



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Kjelle avrenningsforsøk

Årsrapport 2015-2016 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

NIBIO RAPPORT | VOL. 3 | NR. 41 | 2017



Sigrun Kværnø, Marianne Bechmann, Ole Martin Eklo, Geir Tveiti, Randi Bolli  
Divisjon for miljø og naturressurser/Jordressurser og arealbruk

## TITTEL/TITLE

Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2015–2016 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Sigrun H. Kværnø, Marianne Bechmann, Ole Martin Eklo, Geir Tveiti, Randi Bolli

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
22.03.2017	3/41/2017	Åpen	8503/8278	17/01076
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01821-6	2464-1162		55	

## OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

## STIKKORD/KEYWORDS:

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

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

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Erosjon og avrenning

Erosjon and rundoff

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Se side 6

See page 6

## 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 det andre året (01.09.15 – 31.08.16) 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 2015-2016:

Thomas Sandbækbråten og Stig Helge Basnes, Kjelle Vgs.

Jan Stabbetorp, Romerike Landbruksrådgiving

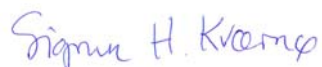
Geir Tveiti, Kjell Wærnhus, Marit Helgheim, Rikard Pedersen, Sigrun H. Kværnø, Randi Bolli (modellsimuleringer), Ole Martin Eklo og Marianne Bechmann.

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, 22.03.17



Sigrun H. Kværnø

# INNHOOLD

1 Sammen drag.....	5
2 Innledning.....	8
3 Metoder.....	9
3.1 Jordarbeiding og drift .....	9
3.2 Sprøyting .....	9
3.3 Avrenning og prøvetaking .....	9
4 Driftspraksis .....	10
4.1 Jordarbeiding.....	10
4.2 Såing av korn .....	10
4.3 Gjødsling og sprøyting .....	11
4.4 Høstetidspunkt og avling.....	11
5 Værforhold .....	12
6 Jordtemperatur og jordhydrologi.....	14
7 Avrenning.....	16
7.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger.....	16
7.2 Variasjoner i avrenning gjennom året .....	18
8 Partikler og næringsstoffer.....	22
8.1 Konsentrasjoner .....	22
8.1.1 Suspendert stoff.....	22
8.1.2 Fosfor .....	23
8.1.3 Nitrogen .....	27
8.2 Jord- og næringsstofftap .....	28
8.2.1 Jordtap .....	28
8.2.2 Fosfortap .....	31
8.2.3 Nitrogentap .....	33
8.3 Oppsummering av resultater for to år med forsøksdata.....	35
9 Plantevernmidler .....	38
9.1 Konsentrasjoner av plantevernmidler .....	38
9.1.1 Glyfosat .....	38
9.1.2 AMPA .....	39
9.1.3 Protiokonazol-destio .....	40
9.2 Modellsimulering og tap av glyfosat .....	42
9.2.1 Avrenning av vann.....	42
9.2.2 Avrenning av glyfosat.....	44
9.3 Risikovurdering av glyfosat.....	46
9.3.1 Målte verdier.....	46
9.3.2 Beregnede verdier.....	47
9.4 Oppsummering av resultater fra to år med pesticiddata .....	48
10 Konklusjoner .....	50

# 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.

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. Jordarbeidingen omfatter 1) høstpløying med vårkorn, 2) vårpløying med vårkorn og 3) høstpløying med høstkorn. Resultater fra forsøkets første og andre år, 2014-2015 og 2015-16, er beskrevet i denne rapporten.

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

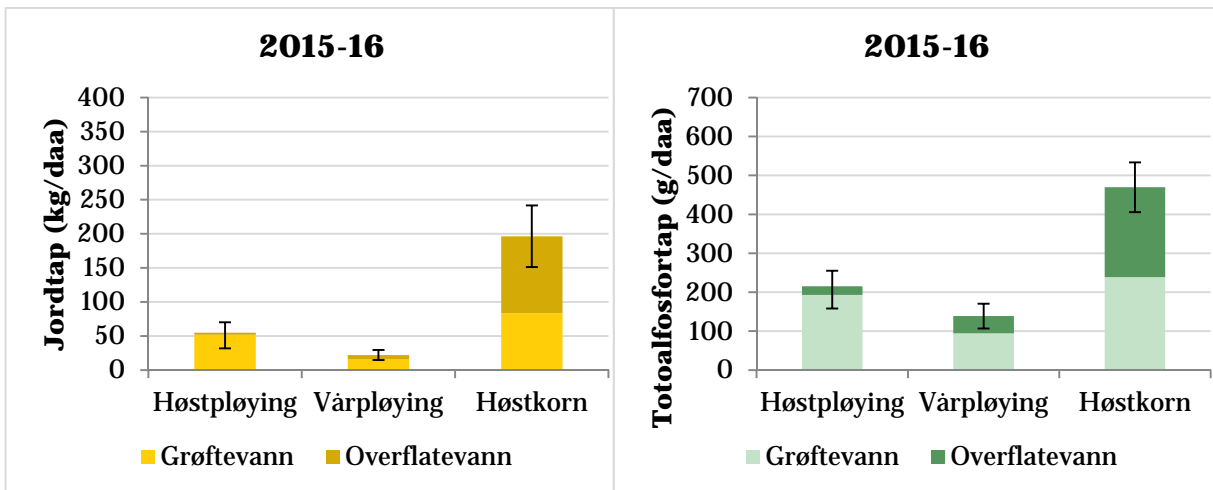
I begge de to forsøksårene var det varmere og våtere enn i normalperioden, med unntak av enkelte måneder. Gjennomsnittlig årsnedbør var nesten lik i de to forsøksårene, men fordelt seg forskjellig fra måned til måned, både i mengder, intensiteter og form (regn/snø). Begge årene var det ustabile vintre med vekslende mellom frost og mildvær, og flere snøsmeltingsepisoder.

Fra forsøkets andre år 2015/2016 var den viktigste konklusjonen at ruter med høstkorn hadde høyere tap av både jord, fosfor, nitrogen og glyfosat enn ruter med høstpløying og vårpløying. Det første året (2014-15) var det derimot høyere tap fra ruter med høstpløying. Mens jord- og fosfortap var lavest ved vårpløying i begge år, var nitrogentapet lavest ved vårpløying det andre året, og lavest ved høstkorn det første året. Utviklingen av høstkornet var dårligere det andre året, pga. forsinket såing, og dette ser ut til å være en viktig forklaring på forskjellene mellom år og jordarbeidingsmetoder.

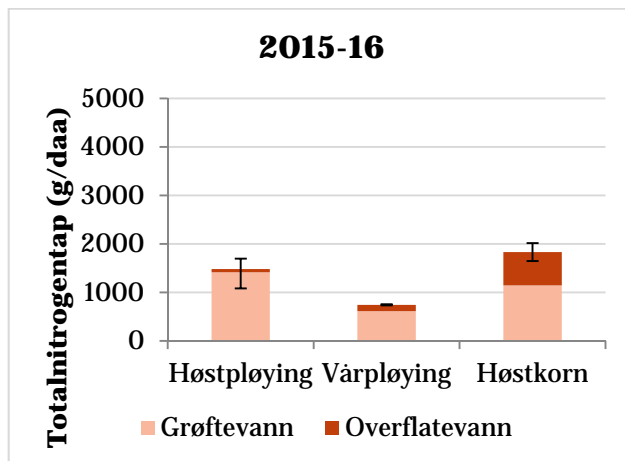
Jord- og fosfortap fra høstpløyd og vårpløyd ruter var lavere det andre året enn det første året. Det kan skyldes at det var mindre avrenning det andre året, særlig om høsten og vinteren. For ruter med høstkorn var det kun små forskjeller mellom de to årene.

Tap av glyfosat var mindre enn 1% av sprøytet dose med unntak av ruter med høstkorn i 2015/2016. Konsentrasjonen oversteg også miljøfarlighetsgrensa for glyfosat i disse rutene. Høstsprøyting med overvintring i stubb gir økte konsentrasjoner i overflateavrenning høst, vinter og vår. Avrenning av nedbrytingsproduktet av soppmidlet protiokonazol var oftest under deteksjonsgrensen for stoffet.

Grøftene var en viktig transportvei for både partikler og næringsstoffer begge årene. På høstkornruter var det forholdsmessig mer overflateavrenning og større tap av både partikler, fosfor og nitrogen med overflateavrenning enn på ruter med høstpløying og vårpløying. Forskjellene avhenger av forhold som vannlagringskapasitet på overflata (overflateruhet), jordstruktur og plantedekke.



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



Nitrogentap fra ruter med høstpløying, vårpløying og høstkorn.

# 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 and second years of the experiment (2014-15 and 2015-16) 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 these two years 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.

Both experimental years were warmer and wetter than the normal period (1961-1990), except for a few months. The average annual precipitation was almost the same for year one and year two, but was differently distributed between the individual months, with respect to amounts, intensities and form (rain/snow). In both years the winter periods were unstable, with repeated freezing and thawing, and several snowmelt episodes.

For the second year of 2015-16 the main conclusion was that plots with winter wheat had higher losses of soil, phosphorus, nitrogen and glyphosate than plots with either autumn ploughing or spring ploughing. This was different for the second year, showing the highest losses on plots with autumn ploughing. While soil and phosphorus loss was lowest on plots with spring ploughing both years, nitrogen loss was lowest from spring ploughing the second year and from winter wheat the first year. The winter wheat cover was more poorly developed the second year than the first year, because of delayed sowing, and this seems to be key explanation for the differences between years and treatments.

Soil- and phosphorus loss from autumn ploughed and spring ploughed plots were lower during the second year than during the first year, which can possibly be attributed to less runoff during the second year, especially in autumn and winter. For plots with winter wheat there were minor differences between the two years.

Loss of glyphosate was less than 1% of applied dose except for plots with winter wheat last year (2015/2016). Concentration exceeded environmental toxicity limit giving risk for effects on water living organisms for glyphosate from these plots. Autumn application and spring plowing give increased concentrations in surface runoff autumn, winter and spring. Runoff from the metabolite from the fungicide prothioconazole was below detection limit in most cases.

The drainage system was an important pathway for both particles and nutrients during both years. On winter wheat plots surface runoff showed to be somewhat more influential than on both autumn and spring ploughed plots, due to differences in water storage capacity at the surface (random roughness), soil structure and plant cover.

# 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 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. En utførlig beskrivelse av forsøksanlegget er gitt av Hauken et al. (2015), mens resultater fra første forsøksperiode, høst 2014 – høst 2015, er rapportert av Bechmann et al. (2015). Denne rapporten presenterer resultater for andre forsøksperiode (høst 2015 – høst 2016), diskutert opp mot resultatene fra første forsøksperiode (høst 2014 – høst 2016).



## 2 Metoder

Metodene er beskrevet i en egen rapport om etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk (Hauken et al., 2015) og i forrige årsrapport (Bechmann et al., 2015). I denne rapporten vil vi kun oppsummere metode-informasjon som avviker fra foregående forsøksår.

### 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.

Romerike landbruksrådgiving gjennomførte en avlingsregistrering den 31. august 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

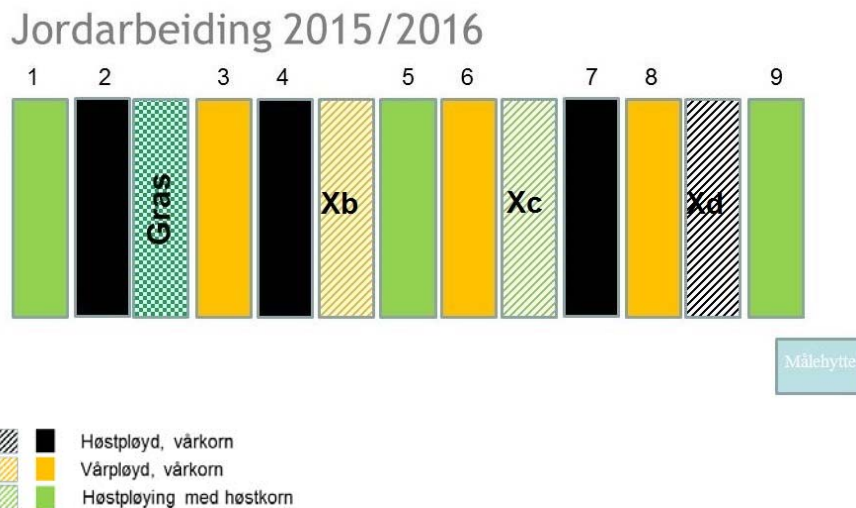
I 2015-2016 ble det tatt ut syv vannprøver fra overflatevann og åtte vannprøver fra grøftevann for analyse av næringsstoffer. Det ble tatt ut syv vannprøver til plantevernmiddeleanalyse i overflatevann og syv for grøftevann. I januar 2017 ble det funnet feil ved sensorene på vippekarene som fanger opp overflatevann fra rutene 1 og 3, resultater for overflateavrenning fra disse rutene er derfor utelatt fra dataanalysene og resultatene som presenteres i denne rapporten. Dette gjelder begge forsøksårene.

## 3 Driftspraksis

Forsøksleddene består av tre ulike jordarbeidingsystemer, 1) høstpløying, 2) vårpløying og 3) høstkorn (figur 3.1). Tre og tre ruter behandles likt. Rute 1, 5 og 9 var høstpløyd med høstkorn, rute 2, 4 og 7 var høstpløyd, og rute 3, 6 og 8 var vårpløyd fra høsten 2015. På rute xa (med klimastasjon) var det permanent gras. Rute xb, xc og xd, som ikke har avrenningsmålinger, var i 2015-2016 behandlet som henholdsvis forsøksledd vårpløying, høstkorn og høstpløying. Jordarbeidings-systemene inngår i en rotasjon, slik at behandlingene blir prøvd ut på ulike ruter hvert år. Jordbruksdriften fra tresking 2015 og til og med tresking 2016 er oppsummert i 3.1.

### 3.1 Jordarbeiding

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



Figur 3.1. Jordarbeiding på avrenningsrutene i 2015-2016.

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 høsthvete

### 3.2 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 så sent som 4. oktober 2015, etter å ha blitt pløyd 12. september og harvet 2. oktober. Vårkornet ble sådd 11. mai 2016, etter å ha blitt harvet 7. mai og pløyd 28. april eller 13. oktober (tabell 3.1). Høstkornet ga forholdsvis lave avlinger (Gjns. 468 kg/daa) i 2016 på grunn av den sene såing. Avlingene i vårkorn var bra for både høstpløyd og vårpløyd ruter (Gjns. hhv. 529 og 600 kg/daa).

Tabell 3.1. Jordbruksdrift på ulike ruter fra tresking 2015 til og med tresking 2016. Oppdater

Forsøksledd	Pløye-dato; harvedato	Kornslag	Sådato	Gjødsling (kg/daa)	Sprøyting	Sprøyting	Høste-dato	Avling (kg/daa)
Høstpløyd	13.10.15; 07.05.16	Havre	11.05.16	N: 11; P: 0,7 11.05.16	Glyfosat 30.09.15	Proline, Ariane 08.06.16	31.08.16	529
Vårpløyd	28.04.16; 07.05.16	Bygg	11.05.16	N: 11; P: 0,7 11.05.16	Glyfosat 30.09.15	Proline, Ariane 08.06.16	31.08.16	600
Høstkorn	12.09.15; 02.10.15	Høsthvete	04.10.15	N: 11; P: 0,4 21.04.16 13.06.16 22.06.16	Glyfosat 10.09.15	Proline, Ariane 08.06.16	31.08.16	468

### 3.3 Gjødsling og sprøyting

Det ble gjødslet med 11 kg N/daa til høstkorn (høsthvete) fordelt på tre ganger med 25 kg/daa 25-2-6 21. april 2016 og 15 kg/daa kalksalpeter 13. og ca. 22. juni 2016. Til vårkorn ble det gjødslet en gang med 45,5 kg/daa 25-2-6- 11 kg N/daa til vårkorn (bygg og havre). Gjødslingen tilsvarer fosforgjødsling på henholdsvis 0,4 og 0,8 kg P/daa til høstkorn og vårkorn. Jordas gjennomsnittlige fosforinnhold varierer mellom 13 og 33 mg P-AL/100 g. På jord med >14 mg P-AL/100 g er det ifølge NIBIO's gjødslingshåndbok ikke anbefalt fosforgjødsling, men for å følge gjødslingsnivået som brukes i praksis er det valgt å gjødsle med noe fosfor på forsøket.

10. september 2015 ble de tre høstkorn-ruter sprøytet med Glyfonova Pluss 350 mL/daa. Glyfonova Pluss inneholder glyfosat 360 g/L. Tilsvarende ble de øvrige rutene sprøytet 30. september 2015.

8. juni 2016 ble alle ruter sprøytet med ugrasmidlet Ariane S, 250 mL/daa og soppmidlet Proline EC250, 80 ml/daa. Ariane S inneholder fluroksypyr 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.

### 3.4 Høstetidspunkt og avling

I 2015 ble det tresket 8. september. Ved slutten av forsøksåret ble alle ruter tresket 31. august 2016.

## 4 Værforhold

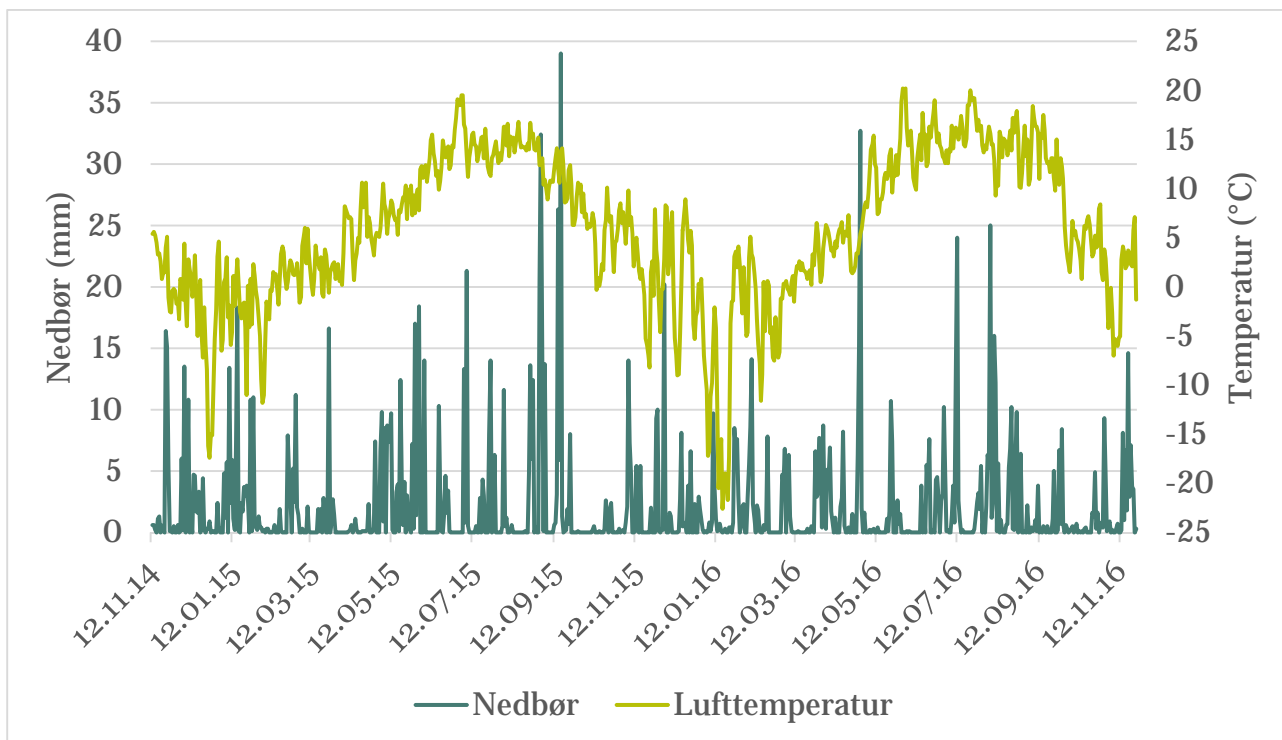
Tabell 4.1 viser månedlig nedbør og gjennomsnittstemperatur på Kjelle (målt ved stasjonen i rutefeltet), for begge forsøksperiodene og for normalperioden (Aurskog II), og figur 4.1 viser døgnerverdier.

Gjennomsnittstemperatur og årsnedbør var ganske like i begge forsøksperiodene, og det var betydelig varmere og en del våtere i forsøksperiodene enn i normalperioden. I siste forsøksperiode var nedbøren høyere enn i normalperioden i åtte av tolv måneder, og temperaturen var høyere enn i normalperioden alle måneder unntatt januar. Det var spesielt mye nedbør i september, april og august, og spesielt lite nedbør i oktober. Sammenliknet med forsøksperioden året før, var forskjellene særlig store i september-oktober, januar, april-juni og august. Første dag med døgnmiddeltemperatur under null var 14. oktober, men sammenhengende frost var det ikke før 19. november. Siste dag med døgnmiddeltemperatur under null var 11. mars (litt tidligere enn året før). Det lå snø på bakken i nesten hele januar, og andre lange periode med snø var 12. februar til 22. mars. Snødekket var for det meste tynt, og i den siste perioden var det stadig veksling mellom frysing og tining, og delvis bortsmelting av snødekket. Det falt snø igjen både 1. og 29. april (siste gang dagen etter vårpløyingen), i begge tilfellene smeltet denne snøen i løpet av et døgn.

Maksimal døggnedbør registrert på Kjelle var 39 mm (17. september 2015; figur 4.2) i siste forsøksår. Året før var maksimal døggnedbør 20 mm, mens siste år var det åtte dager med mer enn 20 mm nedbør. Fire av disse, inklusive dagen med maksimal nedbør, var i september, de andre spredt utover tidlig vinter, vår og sommer. Det første forsøksåret var maksimal timesnedbør 7 mm, i juni. I andre forsøksår var det fem episoder med timesnedbør over 7 mm, og de største var på 13 og 18 mm, i henholdsvis august og juli. Nedbørsepisodene blir ellers nærmere kommentert i avsnittet om avrenning.

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

Måned	Normal*	14-15	15-16	Normal*	14-15	15-16
sep	75	35*	169	8,7	10,8*	10,8
okt	77	158*	10	4,9	8,3*	5,6
nov	71	87*	62	-1,6	3,4*	2,5
des	52	56	54	-6,7	-3,7	1,0
jan	43	104	47	-7,9	-1,4	-8,8
feb	44	29	52	-7,6	-1,1	-2,9
mar	39	47	56	-3,6	1,9	1,4
apr	48	13	101	2,3	5,1	4,4
mai	47	119	31	9,1	7,8	11,2
jun	56	61	37	13,3	12,8	15,2
jul	70	75	79	15,2	14,8	15,9
aug	80	52	126	13,7	14,7	14,1
Sum/middel	702	836	823	3,3	6,2	5,9



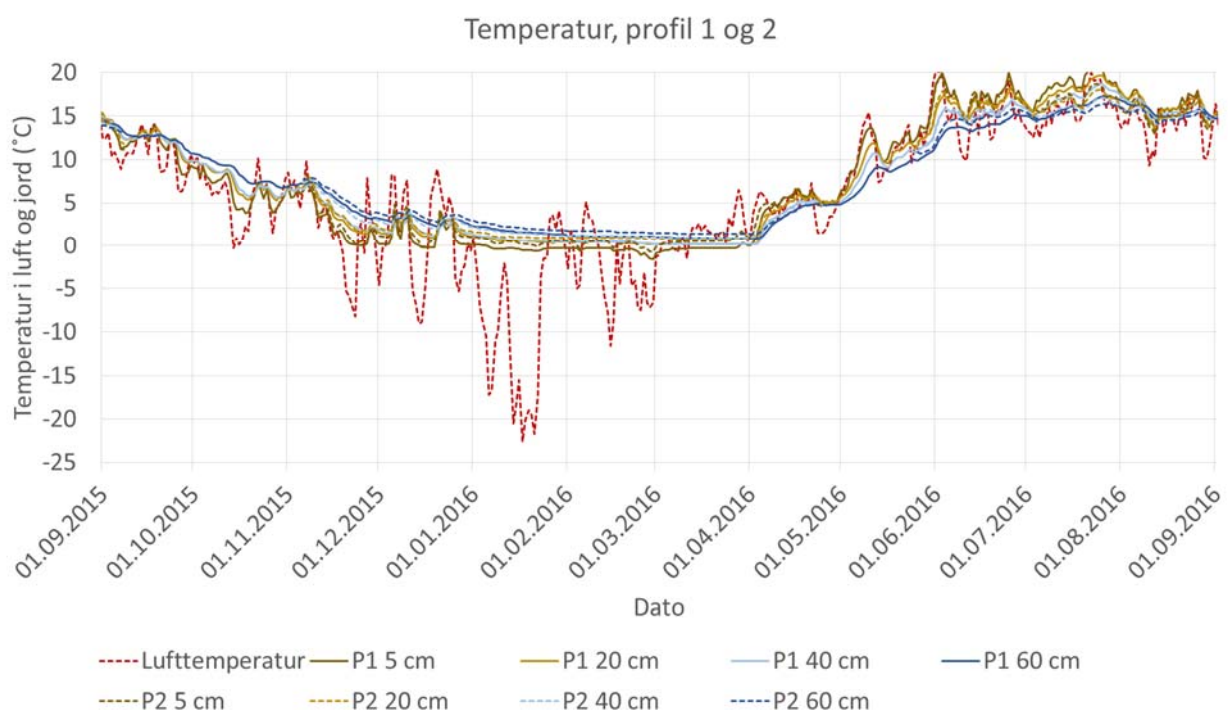
Figur 4.1. Nedbør og lufttemperatur i forsøksperioden høst 2015 – høst 2016, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.



Figur 4.2. Den 17. september 2015 var en regntung dag på Kjelle.

## 5 Jordtemperatur og jordhydrologi

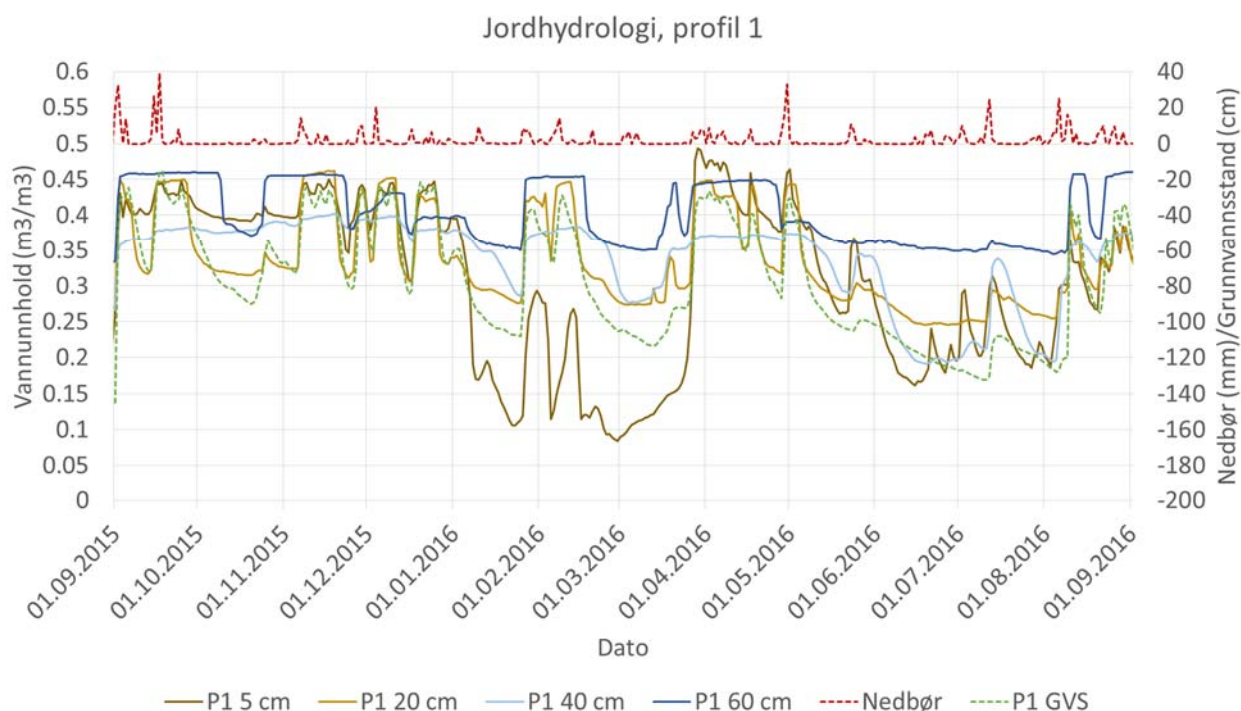
Mens det i 2014-2015 var stubb og ugras på rute xa og høstpløying med høstvetete på rute xb, var det i 2015-2016 henholdsvis gras og vårpløying. Jordtemperaturen for begge profilene er vist sammen med lufttemperaturen i figur 5.1, på døgnbasis. Det er mye mindre svingninger i temperaturen i jordprofilene 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 gjennomsnittlig døgntemperatur på -1,6°C under gras, og -0,7°C under stubb, som er litt høyere temperaturer enn vinteren 2014-2015. I de andre sjiktene var det ikke målt gjennomsnittlige døgntemperaturer under null. Mens temperaturen var høyere i dypere lag om vinteren, var det omvendt om sommeren.



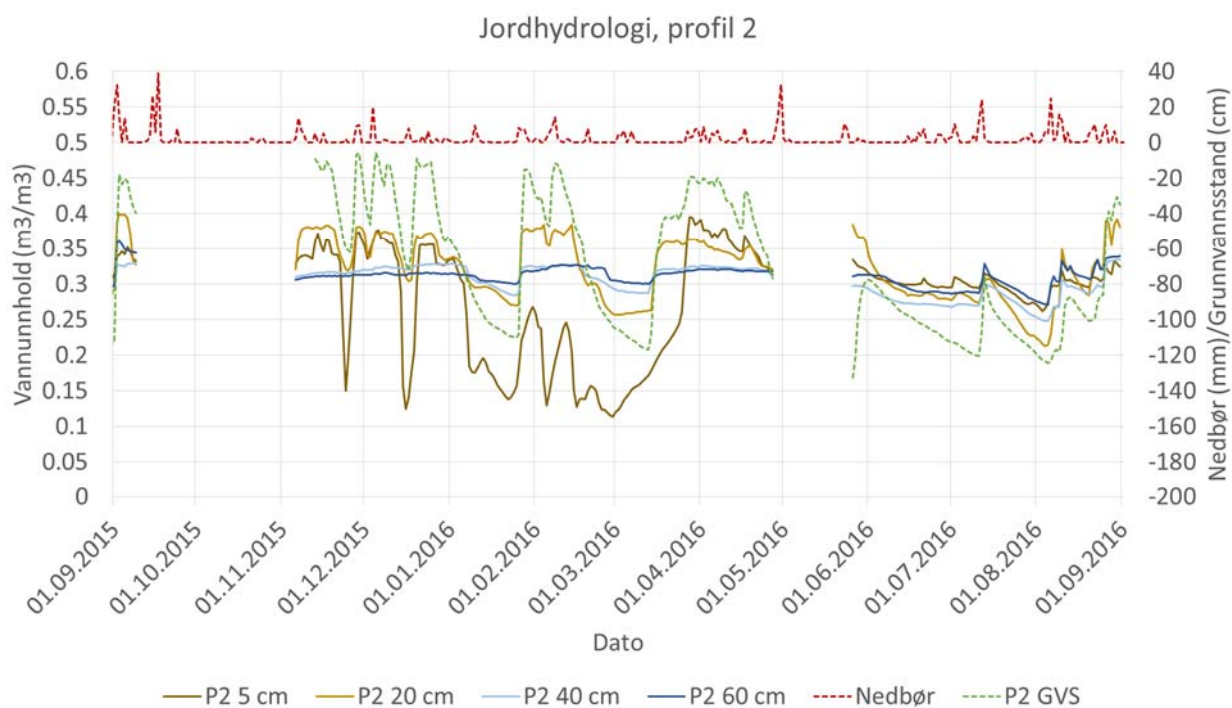
Figur 5.1. Temperatur i jord (profil 1 rute Xa og profil 2 rute Xb) og luft på Kjelle.

Vanninnhold i jord, grunnvannsstand og nedbør er vist i figur 5.2 for rute Xa med gras og i figur 5.3 for rute Xb med vårpløying. Utfra de ukalibrerte dataene ser vi at dynamikken i hvordan vanninnholdet endrer seg over tid var tilnærmet lik i de to profilene. Som i det foregående året, var derimot nivåene var ganske forskjellige, med større variasjoner mellom tørt og fuktig i profilet under gras. Dette ble i forrige periode forklart med forskjeller i jordegenskaper, og evt. tilsig av vann, samt ulikt vannopptak i vekstene om sommeren.

Det lave vanninnholdet i vinterperioden skyldes dels at frost virker uttørkende på jorda, og dels at sensorene registrerer kun vann i væskefasen, og ikke frosset vann. Dette viser at selv om det i gjennomsnitt per døgn sjelden var temperaturer under null i jordprofilene om vinteren, må det likevel ha vært frost i jorda, i hvert fall i det øverste laget. Det var noen tineperioder underveis som ga noe økt innhold av vann i væskeform. Det ser ut til at det om sommeren var litt mindre uttørking av jorda enn sommeren før.



Figur 5.2 Nedbør, vanninnhold i jord og grunnvannsstand på Kjelle, profil 1, rute Xa med gras.



Figur 5.3 Nedbør, vanninnhold i jord og grunnvannsstand på Kjelle, profil 2, rute Xb med vårpløying.

Høy grunnvannsstand (høyere enn 30 cm) ble registrert på flere tidspunkter om høsten, vinteren og våren, i forbindelse med nedbør og snøsmelting. Det ble aldri registrert høyere grunnvannsnivå enn 5 cm. Grunnvannsnivået var jevnt over høyere på rute xb enn på rute xa, som kan ha med at rute xb ligger noe lavere i terrenget enn xa, dette korresponderer også til høyere vanninnhold i jorda på xb.

## 6 Avrenning

### 6.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger

I gjennomsnitt for hele forsøksfeltet (unntatt rute 1 og 3, se avsnitt 2.3) var den totale avrenningen i 2014-15 728 mm, mens den i 2015-16 var betydelig lavere 525 mm, selv om nedbøren var nesten den samme (tabell 4.1). Det gir et nedbørsoverskudd (nedbør minus avrenning) på kun 108 mm det første året, og 298 mm det andre året. Som diskutert i årsrapporten til det første året (Bechmann et al., 2015), er vannbalansen det første året urealistisk, mens det andre året stemmer det bedre med hva som kan forventes.

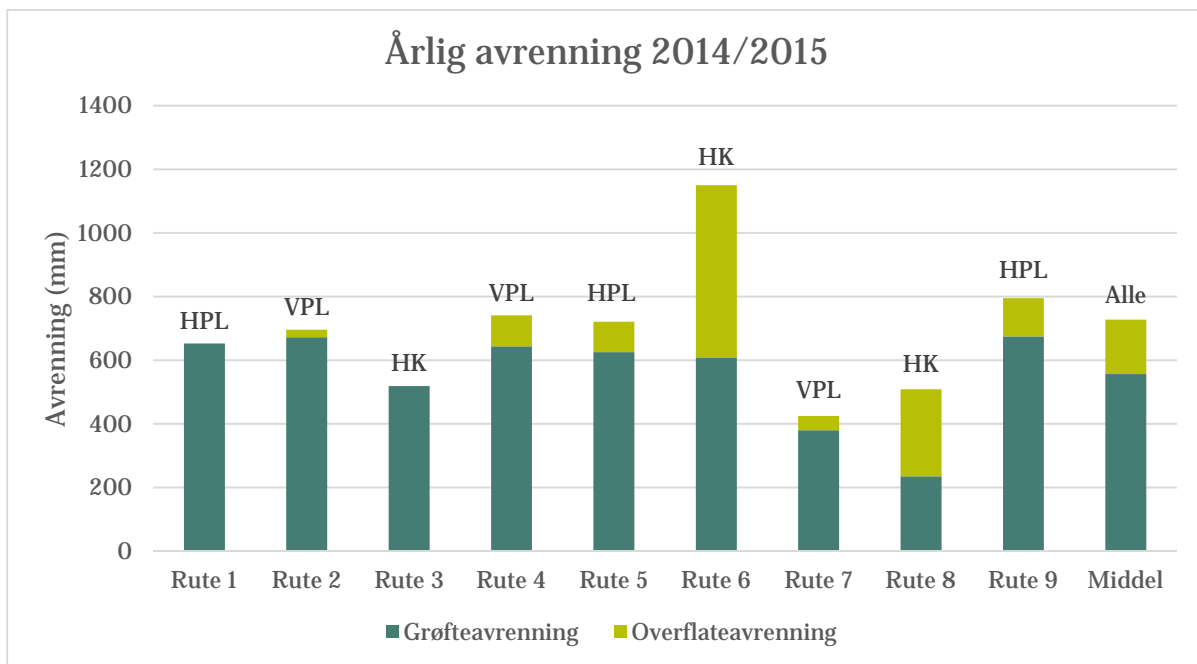
Figur 6.1 og 6.2 viser årlig avrenning fordelt på overflate- og grøfteavrenning på de 9 rutene. Vi ser at det den totale avrenningen er relativt konsistent mellom de to årene for de enkelte rutene, med minst avrenning på rute 7 og 8 begge årene, og ellers relativt like mengder. Rute 6 skiller seg ut med urealistisk mye avrenning, især overflateavrenning, det første året, mens den det andre året var mer på nivå med rutene med minst avrenning.

Hvis man ser bort fra rute 6, var også gjennomsnittlig mengde overflateavrenning nesten lik de to årene (ca. 110 mm), og andel overflateavrenning var da høyere det siste året (22 %) enn det første (16 %). Med rute 6 inkludert, var gjennomsnittlig overflateavrenning ca. 170 mm det første året, og andel overflateavrenning øker da til 24 %. Grøfteavrenningen varierte fra så lite som 235 mm til hele 675 mm (begge siste året, henholdsvis rute 8 og 9).

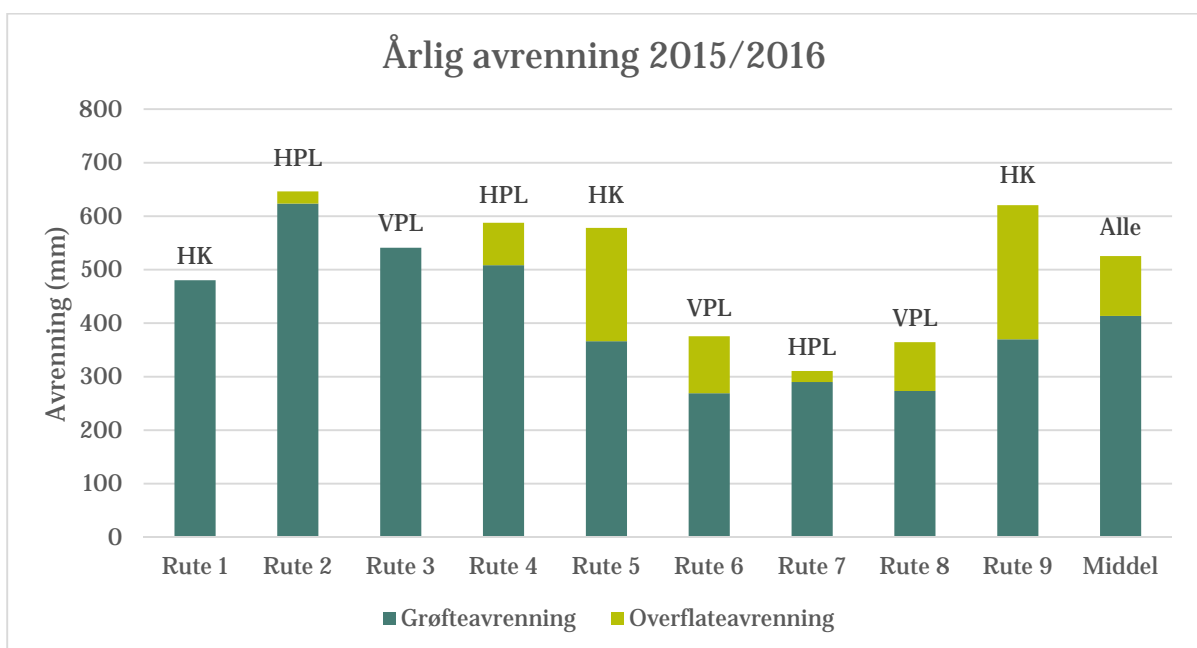
Det var stor variasjon mellom rutene. Uavhengig av år varierte mengde overflateavrenning mellom ca. 20 og 270 mm (541 mm på rute 6 det første året), og andeler mellom 4 og 54 %. Rute 2 og 7 hadde minst overflateavrenning begge årene, selv om jordarbeidingen var forskjellig det første og det andre året. Ruter med høstkorn hadde klart mest overflateavrenning begge årene, både i mengde, og i andel (ca. 40-50 %). Det første året var det i gjennomsnitt ca. dobbelt så mye overflateavrenning på høstpløyde ruter sammenliknet med vårpløyde ruter, mens andelen overflateavrenning var ganske lik (10-15 %) mellom de to behandlingene. Det andre året var det omvendt, med dobbelt så mye overflateavrenning på vårpløyde ruter enn på de høstpløyde. Andelen overflateavrenning var da derimot høyere ved vårpløyning (25 %) enn ved høstpløyning (opptil 13 %). Sannsynligvis er denne forskjellen knyttet til at behandlingene er forskjellige fra år til år, slik at behandlingseffektene i noe grad maskeres av de individuelle rutenes hydrologiske egenskaper.

Resultatene understøttes delvis av infiltrasjonsmålinger på mellomrutene xb-xc fra desember 2015 (Pedersen og Greipsland, unpubl.). Disse målingene viste lavest infiltrasjonshastighet der det var stubb (4 cm/t), fulgt av høstkorn (80 cm/t), og høyest der det var høstpløyd (400 cm/t). Hvorfor stubb likevel kommer bedre ut enn høstkorn mht. mengde og andel overflateavrenning er ikke helt klart, det kan skyldes prosesser, og det kan skyldes forhold på de enkelte rutene (både avrenningsruter og mellomruter).





Figur 6.1. 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 6.2. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015. NB! Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

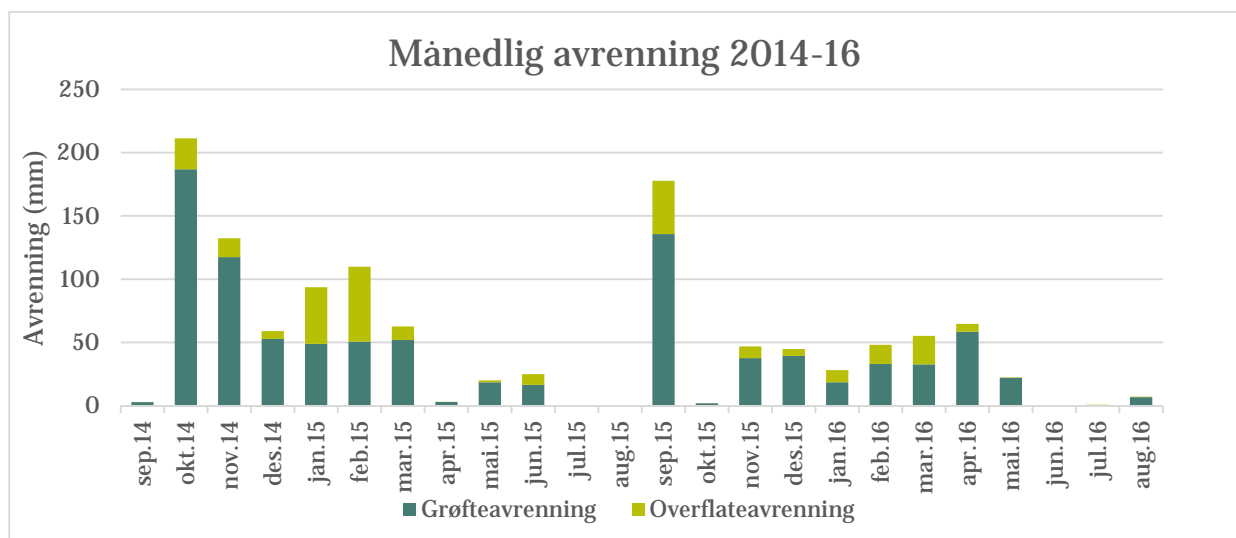
## 6.2 Variasjoner i avrenning gjennom året

Figur 6.3 viser overflate- og grøfteavrenning per måned i de to forsøksårene, i gjennomsnitt for alle rutene (unntatt 1 og 3 for overflateavrenning). Måten vannet fordeler seg på overflate- og grøfteavrenning var relativt likt begge årene, med høye andeler overflateavrenning i januar til mars da det er snø og gjerne litt tele, samt også til dels høye andeler overflateavrenning om sommeren, da avrenningsepisodene gjerne er små og intense, og mesteparten av vannet som infiltrerer blir tatt opp av plantene i stedet for å renne ut gjennom grøftene.

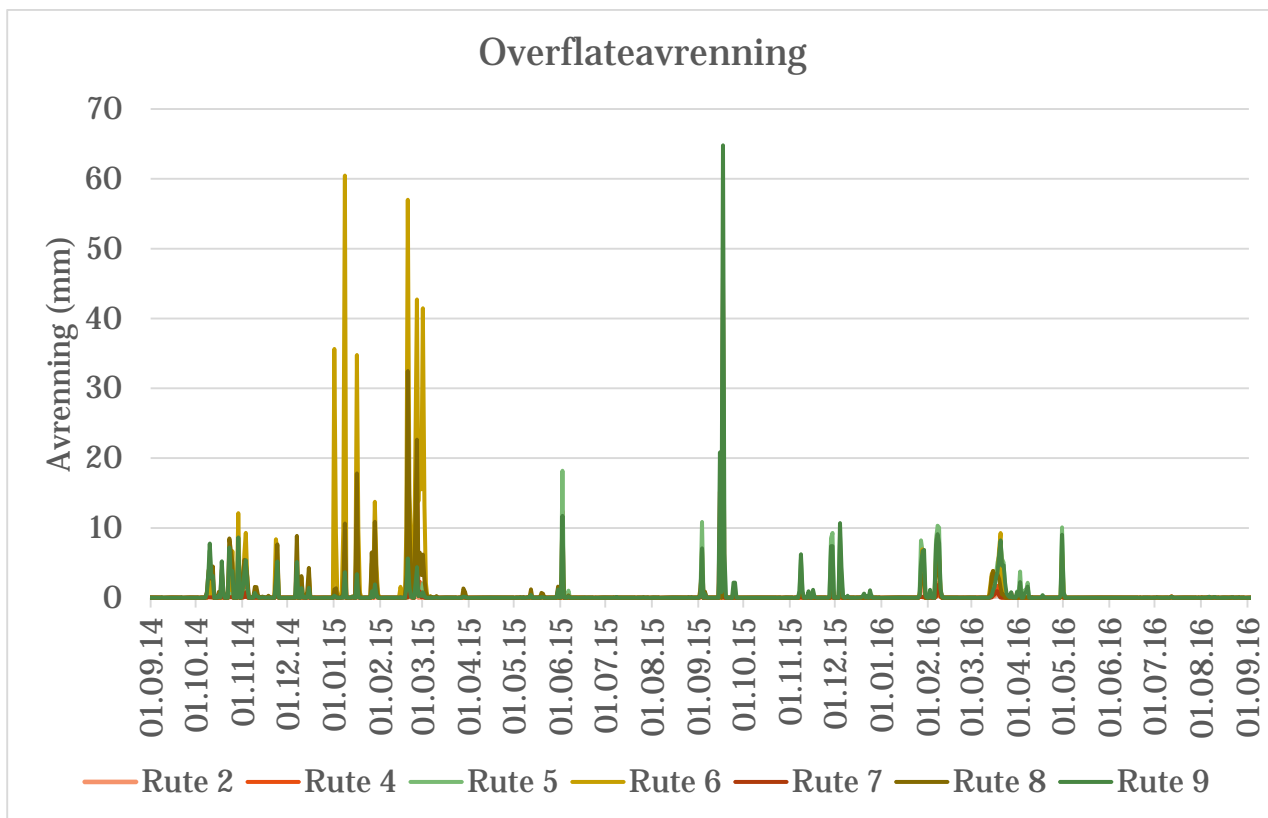
Sesongvariasjonene i 2014-15 er nærmere beskrevet av Bechmann et al. (2015). I 2015-16 var det mest avrenning i september, da det var mer enn dobbelt så mye nedbør som normalt (tabell 4.1).

Gjennomsnittlig totalavrenning i september overskrider nedbøren, hvilket kan indikere problemer med måleutstyret eller evt. tilsig av vann fra utenforliggende arealer under intense avrenningsforhold. Oktober var svært tørr og med lite avrenning. Resten av høsten og vinteren lå totalavrenningen på 30-50 mm pr. måned, toppet seg igjen i april, for så å synke utover våren og sommeren – i mai, juni og juli var det knapt noe avrenning å snakke om pga. relativt lite nedbør kombinert med fordamping og vannopptak i plantene, mens i august kom det noe avrenning pga. mye nedbør.

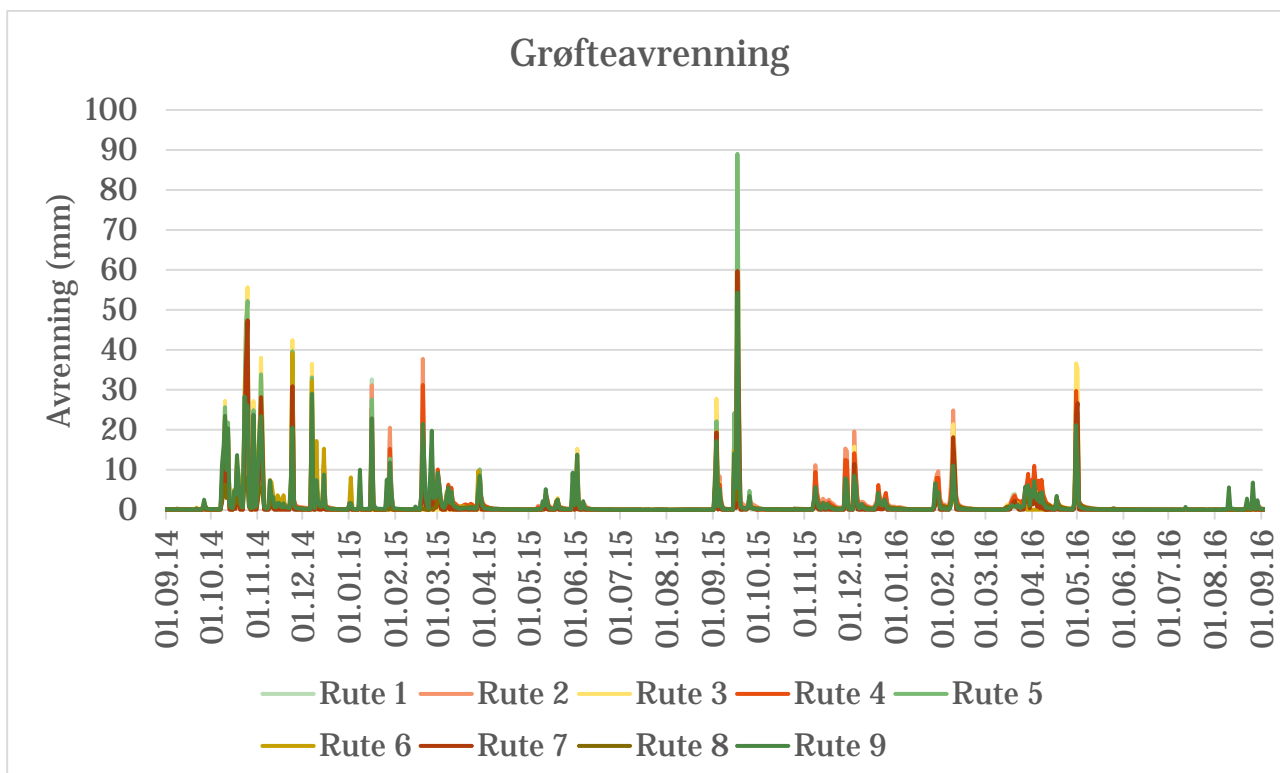
Episodene på hver rute er visualisert i figur 6.4 og 6.5. Man kan merke seg at de fleste episodene som førte til avrenning, førte til *både* overflate- og grøfteavrenning på flere av rutene. Det var bare i august at nedbøren kun genererte grøfteavrenning. Man kan videre merke seg at det var relativt høy grunnvannstand ved tilnærmet alle episoder i perioden (figur 5.2 og 5.3), med unntak av episoden midt i mars, da grunnvannsstanden var målt til ca. 1 m. Foruten september, var det mest overflateavrenning i februar og mars – det var da variabelt snødekke med flere smelteepisoder i løpet av denne vinteren. Den siste snøsmelteepisoden skjedde helt i slutten av april – snøen hadde falt dagen etter at det hadde blitt vårpløyd, og det smeltet igjen kort tid etterpå. Det var også flere episoder i både november og desember, én i januar (figur 6.6), flere i april, samt én episode knyttet periodens høyeste døgnnedbør den 12. juli.



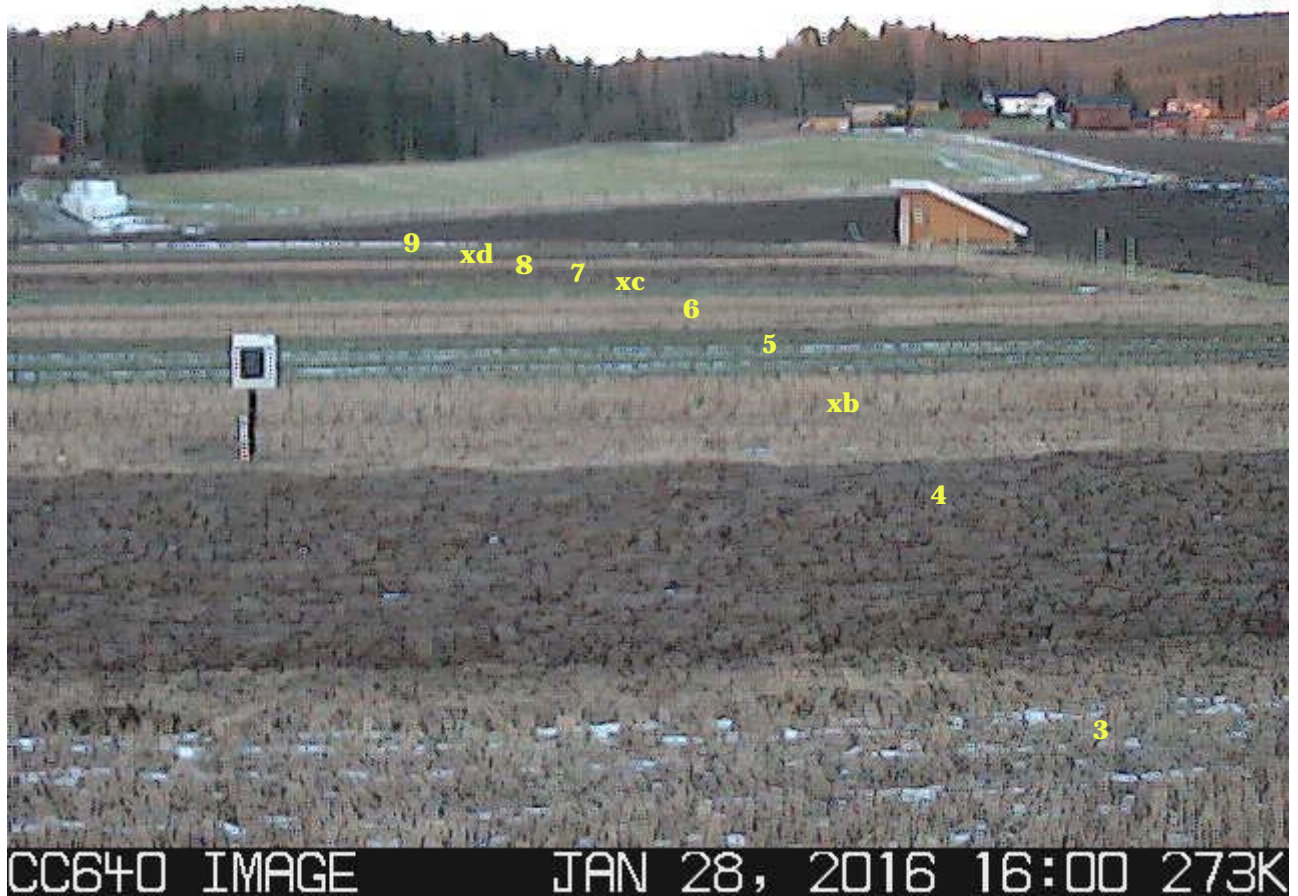
Figur 6.3. Gjennomsnittlige månedlig overflate- og grøfteavrenning (mm) for alle rutene (rute 1 og 3 utelatt), i forsøksperioden 1.9.2015 til 1.9.2016.



Figur 6.4. Overflateavrenning (mm) fra rute 2 og 4-9 i perioden 1.9.2014 til 1.9.2016.

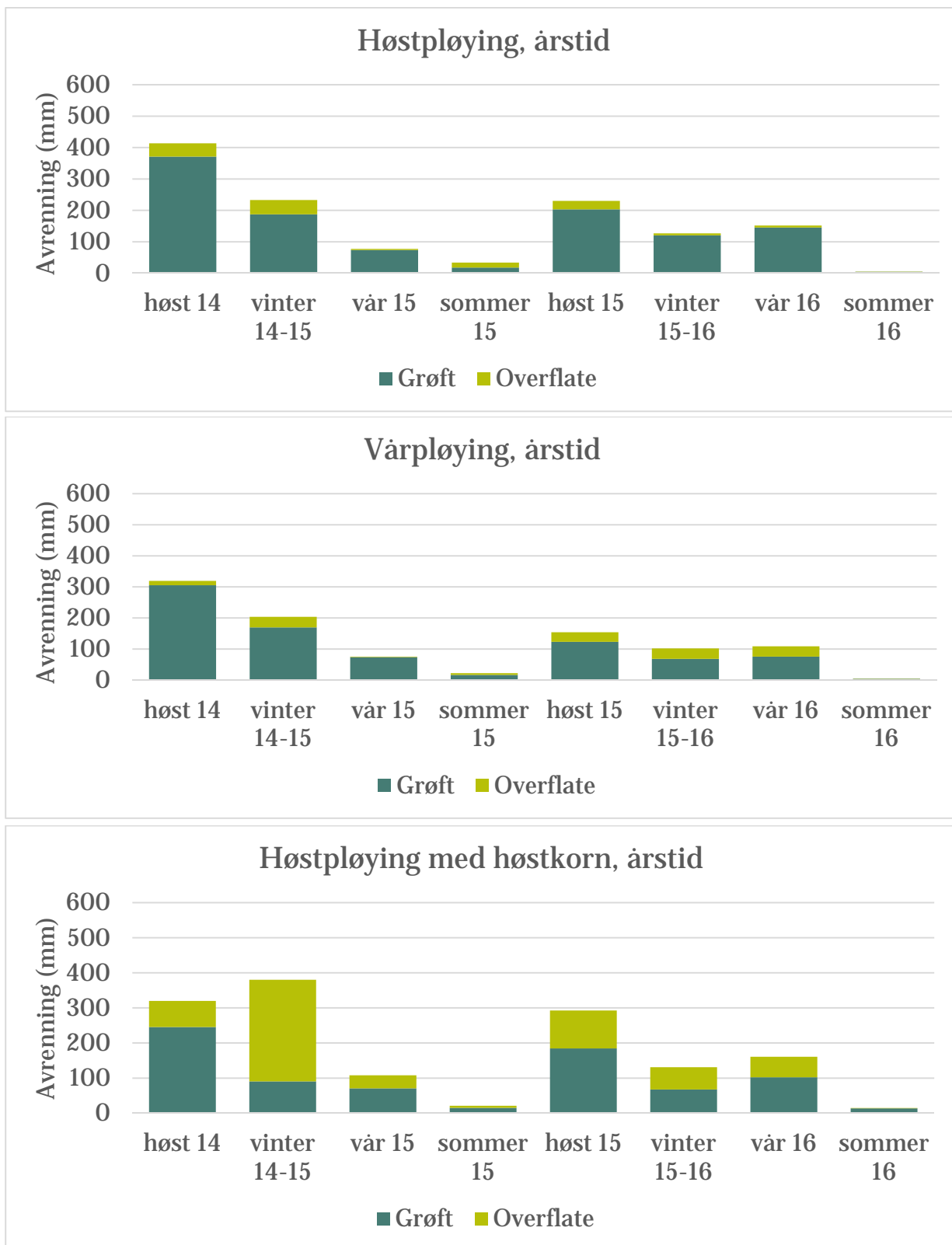


Figur 6.5. Grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i perioden 1.9.2014 til 1.9.2016.



Figur 6.6 Avrenningsepisode i forbindelse med snøsmelting i slutten av januar, fotografert av Webkameraet på Kjelle.

Figur 6.7 viser sesongvariasjoner i avrenning i gjennomsnitt for hver behandling. Som vi har vært inne på, var det i begge årene mest overflateavrenning på rutene med høstkorn. Figuren viser at dette gjelder både høst, vinter og vår.



Figur 6.7 Overflate- og grøfteavrenning (mm) i gjennomsnitt for ruter med lik behandling (rute 1 og 3 utelatt), begge forsøksår.

## 7 Partikler og næringsstoffer

### 7.1 Konsentrasjoner

I perioden fra jordarbeiding høsten 2015 til jordarbeiding høsten 2016 ble det tatt ut 8 blandprøver fra grøftevann og 7 blandprøver for grøftevann.

#### 7.1.1 Suspendert stoff

Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning varierte fra 5 til 2300 mg/L (tabell 7.1) i forsøksåret 2015-16. Konsentrasjonene var stort sett høyest på ruter med høstkorn, ved nesten alle tidspunkt. Rute 1 (høstkorn) skilte seg ut med særlig høye konsentrasjoner på flere tidspunkt. Tendensen var den samme også for konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning (10 – 510 mg/L, tabell 7.2), men forskjellene mellom de ulike behandlingene var mindre.

Den første vannprøven gjelder for perioden 9. september til 1. oktober 2015. Da var det kun rutene med høstkorn som var pløyd (12. september), mens de andre rutene fortsatt lå i stubb. Den største avrenningsepisoden i dette forsøksåret kom i denne perioden, den 17. september. Konsentrasjonene av suspendert stoff i overflateavrenning var da 130 – 340 mg/L på de pløyde høstkornrutene, men den på de seks rutene med stubb var 23 – 110 mg/L. I grøfteavrenning var konsentrasjonene jevnt over noe høyere enn i overflateavrenning på dette tidspunktet.

I neste periode, 1. oktober til 10. desember 2015, var rutene med høstpløying pløyd (13. oktober), rutene med høstkorn var harvet og tilsådd (2. – 4. oktober), og de resterende tre rutene lå i stubb. Det var ikke de helt store avrenningsmengdene i denne perioden, men det ble målt særlig høye konsentrasjoner av suspendert stoff på rutene med høstkorn, både i grøfteavrenning og overflateavrenning (1000 – 2300 mg/L). Høstkornet, som ble sådd sent, hadde utviklet seg dårlig, og jorda var derfor erosjonsutsatt på disse rutene. To av de høstpløyde rutene hadde konsentrasjoner i overflateavrenning på over 200 mg/L, og konsentrasjonene i grøfteavrenning var også høye på høstpløyde ruter. På ruter med stubb var det ganske små forskjeller i konsentrasjoner mellom denne perioden og perioden før.

Gjennom vinteren og våren var konsentrasjonene av suspendert stoff i overflateavrenning høyest på rutene med høstkorn, mens det var liten forskjell mellom høstpløyde ruter og ruter med stubb. I perioden 12. april – 11. mai var konsentrasjonene fortsatt høyest fra rutene med høstkorn. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen i overflateavrenning var imidlertid høyere fra ruter med stubb enn fra høstpløyde ruter, på grunn av at rutene med stubb ble pløyd 28. april. Avrenningsepisoden den 30. april ga generelt høyere konsentrasjoner der det var nypløyd enn der det var pløyd høsten før. I den etterfølgende sommerperioden (11. mai – 15. september) var det stor variasjon mellom rutene og ikke sikker forskjell mellom jordarbeidingsmetodene.

Viktigste forskjell fra det foregående forsøksåret (2014-15) er at høstkornet i 2015-16 var dårligere utviklet pga. sen såing (4. oktober), og dermed kom ruter med høstkorn dårligere ut mht. konsentrasjoner av suspendert stoff i siste år sammenliknet med første år. Utover dette var konsentrasjoner i både grøfte- og overflateavrenning i samme størrelsesorden i begge forsøksårene.

**Tabell 7.1. Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.**

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg suspendert stoff/L overflateavrenning									
11.6-9.9	120	50	110	32	30	48	100	130	27
9.9-1.10	38	110	23	55	77	110	130	280	340
1.10-10.12	41	220	230	72	75	68	2300	1100	1000
10.12-25.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.1-24.2	47	36	51	35	45	45	880	550	610
24.2-12.4	38	18	29	5	31	18	500	230	310
12.4-11.5	73	63	110	110	350	250	1100	460	630
11.5-15.9	130	100	90	370	54	160	200	270	81
<b>Vannførings-veid middel</b>	47	96	48	97*	68	62	744*	477	496

\*aritmetisk middel

**Tabell 7.2. Konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.**

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg suspendert stoff/L grøfteavrenning									
11.6-9.9	91	66	96	74	61	25	65	77	170
9.9-1.10	150	210	100	120	120	44	150	170	510
1.10-10.12	200	180	270	190	100	34	360	250	450
10.12-25.1	31	37	44	33	32	52	75	84	220
25.1-24.2	59	57	120	72	30	22	98	89	170
24.2-12.4	37	37	22	47	36	9.8	46	31	190
12.4-11.5	110	95	78	120	74	52	86	120	320
11.5-15.9	25	72	130	86	54	81	82	63	100
<b>Vannførings-veid middel</b>	111	109	107	103	82	33	131	137	317

## 7.1.2 Fosfor

### 7.1.2.1 Totalfosfor

Konsentrasjonene av totalfosfor i overflateavrenning varierte fra 0,16 til 3,0 mg/L (tabell 7.3), hvilket er svært likt som i foregående forsøksår (0,11 – 3,3 mg/L). I grøfteavrenning varierte konsentrasjonene mellom 0,13 og 1,1 mg/L, også nesten likt som foregående forsøksår (0,10 – 1,2 mg/L). Som for suspendert stoff, ble høyeste konsentrasjon i overflateavrenning målt på rute 1 med høstkorn, mens høyeste konsentrasjon i grøfteavrenning ble målt på rute 9 (også høstkorn). Det var generelt god sammenheng mellom konsentrasjon av totalfosfor og suspendert stoff. I overflateavrenning fra alle ruter ble det målt høye konsentrasjoner av totalfosfor om sommeren.

I grøfteavrenningen var konsentrasjonene av totalfosfor, i likhet med suspendert stoff, høyest om høsten (9. september – 10. desember) og om våren (12. april – 11. mai). Forholdet mellom totalfosfor og suspendert stoff var i gjennomsnitt høyest i perioden 24. februar – 12. april. I denne perioden var konsentrasjonene av suspendert stoff forholdsvis lave. Det er tidligere vist at fosforkonsentrasjoner kan være forholdsvis høye i perioder med lave konsentrasjoner av suspendert stoff på grunn av anrikning av avrenningen med små og fosforrike partikler (f.eks. Bechmann m.fl., 2005). I overflateavrenning var det en tendens til høyere forhold mellom totalfosfor og suspendert stoff om sommeren begge årene sammenlignet med resten av året.

Det var få klare forskjeller i forholdet mellom konsentrasjoner av totalfosfor og suspendert stoff mellom ruter. Det var imidlertid en viss tendens til at TP/SS-forholdet var lavere for høstkornrutene sammenlignet med høstpløyde og vårpløyde ruter, noe som kan henge sammen med høyere erosjon på høstkornrutene og dermed mindre grad av anrikning med fosfor i avrenningen.

**Tabell 7.3. Konsentrasjoner av totalfosfor i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.**

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalfosfor/L overflateavrenning									
11.6-9.9	1,8	0,38	0,85	0,39	0,8	0,55	3,3	0,49	0,45
9.9-1.10	0,55	0,58	0,55	0,6	0,63	0,52	1,3	0,8	0,81
1.10-10.12	0,65	0,7	1,5	0,56	0,54	0,7	3	1,2	1,2
10.12-25.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.1-24.2	0,47	0,32	0,44	0,35	0,37	0,38	1,6	0,94	1
24.2-12.4	0,39	0,2	0,33	0,16	0,28	0,23	1,6	1,2	1,4
12.4-11.5	0,54	0,32	0,65	0,68	0,95	1,5	2,3	0,9	0,87
11.5-15.9	1,6	1,1	2,5	1,9	0,95	0,88	1,8	1,5	0,58
<b>Vannførings-veid middel</b>	0,50	0,53	0,63	0,66*	0,45	0,45	2,1*	0,99	1,0

\*aritmetisk middel

**Tabell 7.4. Konsentrasjoner av totalfosfor i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.**

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalfosfor/L grøfteavrenning									
11.6-9.9	0,33	0,35	0,44	0,37	0,34	0,3	0,39	0,4	0,45
9.9-1.10	0,44	0,58	0,48	0,44	0,63	0,34	0,55	0,65	1,1
1.10-10.12	0,5	0,49	0,63	0,55	0,38	0,2	0,73	0,61	0,88
10.12-25.1	0,18	0,19	0,29	0,14	0,14	0,13	0,38	0,29	0,48
25.1-24.2	0,24	0,19	0,34	0,24	0,16	0,18	0,29	0,3	0,51
24.2-12.4	0,25	0,2	0,3	0,2	0,25	0,15	0,38	0,29	0,68
12.4-11.5	0,67	0,5	0,78	0,64	0,66	0,46	0,74	0,64	0,78
11.5-15.9	0,2	0,33	0,44	0,28	0,2	0,25	0,39	0,24	0,35
<b>Vannførings-veid middel</b>	0,39	0,38	0,50	0,40	0,46	0,24	0,51	0,54	0,76



### 7.1.2.2 Løst fosfat

Konsentrasjonene av løst fosfat i overflateavrenning varierte fra 0,069 til 2,4 mg/L (tabell 7.5), og som andel av totalfosfor 6 – 100 %. I grøfteavrenning varierte konsentrasjonene mellom 0,043 til 0,27 mg/L (tabell 7.6), i andel av totalfosfor 8 – 59 %. I gjennomsnitt var det målt fire ganger høyere konsentrasjon av løst fosfat i overflateavrenning enn i grøfteavrenning.

Konsentrasjonene av løst fosfat var høyest høst, vår og sommer. De høyeste konsentrasjonene av løst fosfat i overflateavrenning ble målt i vannprøver for perioden 11. mai – 15. september, og det gjaldt alle ruter. For ruter med høstpløying og vårkorn var dette i tråd med hva som ble funnet for totalfosfor, mens for ruter med høstkorn var det forholdsmessig mindre totalfosfor sammenliknet med løst fosfat i denne perioden.

På ruter med høstpløying og vårpløying utgjorde løst fosfat stort sett en høy andel av den totale fosforkonsentrasjonen i overflatevann, mens på ruter med høstkorn var oftest det motsatte tilfelle, med unntak av på rute 1. Rute 1 skilte seg ut med høye konsentrasjoner av løst fosfor også det første forsøksåret, og høy PAL i jorda på denne ruta kan være en medvirkende forklaring. I grøftevann var andelen løst fosfat jevnt over lavere enn andelen partikkelbundet fosfor, og det var mindre variasjon mellom ruter og behandlinger.

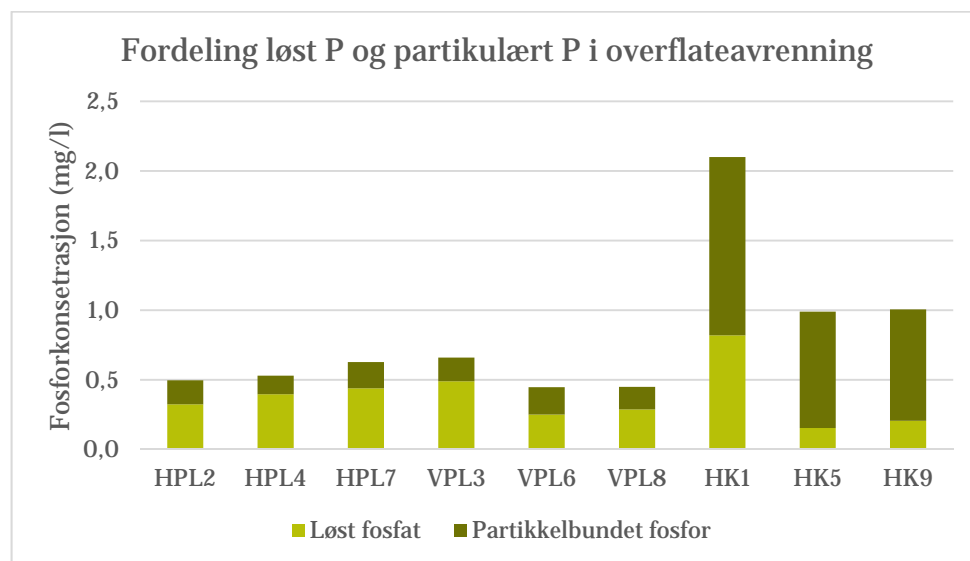
Tabell 7.5. Konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
	mg løst fosfat/L overflateavrenning								
11.6-9.9	1,20	0,34	0,55	0,34	0,70	0,37	2,60	0,28	0,27
9.9-1.10	0,45	0,43	0,39	0,50	0,43	0,33	0,69	0,31	0,37
1.10-10.12	0,49	0,37	0,98	0,37	0,35	0,47	0,30	0,10	0,11
10.12-25.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.1-24.2	0,30	0,22	0,22	0,24	0,25	0,25	0,19	0,088	0,079
24.2-12.4	0,22	0,11	0,19	0,11	0,12	0,14	0,17	0,069	0,079
12.4-11.5	0,33	0,19	0,43	0,44	0,16	0,41	0,41	0,12	0,11
11.5-15.9	1,5	1,1	2,4	1,4	0,92	0,77	1,4	1,2	0,58
<b>Vannførings-veid middel</b>	0,33	0,40	0,44	0,49*	0,25	0,29	0,82*	0,15	0,21

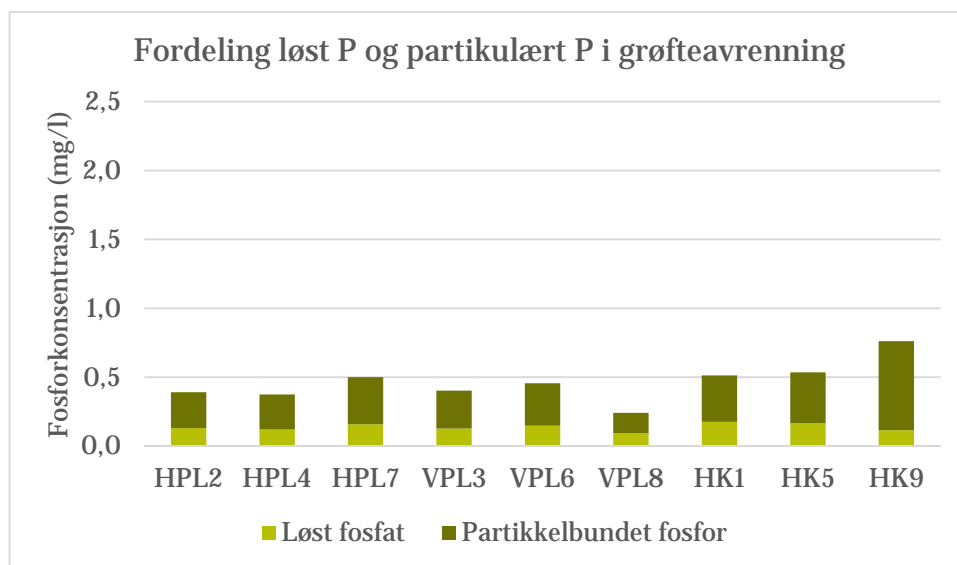
\*aritmetisk middel

Tabell 7.6. Konsentrasjoner av løst fosfat i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg løst fosfat/L grøfteavrenning									
11.6-9.9	0,10	0,12	0,14	0,12	0,13	0,09	0,15	0,14	0,11
9.9-1.10	0,22	0,25	0,19	0,21	0,24	0,18	0,27	0,25	0,21
1.10-10.12	0,1	0,1	0,11	0,1	0,098	0,11	0,15	0,082	0,074
10.12-25.1	0,074	0,07	0,066	0,043	0,047	0,043	0,11	0,049	0,062
25.1-24.2	0,11	0,082	0,12	0,1	0,069	0,083	0,13	0,1	0,073
24.2-12.4	0,073	0,057	0,091	0,048	0,073	0,058	0,1	0,055	0,063
12.4-11.5	0,15	0,12	0,22	0,14	0,14	0,093	0,18	0,15	0,13
11.5-15.9	0,097	0,16	0,18	0,087	0,098	0,059	0,23	0,052	0,092
<b>Vannførings-veid middel</b>	0,13	0,12	0,16	0,13	0,15	0,09	0,18	0,17	0,12



Figur 7.1 Vannføringsveide konsentrasjoner av løst og partikkelbundet fosfor i overflateavrenning fra de ni rutene. HPL=høstpløyd; VPL=vårpløyd; HK=høstkorn.



Figur 7.2 Vannføringsveide konsentrasjoner av løst og partikkelbundet fosfor i grøfteavrenning fra de ni rutene. HPL=høstpløyd; VPL=vårpløyd; HK=høstkorn.

### 7.1.3 Nitrogen

Konsentrasjonene av totalnitrogen i overflateavrenning varierte fra 0,51 til 21 mg/L (tabell 7.7), og i grøfteavrenning fra 1,1 til 10 mg/L (tabell 7.8). På alle ruter var konsentrasjonene i grøfteavrenning høyest i perioden 12. april til 11. mai – høyest på ruter med høstkorn, og lavest på ruter med stubb/vårkorn. I den samme perioden var det spesielt høye konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning fra alle ruter med høstkorn, og noe høyere på ruter med stubb/vårkorn enn på ruter med høstpløying. I overflateavrenning var det også høye konsentrasjoner i perioden 11. mai til 15. september, men variasjonen mellom ulike jordarbeidingsmetoder syntes å være mer eller mindre tilfeldig. Resultatene kan dels henge sammen med gjødsling av høstkorn 21. april, mens de andre rutene ikke ble gjødslet før 11. mai. Om våren var høstkorntet dessuten dårlig utviklet dette forsøksåret, i motsetning til forrige forsøksår, og det kan ha gitt spesielt høye konsentrasjoner om våren.

Tabell 7.7. Konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalnitrogen/L overflateavrenning									
11.6-9.9	10,0	1,9	3,4	2,0	4,5	2,1	7,1	1,0	1,1
9.9-1.10	1,6	0,98	1,1	1,0	1,0	1,1	2,4	1,3	1,4
1.10-10.12	2,7	3,2	4,6	1,5	1,8	1,5	2,2	3,3	4,5
10.12-25.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.1-24.2	2,0	1,4	3,8	0,97	1,0	1,1	2,2	2,6	2,9
24.2-12.4	1,6	1,4	2,6	0,51	1,0	0,53	1,6	1,5	2,5
12.4-11.5	2,2	1,5	4,7	3,9	5,3	5,5	14	14	21
11.5-15.9	6,9	3,2	12	6,2	5,0	2,8	6,0	8,3	2,5
<b>Vannførings-veid middel</b>	2,1	1,2	2,8	2,3*	1,5	1,2	5,1*	2,7	3,2

\*aritmetisk middel

Tabell 7.8. Konsentrasjoner av totalnitrogen i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i andre forsøksår. Vannføringsveid middel er regnet om til perioden 1. september til 1. september.

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalnitrogen/L grøfteavrenning									
11.6-9.9	1,6	1,1	2,0	1,2	2,1	3,0	1,9	1,2	1,5
9.9-1.10	1,4	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	1,6	1,5	1,8
1.10-10.12	2,9	3,5	4,8	2,2	1,9	1,8	3,2	3,8	3,2
10.12-25.1	2,4	3,2	5,4	1,3	1,1	1,5	3,8	2,8	2,6
25.1-24.2	2,6	3,2	4,4	1,9	1,5	2	2,5	2,4	3
24.2-12.4	2,7	2,8	5	1,9	1,5	3,2	2,8	2,6	2,4
12.4-11.5	5,6	6,4	6	4,9	4,8	3,5	7,3	8,4	10
11.5-15.9	3	3	4,2	2,7	2,6	2,1	3,3	2,2	2,3
<b>Vannførings-veid middel</b>	2,7	3,1	3,5	2,3	2,2	2,4	3,1	2,9	3,3

## 7.2 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 gjelder for perioden 1. september til 1. september, dvs. at det er antatt at konsentrasjoner i prøver som gjelder 11. juni til 9. september 2015 og 11. mai til 15. september 2016 har blitt multiplisert med sum vannføring for henholdsvis 1. september til 9. september 2015 og 11. mai til 1. september 2016.

### 7.2.1 Jordtap

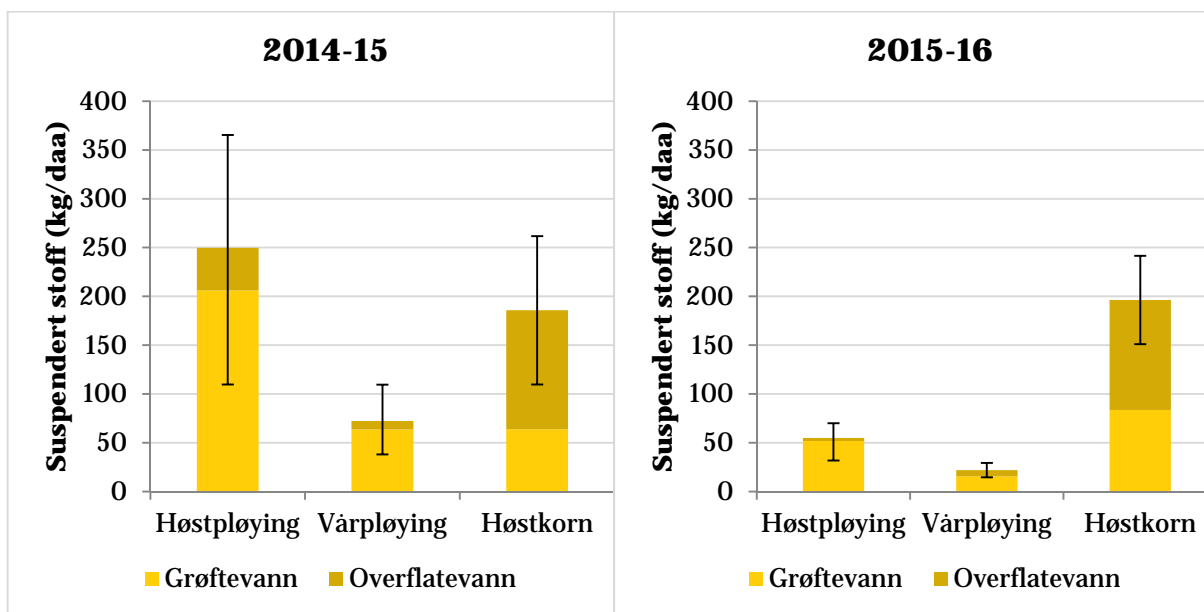
Figur 7.3 viser gjennomsnittlig jordtap i sum for overflate- og grøfteavrenning per behandling i forsøksårene 2014-15 og 2015-16, for perioden 1. september til 1. september begge år. Begge årene ble det laveste jordtapet målt fra ruter som ble vårpløyd. Det første forsøksåret var det totale jordtapet høyest fra høstpløyde ruter (250 kg/daa), mens jordtap fra høstkorn var 26 % lavere og jordtap fra vårpløyde ruter 71 % lavere. Det andre forsøksåret var totalt jordtap fire ganger høyere for høstkorn enn ved høstpløying (55 kg/daa), og for vårpløying 60 % lavere enn for høstpløying. Årsaken til at jordtapet fra høstkornrutene var mye større enn fra de øvrige behandlingene det andre året, skyldes antakelig at høstkornet utviklet seg dårlig det siste forsøksåret, pga. meget sen såing av høstkorn. Redusert jordtap i det første året sammenliknet med andre året i de andre behandlingene skyldes antakelig forskjellige vær- og avrenningsforhold i de to årene, men forhold på de individuelle rutene kan også spille inn, samt driftsmessige forhold.

Det var en del variasjon mellom ruter med samme behandling. Variasjonskoeffisienten CV var 40-46 % det første forsøksåret, og noe lavere det andre året (23-34 %).

I begge forsøksårene var det høyere andel jordtap ved grøfteavrenning enn ved overflateavrenning på ruter med høstpløying og vårpløying, mens på ruter med høstkorn var det motsatt. Andel jordtap ved grøfteavrenning var mellom 61 og 97 % for de ulike rutene som var høstpløyd eller vårpløyd, og mellom 27 og 49 % for ruter med høstkorn. Grøftene er fortsatt en viktig transportvei for partikler, tre år etter at arealet ble grøftet.

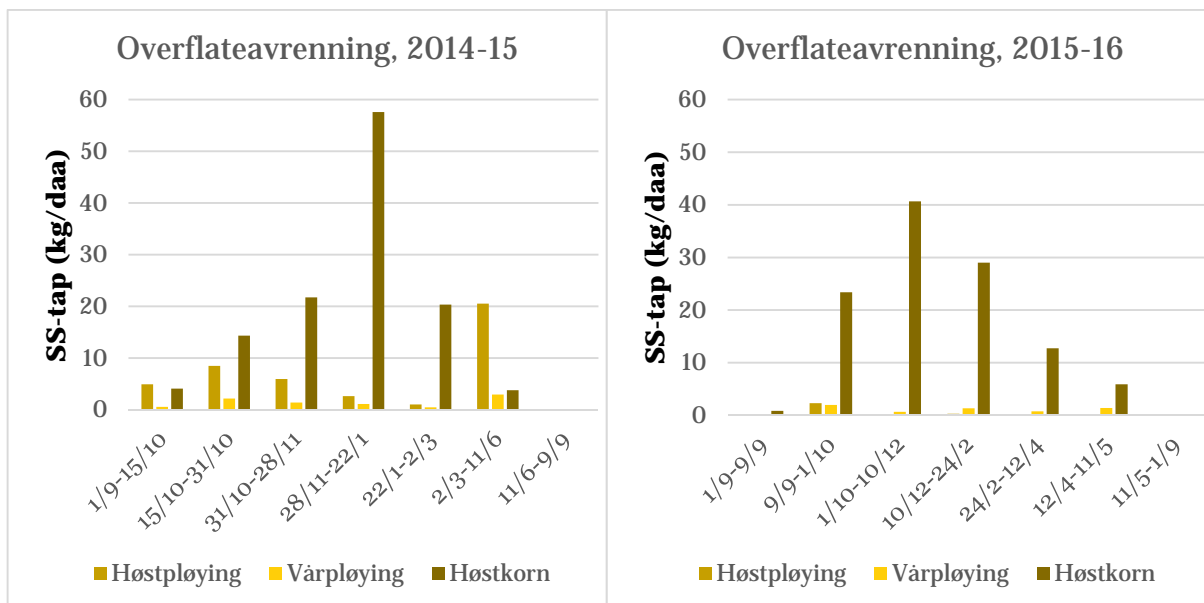
Man kan ellers legge merke til at selv om det totale jordtapet i det første forsøksåret var høyest ved høstpløying, var jordtap med *overflateavrenning* høyest der det var høstkorn. Begge årene var

jordtapet i overflateavrenning høyest ved høstkorn sammenlignet med de andre behandlingene. Tidlig jordarbeiding på høsten og finsmuldring av jorda ved såing om høsten kan bidra til å gjøre jorda ekstra erosjonsutsatt gjennom vinteren. I andre forsøksår var det i gjennomsnitt høyere jordtap ved overflateavrenning der det var vårpløyd enn der det var høstpløyd, men det var stor variasjon mellom ruter og jordtapet ved overflateavrenning for begge disse behandlingene så lavt at det nesten er neglisjerbart, og da spiller forskjellen mellom de to behandlingene også liten rolle.

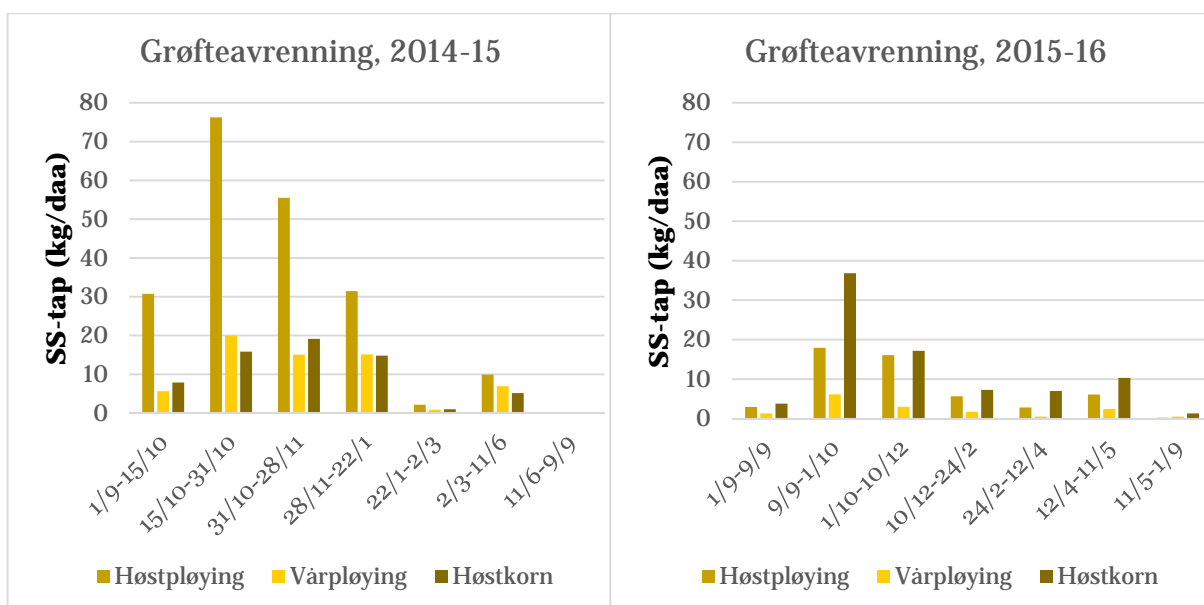


Figur 7.3 Gjennomsnittlig tap av jord (kg/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd i forsøksårene 2014-15 og 2015-16. Feilfeltet viser største og minste jordtap fra de tre rutene.

Figur 7.4 og 7.5 viser gjennomsnittlig jordtap per behandling for hver blandprøveperiode i de to forsøksårene. Fordelingen gjennom året er ikke direkte sammenliknbar pga. forskjellige blandprøveperioder, men vi ser tydelig hvordan f.eks. høstkornrutene skilte seg ut begge årene med jevnt over høyere tap ved overflateavrenning gjennom mesteparten av året, og dette jordtapet toppet seg i vintermånedene. Det siste året var det noe mindre forskjell mellom de enkelte blandprøvene. På vårpløyd og høstpløyd ruter var det enkelte blandprøveperioder som ga en del jordtap ved overflateavrenning det første forsøksåret, mens det i siste året var lite hele året. Jordtap ved grøfteavrenning var høyest om høsten begge årene.



Figur 7.4 Tap av jord (kg/daa) med overflateavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd, begge forsøksår.

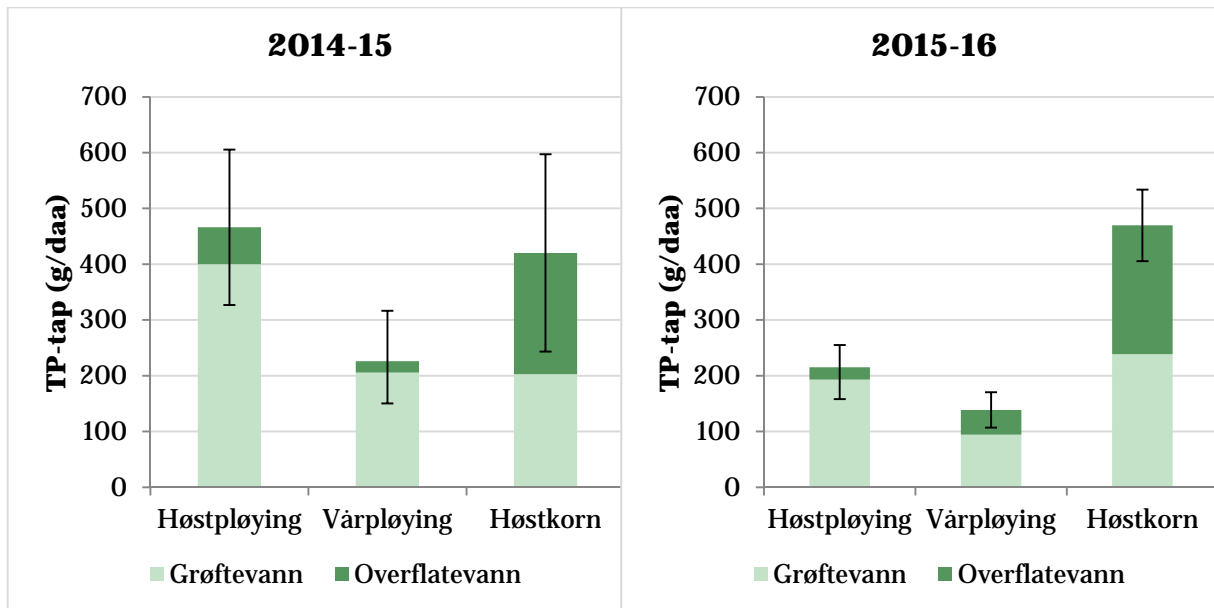


Figur 7.5 Tap av jord (kg/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd, begge forsøksår.

Om vinteren er arealer med høstkorn spesielt utsatt for erosjon pga. dårlig plantedekke, finsmuldret og gjenslemmet jordoverflate og lav aggregatstabilitet, og i kombinasjon med evt. tele i jorda gir det en økt risiko for erosjon. På høstpløyde arealer kan jorda være litt mindre utsatt for erosjon pga. større overflateruhet (plogfærer), grovere aggregater og antakelig noe løsere struktur. På arealer med stubb gir plantedekket (stubben) god beskyttelse mot løsrivelse partikler, både fordi det dekker jorda og fordi røttene, gjennom en lang vekstsesong, har rukket å armere jorda godt. Jordtap gjennom grøftene blir lavere om vinteren fordi infiltrasjon av overflatevann hemmes av tele, gjenslemming og flekker med isdekke på overflata. Om høsten er poressystemet derimot mer åpent for transport av partikler, og det kan derfor skje jordtap gjennom grøftene i denne perioden.

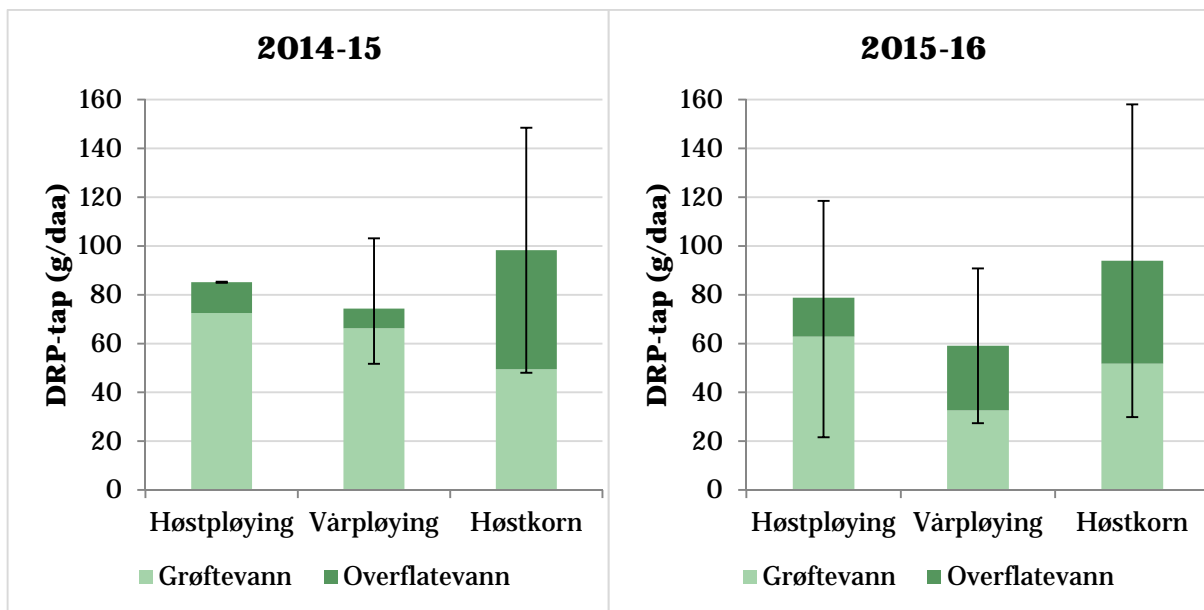
## 7.2.2 Fosfortap

Figur 7.6 viser gjennomsnittlig totalfosfortap i sum for overflate- og grøfteavrenning per behandling i begge forsøksårene. Totalfosfortapet for de tre behandlingene fulgte i det vesentlige jordtapet (figur 7.3), med det laveste fosfortapet fra de vårpløyde rutene. Det var høyere fosfortap på høstpløyde og vårpløyde ruter det første året enn i det andre året, og litt høyere fosfortap på ruter med høstkorn det andre året enn i det første året. Fordelingen mellom overflate- og grøfteavrenning var også omtrent lik som for jordtap.



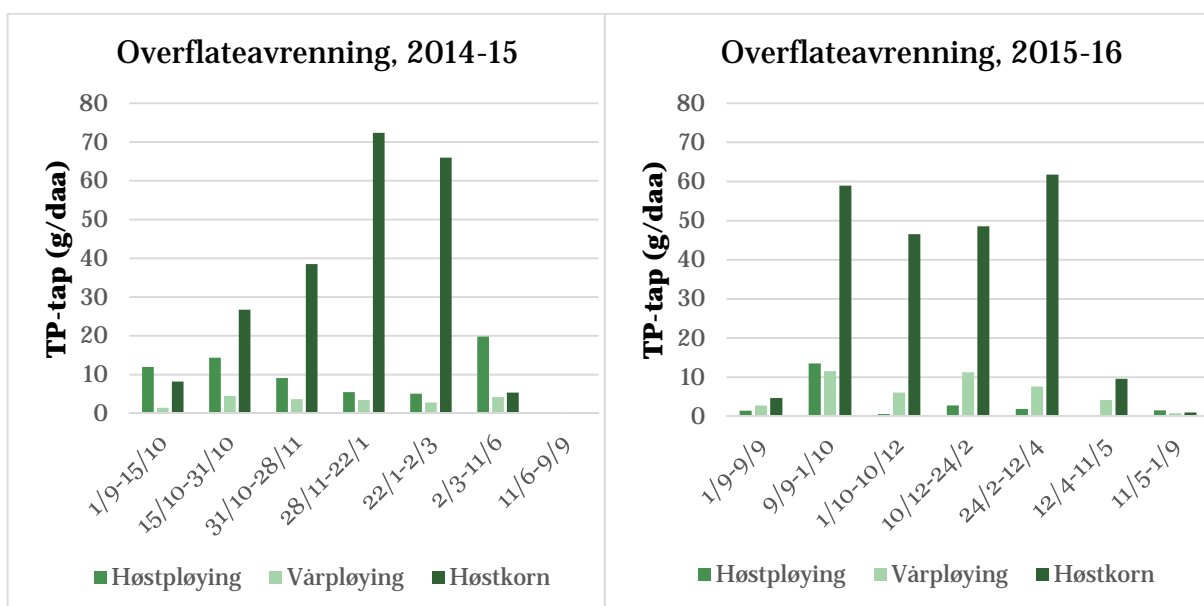
Figur 7.6 Gjennomsnitt av årlige totalfosfortap (TP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, begge forsøksår.

Begge år og alle ruter tatt i betraktning, så varierte årlig tap av løst fosfat mellom ca. 50 og 150 kg/daa, og tapene var høyest på høstkornruter, etterfulgt av høstpløying og lavest ved vårpløying (figur 7.7). Forskjellene mellom jordarbeidingsmetoder var mindre enn for tap av totalfosfor. Løst fosfat som andel av totalfosfor varierte mellom årene, Det første forsøksåret var tap av løst fosfat som andel av tap av totalfosfor i gjennomsnitt om lag 20 % ved høstpløying og høstkorn og 30-40 % ved vårpløying. Det andre året var denne andelen omtrent den samme for høstkorn, men høyere ved både vårpløying og høstpløying. I grøfteavrenning var andelen 60-70 % og drøyt 30 % i overflateavrenning. Det skyldes at tap av totalfosfor var lavere dette året. Det ser dermed ut til at valg av jordarbeidingsstrategi har en betydning også for den delen av fosforet som er løst og dermed umiddelbart biotilgjengelig, men at effekten av jordarbeiding er mindre enn for partikkelbundet fosfor.



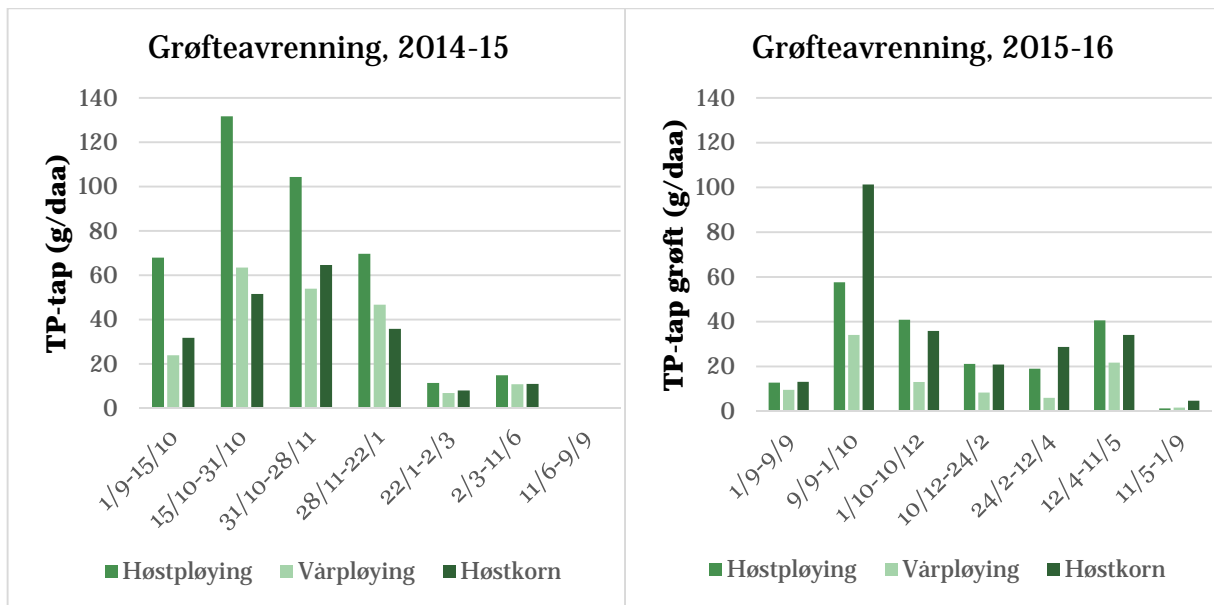
Figur 7.7 Gjennomsnitt av årlige tap av løst fosfat (DRP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, begge forsøksår.

Figur 7.8 og 7.9 viser gjennomsnittlig totalfosfortap per behandling for hver blandprøveperiode i begge forsøksperiodene. Mønsteret ved grøfteavrenning var omtrent det samme for fosfortap som for jordtap (figur 7.5). For overflateavrenning var det litt mer forskjellig sammenliknet med jordtap (figur 7.4), først og fremst for høstkorn – her var det f.eks. forholdsvis mer fosfortap enn jordtap i januar/februar 2015, mens det både høst, vinter og vår 2015-16 så ut til å være mindre fosfor i forhold til partikler. Dataene viser at det først og fremst var mengden partikkelbundet fosfor (totalfosfor minus løst fosfor) som økte utover vinteren/våren i det første forsøksåret.



Figur 7.8 Gjennomsnittlig fosfortap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn per blandprøveperiode, begge forsøksår.

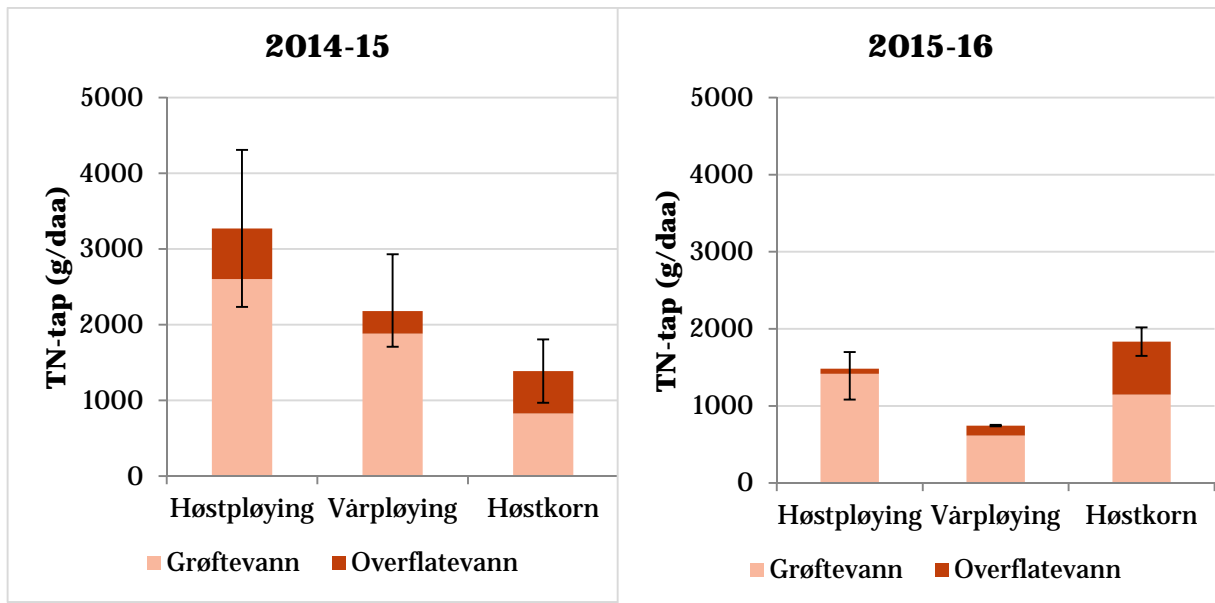




Figur 7.9 Gjennomsnittlig fosfortap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode, begge forsøksår.

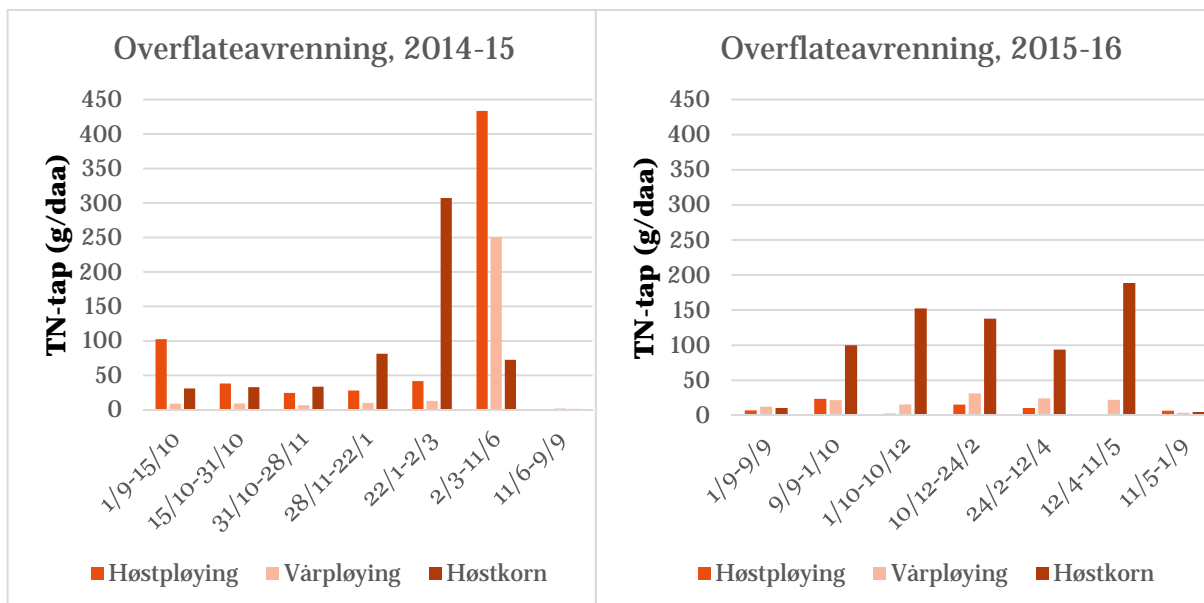
### 7.2.3 Nitrogentap

Figur 7.10 viser gjennomsnittlig totalnitrogentap i overflate- og grøfteavrenning per behandling i begge forsøksår. I første forsøksår var nitrogentapet høyest ved høstpløying, fulgt av vårpløying, og lavest for høstkorn. I andre forsøksår var nitrogentapene lavere enn året før ved høstpløying og vårpløying, noe som kan skyldes værforholdene med lavere avrenning det andre året. For høstkorn var nitrogentapet likevel høyere det andre året enn første året. Det andre året var det også høyere for høstkorn enn for de to andre behandlingene. Forskjellen mellom år skyldes antakelig dårlig utvikling av høstkorn i det siste forsøksåret, hvilket kan ha gitt mindre nitrogenopptak i vekstsesongen. Som for jord- og fosfortap, utgjorde tap av nitrogen med overflateavrenning en betydelig del av totaltapet på høstkorn, mens grøfteavrenning var mye viktigere for de andre behandlingene.

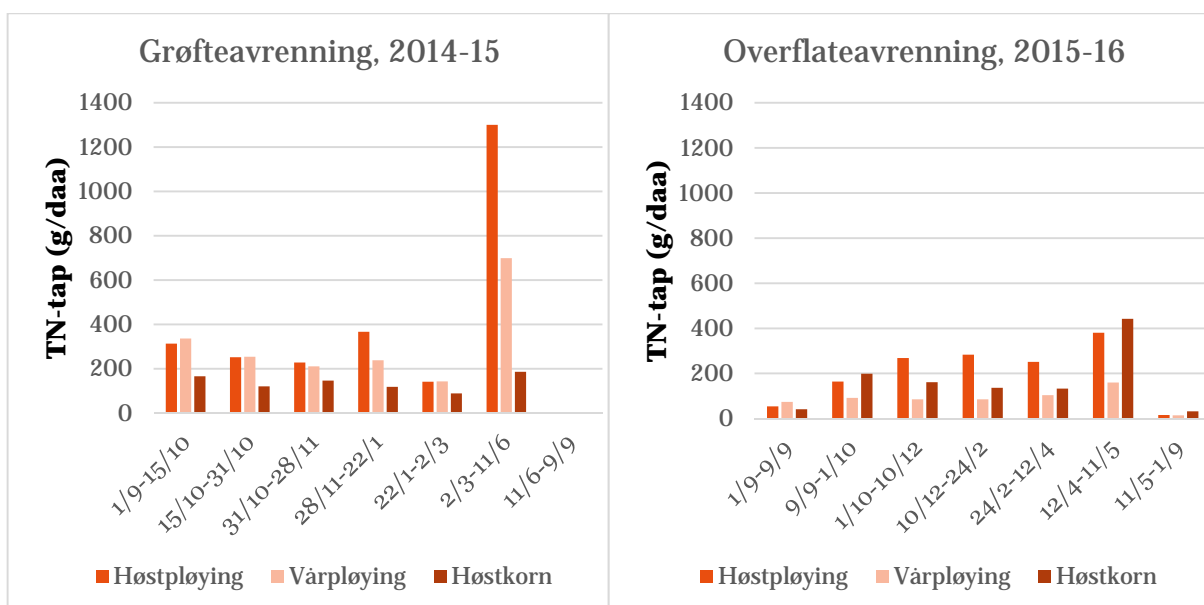


Figur 7.10 Gjennomsnittlige årlige nitrogentap fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, begge forsøksår.

Figur 7.11 og 7.12 viser gjennomsnittlig totalnitrogentap per behandling for hver blandprøveperiode i begge forsøksår. Det første forsøksåret var det en markant topp i nitrogentap ved både overflate- og grøfteavrenning tidlig vår til forsommer. Også i andre forsøksår toppet det seg om våren, men tapene var da mer jevnt fordelt gjennom hele året enn i året før.



Figur 7.11 Gjennomsnittlig nitrogentap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode, begge forsøksår.



Figur 7.12 Gjennomsnittlig nitrogentap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode, begge forsøksår.

### 7.3 Oppsummering av resultater for to år med forsøksdata

Tabell 7.9 oppsummerer gjennomsnittsverdier for de tre behandlingene i Kjelle ruteforsøk for de to forsøksårene 2014-15 og 2015-16. Ut fra to år med data kan en ikke trekke sterke konklusjoner og resultatene er derfor ikke analysert statistisk. Resultatene viser likevel noen *tendenser* som er interessante:

**Vannmengde (avrenning):** Mengde overflateavrenning var nesten lik ved høstpløying og vårpløying, mens høstpløying hadde en del mer grøfteavrenning enn vårpløying, slik at andel

overflateavrenning ble noe høyere ved vårpløying. Om forskjeller i mengde grøfteavrenning skyldes rutenes individuelle hydrologi eller andre faktorer, er uklart. Høstkorn hadde betydelig større mengde og større andel overflateavrenning enn de to andre behandlingene, og det kan antakelig tilskrives lav lagringskapasitet for vann på overflata gjennom høst, vinter og vår, kombinert med gjenslemming og evt. stadig dårligere jordstruktur gjennom vintersesongen.

**Jordpartikler:** SS-konsentrasjoner i grøftevann var lavest ved vårpløying og var omtrent like for høstpløying og høstkorn, mens SS-konsentrasjoner i overflatevann i gjennomsnitt har vært høyest for høstkorn og lavest ved vårpløying. Det medfører at totale SS-konsentrasjoner (ca. 90-280 mg/l) og SS-tap (ca. 50-200 kg/daa) i gjennomsnitt var lavest ved vårpløying og høyest for høstkorn. For høstpløying og vårpløying var grøftene dominerende transportvei for jordtap (ca. 15 % tapes ved overflateavrenning og ca. 85 % tapes ved grøfteavrenning), mens for høstkorn var overflateavrenning viktigere (40 % sammenliknet med 60 % i grøfteavrenning). Det var til dels store forskjeller mellom de to årene, i andre forsøksår var SS-tapene lavere ved høstpløying og vårpløying enn i første forsøksår, mens for høstkorn var det ganske likt de to årene. Generelt skyldes høye SS-tap og SS-konsentrasjoner på høstkornet de faktorene som allerede er nevnt under vannmengde (overflateruhet, nedbryting av jordstruktur), især når plantedekket er dårlig utviklet pga. f.eks. sen såing eller ugunstige værforhold gjennom høsten og vinteren. En slik situasjon hadde vi i siste forsøksåret, hvilket gjorde at SS-tapene på høstkorn var like høye som i det første forsøksåret, selv om tapene ved høstpløying og vårpløying var betydelig lavere andre år enn første år. Årsaken til at vårpløying kom godt ut begge år, er at stubb gjennom vinteren effektivt hindrer løsrivelse av jordpartikler ved å dekke og armere jorda.

**Fosfor:** Nivået på total TP-konsentrasjon var i størrelsesorden ca. 0,4-0,7 mg/l, og totalt TP-tap i størrelsesorden ca. 200-450 g/daa, sett over to år og tre behandlinger. Variasjonen mellom år og individuelle ruter var naturligvis større. Tendensen for totalfosfor (TP) var den samme som for SS, med i gjennomsnitt høyest TP-konsentrasjoner og TP-tap for høstkorn, fulgt av høstpløying, og lavest for vårpløying. Dette fordi mye av fosforet er partikkelbundet. TP-konsentrasjonene var høyere i overflateavrenning enn i grøfteavrenning ved alle behandlinger, mens TP-tapet var høyere i grøfteavrenning enn i overflateavrenning ved høstpløying og vårpløying, og omtrent likt i overflate- og grøfteavrenning for høstkorn. For løst fosfor (DRP) var det mindre forskjeller mellom behandlinger. Nivået på total DRP-konsentrasjon var ca. 0,15-0,2 mg/l, og DRP-tap ca. 70-100 g/daa. Høstpløying og vårpløying hadde høyere DRP-konsentrasjoner, men lavere DRP-tap, enn høstkorn, pga. større mengde overflateavrenning på høstkorn. DRP-konsentrasjoner og DRP-tap ved grøfteavrenning var ganske like for de tre behandlingene.

**Nitrogen:** Nivået på total TN-konsentrasjon var i størrelsesorden ca. 2,5-3,5 mg/l, og totalt TN-tap i størrelsesorden ca. 1500-2400 g/daa, sett over to år og tre behandlinger. Variasjonen mellom år og individuelle ruter var naturligvis større. Konsentrasjonene av totalnitrogen (TN) var i gjennomsnitt noe lavere for høstkorn enn ved høstpløying og vårpløying, mens de totale TN-tapene var forholdsvis like for vårpløying og høstkorn og en del høyere for høstpløying. Det var lite forskjell i TN-konsentrasjon ved sammenlikning av overflate- og grøftevann, så forskjellene i TN-tap var primært knyttet til vannmengden. Dermed var det for høstpløying og vårpløying en fordeling tilsvarende som for SS- og TP-tap, mens det for høstkorn var en høyere andel TN-tap ved overflateavrenning enn ved grøfteavrenning. Det er her viktig å påpeke at det var store forskjeller mellom de to forsøksårene: Det siste året var det spesielt høye TN-tap for høstkornet, antakelig fordi dette var dårlig utviklet. Det første året var det særlig høye TN-tap ved høstpløying, og vårpløying hadde også høyere TN-tap enn høstkornet dette året. En av årsakene til at det var mindre TN-tap ved vårpløying enn ved høstpløying i begge årene, kan være at det lettere skjer en mineralisering utover høsten når jordstrukturen brytes opp ved pløying.

Tabell 7.9. Gjennomsnittsverdier pr. behandling for avrenning (Q), konsentrasjoner (kons.) og tap av jord (SS), totalfosfor (TP), løst fosfat (DRP) og totalnitrogen (TN) ved overflateavrenning (OFL), grøfteavrenning (GRØ) og totalavrenning (TOT), samt prosentvis fordeling (ford.) på overflate- og grøfteavrenning, beregnet utfra to år med forsøksdata på Kjelle (2014-15 og 2015-16).

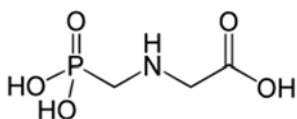
Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	OFL	GRØ	TOT	OFL	GRØ	TOT	OFL	GRØ	TOT
Q (mm)	74	562	636	77	418	495	319	395	714
SS-kons. (mg/l)	193	185	186	113	85	89	411	182	284
SS-tap (kg/daa)	23	129	152	8	40	47	117	74	191
TP-kons. (mg/l)	0,67	0,49	0,51	0,48	0,35	0,37	0,93	0,54	0,71
TP-tap (g/daa)	44	297	341	32	150	182	224	221	445
DRP-kons. (mg/l)	0,36	0,13	0,16	0,27	0,11	0,14	0,26	0,13	0,19
DRP-tap (g/daa)	14	68	82	17	49	67	45	51	96
TN-kons. (mg/l)	3,9	3,3	3,40	3,4	2,9	2,97	2,7	2,6	2,61
TN-tap (g/daa)	368	2010	2378	215	1248	1463	624	987	1611
Ford. Q (%)	12	88		16	84		45	55	
Ford. SS-tap (%)	15	85		16	84		61	39	
Ford. TP-tap (%)	13	87		18	82		50	50	
Ford. DRP-tap (%)	17	83		26	74		47	53	
Ford. TN-tap (%)	15	85		15	85		39	61	

## 8 Plantevernmidler

### 8.1 Konsentrasjoner av plantevernmidler

I perioden fra høsten 2015 til høsten 2016 ble det tatt ut 8 blandprøver av drensvann og 7 blandprøver av overflatevann til plantevernmiddeleanalyser. Prøvene ble analysert for glyfosat (figur 8.1) og nedbrytningsproduktet AMPA (figur 8.2) samt protiokonazol-destio som er et nedbrytningsprodukt av soppmidlet protiokonazol (figur 8.3).

#### 8.1.1 Glyfosat



Figur 8.1 Molekylstruktur til glyfosat

Det ble ikke påvist glyfosat i overflatevannet ved første prøvetakingen, 09.09.2015. Alle ruter ble sprøytet med glyfosat på høsten. Grunnet kort tid mellom høsting og såing av høstkorntutene, ble rutene med høstpløying før såing av høstkorn (1, 5 og 9) sprøytet umiddelbart etter høsting (10.09.2015). Alle de andre rutene ble sprøytet 30.09.2015. Andre prøveuttak ble gjort 2. oktober 2015. Da var rutene som det skulle dyrkes høstkorn på sprøytet og pløyd, men ikke tilsådd. De øvrige rutene som skulle høstepløyes (2, 4 og 7) var sprøytet, men ikke pløyd.

På grunn av store nedbørepisoder i september (39 mm den 17 september, fig 5.2) like etter sprøytning og pløying av høstkorntutene (1,5 og 9), ble det påvist høye konsentrasjoner i avrenningsvannet særlig fra disse rutene (tabell 8.1). Etter tilsåing med høsthvete i disse rutene, ble konsentrasjonene av glyfosat betraktelig redusert.

Tabell 8.1 Konsentrasjoner av glyfosat i overflatevann fra 9 ruter på Kjelle (2015/2016)

Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd /høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
µg Glyfosat/L overflatevann									
09.09.2015	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
02.10.2015	2.3	27	0.48	3.1	42	1	78	35	26
10.12.2015	0.14	0.87	1.3	19	18	45	0.38	0.75	0.1
26.01.2016	*	*	*	*	*	*	*	*	*
25.02.2016	1.4	0.81	0.87	4.8	6.9	6.2	0.33	0.38	0.9
13.04.2016	1	0.88	0.87	2	2.7	4.7	0.23	0.24	0.39
12.05.2016	0.17	0.11	0.12	0.51	0.28	0.78	0.16	0.084	0.19
15.09.2016	<0.05	<0.05	0.42	0.07	0,06	<0.05	0.18	0,15	0.25

\*mangler vann

Alle vårkornrutene lå i stubb ved vannprøvetaking den 2. oktober. Sprøytingen av disse rutene var 30. september og det var derfor en kort periode (2 dager) med avrenning fra disse rutene etter sprøyting. Likevel var det noen høye konsentrasjoner fra enkelte ruter, men i gjennomsnitt mye lavere enn høstkornrutene som ble sprøytet den 10. september og var nylig pløyd og derfor mer eksponert for transport av jord som inneholdt glyfosat.

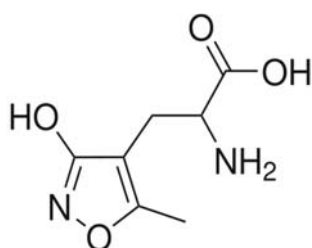
Ved neste prøvetaking den 10. desember var høstkornrutene tilsådd og høst-pløyd ruter med vårkorn var pløyd, mens de andre vårkornrutene lå i stubb. Sprøytingen i vårkornrutene i stubb lå fritt eksponert gjennom hele høst, vinter og vår, slik at konsentrasjonen av glyfosat i avrenningsvannet var betydelig høyere her enn fra de andre rutene hvor jorda var snudd ved pløying etter sprøyting.

I grøfteavrenningen kunne det heller ikke påvises glyfosat i starten av prøvetakingen (tabell 8.2). Her var det også høyere konsentrasjoner fra rutene som har høstkorn og er høstpløyd. Årsaken kan også her være at den høye nedbøren i september like etter sprøyting har gitt mer avrenning til dreisvann sammenlignet med de andre rutene som ble sprøytet seinere med bare to dagers eksponering. Det er liten forskjell mellom rutene etter første avrenning.

Tabell 8.2 Konsentrasjoner av glyfosat i grøfteavrenning fra 9 ruter på Kjelle (2015/2016)

Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd /høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
	µg Glyfosat/L grøftevann								
09.09.2015	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
02.10.2015	4.3	7.9	3.6	4.5	8.3	0.74	5.2	7.2	21
10.12.2015	1.8	3.2	1.7	1.8	2.5	4.9	2.4	1.1	1.2
26.01.2016	0.59	0.85	0.42	0.34	0.74	0.73	0.67	0.27	0.7
25.02.2016	0.99	0.92	0.83	0.87	0.9	1.4	0.2	0.75	0.67
13.04.2016	0.29	0.29	0.33	0.18	0.39	0.29	0.39	0.17	0.38
12.05.2016	0.32	0.36	0.46	0.27	0.3	0.29	0.31	0.29	0.38
15.09.2016	<0.05	0.083	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.12	<0,05	0.18

### 8.1.2 AMPA



Figur 8.2 Molekylstruktur til AMPA

Det ble heller ikke påvist AMPA ved første prøvetaking av overflatevannet høsten 2015 (tabell 8.3). AMPA fulgte samme mønster for avrenning som for glyfosat ved at de første avrenningsepisodene fra rutene med høstkorn hadde høyest konsentrasjon av AMPA. Senere gjennom året var det rutene med vårkorn som lå i stubb høyst. Vending av jorda ved pløying etter sprøyting har redusert/hindret overflateavrenning av glyfosat og AMPA.

Tabell 8.3 Konsentrasjon av AMPA i overflatevann fra 9 ruter på Kjelle (2015/2016)

Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd /høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
µg Glyfosat/L overflatevann									
09.09.2015	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
02.10.2015	0.19	1.8	0.17	0.27	2.2	0.18	2.6	1.8	2
10.12.2015	0.13	1.1	0.31	4.2	5.3	5.7	0.39	0.43	0.52
26.01.2016	*	*	*	*	*	*	*	*	*
25.02.2016	0.51	0.65	0.42	2.3	2.2	2.4	0.44	0.54	0.67
13.04.2016	0.44	0.45	0.3	1.6	1.4	1.9	0.26	0.29	0.34
12.05.2016	0.42	0.57	0.19	1.3	0.48	1.3	0.43	0.3	0.31
15.09.2016	<0.05	<0.05	<0.05	0.28	0,10	0.11	0.19	0,19	<0.05

\* mangler vann

Det ble ikke påvist AMPA i grøftevannet ved første prøvetaking høsten 2015 (tabell 8.4). Det var ikke statistisk signifikant forskjell mellom behandlingene, men noe høyere avrenning ved første prøvetaking fra rutene med høstkorn, slik som for glyfosat. I teorien kunne en tenke seg at rutene med vårpløying kunne få større grøfteavrenning da eventuelle makroporer nedover i profilet forblir intakt.

Tabell 8.4 Konsentrasjon av AMPA i grøftevann fra 9 ruter på Kjelle (2015/2016)

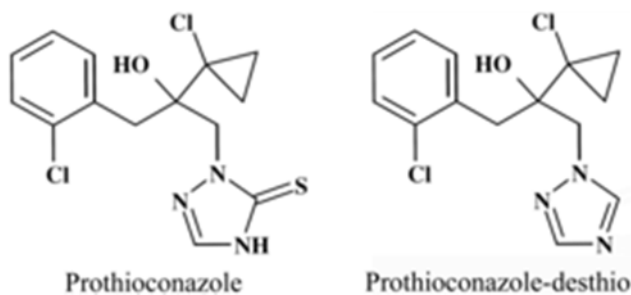
Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd /høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
µg Glyfosat/L grøftevann									
09.09.2015	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
02.10.2015	0.47	0.67	0.29	0.46	0.87	<0.05	0.44	1.1	1.4
10.12.2015	0.48	0.67	0.49	0.55	0.94	0.79	0.64	0.72	0.56
26.01.2016	0.16	0.17	0.1	0.1	0.26	0.16	0.15	0.11	0.21
25.02.2016	0.44	0.43	0.3	0.45	0.49	0.52	0.5	0.36	0.44
13.04.2016	0.22	0.18	0.13	0.15	0.25	0.2	0.24	0.16	0.28
12.05.2016	0.37	0.37	0.37	0.3	0.28	0.32	0.33	0.25	0.4
15.09.2016	<0.05	0.22	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

\*mangler vann

### 8.1.3 Protiokonazol-destio

Alle ruter ble sprøytet med soppmidlet Proline 18.06.2015 og 09.06.2016 med det aktive stoffet protiokonazol. Soppmidlet protiokonazol brytes raskt ned til protiokonazol-destio (fig.9.3). Denne metabolitten er mer mobil sammenlignet med morstoffet og det har også lengre nedbrytningstid.





Figur 8.3 Protiokonazol og nedbrytingsproduktet protikonazol-destio

Overflatevannet inneholdt lave konsentrasjoner av nedbrytingsproduktet med de høyeste konsentrasjonene i sommerens avrenning. Imidlertid viser tallene fra siste vekstsesong funn i flere av prøvene gjennom hele vinteren og våren enn vekstsesongen 2014/2015 (tabell 8.5). Det var mer avrenning fra rutene som er vårpløyd. Til tross for lave konsentrasjoner overstiger mange funn miljøfarlighetsgrensen for protikonazol-destio som er 0.034µg/L. Denne er spesielt lav på grunn av at sikkerhetsfaktoren for denne beregningen er 100x, pga mangelfulle data fra toksisitetstester.

Tabell 8.5 Konsentrasjon av protikonazol-destio i overflatevann fra 9 ruter på Kjelle (2015/2016)

Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd /høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
µg protikonazol-destio/L overflatevann									
09.09.2015	0.047	0.11	0.13	0.043	0.31	0.041	0.072	0.32	0.24
02.10.2015	0,053	0,057	0,076	0,069	0,059	0,051	0,061	0,073	0,089
10.12.2015	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	0,043	<0,01	<0,01	<0,01	0,023
26.01.2016	*	*	*	*	*	*	*	*	*
25.02.2016	<0,01	0,018	0,038	<0,01	0,034	0,024	<0,01	0,012	0,017
13.04.2016	0,013	<0,01	0,019	0,021	0,030	0,045	<0,01	<0,01	0,018
12.05.2016	<0,01	<0,01	0,011	<0,01	<0,01	0,012	<0,01	0,014	0,026
15.09.2016	0.062	0.11	0.19	0.046	0.052	0.059	0.046	0.038	0.060

Konsentrasjonen i grøftevannet er også lave, men overstiger likevel miljøfarlighetsgrensen på 0.034µg/L. Overflatevannet har de høyeste konsentrasjonene i den første avrenningen etter sprøyting, mens drensvannet har de høyeste konsentrasjonene i prøvene tatt i oktober (tabell 8.6). Også i drensvannet ble metabolitten påvist i prøver tatt ut i mai, nesten ett år etter sprøyting.

Tabell 8.6 Konsentrasjonen av protiokonazol-destio i grøftevann fra 9 ruter på Kjelle(2015/2016)

Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9
µg protiokonazol-destio/L grøftevann									
09.09.2015	0.056	0.059	0.076	0.084	0.049	<0,01	0.065	0.094	0.091
02.10.2015	0,034	0,11	0,13	0,099	0,14	0,058	0,03	0,12	0,16
01.12.2015	<0,01	<0,01	0,019	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
26.01.2016	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25.02.2016	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13.04.2016	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014
12.05.2016	<0,01	<0,01	0,011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,012	<0,01

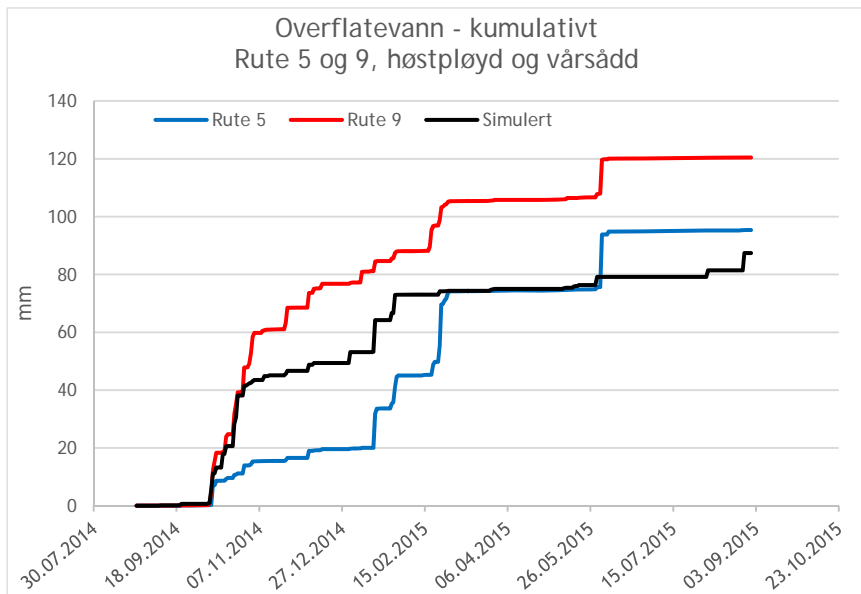
## 8.2 Modellsimulering og tap av glyfosat

Avrenning av vann og glyfosat ble gjort ved hjelp av modellverktøyet PWC (Pesticide in Water Calculator, Version 1.52) (USEPA, 2016). Dette er et modellverktøy som USEPA har videreutviklet basert på den matematiske modellen PRZM (Pesticide Root Zone Model version 5.0+) (Young & Fry, 2016) som er en av modellene som European Food Safety Authority (EFSA) bruker i forbindelse med framskaffing av data og godkjenning av plantevernmidler i EU.

### 8.2.1 Avrenning av vann

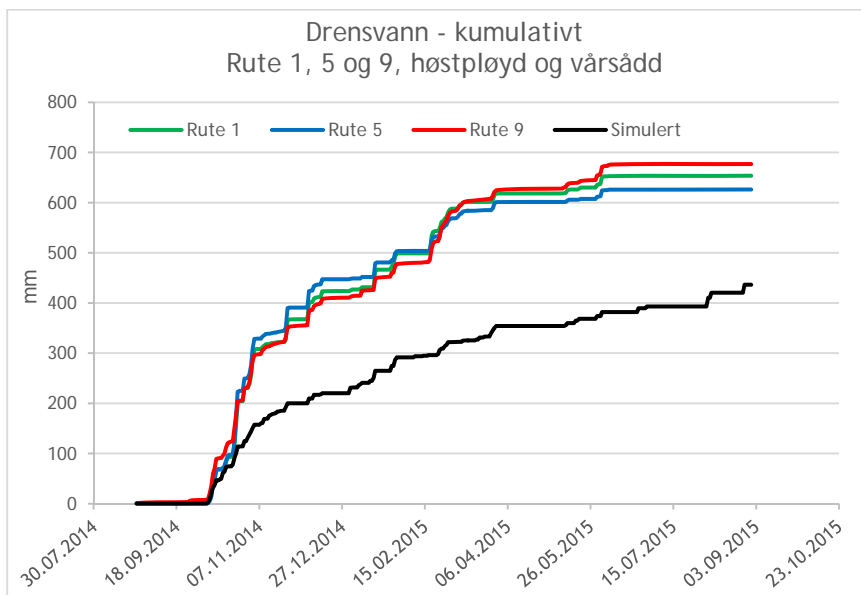
Som beskrevet tidligere (figur 6.1 og 6.2) varierer årlig avrenning mellom rutene både for overflateavrenning og grøfteavrenning. Modellen (PWC) ble kalibrert mot data for overflateavrenning for rute 5 og 9 for sesongen 2014/2015, da disse rutene var høstpløyd og tilsådd med vårkorn.

Rute 1 ble utelatt fordi den viste minimal overflateavrenning og uregelmessigheter med prøvetakingen. Kalibreringsresultatene viste relativt god overensstemmelse mellom målte og simulerte verdier for overflateavrenning særlig for rute 5 (figur 8.4).



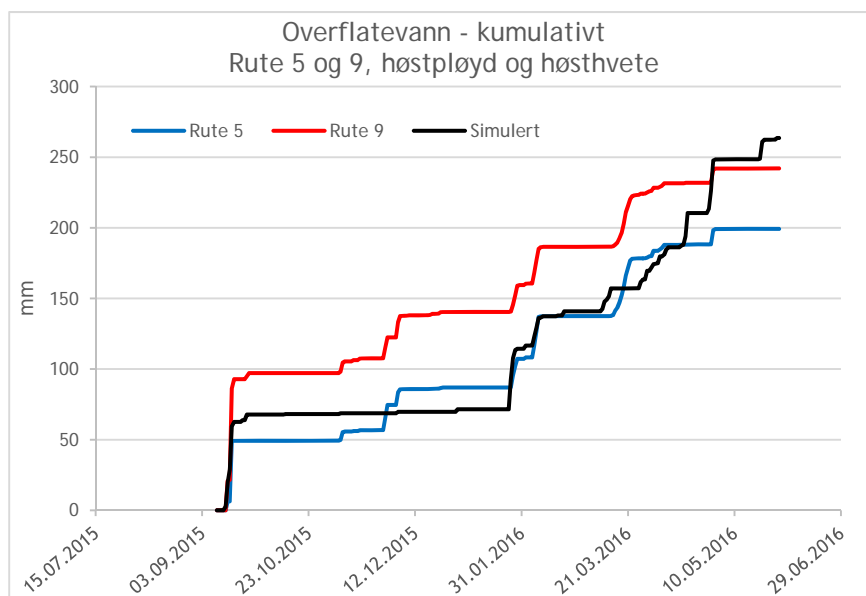
Figur 8.4 Avrenning av overflatevann fra ruter som er høstpløyd med vårkorn

Avrenningen av grøftevann ble derimot underpredikert av modellen (figur 8.5)



Figur 8.5 Avrenning av grøftevann fra ruter som er høstpløyd med vårkorn i 2014/2015

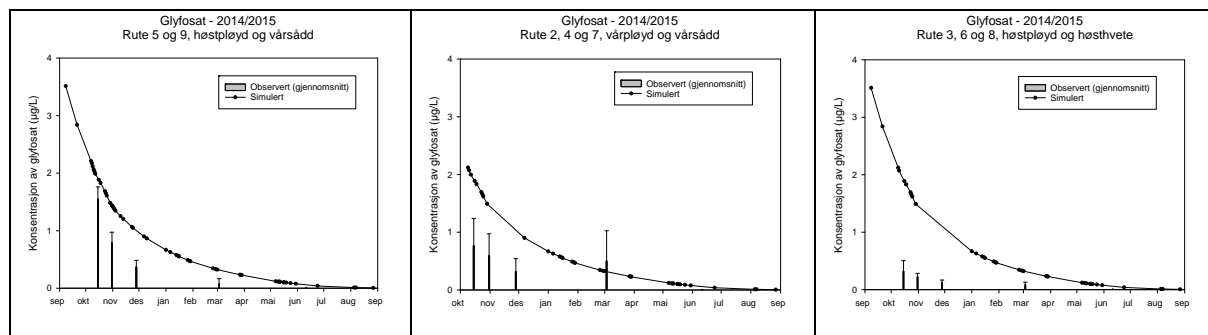
Rutene 5 og 9 var i 2015/2016 høstpløyd med høsthvete. Simuleringene for avrenning av overflatevann fra disse rutene beskrev den observerte avrenningen ganske godt (figur 8.6).



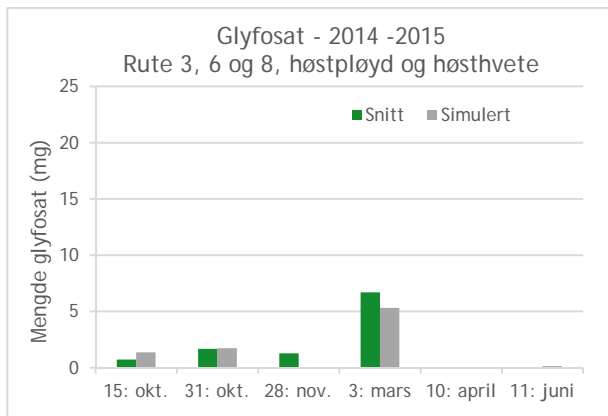
Figur 8.6 Avrenning av overflatevann fra rutene 5 og 9 som var høstpløyd med høsthvete i 2015/2016.

### 8.2.2 Avrenning av glyfosat

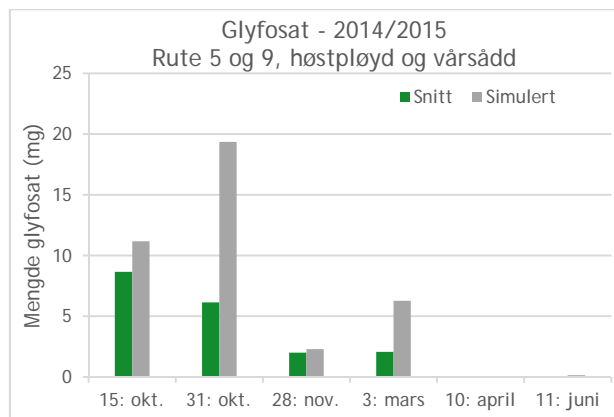
Avrenning av glyfosat i overflatevann fra alle rutene ble simulert etter at modellen var kalibrert for avrenning av vann. Simulert avrenning fra rutene med høstpløying for vekstsesongen 2014/2015 viser høyere konsentrasjon av glyfosat enn vårpløydde ruter med vårkorn (fig 8.7). Målingene av avrenning av glyfosat fra høstpløydde ruter med høstkorn viste lave konsentrasjoner av glyfosat og disse lot seg ikke gjenskape ved modellsimulering med den kalibrerte modellen.



Figur 8.7 Konsentrasjonen av glyfosat i overflatevann fra 9 ruter med ulike jordarbeiding, simulert og observert, Kjelle2014/2015



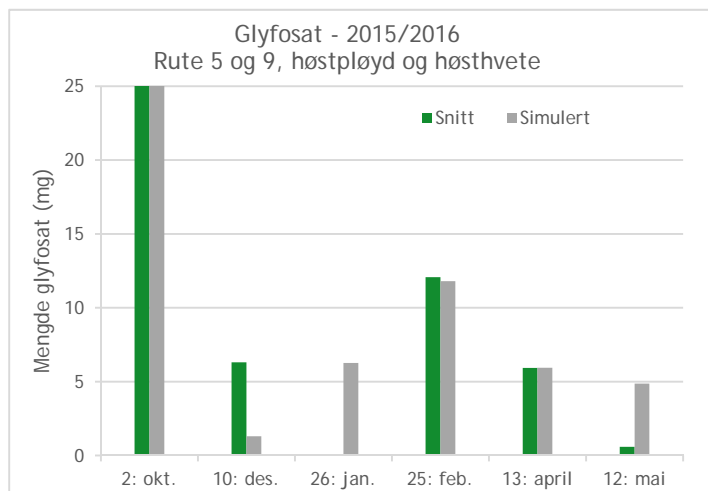
**Figur 8.8** Tap av glyfosat fra høstpløyde rute med vårkorn, Kjelle 2014/2015



**Figur 8.9** Tap av glyfosat fra høstpløyd rute med høsthvete, Kjelle 2014/2015

Dersom en ser på tap av glyfosat fra de ulike jordarbeidingene er det høstpløying med vårkorn som gir de høyeste tapene (figur 8.8) med totalt 8.7 mg, mens tapene fra vårpløyd med vårkorn og høstpløyd med høstkorn var på henholdsvis 10.9 (ikke vist) og 10.3 mg glyfosat (figur 8.9). Avrenning i prosent av sprøytet mengde utgjorde mindre enn 0.04% for de høstpløyde rutene med vårkorn.

På grunn av store nedbørsmengder like etter sprøyting og påfølgende pløying i september 2015 ble det observert høye konsentrasjoner av glyfosat fra mange av rutene på Kjelle. Ruter med høsthvete og høstpløying ble særlig sterkt påvirket av mye regn da disse ble pløyd like etter sprøyting med påfølgende regn. Avrenningen målt i oktober var 848mg glyfosat og totalt for hele perioden utgjorde dette 1.8 % av sprøytet glyfosat.



Tapene fra rutene med vårpløyd/vårkorn og høstpløyd/vårkorn var avrenningen henholdsvis 0.83 og 0.53 % av sprøytet.

**Figur 8.10** Tap av glyfosat fra høstpløyde ruter med høsthvete, Kjelle 2015/2016

Det var ikke mulig å simulere grøfteavrenning av glyfosat. Dette skyldes den sterke bindingen av glyfosat til jordpartiklene som er satt ved parametriseringen av modellen og er basert på bindingsforsøk med glyfosat i jord.

## 8.3 Risikovurdering av glyfosat

Risikovurdering gjøres ved å sammenligne enkelt observasjoner av målte konsentrasjoner av plantevernmidler med toksisitetsundersøkelser for følsomme organismer i miljøet. En enkel metode som brukes i vannovervåkingen i Norge er miljøfarlighetsverdier (tabell 8.7) ([www.bioforsk.no/miljofarlighetsverdier](http://www.bioforsk.no/miljofarlighetsverdier)).

Tabell 8.7 Miljøfarlighetsverdier for plantevernmidler brukt på forsøksarealene på Kjelle 2014-2016

Plantevernmiddel	Akuttmiljøfarlighet(µg/L)	Kronisk miljøfarlighet(µg/L)
AMPA	4520	452
Protiokonazol-destio	3,9	0,034
Glyfosat	68	28
Fluroksypyr	1230	123
MCPA	15,2	1,4
Klopyralid	540	71

### 8.3.1 Målte verdier

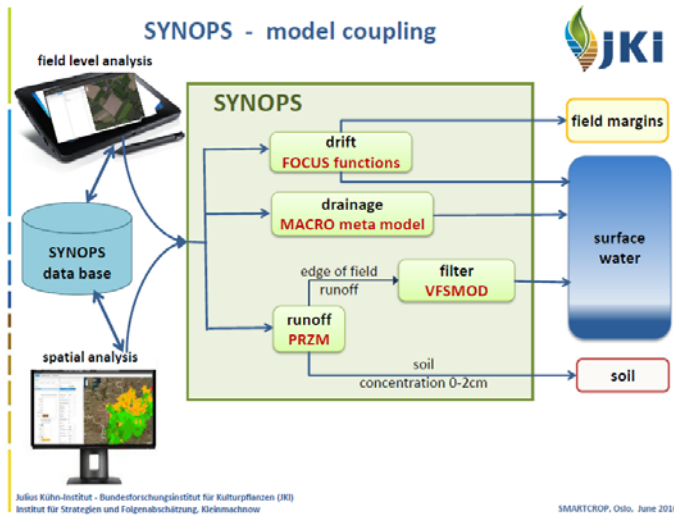
Risikovurdering av plantevernmidler i miljøet gjøres i hovedsak ved at en ser på de målte verdiene av plantevernmidlene i miljøet og sammenligner med giftigheten for de mest følsomme artene. Den laveste effektkonsentrasjonen identifiseres i laboratorieforsøk og ekstrapoleres til et konsentrasjonsnivå som antas å ikke gi noe effekt på vannlevende og landlevende organismer. Denne verdien blir kalt for miljøfarlighetsgrense og følger veiledning for beregninger av miljøkvalitetsstandarder (EQS-verdier) ifølge vanddirektivet gitt av EU (Stenrød et al., 2014). Dersom denne overskrides vil det være en viss risiko for effekter på indikator organismer avhengig av størrelsen på overskridelsene.

Organismer som brukes som indikatorarter er alger, krepsdyr, fisk, meitemark, springhaler og nytteinsekter (f.eks bier og rovmidd-arter). Det gjøres bruk av sikkerhets faktorer mellom 10 og 1000 avhengig av kvaliteten og mengde av data som finnes. Miljøfarlighetsverdien er basert på effekter på den mest følsomme organismen en har data for. Miljøfarlighetsverdien for Protiokonazol-destio er basert på giftigheten på fisk og glyfosat på grønnalger. Det er ellers satt en grense for grunnvann på 0.1µg/L som ikke er relatert til giftighet.

Målingene fra Kjelle viser at protiokonazol-destio og glyfosat overskrider miljøfarlighetsverdiene for både kronisk og akutt toksisitet

### 8.3.2 Beregnede verdier

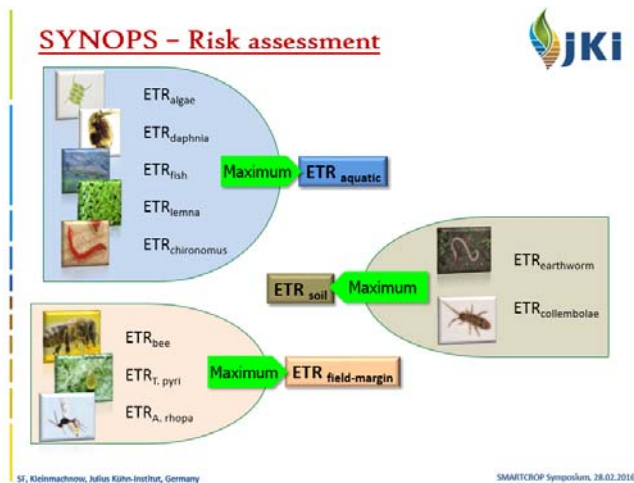
Det er mulig å beregne risiko for miljøeffekter med modeller. SYNOPSIS-WEB (Strassemeyer et al.,



2017) er et nettbasert verktøy basert på modellen SYNOPSIS som kobler flere modeller sammen og simulerer avdrift ved sprøyting, utlekking via drens-systemet, overflateavrenning og konsentrasjonen i jorda (figur 8.11). SYNOPSIS-WEB er under utvikling av Julius Kuhn Institute, Tyskland for norske forhold og planlegges brukt av rådgivingstjenesten og forvaltning. Modellen er testet ut på data fra Kjelle, men det trengs mye utprøving før den kan tas i praktisk bruk. Det som er beskrevet her er for å vise prinsippene hvordan modellen brukes. Basert på forholdet mellom de beregnede konsentrasjonene i miljøet (predikerte miljøkonsentrasjoner- PEC), og giftighet for nytte dyr, vannlevende og jordlevende

Figur 8.11 Figuren viser koplingen mellom ulike databaser og modeller og hvilke beregninger som blir gjort

organismer (ingen-effekt konsentrasjon-NOEC), beregnes det ETR (environmental toxicity ratio) (figur 8.12) som er forholdet mellom PEC og NOEC. Når denne er større enn 1 er det en viss risiko for effekter. For SYNOPSIS-WEB er grensene gitt farger etter størrelsen på brøken (figur 8.13).



Four risk categories for SYNOPSIS results

	acute risk	chronic risk
very low risk	ETR < 0.01	ETR < 0.1
low risk	0.01 < ETR < 0.1	0.1 < ETR < 1
medium risk	0.1 < ETR < 1.0	1 < ETR < 10
high risk	ETR > 1.0	ETR > 10

Figur 8.13 Skala for risiko for effekter kalkulert med SYNOPSIS

Figur 8.12 ETR (exposure toxicity ratio) for de ulike organismene som er med i SYNOPSIS\_WEB

SYNOPSIS modellen ble brukt for å beregne risiko for effekter på miljøet med data fra Kjelle ved at jorddata, topografi, kulturplante, jordarbeiding, klima og sprøyteregime ble brukt som input.

Modellen beregner ETR for overflatevann, grunnvann, akvatiske organismer og angir eventuelle overskridelser av miljøfarlighetsverdier (figur 8.14). Vannprøvene ble ikke analysert for MCPA og klopuralid i prosjektet, men disse midlene ble brukt til ugrasbekjempelse på feltet og inngikk som en del av ARIANE S.

Results

Calculated on: 2017-02-27T11:28:38 Crop param

Surface water Field margin/Soil Groundwater Aquatic organis

Active ingredient (product)	ETR chronic	ETR acute
Glyphosat (Glyphog...	0.00087	0.00263
Fluroxypyr (ARIANE...	0.00581	0.01765
MCPA (MCPA 500)	0.0439	0.02455
Prothioconazol (Prol...	0.03545	0.02481
Florasulam (ARIANE...	0.01423	0.05736
Clopyralid (ARIANE ...	0.00004	0.00006
all (all PPPs)	0.09481	0.05736

Figur 8.14 Beregninger av ETR i overflatevann for de brukte pesticidene på forsøksarealene på Kjelle 2015/2016.

Modellen beregner også risikoindeks for hver av de vannlevende organismene (fig 8.15). Modellen beregning også en samlet risiko for vannlevende organismer ved at ETR verdier for de ulike pesticidene adderes

Results

Calculated on: 2017-02-27T11:28:38 Crop parameters Mitigation measures SYNOP! Calculate Export include input data:

Surface water Field margin/Soil Groundwater Aquatic organisms Terrestrial organisms

Active ingredier (product)	chronic algae	chronic Daphnia	chronic Fisch	chronic Lemna	chronic Chironom	acute Algae	acute Daphnia	acute Fish	acute Lemna	acute Chironom
Glyphosat (...)	0.00087	0.00006	0.00007	0.00029	0	0.00263	0.00029	0.0003	0.00096	0
Fluroxypyr ...	0.00581	0.00546	0.00164	0.00118	0.00252	0.00382	0.01045	0.0085	0.00083	0.01765
MCPA (MC...	0.00001	0.00001	0.00005	0.0439	0	0.00005	0.00002	0.00004	0.02455	0
Prothiocona...	0.00009	0.00047	0.00085	0.03545	0.00003	0.00167	0.00141	0.001	0.02481	0.0002
Florasulam ...	0.014	0	0	0.01423	0	0.00642	0	0	0.05736	0.00001
Clopyralid (...)	0.00002	0.00002	0.00003	0.00004	0.00001	0.00006	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
all (all PPPs)	0.01993	0.00597	0.00257	0.09481	0.00256	0.01202	0.01189	0.00956	0.10757	0.01787

Figur 8.15 Beregninger av ETR basert på toksisitetsverdier for vannlevende organismer

## 8.4 Oppsummering av resultater fra to år med pesticiddata

**Generelt.** Generelt er vannmengden den styrende faktoren for avrenning av pesticider. Tidspunkt for regnet betyr mest for overflateavrenning og særlig for slike stoffer som bindes sterkt til jord, som glyfosat gjør. All glyfosat er sprøytet om høsten slik at valg av jordarbeiding og tidspunkt for når den utføres er avgjørende for mengden avrenning. Pløying etter sprøyting forårsaker at pesticider som er sprøytet på jorda blir begravd og beskyttes mot erosjon og overflatetransport. Sprøyting om høsten med vårpløying gjør at pesticidet blir liggende eksponert for avrenning hele høsten og våren og avrenning av pesticidet kan påregnes dersom pesticidet ikke brytes ned. Pløying bryter også makroporer i jord slik at den vertikale transporten brytes og utlekking til drengroftene blir redusert. Mengden av pesticider som lekker ut eller renner av utgjør liten andel av det som blir sprøytet, ofte



mindre enn 1 %. Det er som regel konsentrasjonen av pesticidet som det blir fokus på ikke mengden. Avgjørende blir konsentrasjonen i forhold til giftigheten på organismer som lever i jord og vann. Resultatene fra Kjelle bygger opp om disse generelle vurderingene.

**Overflateavrenning.** For 2014/2015 hadde alle ruter med vårpløying og vårkorn høyeste konsentrasjoner av glyfosat unntatt første avrenning med høstpløyd vårkorn. Med unntak for første avrenning fra rutene med høstpløyd høstkorn hadde vårpløyde ruter med vårkorn de høyeste konsentrasjoner for glyfosat i 2015/2016 Denne kan forklares med store nedbørmengder like etter sprøyting av de høstpløyde rutene med høstkorn. AMPA fulgte samme mønsteret som for glyfosat. Høstsprøyting med glyfosat og påfølgende pløying og høstkorn kan gi høye konsentrasjoner av glyfosat i overflateavrenningen.

Det var lite avrenning av protiokonazol-destio i overflatevann i 2014/2015. Det var mer avrenning i 2015/2016, særlig utover i sesongen i vårpløyde ruter med vårkorn. Vårpløying medfører at sprøytet areal og halmrester ligger eksponert på overflata for overflateavrenning, mens de andre rutene med høstpløying beskyttes mot overflateavrenning.

Både glyfosat og protiokonazol-destio hadde konsentrasjoner som oversteg miljøfarlighetsverdiene for begge stoffene i overflatevann.

**Grøfteavrenning.** Høstpløying med vårkorn hadde høyeste konsentrasjoner av glyfosat i grøftevannet for alle målinger i 2014/2015, men det var små forskjeller mellom ulik jordarbeiding. For 2015/2016 var det små forskjeller og vanskelig å se noen trender. Ingen av konsentrasjonene oversteg miljøfarlighetsverdiene for glyfosat. Glyfosat kunne ikke simuleres i grøftevann med de modellene som ble testet.

Protiokonazol-destio hadde utlekking til grøftevann ett år etter at det ble sprøytet. Ingen av konsentrasjonene oversteg miljøfarlighetsverdiene for denne metabolitten.

Modellberegninger av utlekking av pesticider som bindes hardt i jord er vanskelig i jord med makroporer og som er relativt nygrøftet som tilfellet er for forsøksrutene på Kjelle.

Erfaringer fra to års forsøk viser at det i enkelte år kan være stor risiko for avrenning av glyfosat med høstsprøyting. Vårbehandling med glyfosat kan være et alternativ som bør prøves. 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 kan derved gi utsatt såtid. Dette må undersøkes over en lengre tidsperiode enn de to årene med resultater vi har så langt.

## 9 Konklusjoner

Fra forsøkets andre år 2015/2016 var den viktigste konklusjonen at ruter med høstkorn hadde høyere tap av både jord, fosfor og nitrogen enn ruter med høstpløying og vårpløying. Det første året (2014/2015) var det derimot høyere tap fra ruter med høstpløying. Mens jord- og fosfortap var lavest ved vårpløying i begge år, var nitrogentapet lavest ved vårpløying det andre året, og lavest ved høstkorn det første året. Utviklingen av høstkornet var dårligere det andre året, pga. forsinket såing, og dette ser ut til å være en viktig forklaring på forskjellene mellom år og jordarbeidingsmetoder.

Jord- og fosfortap fra høstpløye og vårpløye ruter var lavere det andre året enn det første året. Det kan skyldes at det var mindre avrenning det andre året, særlig om høsten og vinteren. For ruter med høstkorn var det kun små forskjeller mellom de to årene.

Grøftene var en viktig transportvei for både partikler og næringsstoffer begge årene. På høstkornruter var det forholdsmessig mer overflateavrenning og større tap av både partikler, fosfor og nitrogen med overflateavrenning enn på ruter med høstpløying og vårpløying. Forskjellene avhenger av forhold som vannlagringskapasitet på overflata (overflateruhet), jordstruktur og plantedekke.

Forsøkene i 2015/2016 viser høye konsentrasjoner i overflatevann av glyfosat ved høstsprøyting og høstpløying med høstkorn. Disse konsentrasjonene innebærer en viss risiko for effekter på vannlevende organismer. Dette gjelder særlig første avrenningsepisode med mye nedbør like etter sprøyting. Høstkorn ser ut til beskytte mot videre avrenning av glyfosat. Høstsprøyting, overvintring i stubb med vårpløying og vårkorn gir større overflateavrenning av glyfosat i løpet av høst, vinter og vår. Resultatene gir grunn for å prøve vårsprøyting og vårpløying som et alternativ. Avrenning av glyfosat er oftest mindre enn 1% av mengde sprøytet. Det er lite avrenning av soppmidlet protiokonazol-destio.

To år med data er ikke nok til å trekke sterke konklusjoner om effekter av ulike jordarbeidingsmetoder på jord- og næringsstofftap under ulike værforhold, og forsøket på Kjelle videreføres i årene framover for å få mer sikre resultater.

# LITTERATURREFERANSER

- 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.
- 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.
- 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.
- Stenrød, M., Lode, O., &Holen, B. 2014. Plantevernmidler i vann-miljørisiko. Bioforsk. TEMA nr.3-januar 2014.
- Strassemeyer, J., Daehmlow, D., Dominic A.R., Lorenz, S. & Golla, B. 2017. SYNOPS-WEB, an online tool for environmental risk assessment to evaluate pesticide strategies on field level
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2016. Pesticide Water Calculator. Contact person, Dirk F. Young. <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/models-pesticide-risk-assessment>.
- Young, D.F. &Fry, M.M., 2016. PRZM5. A model for Predicting Pesticides in Runoff, Erosion, and Leachate. Revision A. USEPA/OPP 734S16001.

NOTATER

NOTATER

NOTATER

# 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.