overflateavrenning enn ruter med vårpløying. Nitrogentapene fra høstkornruter var lavere enn for vårkornrutene

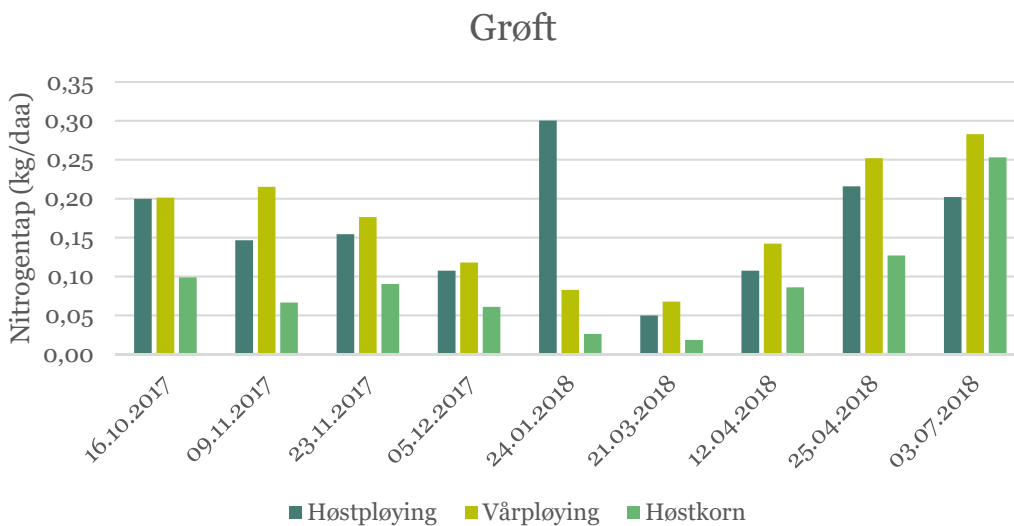


Figur 6.8 Gjennomsnittlige årlige nitrogentap fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fire forsøksår.

Nitrogentapene med overflatevann utgjorde 18 % av det totale nitrogentapet i gjennomsnitt for alle rutene. Fordeling av nitrogentap med overflate- og grøftevann over året er mere jevn enn for jordtap og fosfortap (figur 6.9 og 6.10).



Figur 6.9 Gjennomsnittlig nitrogentap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpøying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.



Figur 6.10 Gjennomsnittlig nitrogentap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpøying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

Nitrogentap gjennom grøftene var like fra høstpløyde og vårpøyde ruter med vårkorn, bortsett fra i en blandprøveperiode i desember-januar. Da var det mye større nitrogentap fra høstpløyde ruter sammenlignet med vårpøyde ruter (figur 6.10).

7 Plantevernmidler

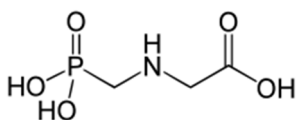
Konsentrasjoner av plantevernmidler

I perioden fra høsten 2017 til sommeren 2018 ble det tatt ut 8 blandprøver av dremsvann og overflatevann til plantevernmiddelanalyser. Prøvene ble analysert for glyfosat (figur 7.1) og nedbrytningsproduktet AMPA (figur 7.4).

For sesongen 2017/2018 var det flere påvisninger av glyfosat i dremsvann enn overflatevann med 48 og 34 i henholdsvis dremsvann og overflatevann. I samme periode var det liten forskjell mellom gjennomsnitt konsentrasjonene for glyfosat i dremsvann og overflatevann med henholdsvis 0.12 og 0.11 µg glyfosat/L. Høyeste målte verdi var 3.2 µg glyfosat/L i dremsvann i juli 2018 fra rute 4 som var vårsprøyta i 2018 (tabell 7.1). Høyeste målte verdi i overflatevannet var 0.83 µg glyfosat/L i oktober 2017 fra høstpløyd rute 9 som var sprøyta i gulmoden åker i august 2017 (tabell 7.2).

For sesongen 2017/2018 var det flere påvisninger av AMPA i dremsvann enn overflatevann med 48 og 31 i henholdsvis dremsvann og overflatevann som samsvarer med målingene av glyfosat. Det var liten forskjell på gjennomsnitts konsentrasjonene for AMPA i dremsvann og overflatevann med henholdsvis 0.12 og 0.10 µg AMPA/L i dremsvann og overflatevann. Høyeste målte verdi for AMPA var 1.0 µg AMPA/L i dremsvannet i juli 2018 fra rute 4 som var vårsprøyta i 2018 (tabell 7.3). Denne ruta hadde også høyest verdi av glyfosat på dette tidspunktet. Høyeste målte verdi i overflatevannet var 0.80 µg AMPA/L i juli 2018 fra rute 6 som var sprøyta i august 2017 før såing av høstvetete.

Glyfosat



Figur 7.1 Molekylstruktur til glyfosat

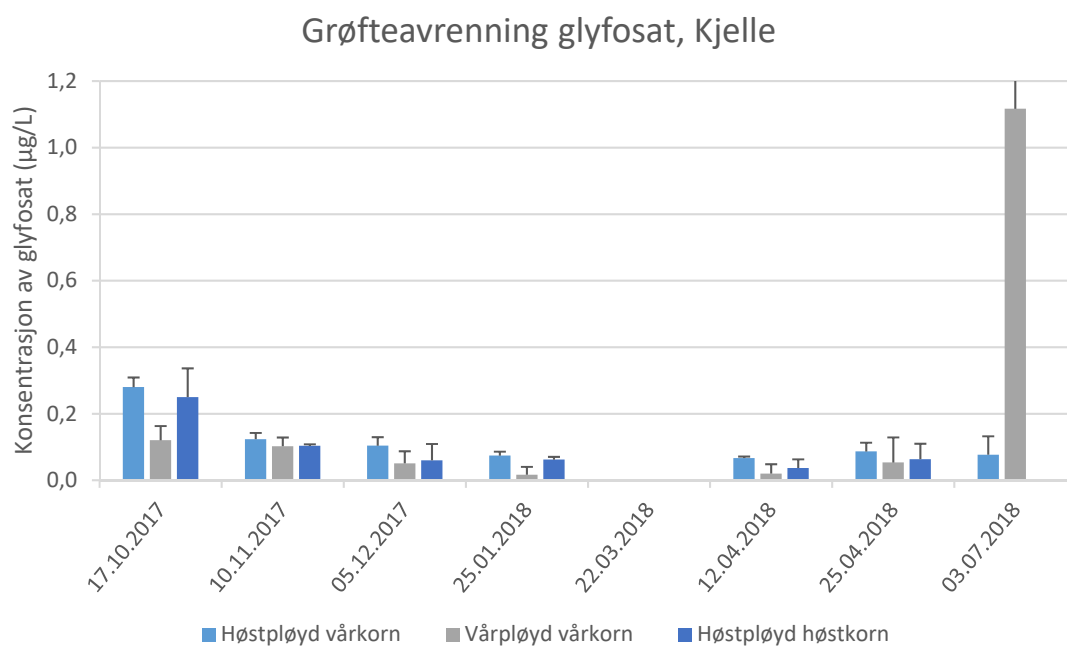
Dette var det første året med ulik behandling av de ulike rutene. Vi ville sammenlikne både effekten av tradisjonell sprøyting i stubbåkeren etter høsting av kornet, sprøyting i gulmoden åker og sprøyting om våren før såing.

Bygget i rutene 1, 5 og 9 ble sprøytet med glyfosat i gulmoden åker 8. august 2017 og deretter høstpløyd 16.10.2017. Rutene 3, 6 og 8 som hadde havre i 2017, ble sprøytet med glyfosat i stubbåkeren den 5. september 2017 etter høsting og før tilsåing med høstkorn. Rutene 2, 4 og 7 som skulle vårpløyes og tilsåes med bygg våren 2018, ble sprøytet 30.4.2018 før pløying og såing.

Det ble påvist glyfosat i dremsvannet fra alle behandlingene med unntak av prøvene som ble tatt ut i mars 2018 som alle var uten målbare konsentrasjoner av glyfosat. Det var generelt liten forskjell mellom behandlingene. Rutene som var sprøytet i gulmoden åker hadde i gjennomsnitt høyest konsentrasjoner ved alle prøvetakingstidspunktene før årsskiftet 2017/2018 (tabell 7.1 og figur 7.2), men det var små forskjeller mellom behandlingene. Rutene med vårsprøyting hadde den høyeste konsentrasjonen av alle ved prøveuttak tidlig i juli.

Tabell 7.1 Konsentrasjoner av glyfosat i drensvann fra 9 ruter på Kjelle (2017/2018)

| Prøveperiode | Høstpløyd/vårkorn | | | Vårpløyd /vårkorn | | | Høstpløyd/høstkorn | | |
|--------------|-------------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | µg Glyfosat/L drensvann | | | | | | | | |
| 17.10.2017 | 0.32 | 0.27 | 0.25 | 0.14 | 0.16 | 0.061 | 0.17 | 0.37 | 0.21 |
| 10.11.2017 | 0.11 | 0.11 | 0.15 | 0.11 | 0.067 | 0.13 | 0.1 | 0.11 | 0.1 |
| 05.12.2017 | 0.14 | 0.086 | 0.086 | 0.085 | 0 | 0.067 | 0.12 | 0.06 | 0 |
| 25.01.2018 | 0.071 | 0.061 | 0.09 | 0.05 | 0 | 0 | 0.06 | 0.073 | 0.053 |
| 22.03.2018 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.04.2018 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0.05 |
| 25.04.2018 | 0.05 | 0.11 | 0.1 | 0 | 0 | 0.16 | 0.08 | 0.11 | 0 |
| 03.07.2018 | 0.13 | 0 | 0.1 | 0.15 | 3.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

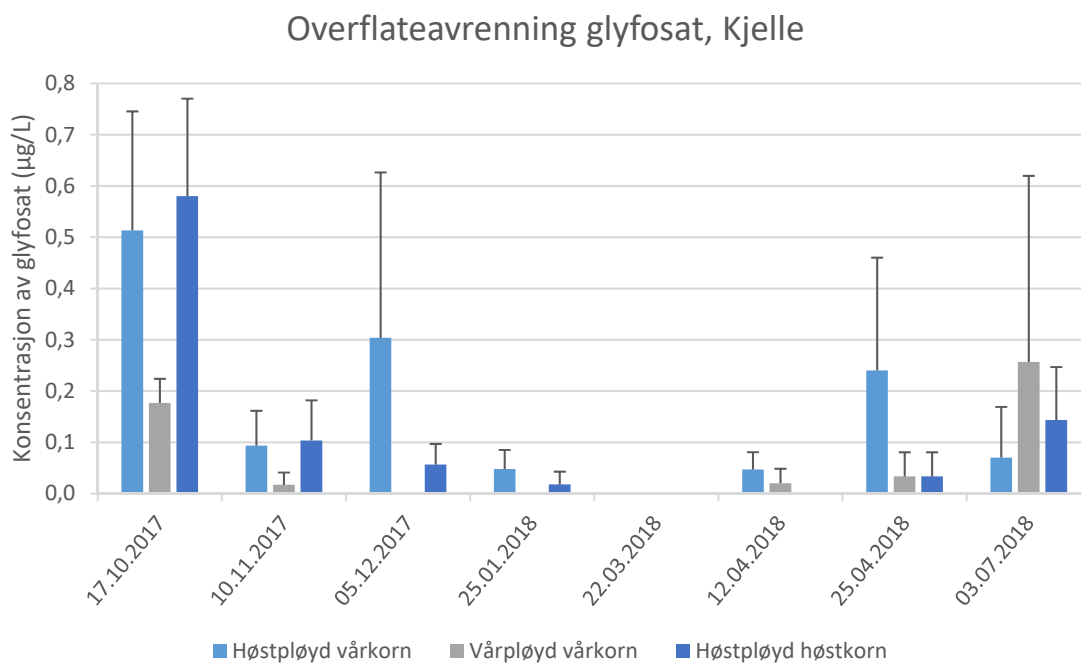


Figur 7.2. Gjennomsnittskonsentrasjonen (n=3) av glyfosat i drensvann ved ulike jordarbeiding, Kjelle 2017/2018

Konsentrasjonene av glyfosat i overflatevannet var også i 2017/2018 som ventet noe høyere en avrenningen til drensvannet. Forskjellene var imidlertid ganske små. Den første avrenningen i oktober hadde de høyeste verdiene, deretter fulgte avrenningen i april og juli (tabell 7.2 og figur 7.3).

Tabell 7.2 Konsentrasjoner av glyfosat i overflatevann fra 9 ruter på Kjelle (2017/2018)

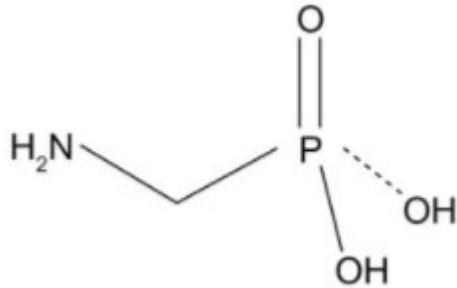
| Prøveperiode | Høstpløyd/vårkorn | | | Vårpløyd /vårkorn | | | Høstpløyd/høstkorn | | |
|--------------|-----------------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | µg Glyfosat/L overflatevann | | | | | | | | |
| 17.10.2017 | 0.28 | 0.43 | 0.83 | 0.11 | 0.21 | 0.21 | 0.32 | 0.65 | 0.77 |
| 10.11.2017 | 0.00 | 0.12 | 0.16 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.19 |
| 05.12.2017 | 0.76 | 0.09 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.09 |
| 25.01.2018 | 0.05 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 |
| 22.03.2018 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.04.2018 | 0.08 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25.04.2018 | 0.06 | 0.55 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.10 |
| 03.07.2018 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.77 | 0.24 | 0.00 | 0.19 |



Figur 7.3. Gjennomsnitts konsentrasjonen (n=3) av glyfosat i overflatevann ved ulike jordarbeiding, Kjelle 2017/2018

7.1.1 AMPA

Det ble påvist AMPA (fig.7.4) i drensvannet ved de fleste prøvetakingene i 2017/2018 (tabell 7.3 og figur 7.5). De målte konsentrasjonene av AMPA var nesten på samme konsentrasjonsnivå som for



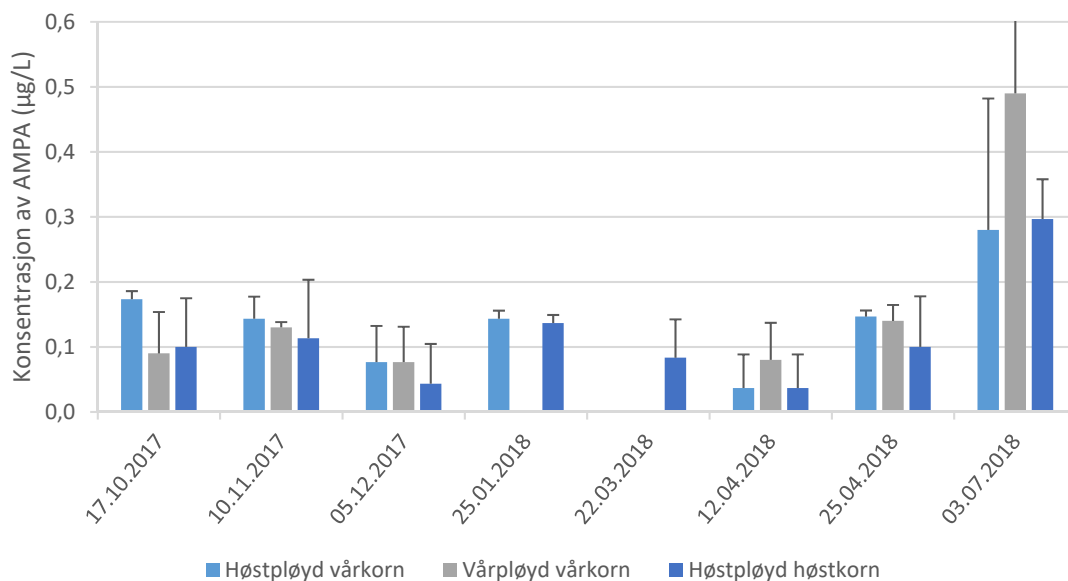
glyfosat. Det var også her liten forskjell mellom rutene, og avrenningsmønsteret for AMPA ligner på avrenningen av glyfosat. AMPA bindes ikke så sterkt til jordpartiklene og kan derfor forvente at AMPA lekker ut til drensvann raskere enn glyfosat. Imidlertid er AMPA et nedbrytingsprodukt som derfor skulle forventes å opptre i lavere konsentrasjoner enn glyfosat.

Figur 7.4 Molekylstruktur til AMPA

Tabell 7.3 Konsentrasjon av AMPA i drensvann fra 9 ruter på Kjelle (2017/2018)

| Prøveperiode | Høstpløyd/vårkorn | | | Vårpløyd /vårkorn | | | Høstpløyd/høstkorn | | |
|--------------|---------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | µg AMPA/L drensvann | | | | | | | | |
| 17.10.2017 | 0.16 | 0.19 | 0.17 | 0.13 | 0.14 | 0 | 0.12 | 0.18 | 0 |
| 10.11.2017 | 0.11 | 0.19 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0 | 0.22 |
| 05.12.2017 | 0.1 | 0 | 0.13 | 0.12 | 0 | 0.11 | 0 | 0.13 | 0 |
| 25.01.2018 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0 | 0 | 0 | 0.14 | 0.15 | 0.12 |
| 22.03.2018 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.13 | 0.12 | 0 |
| 12.04.2018 | 0 | 0.11 | 0 | 0.13 | 0.11 | 0 | 0 | 0 | 0.11 |
| 25.04.2018 | 0.16 | 0.14 | 0.14 | 0.17 | 0.14 | 0.11 | 0.19 | 0.11 | 0 |
| 03.07.2018 | 0 | 0.37 | 0.47 | 0.25 | 1 | 0.22 | 0.34 | 0.34 | 0.21 |

Grøfteavrenning AMPA, Kjelle



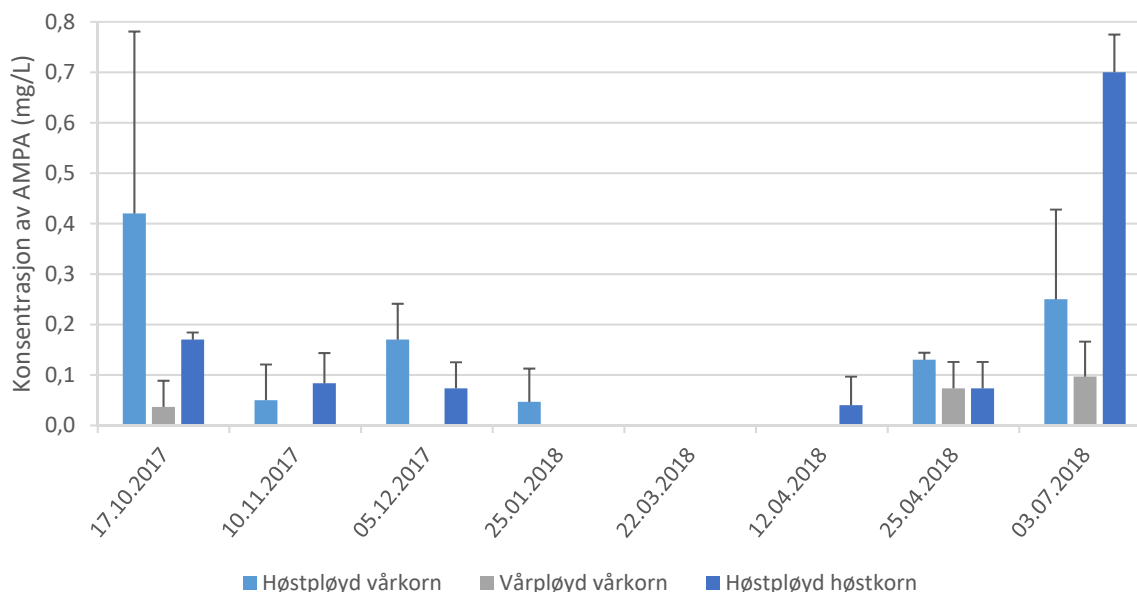
Figur 7.5. Gjennomsnitts konsentrasjonen (n=3) av AMPA i drenevannet ved ulike jordarbeiding, Kjelle 2017/2018

Det ble påvist AMPA i overflateavrenningen fra 8 av de 9 målte rutene, og det ble totalt sett gjort noe færre påvisninger av AMPA (31) sammenliknet med glyfosat (34).

Tabell 7.4 Konsentrasjon av AMPA i overflatevann fra 9 ruter på Kjeller (2017/2018)

| Prøveperiode | Høstpløyd/vårkorn | | | Vårpløyd/vårkorn | | | Høstpløyd/høstkorn | | |
|--------------|-------------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
| | Rute 1 | Rute 5 | Rute 9 | Rute 2 | Rute 4 | Rute 7 | Rute 3 | Rute 6 | Rute 8 |
| | µg AMPA/L overflatevann | | | | | | | | |
| 17.10.2017 | 0.93 | 0.18 | 0.15 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.18 | 0.18 |
| 10.11.2017 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.14 | 0.00 |
| 05.12.2017 | 0.27 | 0.13 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.11 |
| 25.01.2018 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22.03.2018 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12.04.2018 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.00 |
| 25.04.2018 | 0.12 | 0.12 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.00 | 0.12 | 0.10 | 0.00 |
| 03.07.2018 | 0.00 | 0.40 | 0.35 | 0.13 | 0.16 | 0.00 | 0.68 | 0.80 | 0.62 |

Overflateavrenning AMPA, Kjelle



Figur 7.6 Gjennomsnitts konsentrasjonen (n=3) av AMPA i overflatevann ved ulike jordarbeiding, Kjelle 2017/2018

7.2 Oppsummering av resultater fra fire år med pesticiddata

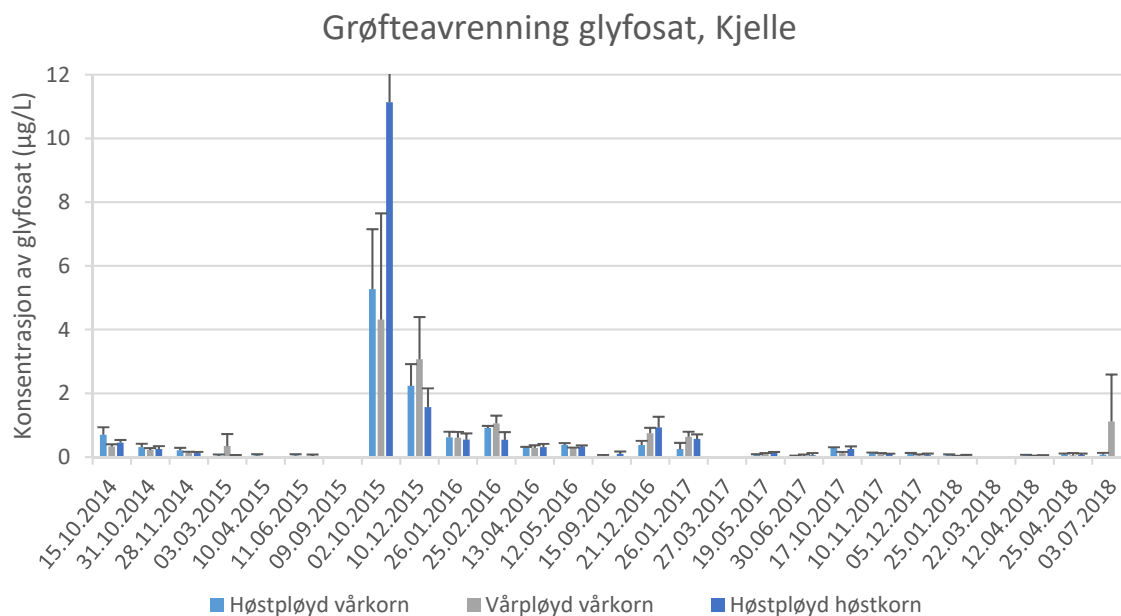
Effekten av nedbør. Fire års forsøk bekrefter at det generelt er vannmengden og nedbøren like etter sprøyting som er den styrende faktoren for avrenning av glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA. Høsten 2014, 2016 og 2017 var det relativt lite nedbør, mens høsten 2015 hadde episoder med mye nedbør like etter pløying og sprøyting. Tidspunkt for regn etter sprøyting betyr mest for overflateavrenning og særlig for stoffer som bindes sterkt til jord, slik som glyfosat. I forsøkene på Kjelle har det blitt gjennomført forsøk med ulike jordarbeiding der glyfosat i tre år (2014-2016) har blitt sprøytet i stubbåkeren etter høsting. Det siste året har vært unntak hvor det har vært gjennomført tre ulike behandlinger med sprøyting i gulmoden åker før høsting (2017) og sprøyting om våren i stubbåkeren før pløying og såing om våren (2018) i tillegg til tidligere nevnte sprøyting i stubbåker.

Jordarbeidingstidpunkt. Valg av jordarbeiding og tidspunkt for når den utføres er avgjørende for konsentrasjonen av plantevernmidlet. Pløying etter sprøyting forårsaker at pesticider som er sprøytet på jorda blir begravd og dette reduserer eksponeringen, men ved sterk nedbør vil pløying forårsake økt erosjon og overflatetransport. Sprøyting om høsten i stubbåkeren hvor åkeren blir liggende urørt fram til vårploying, gjør at pesticidet blir liggende eksponert for avrenning gjennom høst, vinter og vår. Avrenning av pesticidet kan påregnes dersom pesticidet ikke brytes ned. Pløying kutter makroporene i jorda slik at den vertikale transporten brytes og utlekking til drengroftene blir redusert.

Konsentrasjonsnivå og miljøfare. Den totale mengden av glyfosat som lekker ut eller renner av utgjør liten andel av det som blir sprøytet, ofte mindre enn 1 %. Det er derfor konsentrasjonen av pesticidet som er viktig og ikke total-mengden. Konsentrasjonen er viktig i forhold til akutt og kronisk giftighet for organismer som lever i jord og vann. Resultatene fra Kjelle har gitt viktig dokumentasjon i forhold til vurdering av arealer med liten helling, da mange av EU scenariene og modeller som blir brukt i forbindelse med godkjenning av plantevernmidler bygger på data og simuleringer fra slike områder. Data fra disse områdene vil derfor være viktig i forhold til kalibrering av slike modeller.

Drensavrenning. I løpet av fire års forsøk var den høyeste konsentrasjonen for glyfosat målt i drengsvannet 21 µg/L. Dette var vann fra en høstpløyd rute med høstkorn oktober 2015 som fikk store

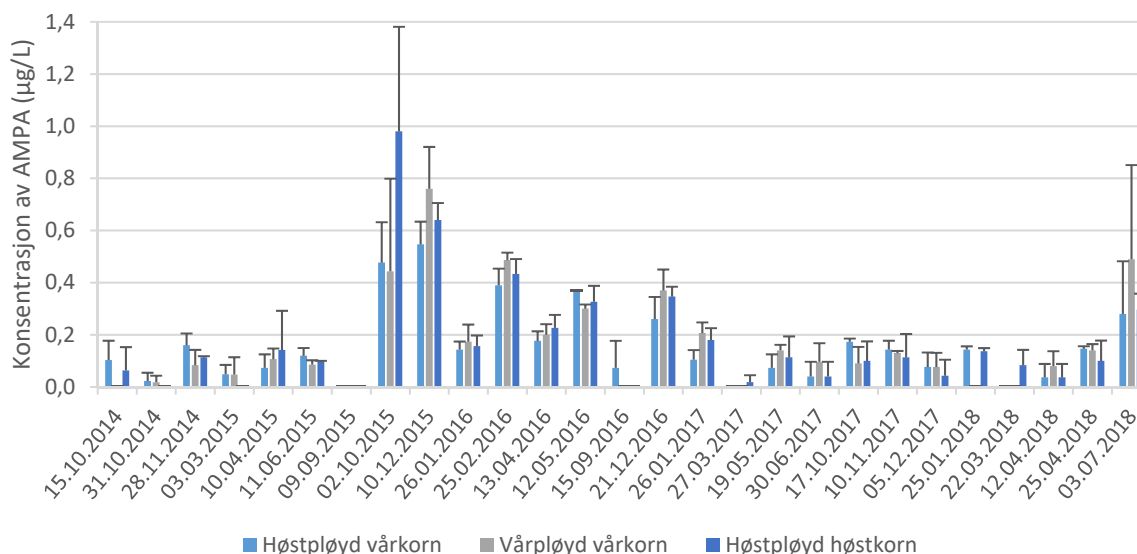
nedbørmengder (39 mm) like etter sprøyting. Miljøfarlighetsverdien for vannlevende organismer og kronisk toksisitet for glyfosat er 100 µg/L. Dette er en revidert verdi som er basert på datagrunnlaget i EFSA's review report fra 2015. Tidligere miljøfarlighetsverdi for glyfosat var på 28 µg/L. De observerte konsentrasjonene overskrider dermed ikke den reviderte miljøfarlighetsverdien for midlet (fig. 7.8).



Figur 7.8 Konsentrasjonen av glyfosat (n=3) i dreisvann, Kjelle 2014 til 2018 ved ulike jordarbeiding

Avrenning av AMPA følger samme mønsteret som for glyfosat med 2014/2015 som året med de laveste konsentrasjonene, noe høyere i 2016/2017 og med de høyeste konsentrasjonene i 2015/2016 (figur 7.9).

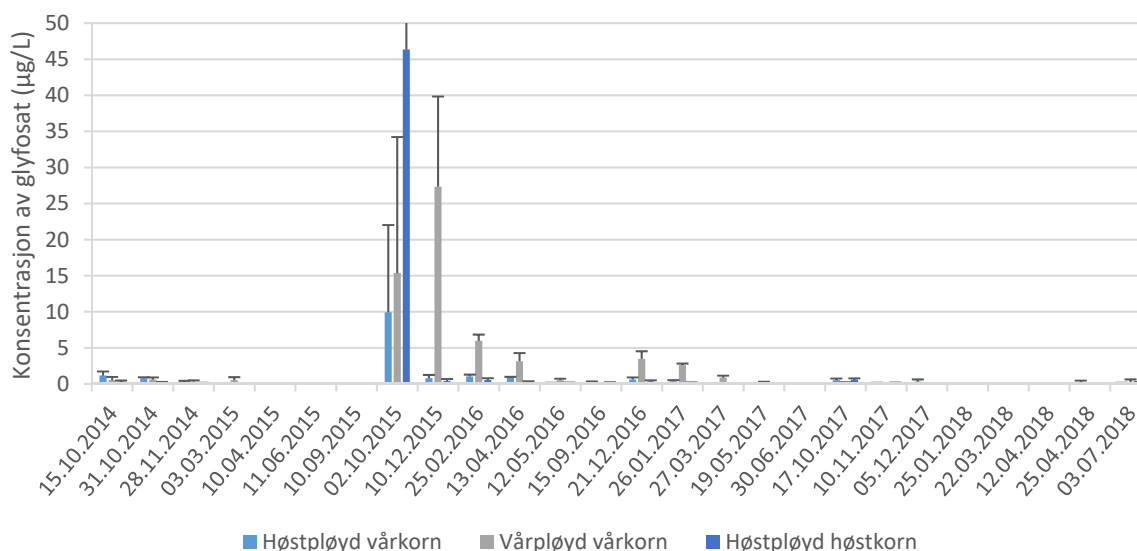
Grøfteavrenning AMPA, Kjelle



Figur 7.9 Konsentrasjonen av AMPA (n=3) i drensvann, Kjelle 2014 til 2018 ved ulik jordarbeiding

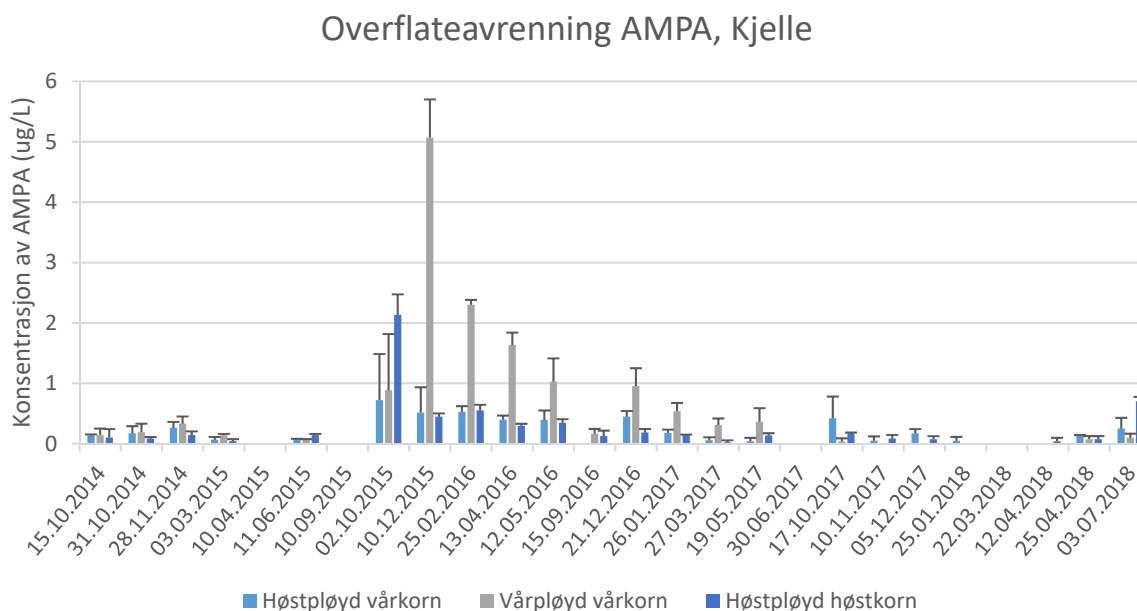
Overflateavrenning. I løpet av fire års forsøk var det overflateavrenning fra høstpløyd høstkorn som hadde de høyeste konsentrasjonene. Den ene ruta hadde 79 µg/L glyfosat som overskrider tidligere miljøfarlighetsverdi på 28 µg/L men ikke revidert verdi på 100 µg/L. Gjennomsnittet for de tre rutene med høstkorn var 46 µg/L. Likevel er det rutene som sprøytes i stubben om høsten og som pløyes om våren som har hatt mest avrenning de siste årene (figur 7.10).

Overflateavrenning glyfosat, Kjelle



Figur 7.10 Konsentrasjonen av glyfosat (n=3) i overflatevann Kjelle 2014 til 2018 ved ulik jordarbeiding

AMPA fulgte samme mønsteret som for glyfosat. Høstsprøyting og påfølgende pløying og høstkorn kan gi høye konsentrasjoner av AMPA i overflateavrenningen, men sprøyting i stubben og vårpløying gav mer avrenning utover høst, vinter og vår (figur 7.11).



Figur 7.11 Konsentrasjonen av AMPA i overflatevann Kjelle 2014 til 2018 ved ulike jordarbeiding

Sprøytetidspunkt. Erfaringer viser at det i enkelte år med mye nedbør kan være stor risiko for avrenning av glyfosat med høstsprøyting. Vårbehandling med glyfosat kan være et alternativ. Dette lar seg best gjennomføre i områder med lang vekstsesong. For at sprøytinga skal ha god virkning, må kveka ha tid til å utvikle seg, og en slik praksis kan derved gi utsatt såtid.

Etter tre år med samme sprøyteregime på alle ruter ble det på grunnlag av dette valgt å endre strategi for sesongen 2017/2018. Ruter med bygg i 2017 ble sprøytet med glyfosat i gulmoden åker. Ruter med havre i 2017 ble sprøytet i stubben etter tresking og før høstpløying. Rutene med vårpløyd vårkorn i 2018 ble sprøytet før pløying og såing av kornet.

Sammenlignet med tidligere strategier utmerker ikke sprøyting i gulmoden åker seg i forhold til høstsprøyting, når det gjelder tap via dreinsvann og overflateavrenning. Imidlertid ble det ikke tatt prøver av plantevernmidler i kornet. Sprøyting om våren før pløying gav noe høyere konsentrasjoner ved første avrenning. Imidlertid bygger dette på ett års forsøk. De fleste rutene inneholdt glyfosat ved de fleste prøvetakingene hele året.

8 Konklusjoner

Resultatene for det siste året, 2017-2018 var preget av en sommer med sterk tørke og lave avlinger. Det falt 627 mm nedbør fra 1. september 2017 til 1. september 2018. Den tilsvarende gjennomsnittlige avrenningen var på 465 mm. Sammenlignet med et normalår (gjennomsnitt for 1961-1990: 702 mm) var det litt mindre nedbør det siste året.

Jordtapene i 2017-2018 var i gjennomsnitt lavere fra de vårpløyde rutene sammenlignet med ruter med høstpløying (vårkorn eller høstkorn). Fra høstkornrutene skjedde 50 % av jordtapet via overflateavrenning, mens det meste av jordtapet fra de øvrige rutene skjedde gjennom drengroftene.

Fosfortapene i 2017-2018 var også i gjennomsnitt lavere for vårpløyde ruter, men høstkornrutene hadde kun litt høyere fosfortap. De høstpløyde rutene uten høstkorn hadde i gjennomsnitt de høyeste fosfortapene. Tapene av løst fosfat var i gjennomsnitt minst fra ruter med høstkorn. Mest løst fosfat ble tapt gjennom drengroftene.

Nitrogentapene i 2017-2018 var minst fra høstkornrutene og det meste av tapene skjedde gjennom drengroftene.

Siste års resultater viser at ett års forsøk høstsprøyting av glyfosat i gulmoden åker eller sprøyting om våren før pløying ikke gav noe endret mønster i avrenning av glyfosat og AMPA. Til tross for sterk binding av glyfosat til jordpartiklene påvises glyfosat også i drengavrenningen hele året.

Tapene av glyfosat og AMPA gjennom drengvann og overflatevann er mindre enn 1 % av det som er sprøytet. I tilfeller med mye nedbør like etter sprøyting kan det bli noe mer. Konsentrasjonene har ikke oversteget de nye miljøfarlighetsgrensene for midelet. Konsentrasjonen og avrenningen i drengvannet har ikke avtatt i løpet av den tiden forsøkene har pågått. Dette tyder på at det fortsatt pågår makroporetransport ned til drengsystemet.

Referanser

- Bechmann, M., Kværnø, S.H. og Eklo, O.M., 2015. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2014-2015 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO-rapport vol. 1 nr. 80, 66 s. ISBN 978-82-17-01544-4; ISSN 2464-1162.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Kværnø, S., Eklo, O.M. og Tveiti, G. 2017. Kjelle avrenningsforsøk – årsrapport 2016-2017 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(148), 47s. ISBN 978-82-17-01985-5.
- 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.
- 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.
- Kværnø, S., Bechmann, M., Eklo, O.M., Tveiti, G., Bolli, R. 2017. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2015-2016 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(41) 55s.
- 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.

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.