



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Kjelle avrenningsforsøk

Årsrapport 2019-2020 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 9 | 2021



Marianne Bechmann, Frederik Bøe, Marianne Stenrød* og Geir Tveiti

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

TITTEL/TITLE

Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2019–2020 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Marianne Bechmann, Frederik Bøe, Marianne Stenrød og Geir Tveiti

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
14.01.2021	7/9/2021	Åpen	51518	19/01194
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02741-6	2464-1162	39		

OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

STIKKORD/KEYWORDS:

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

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

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Erosjon og avrenning

Erosion and runoff

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Se side 5

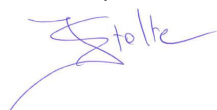
LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:


Akershus

GODKJENT /APPROVED



JANNE STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



MARIANNE BECHMANN



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten oppsummerer resultater fra alle forsøksår med særlig fokus på det sjette året (01.09.19 – 01.09.20) for avrenningsforsøket på Kjelle Videregående skole i Bjørkelangen. Forsøket gjennomføres i samarbeid mellom Kjelle Videregående skole, Romerike Landbruksrådgiving og NIBIO.

Følgende personer har bidratt til drift av forsøket i 2014-2020:

Thomas Sandbækbråten, Jørgen Sandnes og Stig Helge Basnes (Kjelle Vgs.)

Geir Tveiti, Kjell Wærnhus, Ole Martin Eklo, Marianne Stenrød, Frederik Bøe og Marianne Bechmann (NIBIO).

Isabel Edvardsen har tatt vannprøver i 2019-2020.

Forsøksanlegget er finansiert av Landbruksdirektoratet, Haldenvassdraget 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, Haldenvassdraget vannområde og Bondelaget.

Ås, 14.01.21

Marianne Bechmann

Innhold

Sammendrag.....	5
1 Innledning.....	7
2 Metoder.....	8
2.1 Jordarbeiding og drift.....	8
2.2 Sprøyting.....	8
2.3 Avrenning og prøvetaking.....	8
2.4 Målefeil og usikkerheter.....	8
3 Driftspraksis.....	10
3.1 Jordarbeiding.....	10
3.2 Såing av korn.....	10
3.3 Gjødsling.....	11
3.4 Høstetidspunkt og avling.....	11
3.5 Sprøyting.....	11
4 Værforhold.....	13
5 Avrenning.....	15
5.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger.....	15
5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året.....	19
6 Partikler og næringsstoffer.....	23
6.1 Konsentrasjoner.....	23
6.1.1 Suspendert stoff.....	23
6.1.2 Fosfor.....	23
6.1.3 Nitrogen.....	25
6.2 Jord- og næringsstofftap.....	25
6.2.1 Jordtap.....	25
6.2.2 Fosfortap.....	27
6.2.3 Nitrogentap.....	30
6.3 Statistisk analyse av jord- og næringsstofftap 2014-2019.....	32
7 Plantevernmidler.....	34
7.1 Konsentrasjoner.....	35
8 Konklusjoner.....	38
Referanser.....	39

Sammendrag

‘Ingen jordarbeiding om høsten’ har vært et av de viktigste tiltakene mot erosjon og tap av næringsstoffer fra jordbruksarealer siden begynnelsen på 1990-tallet. Avrenningsforsøk som startet på 1980-tallet viser stor effekt av ‘ingen jordarbeiding om høsten’ på erosjon og næringsstofftap på forholdsvis bratte jordbruksarealer. Det har derimot kun vært få undersøkelser av jordarbeidings-effekter på arealer med liten helling, på tross av at slike arealer utgjør størsteparten av jordbruksarealene der det dyrkes korn.

Kjelle ruteforsøk

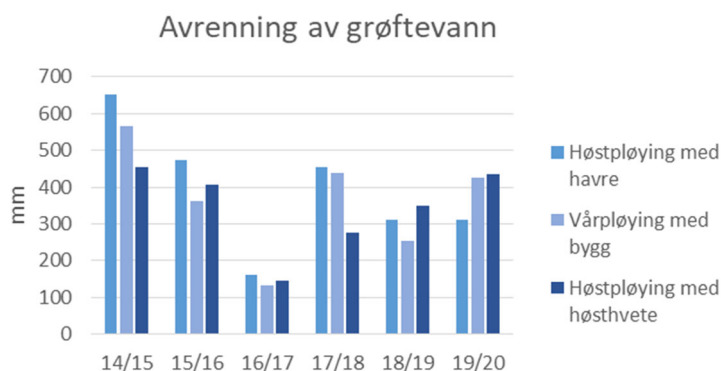
Avrenningsforsøket på Kjelle vgs. i Bjørkelangen ble satt i gang i 2014 for å belyse effekter av jordarbeiding på næringsstoffavrenning fra arealer med liten erosjonsrisiko, det vil si forholdsvis flate arealer. Forsøket består av 9 forsøksruter med målinger av avrenning fra både overflatevann og grøftevann fra hver rute. Det er tre gjentak og behandlingene omfatter

1. høstpløying med vårkorn (havre)
2. vårpløying med vårkorn (bygg)
3. høstpløying med høstkorn (høsthvete)

Resultater fra forsøkets seks år (2014-2020), er beskrevet i denne rapporten med fokus på siste året.

Rapporteringsåret 2019/2020 hadde mer nedbør (809 mm) enn gjennomsnittet for normalperioden (702 mm). Gjennomsnittstemperaturen var den høyeste (6,5 °C) målt i overvåkingsperioden, samt høyere enn i normalperioden (3,3 °C). På grunn av tekniske problemer med forsøksopplegget kan det dessverre for 2019/2020 kun presenteres resultater for avrenning gjennom drensgrøftene.

Avrenning gjennom drensgrøftene var på 388 mm i gjennomsnitt for året 1. september 2019 til 1. september 2020. Målingene fra de fem første forsøksårene (2014-2019) viser at grøfteavrenningen bidrar mest til tap av jord og næringsstoffer. Det var 79 % av avrenningen som gikk gjennom drensgrøftene og det bidro til at 67 % av jordtapet, 76 % av fosfortapet, 75 % av tapet av løst fosfat og 89 % av nitrogentapet skjedde via grøfteavrenning.

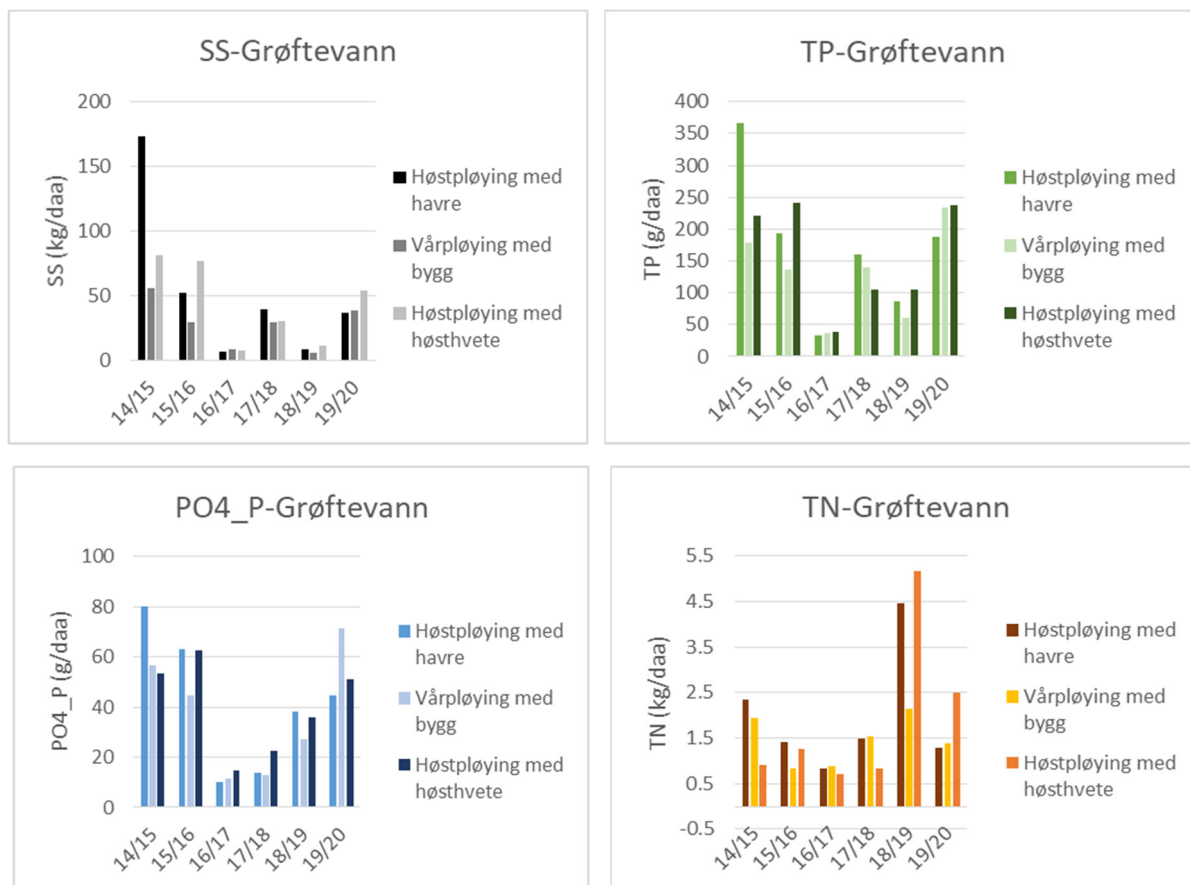


Figur 01. Avrenning gjennom drensgrøftene for hvert år (2014-2020) og i gjennomsnitt for hver behandling.

I 2019/2020 var avrenning gjennom drensgrøftene i gjennomsnitt 310 mm for høstpløyde ruter, 425 mm for vårpløyde ruter og 435 mm for ruter med høstkorn (figur 01).

Resultater fra 2019/2020 viser at jordtapet gjennom drensgrøftene var 53 kg/daa i gjennomsnitt for ruter med høstkorn, mens det for høstpløyde og vårpløyde ruter var henholdsvis 36 og 38 kg/daa (figur 02). Fosfortapet var 238 g/daa for ruter med høstkorn og 233 g/daa for ruter som ble vårpløyd. De

høstpløyde rutene hadde i gjennomsnitt fosfortap på 188 g/daa gjennom drensgrøftene. Tap av løst fosfat var stort på de vårpløyde rutene (71 g/daa), mens det var lavere på høstpløyde (45 g/daa) og høstkornruter (51 g/daa). Tap av totalnitrogen gjennom drensgrøftene var i 2019/2020 størst fra ruter med høstkorn (2,5 kg/daa), mens det var 1,4 kg/daa fra ruter med vårkorn og 1,3 kg/daa fra ruter med høstpløying.



Figur 02. Tap av jord, totalfosfor, løst fosfat og totalnitrogen i grøftevann for hvert år (2014-2020) og i gjennomsnitt for hver behandling.

Avrenning av plantevernmidler

Det er gjennomført fire års forsøk med glyfosatsprøyting i ruteforsøket på Kjelle vgs i perioden 2014-2018 og resultater fra analyser av glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA i overflateavrenning og grøfteavrenning er gjengitt i de respektive årsrapportene.

I 2019 startet et nytt forsøk for å undersøke overflate- og drensavrenning av plantevernmidler ved gjennomføring av et mer komplett sprøyteregime i de anlagte feltene med vår- og høstkorn. Sprøytingen for sprøytesesongene 2019 og 2020 og omfattet bruk av ugrasmiddel om våren i både høst- og vårkorn, to ganger sprøyting med soppmiddel i høstkorn om sommeren og en gang sprøyting i vårkornet. Det ble også sprøytet med ugrasmiddel og soppmiddel (kun 2020) etter såing av høstkorn om høsten 2019 og 2020.

De konsentrasjonsnivåene som er påvist i forsøkene så langt for enkelte av de undersøkte ugras- og soppmidlene er såpass høye at det gir grunnlag for en tett videre oppfølging av målingene. Foreløpig foreliggende resultater er imidlertid for lite materiale til å kunne konkludere om effekten av jordarbeiding på tap av plantevernmidler i overflateavrenning og grøftevann. Forsøkene vil på sikt gi et bedre og bredere grunnlag for anbefalinger knyttet til jordarbeiding og bruk av plantevernmidler i kornproduksjon.

1 Innledning

Effekter av jordarbeiding på erosjon og tap av næringsstoffer har vært undersøkt tidligere i en rekke avrenningsforsøk på arealer med mer enn 10 % helling (Kværnø og Bechmann 2010; Skøien m.fl. 2012). Forsøket på Kjelle ble startet for å belyse effekten av jordarbeiding på arealer med liten helling og liten erosjonsrisiko. Forsøket omfatter både vårkorn og høstkorn. En utførlig beskrivelse av forsøksanlegget er gitt av Hauken m.fl. (2015), mens resultater fra de fire første forsøksårene er rapportert av Bechmann m.fl. (2015), Kværnø m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2019) og Bechmann m.fl. (2020). Denne rapporten presenterer resultater for sjette forsøksperiode (høst 2019 – høst 2020), presentert sammen med resultatene fra de første fem forsøksårene.

2 Metoder

Metodene er beskrevet i detalj i en egen rapport om etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk (Hauken m.fl., 2015). Denne rapporten presenterer en kort oppsummering.

2.1 Jordarbeiding og drift

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

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 sprøytestrykk 1,5 – 2 bar. I forbindelse med at EU-forordning hvor avstandskrav til åpent vann blir avhengig av type sprøytedyse så ble ulike dysetyper testet ut i forsøkene på Kjelle i 2019 (se Bechmann m.fl. 2020 for mer om dette), mens sprøytingen er gjennomført med dyser av typen Hypro ULD 12002 (Gul) i 2020.

2.3 Avrenning og prøvetaking

I 2019-2020 ble det tatt ut ni vannprøver fra overflatevann og 11 vannprøver fra grøftevann for analyse av suspendert stoff og næringsstoffer. Ved prøveuttak 27. april 2020 og 4. august 2020 var det for lite grøftevann fra henholdsvis rute 5 og 7 og rute 7.

I 2019-2020 ble det tatt ut ti vannprøver fra overflatevann og 11 vannprøver fra grøftevann for analyse av plantevernmidler. Første uttak av vannprøver for analyse av plantevernmidler etter igangsetting av nytt sprøtere regime, ble foretatt 14. juni 2019. Lite avrenning gjennom sommeren 2019 medførte av neste prøve ble tatt ut først 16. september 2019. På grunn av dette ble ikke resultater for vannprøvetaking for avrenningsåret 2018-2019 rapportert i forrige årsrapport (Bechmann mfl 2020) og hele perioden juni 2019-august 2020 rapporteres derfor her.

Ved enkelte av prøveuttakene var det ikke tilstrekkelig vann for uttak av prøver fra alle ruter. For prøveuttak 14. juni 2019 mangler prøver for overflatevann rute 1 og 5 og for grøftevann rute 5, 16. september 2019 mangler grøftevann rute 7, 22. november 2019 mangler overflatevann rute 1, 6. februar 2020 mangler overflatevann rute 4, 27. april 2020 mangler grøftevann rute 5 og 7, og 4. august 2020 mangler grøftevann rute 7. For uttakstidspunktene 11. desember 2019 og 12. juni 2020 ble det ikke tatt ut prøver for analyse av plantevernmidler på grunn av for lite vann i prøvetakingsdunkene.

2.4 Målefeil og usikkerheter

Problemer med overflatevann

Det har noen år (2017-2018) vært problem med jordrotter foran oppsamlingsrennene for overflatevann. Problemet ble forsøkt løst ved å erstatte grasbeltet foran rennene med grus (sommeren 2018). Grusen ble høsten 2018 dekket med fastsittende pressenning for å unngå å få regnvann direkte i rennene, noe som kunne føre til fortykning (Bechmann m. fl. 2020). Sommeren 2019 kom jordrottene tilbake. Jordrottene trivdes godt under dekket og høsten 2019 ble det gravd jord ut i en del av oppsamlingsrennene for overflatevann (figur 1.1).

Analyserte konsentrasjoner av suspendert stoff og næringsstoffer i overflatevann høsten 2019 er derfor ganske usikre. For å kunne rense rennene ble det fastsittende dekket erstattet med et dekke som kunne tas av for å rense rennene (figur 1.2). På grunn av mye vind høsten og vinteren 2019-2020 blåste dette

dekke ofte av og det har gjennom vinteren vært mulighet for fortykning av vannprøvene med direkte tilførsel av regnvann. Dessuten har det vært vanskelig å pløye helt frem til grusen med den fire-skjærs plog som Kjelle Vgs. har tilgang til og derfor har det dannet seg et nytt grasbelte foran grusen som igjen kan gi muligheter for jordrotter.

På grunn av disse problemene og usikkerheter har vi konkludert med at konsentrasjoner og tap av suspendert stoff, totalfosfor, løst fosfat og totalnitrogen i overflatevann ikke kan rapporteres for året 2019/2020.

I juni 2020 ble oppsamling av overflatevann restaurert slik at det nå er et ca. 20-25 cm bredt grusbeltet foran oppsamlingsrennene (figur 1.3). Grusbeltet er smalt for å minimere fortykningen som skjer ved at regnvann tilføres direkte gjennom grusen.

Sommeren 2020 ble det dessuten kjøpt inn en to-skjærs vendepløg så det kan pløyes mer jevnt og helt inn til grusen.



Figur 1.1. Jordrotter graver ut jord i renne for oppsamling av overflatevann – sommeren 2019



Figur 1.2. Dekke som kan tas av for å rense rennene lagt på høsten 2019



Figur 1.3. Restaurering av oppsamling for overflatevann. Et smalt oppsamlingsområde for overflatevann reduserer fortykning direkte fra regnvann. Redusert risiko for jordrotter i grus og med dyrking helt frem til grusen. Høsten 2020.

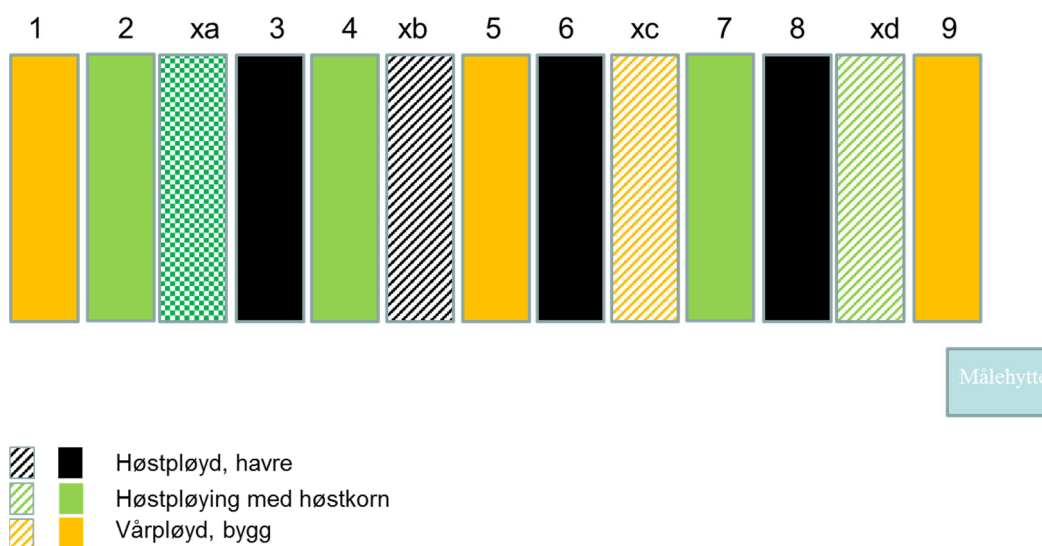
3 Driftspraksis

Forsøksleddene består av tre ulike jordarbeidingsystemer (figur 3.1). Tre og tre ruter behandles likt. I forsøksåret 2019-2020 var rute 3, 6 og 8 høstpløyde med havre, rute 1, 5 og 9 var vårpløyde med bygg, og rute 2, 4 og 7 var høstpløyde med høstkorn. På rute xa (med klimastasjon) var det permanent gras. Rute xb, xc og xd, som ikke har avrenningsmålinger, ble i 2017-2018 behandlet som henholdsvis forsøksledd høstpløyning/vårkorn, vårpløyning/vårkorn og høstpløyning/høstkorn. Jordarbeidings-systemene inngår i en rotasjon, slik at behandlingene blir prøvd ut på ulike ruter hvert år. Jordbruksdriften fra tresking 2019 og til og med tresking 2020 er oppsummert i tabell 3.1.

3.1 Jordarbeiding

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

Jordarbeiding 2019/2020



Figur 3.1. Jordarbeiding på avrenningsrutene i 2019-2020. Rute med gras er Xa.

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

Høstpløyning: Høstpløyning, vårharving, såing av havre

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

Høstkorn: Høstpløyning, harving, såing av høstvetete

3.2 Såing av korn

Høstkornet ble sådd 24. september 2019, etter å ha blitt pløyd 20. september og harvet 23. september 2019. Vårkornet ble sådd 30. april 2020, etter å ha blitt harvet 30. april og pløyd hhv. 29. april og 7. oktober (tabell 3.1). Det ble høstet 30. august 2020. I forsøksleddet med høstkorn ble det dyrket høstvetete, mens det på rutene med vårkorn ble dyrket havre etter høstpløyning og bygg etter vårpløyning.

Tabell 3.1. Jordbruksdrift på ulike ruter fra tresking 2019 til og med tresking 2020.

Forsøksledd	Pløye- dato; harvedato	Kornslag	Sådato	Gjødsling (kg/daa)	Sprøyting*	Høstedata	Avling (kg/daa)
Høstpløyd (Rute 3, 6, 8)	7.10.19; 30.04.20	Havre	30.04.20	N: 11; P: 0,7 30.04.20	01.06.20 (U); 25.06.20 (S)	30.08.20	631
Vårpløyd (Rute 1, 5, 9)	29.04.19; 30.04.20	Bygg	30.04.20	N: 11; P: 0,7 30.04.20	01.06.20 (U); 25.06.20 (S)	30.08.20	566
Høstkorn (Rute 2, 4, 7)	20.09.19; 23.09.19	Høst- hvetete	24.09.19	N: 11; P: 1,5 3.4.20 N: 5,4; P:0,6; 18.5.20	04.10.19 (U);	30.08.20	738

*U: ugrasssprøyting, S: sprøyting mot soppjukdommer i korn.

3.3 Gjødsling

I 2020 ble vårkornet gjødslet 30. april med 45 kg 25-2-6/daa som svarer til 11 kg N/daa og 0,7 kg P/daa (tabell 3.1.). Høstkornet ble gjødslet 3. april med 50 kg 22-3-10/daa som svarer til 11 kg N/daa og 1,5 kg P/daa. Høstkornet ble gjødslet andre gang 18. mai med 20 kg 27-3-5 som svarer til 5,4 kg N/daa og 0,6 kg P/daa. Høsthveten fikk totalt 16,4 kgN/daa og 2,1 kg P/daa.

3.4 Høstetidspunkt og avling

I 2019 ble det tresket 12. september. Ved slutten av forsøksåret ble alle rutene tresket 30. august 2020.

3.5 Sprøyting

Det ble gjennomført samme sprøyteregime i de ulike kulturene gjennom vekstsesongen i 2020 som i 2019.

I rutene 3, 6, 8 som hadde havre i 2020 ble det sprøytet med 225 mL/daa av ugrasmidlet Ariane S den 1. juni. Det ble gjennomført soppsprøyting med 60 mL/daa Proline EC 250 den 25. juni.

Tabell 3.3. Oversikt over preparat og virksomme stoff som inngikk i sprøyteplanen for 2019/2020.

Preparat	Virksomt stoff	Mengde virksomt stoff (g/L)	Type middel	Dose preparat (mL/daa)	Dose virksomt stoff (g/daa)	Antall ruter sprøytet
Ariane S	Fluroxypyr	57,6	Ugrasmiddel	225	13,0	6
	Klopyralid	20			4,5	
	MCPA	200			45	
Aviator XPro EC 225	Protiokonazol	154,6	Soppmiddel	60	9,3	3
	Biksafen	78,9			4,7	
Boxer	Prosulfokarb	800	Ugrasmiddel	250	200	3
Delaro SC 325	Trifloxystrobin	157	Soppmiddel	30	4,7	3
	Protiokonazol	182,4			5,5	
Elatus Era	Protiokonazol	150	Soppmiddel	30	4,5	3
	Benzovindiflupyr	75			2,3	
Pixxaro EC	Fluroxypyr	424,7	Ugrasmiddel	50	21,2	3
	Halauxifen-metyl	13,4			0,7	
Proline EC 250	Protiokonazol	259	Soppmiddel	60	15,5	3
Propulse SE 250	Protiokonazol	125	Soppmiddel	30	3,8	3
	Fluopyram	125			3,8	

I rutene 1, 5 og 9 som hadde bygg i 2020 ble det gjennom vekstsesongen sprøytet med 225 mL/daa av ugrasmidlet Ariane S den 1. juni. Det ble gjennomført soppsprøyting med 30 mL/daa med Delaro SC 325 + 30 mL/daa med Propulse SE 250 (begge disse inngår i Delaro Plus Pack) den 25. juni.

I rutene 2, 4 og 7 hvor det ble sådd høsthvete i 2019, ble det 4. oktober 2019 sprøytet med 250 mL/daa av ugrasmidlet Boxer. På grunn av sent såtidspunkt og våte forhold utover høsten ble den planlagte sprøytingen med soppmidlet Delaro SC 325 ikke gjennomført i 2019. Behandling gjennom vekstsesongen 2020 inkluderte sprøyting med 50 mL/daa av ugrasmidlet Pixxaro EC og 30 mL/daa av soppmidlet Elatus Era den 3. juni og med 60mL/daa av soppmidlet Aviator Xpro EC 225 den 25. juni 2020.

De virksomme stoffene i de plantevernmidlene som inngår i sprøyteplanen er angitt i Tabell 3.3.

4 Værforhold

Tabell 4.1 viser månedlig nedbør og gjennomsnittstemperatur på Kjelle målt ved stasjonen i rutefeltet for alle forsøksperiodene, samt for normalperioden 1961-1990 (Aurskog II). Figur 4.1 viser døgnverdier for hele forsøksperioden, mens figur 4.2 viser døgnverdier av nedbør og gjennomsnittstemperatur for den siste forsøksperioden (1. september 2019- 1. september 2020).

Gjennomsnittstemperaturene har vært ganske like for forsøksperiodene, men det har vært betydelig varmere i forsøksperiodene enn i normalperioden (i gjennomsnitt 2,7 °C varmere). Nedbøren har variert mellom årene, fra mye de to første forsøksårene, til lavt de to neste, mens de to siste har ligget på et nivå i mellom disse.

I forsøksåret (2019-2020) var gjennomsnittsnedbøren høyere enn de tre foregående årene og normalperioden, men noe lavere enn de to første forsøksårene (2014-2016). Nedbøren var særlig høy på høsten og vinteren, samt i juli. Forsøksåret var varmere enn de tidligere forsøksårene. Mildest var vintermånedene desember til februar, samt juni. Det ble registrert mer nedbør og høyere temperaturer enn normalperioden i ni av tolv måneder.

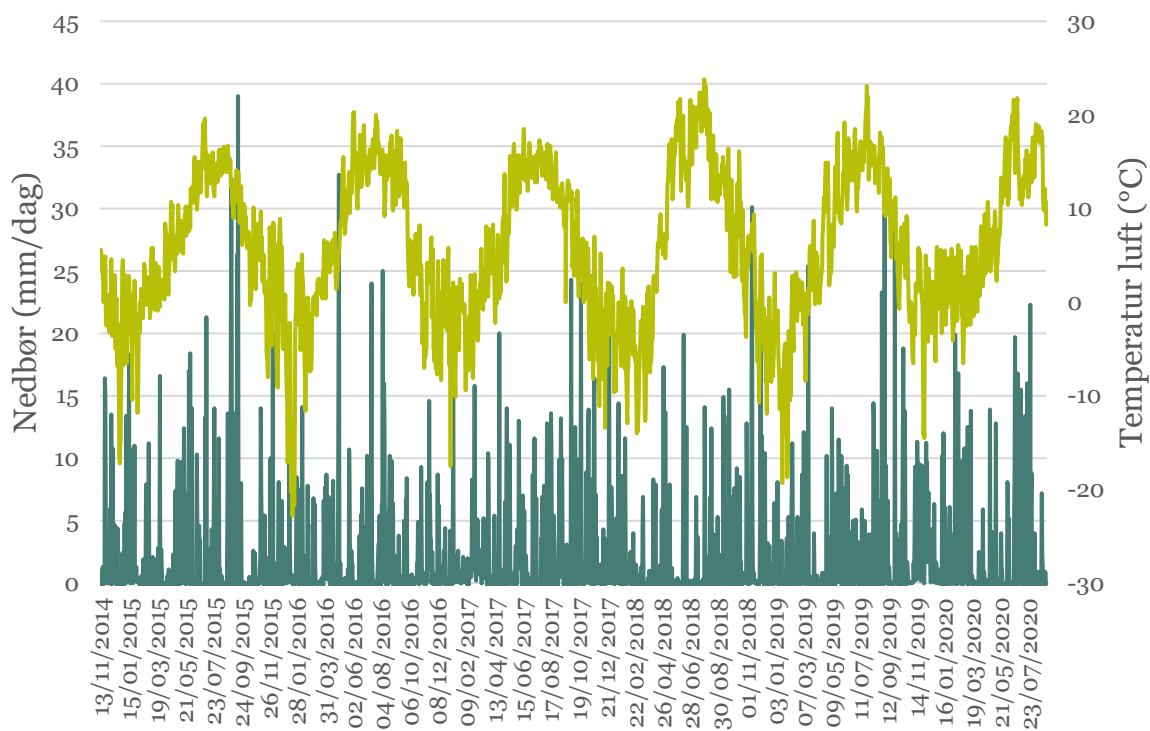
De fem foregående forsøksperiodene er beskrevet i detalj i Bechmann m.fl. (2015), Kværnø m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2019) og Bechmann m.fl. (2020).

Første og siste dag med døgnmiddeltemperaturer under null var henholdsvis 6. oktober 2019 og 30. mars 2020. Perioden fra 28. oktober 2019 til 11. november 2019 var den lengste perioden med døgnmiddeltemperaturer under null (figur 4.2). Lavest temperatur ble målt 2. desember (-14 °C). Den første snøen kom 8. november. Det var intet langvarig kontinuerlig snødekke.

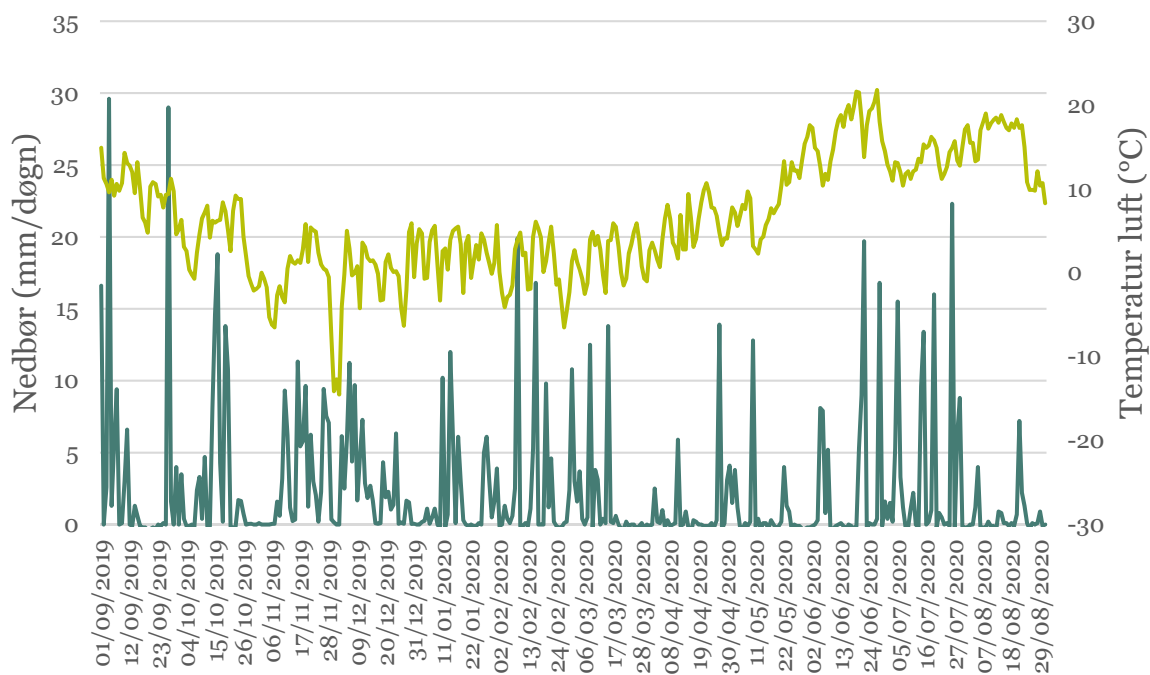
Tabell 4.1. Nedbør og lufttemperatur målt på stasjonen på Kjelle, i de seks forsøksperiodene, samt normalperioden (1961 – 1990). Tall merket med * er fra stasjonen Haneborg/Aurskog II.

Måned	Normal* Nedbør	14- 15	15- 16	16- 17	17- 18	18- 19	19- 20	Normal* Temp	14- 15	15- 16	16- 17	17- 18	18- 19	19- 20
sep	75	35*	169	30	70	77	110	8,7	10,8*	10,8	13,7	11,0	11,2	10,1
okt	77	158*	10	24	100	51	88	4,9	8,3*	5,6	4,5	5,8	5,6	4,3
nov	71	87*	62	61	94	88	95*	-1,6	3,4*	2,5	-0,2	-0,1	2,4	-0,6
des	52	56	54	29	56	73	84*	-6,7	-3,7	1,0	-0,7	-3,0	-3,4	-0,6
jan	43	104	47	49	80	23	57	-7,9	-1,4	-8,8	-2,7	-2,9	-7,5	2,5
feb	44	29	52	60	21	63	70	-7,6	-1,1	-2,9	-2,7	-5,5	-1,1	0,6
mar	39	47	56	67	11	87	53	-3,6	1,9	1,4	1,5	-5,1	0,8	1,9
apr	48	13	101	34	52	13	27	2,3	5,1	4,4	3,6	4,2	6,4	5,4
mai	47	119	31	59	26	81	28	9,1	7,8	11,2	10,4	14,7	8,9	8,6
jun	56	61	37	64	47	65	73	13,3	12,8	15,2	13,8	16,3	14,3	17,0
jul	70	75	79	46	30	34	108	15,2	14,8	15,9	15	20,4	16,0	13,4
aug	80	52	126	79	42	91	18	13,7	14,7	14,1	14,1	14,8	15,6	15,3
Sum, middel	702	836	823	600	627	745	809	3,3	6,2	5,9	5,9	5,9	5,8	6,5

Maksimal døgnnedbør i siste forsøksåret var 29,6 mm den 4. september 2019 og 29,0 mm den 27. september 2019 (figur 4.2). I 2018 var maksimal døgnnedbør 30,1 mm den 11. november, mens det i 2017 ble registrert 24,3 mm den 2. oktober 2017. I perioden 2014-2015 og 2016-2017 var høyeste registrerte døgnnedbør 20 mm (1. september 2015 og 24. april 2016). I perioden 2015-2016 ble det registrert 39 mm (17. september).



Figur 4.1. Nedbør og lufttemperatur i hele forsøksperioden høst 2014 – høst 2020, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.



Figur 4.2. Nedbør og lufttemperatur i hele forsøksperioden høst 2019 – høst 2020, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.

5 Avrenning

5.1 Årlige data og forskjell mellom ruter og behandlinger

I gjennomsnitt for hele forsøksfeltet var grøfteavrenningen 388 mm i 2019-2020. Ettersom overflateavrenningen ikke er inkludert er avrenningskoeffisienten lavere enn den ellers ville vært. Den gjennomsnittlige totale avrenningen var høyest i 2014-2015 og 2015-2016, etterfulgt av 2017-2018. Perioden 2016-2017 hadde den laveste nedbøren og avrenningen registrert i overvåkingsperioden (tabell 5.1). Forholdet mellom nedbør og avrenning (avrenningskoeffisienten) følger samme trend med unntak av 2017-2018.

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

	Avrenning				
	Nedbør	Total	Overflate	Grøft	Avrenningskoeffisient
2014-2015	836	728	171	557 (77 %)	0,87
2015-2016	823	525	112	414 (79 %)	0,64
2016-2017	600	215	80	146 (64 %)	0,35
2017-2018	627	468	85	384 (82 %)	0,74
2018-2019	745	330	26	304 (92 %)	0,44
2019-2020	809	-	-	388	0,48*

* bare grøfteavrenning

Til tross for noe tilsvarende nedbør i 2019-2020 som 2014-2016 var grøfteavrenningen lavere enn de to første årene (2014-2016) (tabell 5.1). Grøfteavrenningen i 2019-2020 var tilsvarende som for 2017-2018 og 2015-2016.

Første ordentlige avrenningsepisode kom i perioden 14. – 20. oktober 2019 (50 mm) (figur 5.6) da det også kom mye nedbør (71 mm). Høyest gjennomsnittlig grøfteavrenning ble målt 6. desember 2019 (31 mm). Dette ble målt i forbindelse med en snøsmeltingsepisode samtidig med nedbør. Det var også høy grøfteavrenning den 9. og 16. februar 2020. Den 9. februar var grøfteavrenningen 24 mm som følge av en nedbørepisode (20 mm) i kombinasjon med snøsmelting. Den 16. februar ble det registrert 25 mm grøfteavrenning og 17 mm nedbør. Ut ifra bildene fra webkameraet var det ingen synlig snøsmelting ved denne siste episoden.

Nedbørsoverskuddet (nedbør minus avrenning) var 421 mm, og da er ikke overflateavrenning inkludert. Dette er noe tilsvarende som i 2018-2019 (415 mm) og 2016-2017 (389 mm). I 2017-2018 var nedbørsoverskuddet 162 mm, mens det var på 108 mm det første året og 298 mm det andre året. Som diskutert i årsrapporten Bechmann m.fl. 2015, er vann-balansen det første året urealistisk, mens det stemmer bedre i de senere årene med hva som kan forventes.

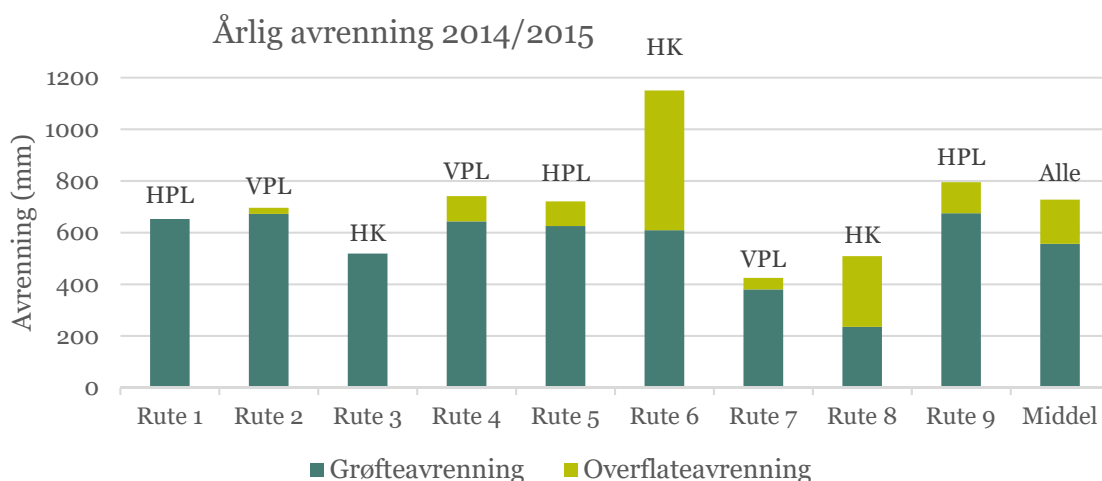
Figur 5.1 til 5.5 viser årlig avrenning fordelt på overflate- og grøfteavrenning på de 9 rutene. Figur 5.6 viser årlig grøfteavrenning for det siste forsøksåret (2019-2020).

Det har vært store variasjoner i avrenning mellom rutene de fem første årene, noe som også er tilfellet for 2019-2020. Den totale avrenningen er relativt lik mellom de to første årene for de enkelte rutene. Minst avrenning ble målt fra rute 7 og 8 begge årene, Foruten om rute 6 er det ellers relativt like mengder. Forsøksperioden 2016-2017 hadde generelt lav avrenning fra alle rutene sammenlignet med de første to årene. Den fjerde forsøksperioden viste lignende mengde total avrenning som den andre

forsøksperioden (2015-2016). Mest avrenning, samt overflateavrenning ble målt fra rute 9, mens rute 5 hadde mest grøfteavrenning. Tilsvarende som de to første årene, ble det målt lavest avrenning fra rutene 7 og 8. Forsøksperioden 2018-2019 hadde den nest laveste totale avrenningen med tilsvarende forhold mellom nedbør og avrenning som den tredje forsøksperioden (2016-2017). Lavest avrenning var fra rute 6 og 8, men som tidligere år var og det også lav avrenning fra rute 7. Total avrenning var høyest fra rute 5 (455 mm), men rute 3 og 4 var på tilsvarende nivå (454 mm og 419 mm). Den minste totale avrenningen ble målt på rute 8 (174 mm). I 2019-2020 var det lavest grøfteavrenning fra rute 3 (230 mm) og rute 7 (235 mm). Høyest grøfteavrenning ble registrert fra rute 4 (647 mm) og rute 1 (525 mm). Se tidligere årsrapporter for sammenligning av overflatevann.

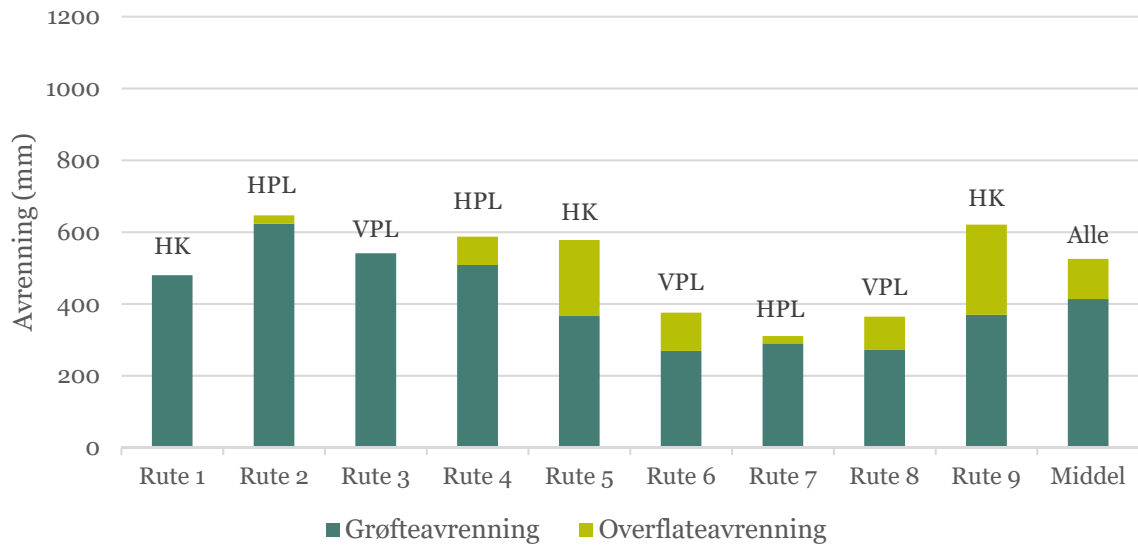
I gjennomsnitt for behandlinger var den totale grøfteavrenningen størst fra ruter med høstpløying med høstkorn (431 mm) og fra ruter med vårpløying (424 mm). I gjennomsnitt for ruter med høstpløying med vårkorn var grøfteavrenningen 310 mm. Behandlingseffektene kan i noe grad maskeres av de individuelle rutenes hydrologiske egenskaper. Det ble likevel, til tross for at rute 7 har gitt konsekvent lav avrenning i de fleste forsøksårene, målt mest avrenning fra behandlingene med høstpløying med høstkorn (rute 2, rute 4 og rute 7).

I 2018-2019 var den totale grøfteavrenningen for behandlinger også størst fra ruter med høstpløying med høstkorn (350 mm), men også fra ruter med høstpløying med vårkorn (312 mm). I gjennomsnitt for ruter med vårpløying med vårkorn var grøfteavrenning da lav 252 mm.



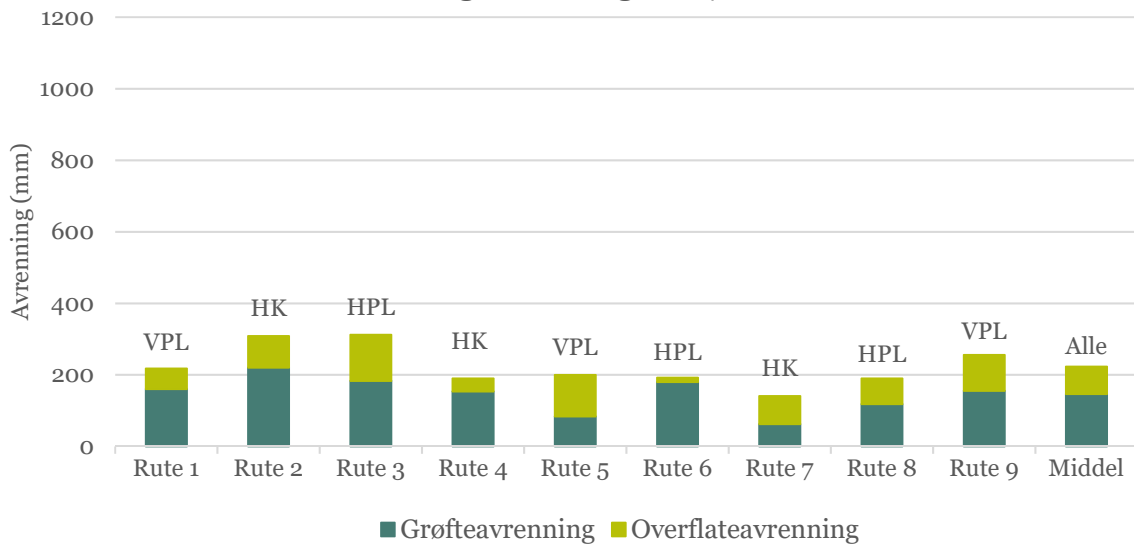
Figur 5.1. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015. Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

Årlig avrenning 2015/2016

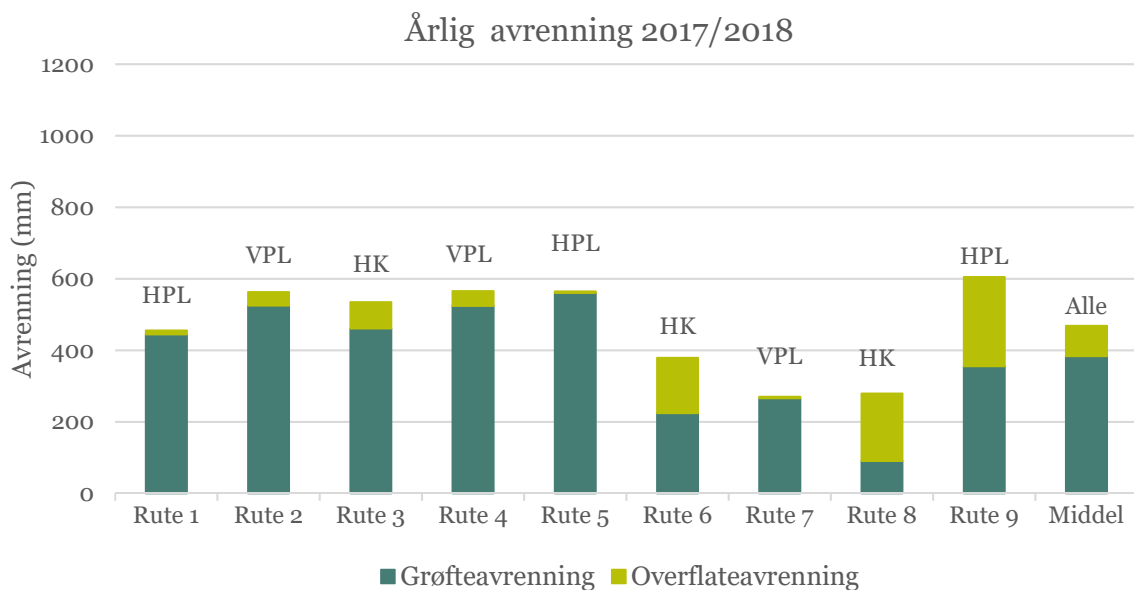


Figur 5.2. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2015 til 1.9.2016. NB! Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

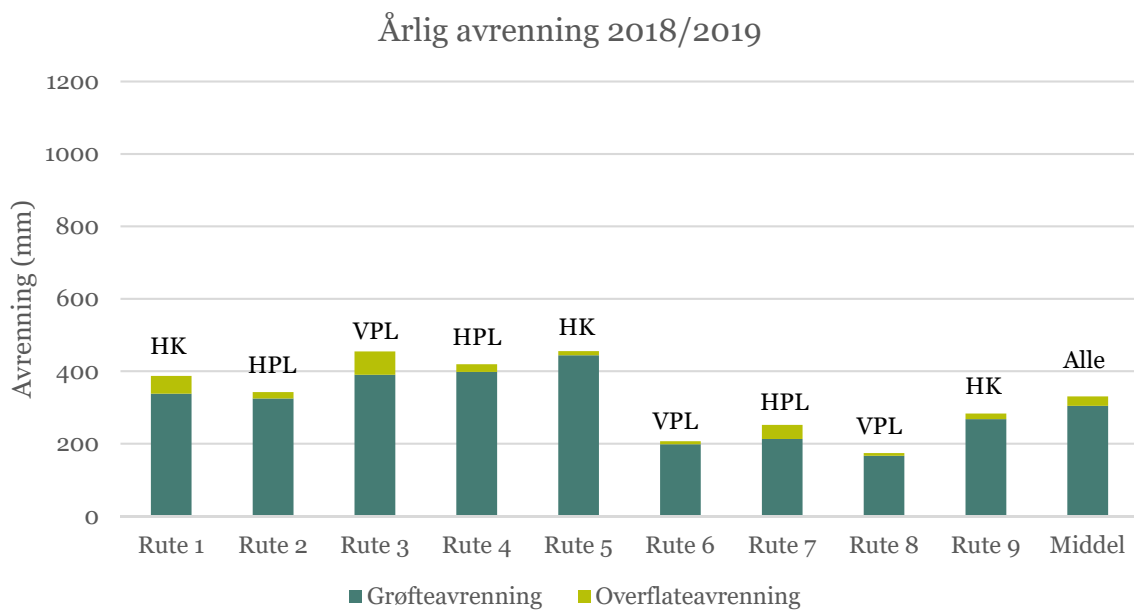
Årlig avrenning 2016/2017



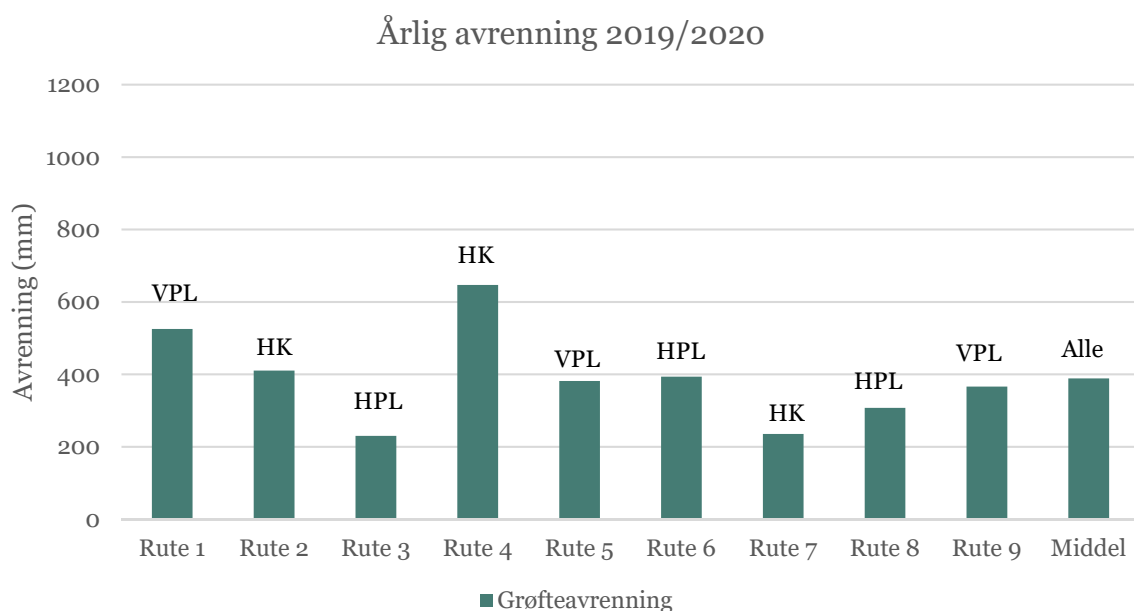
Figur 5.3. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2016 til 1.9.2017. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



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



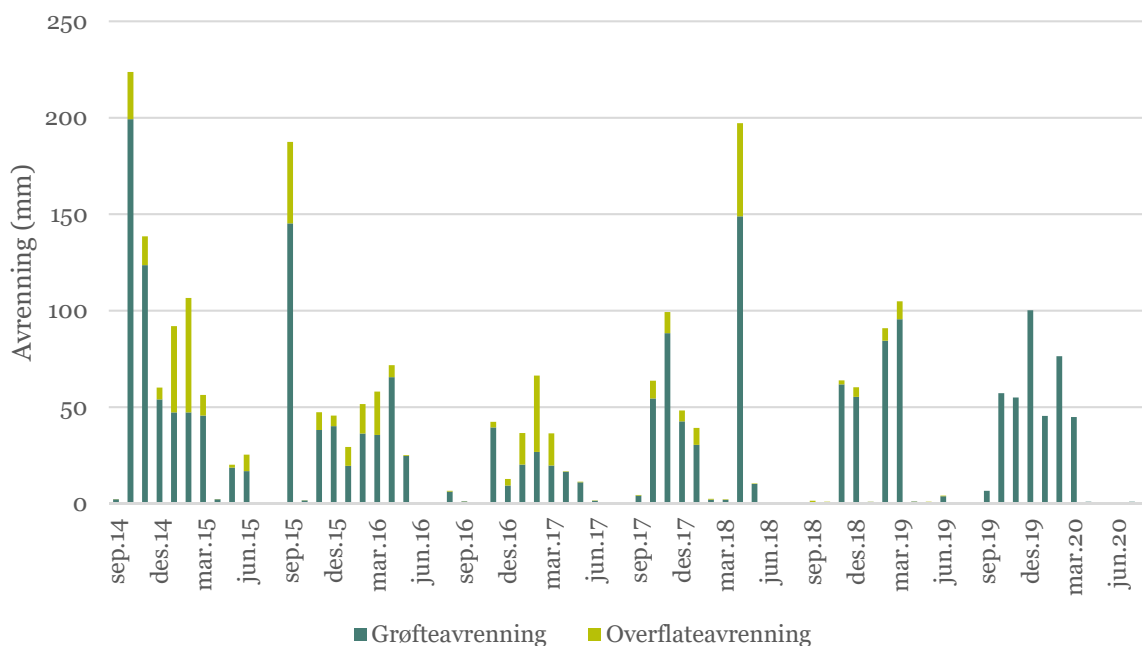
Figur 5.5. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2018 til 1.9.2019. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



Figur 5.6. Grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2019 til 1.9.2020. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

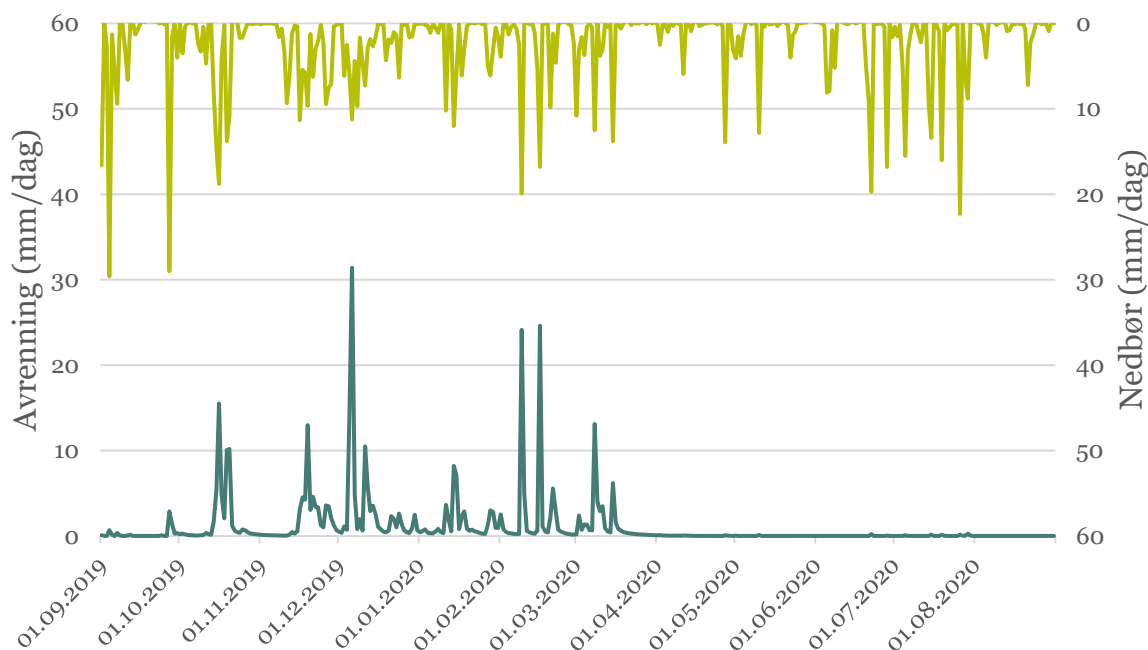
5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året

Figur 5.7 viser overflate- og grøfteavrenning per måned i de fem første forsøksårene, samt grøfteavrenning for det siste forsøksåret. De fire første årene ble det meste av overflatevannet transportert fra januar til mars. Grøfteavrenningen var særlig dominerende om høsten og tidlig vinter (september til desember). I 2018-2019 var det veldig lite overflateavrenning. I 2019-2020 var det mest grøfteavrenning i desember (100 mm). Som nevnt tidligere var dette i forbindelse med en snøsmeltingsepisode samtidig med nedbør. Omtrent halvparten av avrenningen i desember ble generert ved denne hendelsen (50 mm fra 5. til 7. desember 2019). Også i februar var det en del avrenning (76 mm) mye grunnet to avrenningsepisodene den 9. og 16. februar (se kap 5.1). Månedene april og mai var særlig tørre med omtrent halvparten så mye nedbør som normalen. Mai var på høyde med samme måned som i tørkeåret 2017-2018. Juni var i snitt varmere (17 °C) enn alle tidligere år, samt normalperioden (tabell 4.1). Det var derimot mer nedbør i juni (73 mm) enn i samme måned tørkesommeren 2018 (47 mm). Den lave avrenningen fra april til august 2020 er sammensatt. Lite avrenning i april og mai skyldes lite nedbør, og til tross for nedbør i juni kan høye temperaturer ført til økt fordamping og redusert avrenning om sommeren.

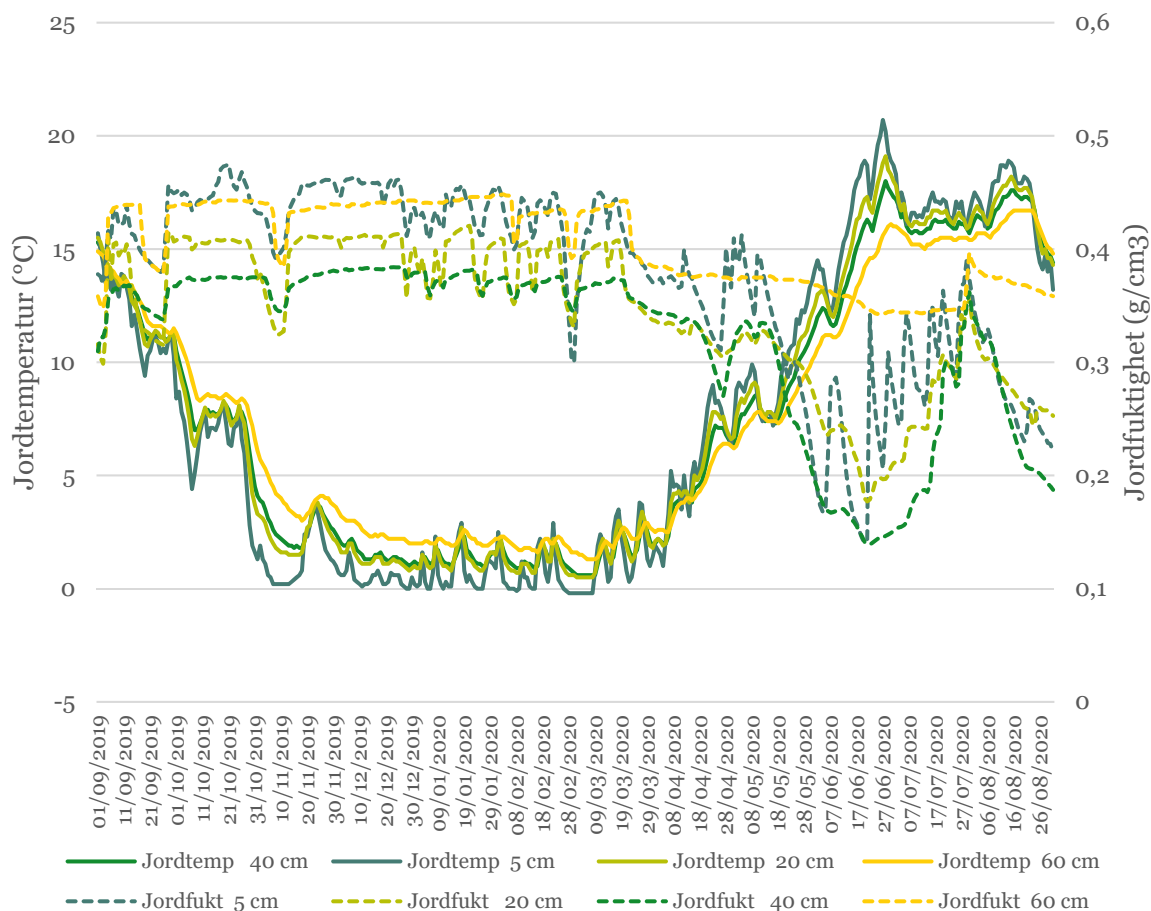


Figur 5.7. Gjennomsnittlige månedlig overflate- og grøfteavrenning (mm) i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2019 og grøfteavrenning (mm) i forsøksperioden 1.9.2019 til 1.9.2020.

Mesteparten av avrenningen ble generert fra oktober 2019 til mars 2020. Det var lite avrenning i september 2019, samt fra april til august (~2 mm). Det var særlig lite nedbør i april og mai, henholdsvis 27 og 28 mm. Til tross for noe mer nedbør i juni (73 mm) og juli (108 mm) ble det ikke generert særlig grøfteavrenning (figur 5.8). Den lave grøfteavrenningen fra mars og ut forsøksåret kan skyldes lav jordfuktighet som følge av lite nedbør og senere høye luft- og jordtemperaturer (figur 5.9). Da nedbøren kom i juni og juli, tok jorda opp det meste av vannet som igjen førte til lite grøfteavrenning (figur 5.8).

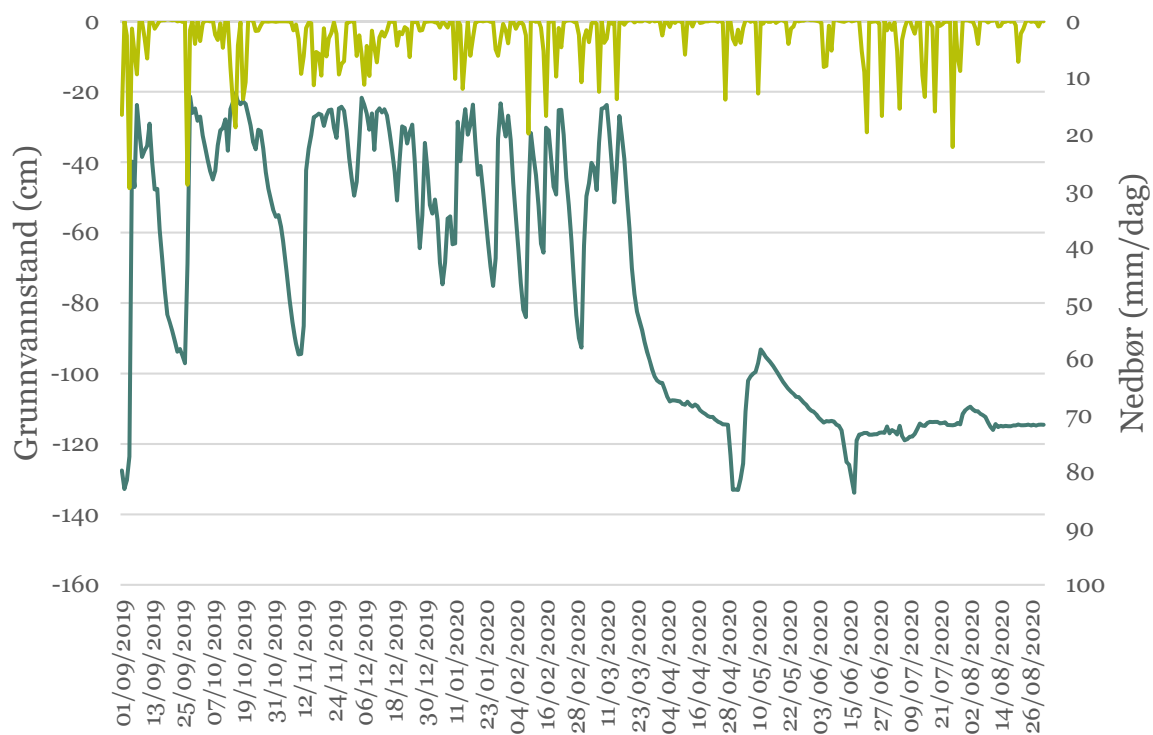


Figur 5.8. Gjennomsnittlig grøfteavrenning (mm) fra alle rutene i forsøksperioden 1.9.2019 til 1.9.2020.



Figur 5.9 Jordtemperatur og vanninnhold målet i jordprofil 1, i forsøksperioden 2019-2020.

Figur 9 viser at det var lite frost i jorda vinteren 2019-2020, kun i perioden fra 28. februar til 8. mars var det temperaturer under null. Figur 5.10 viser grunnvannstand målt i det siste forsøksåret. Man kan se at grunnvannstanden varierte mellom ca. 20 cm til 1,3 m fra september 2019 til slutten av august 2020. Fra 2. september 2019 til 7. september 2019 steg grunnvannstand fra 130 cm til 20 cm som følge av nedbør. Det kom henholdsvis 17 mm og 30 mm nedbør den 1. og 4. september 2019. Grunnvannstanden ble redusert kort tid etter og frem til neste nedbørsepisode den 27. september (29 mm). Grunnvannstanden var lav fra mars 2020 og resten av forsøksåret.



Figur 5.10. Grunnvannstand og nedbør i forsøksperioden 1.9.2019 til 1.9.2020.

6 Partikler og næringsstoffer

6.1 Konsentrasjoner

I perioden fra 1. september 2019 til 1. september 2020 var det store problemer med måling av overflateavrenningen, både når det gjelder konsentrasjoner og vannføring (se avsnitt 2.4).

Overflateavrenning er derfor ikke rapportert.

6.1.1 Suspendert stoff

Konsentrasjonen av suspendert stoff i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 16 mg/L fra en høstkornrute i september til 370 mg/L fra to høstpløyde ruter i februar (tabell 6.1). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i februar (6. februar-21. februar) og dessuten var det høye konsentrasjoner i blandprøver fra perioden 16. september-24. oktober og i blandprøver tatt ut på sommeren fra 12. juni til 4. august. Rutene med høstkorn representerer både høyeste (rute 4 og 7) og laveste (rute 2) gjennomsnittskonsentrasjoner.

Tabell 6.1. Konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2019 til 1. september 2020.

Prøveperiode	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 2	Rute 4	Rute 7
	mg suspendert stoff/L grøfteavrenning								
16.09.2019 12:30	130	53	30	66	78	54	16	22	130
24.10.2019 18:00	110	150	110	74	130	94	77	160	190
22.11.2019 11:00	38	65	34	72	26	68	64	89	180
11.12.2019 17:00	83	150	77	84	73	110	65	130	99
30.12.2019 13:00	25	22	23	66	39	38	88	47	79
06.02.2020 17:00	33	34	21	28	110	94	63	130	84
21.02.2020 12:00	370	250	370	160	120	150	69	310	150
18.03.2020 13:00	58	43	44	110	72	99	100	160	190
27.04.2020 17:00	19	41	48	49	.	35	78	170	.
12.06.2020 12:00	28	33	54	37	150	73	52	110	200
04.08.2020 20:30	160	270	21	120	180	130	88	91	.
12.10.2020 16:00	49	60	42	56	79	56	51	73	50
Gjennomsnitt 2019/2020	92	98	73	77	96	83	68	124	135

6.1.2 Fosfor

6.1.2.1 Totalfosfor

Konsentrasjonen av total fosfor i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,09 mg/L fra en vårpløyd rute i november til 1,3 mg/L fra en høstpløyd rute i februar (tabell 6.2). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene, som for suspendert stoff målt i februar (6. februar-21. februar) og dessuten var det høye konsentrasjoner i blandprøver fra perioden 16. september-24. oktober. Rutene med høstkorn representerer både høyeste (rute 7) og laveste (rute 2) gjennomsnittskonsentrasjoner.

Tabell 6.2. Konsentrasjoner av totalfosfor i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2019 til 1. september 2020.

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 2	Rute 4	Rute 7
mg total fosfor/L grøfteavrenning									
16.09.2019 12:30	0.47	0.19	0.4	0.39	0.36	0.22	0.16	0.35	0.42
24.10.2019 18:00	0.7	0.89	0.92	1.2	0.71	0.73	0.7	0.86	1.1
22.11.2019 11:00	0.11	0.097	0.3	0.39	0.11	0.091	0.24	0.17	0.21
11.12.2019 17:00	0.25	0.27	0.21	0.29	0.15	0.23	0.18	0.22	0.24
30.12.2019 13:00	0.33	0.48	0.48	0.59	0.32	0.5	0.49	0.32	0.55
06.02.2020 17:00	0.4	0.58	0.54	0.64	0.54	0.61	0.49	0.57	0.79
21.02.2020 12:00	1.2	1	1.3	0.98	0.83	0.81	0.8	1.1	1.1
18.03.2020 13:00	0.48	0.53	0.55	0.72	0.52	0.63	0.54	0.64	1
27.04.2020 17:00	0.12	0.21	0.21	0.26	.	0.21	0.26	0.41	.
12.06.2020 12:00	0.098	0.12	0.33	0.12	0.35	0.24	0.31	0.43	0.57
04.08.2020 20:30	0.62	0.88	0.37	0.66	0.7	0.6	0.48	0.63	.
12.10.2020 16:00	0.46	0.49	0.38	0.57	0.61	0.42	0.46	0.44	0.43
Gjennomsnitt 2019/2020	0.44	0.48	0.50	0.57	0.47	0.44	0.43	0.51	0.64

6.1.2.2 Løst fosfat

Konsentrasjonen av løst fosfat i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,034 mg/L fra en høstpløyd rute i juni til 0,44 mg/L fra en høstpløyd rute i desember (tabell 6.3). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i en blandprøve fra desember (11.-30. desember) og dessuten var det høye konsentrasjoner i blandprøver fra sensommeren. De vårpløydte rutene representerer både høyeste (rute 1) og laveste (rute 9) gjennomsnittskonsentrasjoner av løst fosfat. Det tilsvarer rutene med høyeste og laveste fosforstatus i jorda (Bechmann m.fl. 2017).

Tabell 6.3. Konsentrasjoner av løst fosfat i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2019 til 1. september 2020.

Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 2	Rute 4	Rute 7
mg løst fosfat/L grøfteavrenning									
16.09.2019 12:30	0.2	0.096	0.095	0.2	0.11	0.045	0.097	0.13	0.15
24.10.2019 18:00	0.13	0.16	0.15	0.43	0.16	0.08	0.14	0.12	0.16
22.11.2019 11:00	0.11	0.11	0.12	0.19	0.096	0.07	0.06	0.069	0.1
11.12.2019 17:00	0.1	0.12	0.14	0.15	0.092	0.072	0.058	0.093	0.11
30.12.2019 13:00	0.26	0.34	0.36	0.41	0.26	0.38	0.35	0.2	0.44
06.02.2020 17:00	0.092	0.11	0.12	0.22	0.12	0.082	0.11	0.096	0.14
21.02.2020 12:00	0.12	0.14	0.16	0.18	0.13	0.096	0.13	0.12	0.13
18.03.2020 13:00	0.1	0.11	0.12	0.2	0.1	0.081	0.11	0.093	0.14
27.04.2020 17:00	0.065	0.12	0.11	0.14	.	0.12	0.12	0.14	.
12.06.2020 12:00	0.034	0.05	0.15	0.042	0.1	0.08	0.15	0.21	0.078
04.08.2020 20:30	0.22	0.28	0.18	0.34	0.2	0.13	0.24	0.3	.
12.10.2020 16:00	0.26	0.24	0.19	0.33	0.28	0.12	0.27	0.25	0.24
Gjennomsnitt 2019/2020	0.14	0.16	0.16	0.24	0.15	0.11	0.15	0.15	0.17

6.1.3 Nitrogen

Konsentrasjonen av total nitrogen i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,8 mg/L i avrenning fra en vårpløyd rute i november til 17 mg/L i avrenning fra den blandprøven som dekker sommeren (14. juni – 16. september 2019) med høstkorn (vårpløying etterfølger høstkorn i vekstskiftet) (tabell 6.4). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i den blandprøven som dekker perioden fra 14. juni til 16. september 2019 og dessuten var det høye konsentrasjoner i blandprøver fra sensommeren 2020. Rutene med høstkorn har de høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene.

Tabell 6.4. Konsentrasjoner av totalnitrogen i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle rutforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2019 til 1. september 2020.

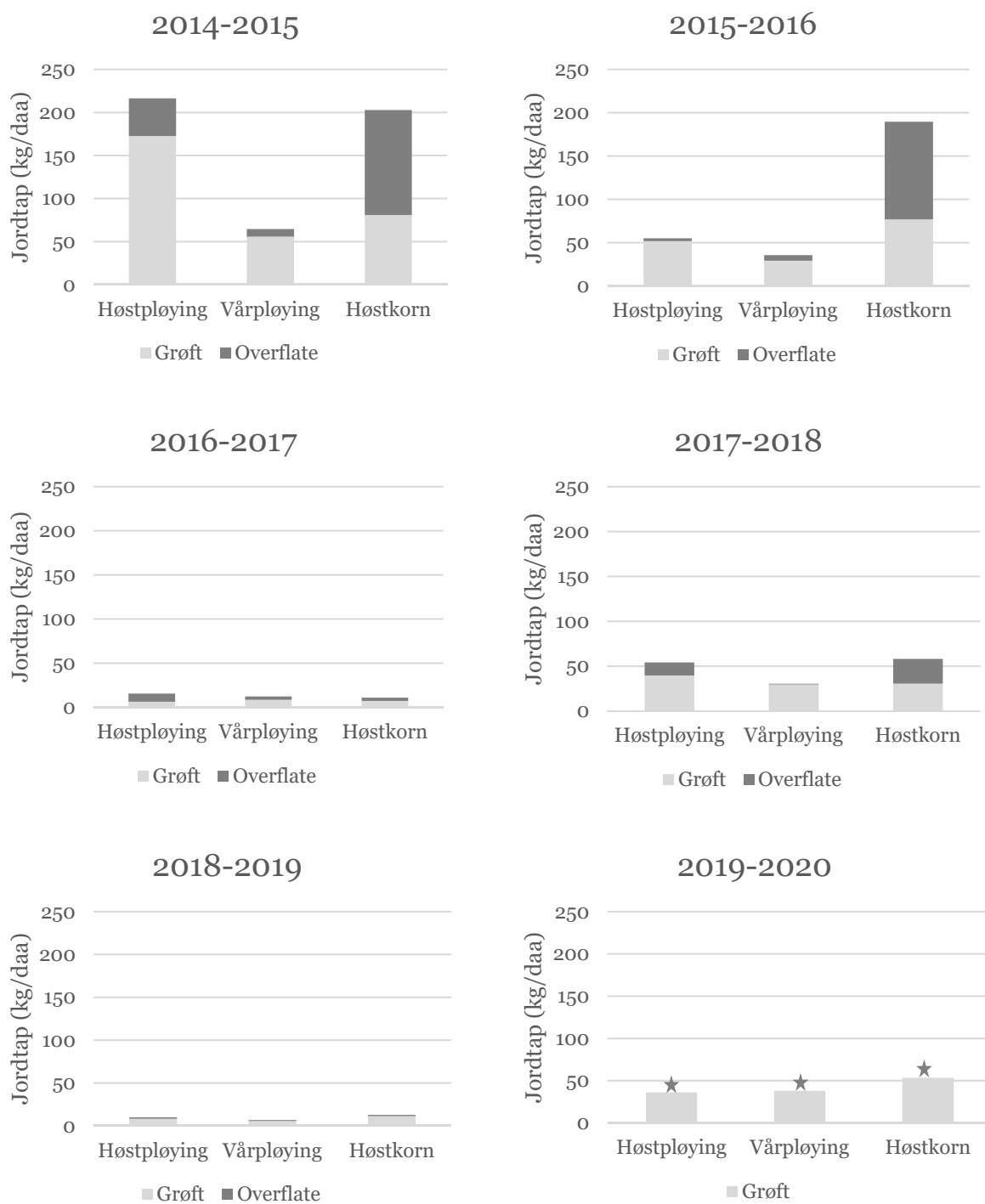
Prøveperiode	Høstpløyd			Vårpløyd			Høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 2	Rute 4	Rute 7
	mg totalnitrogen/L grøfteavrenning								
16.09.2019 12:30	5.9	9.6	9.1	3.7	17	5.8	8.9	13	8.5
24.10.2019 18:00	4.1	3.3	5.4	4.9	5.9	3.8	5.1	5.7	5.8
22.11.2019 11:00	4.3	4.8	3.6	2.8	3.7	0.8	6.9	4.8	9.4
11.12.2019 17:00	2.7	2.4	3.5	3	1.9	1.6	3.5	4	4.1
30.12.2019 13:00	3.6	2.8	3.3	4.8	2.7	1.7	3.7	7.5	8
06.02.2020 17:00	5.2	4.5	4.9	5.3	3.7	3	5.6	8.8	8.8
21.02.2020 12:00	4.8	4.6	5.6	3.9	3.3	2.6	4.6	5.1	4.9
18.03.2020 13:00	5	4.6	5	4.7	3.3	2.6	5.9	6.6	7
27.04.2020 17:00	5	3.4	2.7	6.9	3.7	2.1	8.6	9.5	.
12.06.2020 12:00	2	1.3	2.1	2.9	.	4.7	8.6	7.8	3.1
04.08.2020 20:30	8.3	8.9	5.7	9.5	9.1	6.8	11	12	.
12.10.2020 16:00	6.4	8.2	14	6.2	5.8	6.3	7.3	6.8	8
Gjennomsnitt 2019/2020	4.8	4.9	5.4	4.9	5.5	3.5	6.6	7.6	6.8

6.2 Jord- og næringsstofftap

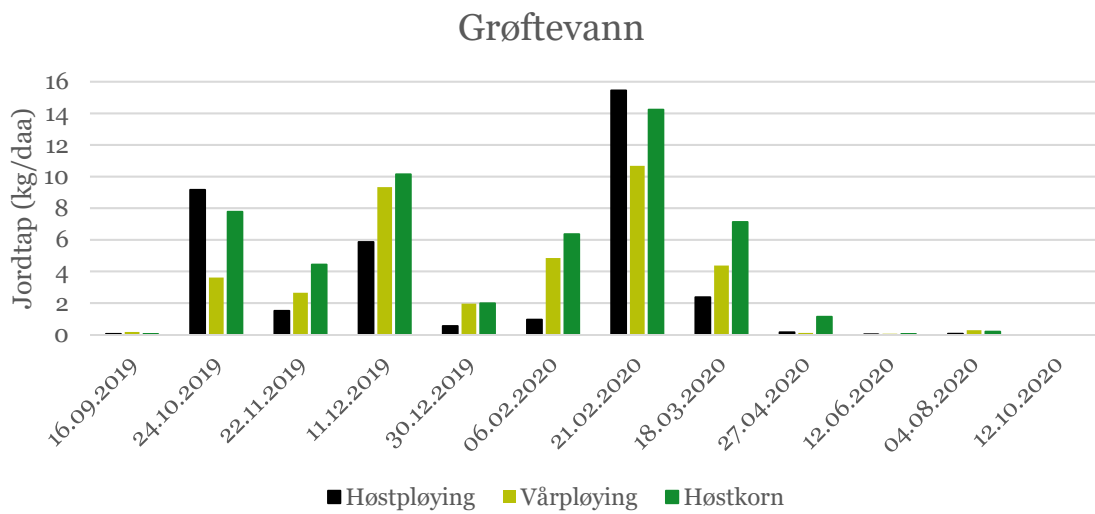
Tap av partikler og næringsstoffer er beregnet som summen av vannføring (L/blandprøveperiode) multiplisert med konsentrasjonen (mg/L) i hver blandprøveperiode. Tallene for hele år gjelder for perioden 1. september 2019 til 1. september 2020.

6.2.1 Jordtap

Jordtapene gjennom drengrofter i 2019-2020 var i gjennomsnitt 53 kg/daa for høstkornrutene, 36 kg/daa for høstpløydde ruter og 36 kg/daa for vårpløydde ruter (figur 6.1). De største jordtapene skjedde i de tre blandprøveperiodene 16. september-24. oktober, 22. november -11. desember og 6.-21. februar (figur 6.2). I september-oktober 2019 var det størst jordtap fra rutene som var pløyd, med eller uten såing av høstkorn.



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



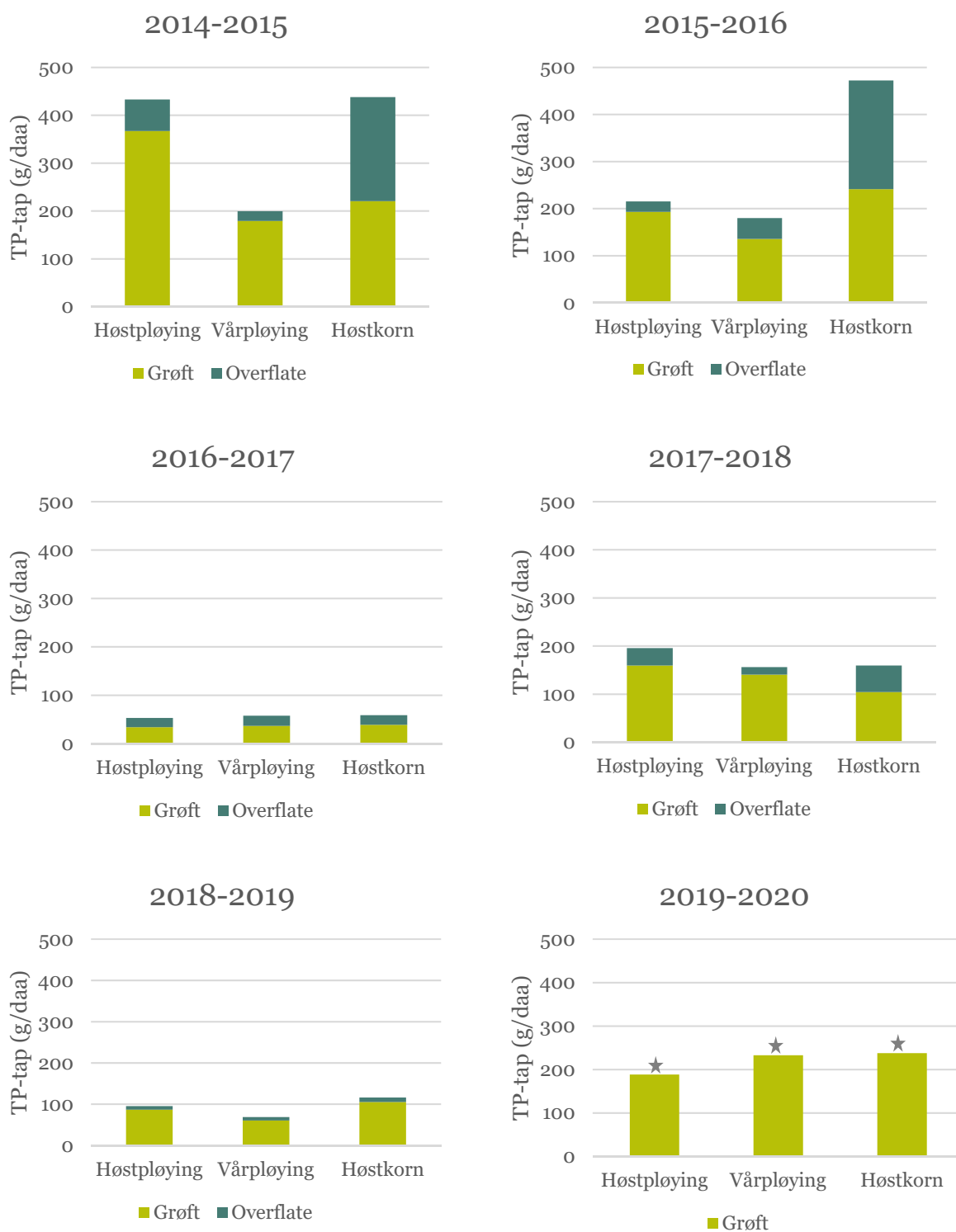
Figur 6.2 Tap av jord (kg/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.



Bilde 1: Kjelle ruteforsøk 15. mars 2020 (foto: M. Bechmann).

6.2.2 Fosfortap

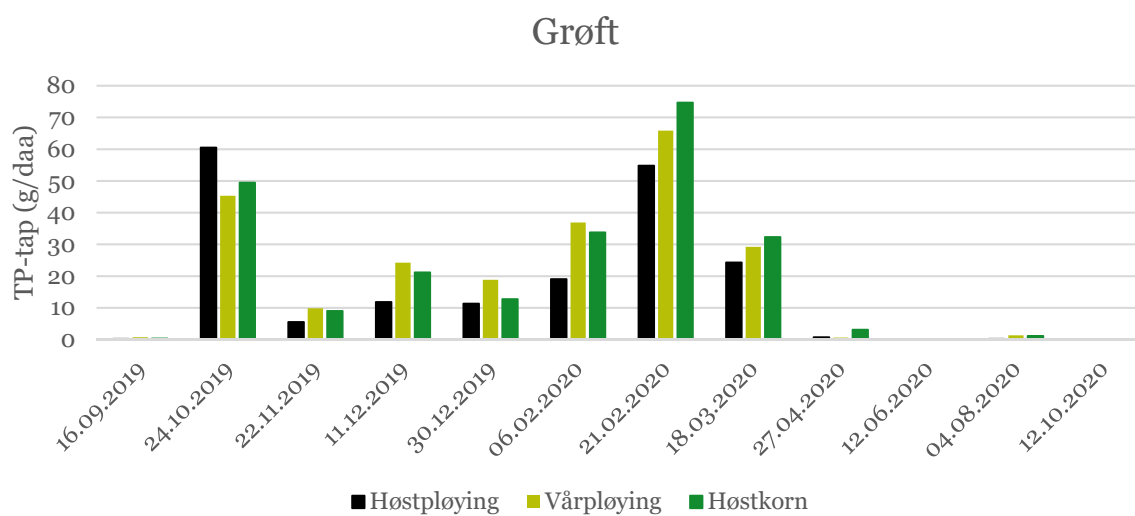
Fosfortapene gjennom drensgrøfter i 2019-2020 var i gjennomsnitt 236 g/daa for høstkornrutene, 188 g/daa for høstpløyde ruter og 232 g/daa for vårpløyde ruter (figur 6.3). Tapene av løst fosfat gjennom drensgrøfter i 2019-2020 var i gjennomsnitt 51 g/daa for høstkornrutene, 45 g/daa for høstpløyde ruter og 71 g/daa for vårpløyde ruter (figur 6.4). De største fosfortapene skjedde i de to blandprøveperiodene 16. september-24. oktober og 6.-21. februar (figur 6.5).



Figur 6.3 Gjennomsnitt av årlige totalfosfortap (TP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, seks forsøksår. ★ overflatetap mangler.



Figur 6.4 Gjennomsnitt av årlige tap av løst fosfat (DRP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, alle forsøksår. ★ overflatevann mangler.



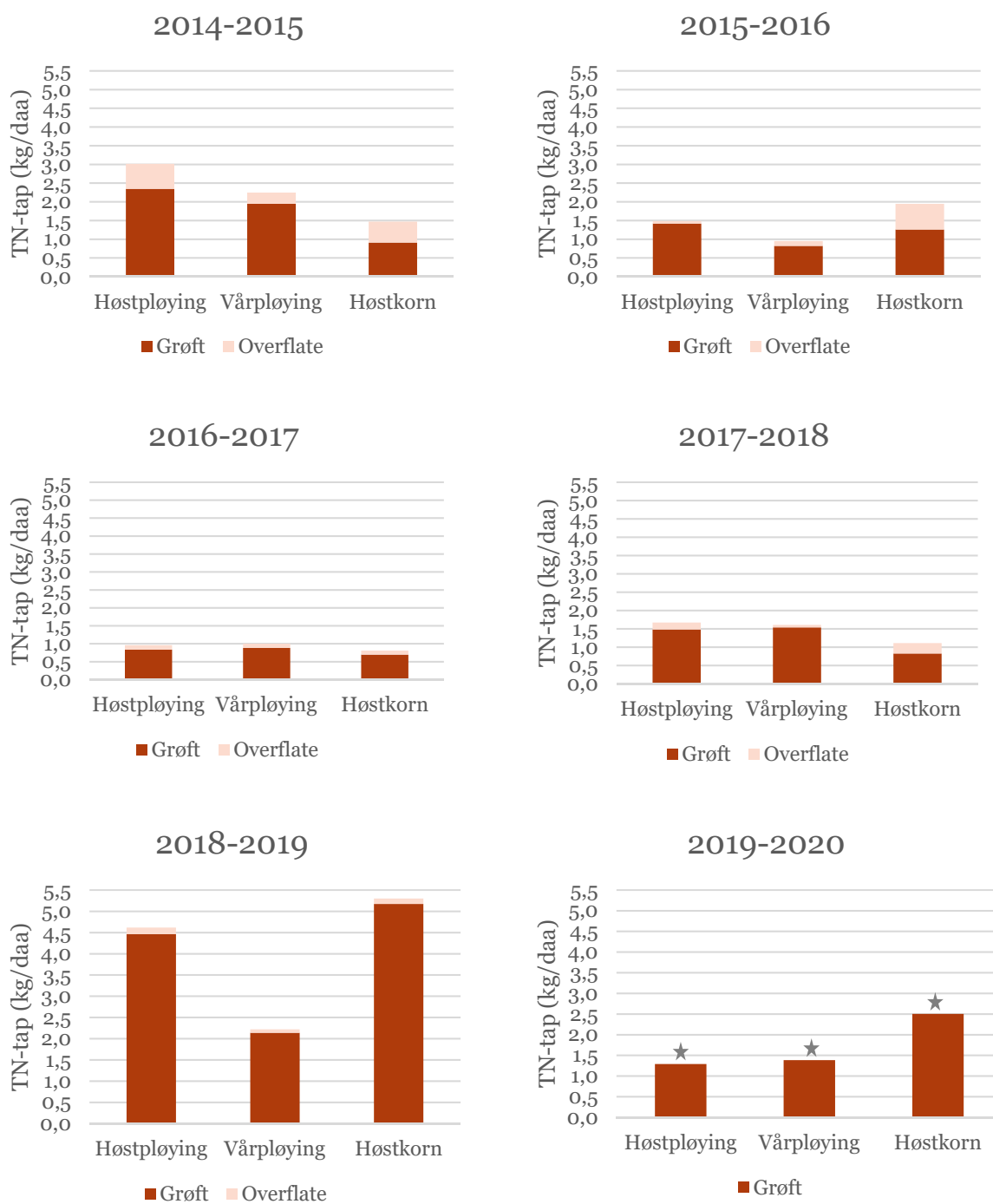
Figur 6.5 Gjennomsnittlig fosfortap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

6.2.3 Nitrogentap

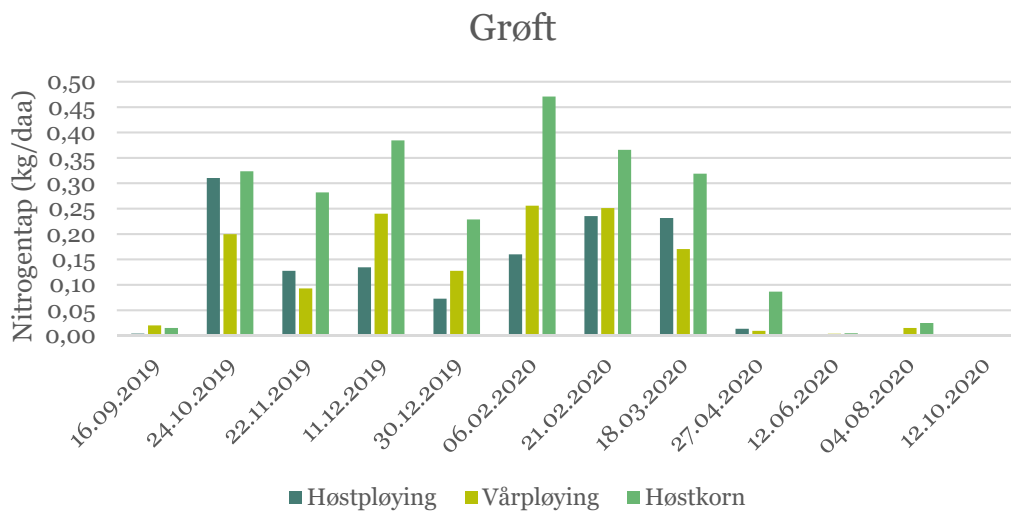
Nitrogentapene gjennom drensgrøfter i 2019-2020 var i gjennomsnitt 2,5 kg/daa for høstkornrutene, 1,3 kg/daa for høstpløyde ruter og 1,4 kg/daa for vårpløyde ruter (figur 6.6). Høstpløyde ruter hadde de største nitrogentap i perioden etter høstpløying (høstpløying 7. oktober 2019). Høstkornruter hadde i gjennomsnitt høye nitrogentap fra 16. september til 18. mars 2020. Høstkornruter ble pløyd 20. september og sådd 24. september (tabell 3.1).



Bilde 2: Høstkornrute 15. mars 2020 (foto: M. Bechmann).



Figur 6.6 Gjennomsnitt av årlige tap av totalnitrogen (TN-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, alle forsøksår (september-september). ★ overflatevann mangler.



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

6.3 Statistisk analyse av jord- og næringsstofftap 2014-2019

En statistisk analyse av resultatene for overflate- og grøfteavrenning fra de første fem forsøksårene (2014-2019) viste følgende signifikante forskjeller mellom høstpløying, vårpløying og høstkorn (tabell 6.5; Bechmann og Bøe, 2021):

- Avrenning av overflatevann var større for høstkornruter enn for høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Avrenning av grøftevann var større for høstpløyde ruter enn for ruter med høstkorn.
- Jordtap i overflateavrenning fra høstkorn var større enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Jordtap i grøfteavrenning fra vårpløyde ruter var lavere enn fra ruter med høstpløying og høstkorn.
- Fosfortap i overflateavrenning fra høstkornruter var større enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Fosfortap i grøfteavrenning fra vårpløyde ruter var lavere enn fra høstpløyde ruter.
- Tap av løst fosfat i overflateavrenning var større fra høstkornruter enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Tap av løst fosfat i grøfteavrenning viste ingen forskjell mellom behandlinger.
- Nitrogentapet i overflateavrenning var større fra høstkornruter enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Nitrogentapet i grøfteavrenning var større fra høstpløyde ruter enn fra ruter med høstkorn og vårpløyde ruter.

Tabell 6.5. Gjennomsnittlig årlig avrenning (mm) og tap jord (kg/daa), totalfosfor (g/daa), løst fosfat (g/daa) og totalnitrogen (kg/daa) gjennom overflate- (o) og grøfteavrenning (g) for ruter (n=3) med høstpløying (Hpl.), høstkorn (Hk.) og vårpløying (Vpl.).

År	Behandling	Overflateavrenning (mm)	Grøfteavrenning (mm)	Jordtap (kg daa ⁻¹)		Totalfosfortap (g daa ⁻¹)		Løst fosfat-tap (g daa ⁻¹)		Totalnitrogentap (kg daa ⁻¹)	
				o	g	o	g	o	g	o	g
2014/2015	Hpl.	108 ^a	651 ^a	43,7 ^{ab}	172,6 ^b	66,1 ^{ab}	367,0 ^{b*}	12,6 ^a	80,0 ^a	0,67 ^a	2,34 ^b
	Hk.	407 ^b	454 ^a	122,0 ^b	80,8 ^b	217,4 ^b	220,5 ^{ab*}	48,8 ^b	53,3 ^a	0,56 ^a	0,91 ^a
	Vpl.	55 ^a	565 ^a	8,8 ^a	55,7 ^a	20,4 ^a	179,0 ^{a*}	8,1 ^a	56,4 ^a	0,30 ^a	1,95 ^{ab}
2015/2016	Hpl.	41 ^a	474 ^a	3,2 ^a	51,7 ^b	22,1 ^a	193,2 ^{b*}	16,0 ^a	62,9 ^a	0,07 ^a	1,42 ^a
	Hk.	231 ^b	405 ^a	112,8 ^b	76,8 ^b	231,1 ^b	241,2 ^{ab*}	42,2 ^b	62,6 ^a	0,69 ^b	1,26 ^a
	Vpl.	99 ^{ab}	361 ^a	6,4 ^a	29,0 ^a	44,3 ^a	135,5 ^{a*}	26,5 ^{ab}	44,7 ^a	0,13 ^{ab}	0,82 ^a
2016/2017	Hpl.	59 ^a	161 ^a	9,2 ^a	6,2 ^b	19,2 ^a	33,8 ^{b*}	5,4 ^a	9,9 ^a	0,12 ^a	0,84 ^a
	Hk.	67 ^a	146 ^a	3,7 ^a	7,1 ^b	20,1 ^a	38,6 ^{ab*}	9,3 ^a	14,7 ^a	0,11 ^a	0,70 ^a
	Vpl.	89 ^a	133 ^a	3,9 ^a	8,4 ^a	21,0 ^a	36,6 ^{a*}	9,6 ^a	11,5 ^a	0,12 ^a	0,88 ^a
2017/2018	Hpl.	93 ^a	453 ^a	11,6 ^a	39,5 ^b	36,1 ^a	159,5 ^{b*}	13,7 ^a	58,8 ^a	0,19 ^{ab}	1,48 ^a
	Hk.	138 ^a	277 ^a	27,6 ^b	30,4 ^b	55,3 ^b	104,2 ^{ab*}	22,4 ^a	38,4 ^a	0,28 ^b	0,83 ^a
	Vpl.	31 ^a	438 ^a	0,7 ^a	29,4 ^a	15,7 ^a	140,4 ^{a*}	12,9 ^a	59,6 ^a	0,07 ^a	1,54 ^a
2018/2019	Hpl.	26 ^a	312 ^a	1,6 ^a	8,2 ^b	8,8 ^a	86,7 ^{b*}	4,1 ^a	38,3 ^a	0,16 ^a	4,46 ^b
	Hk.	27 ^a	350 ^a	1,2 ^a	11,3 ^b	10,9 ^a	105,4 ^{ab*}	5,8 ^a	35,9 ^a	0,13 ^a	5,17 ^b
	Vpl.	27 ^a	254 ^a	1,0 ^a	5,6 ^a	8,4 ^a	60,3 ^{a*}	4,9 ^a	27,1 ^a	0,08 ^a	2,14 ^a
Alle år 2014-2019	Hpl.	61 ^a	410 ^b	11,7 ^a	55,7 ^b	26,8 ^a	168,0 ^{b*}	10,0 ^a	50,0 ^a	0,20 ^a	2,11 ^b
	Hk.	151 ^b	323 ^a	43,6 ^b	41,2 ^b	88,7 ^b	140,8 ^{ab*}	22,5 ^b	40,1 ^a	0,31 ^b	1,77 ^a
	Vpl.	55 ^a	350 ^{ab}	3,9 ^a	25,6 ^a	19,4 ^a	110,3 ^{a*}	10,7 ^a	39,8 ^a	0,14 ^a	1,46 ^a

De forskjellige bokstaver i kolonnene viser til signifikante forskjeller på 5 % nivå (LSD). *Signifikans nivå: $p \leq 0,1$

Avrenning gjennom drengrøftene i 2019/2020 avviker fra tidligere resultater ved at avrenningen fra høstpløyde ruter var lavere enn for de øvrige behandlinger, mens det er signifikant mer grøfteavrenning fra høstpløyde ruter enn fra høstkornruter i perioden 2014-2019.

Jordtap gjennom drengrøftene i 2019/2020 viser som tidligere i forsøksperioden at det er lavt for vårpløyde ruter. Fosfortapet var også lavt for vårpløyde ruter tidligere i forsøksperioden, mens det er målt lave fosfortap fra høstpløyde ruter i 2019/2020. Tap av løst fosfat viste ingen forskjell mellom behandlinger i tidligere analyse. Tap av nitrogen var i 2019/2020 størst på ruter med høstkorn, mens nitrogentap tidligere var størst på ruter med høstpløying.

7 Plantevernmidler

Det er gjennomført forsøk med glyfosatsprøyting i ruteforsøket på Kjelle vgs i perioden 2014-2018 og resultater fra analyser av glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA i overflateavrenning og grøfteavrenning er gjengitt i tidligere rapporter (Bechmann mfl 2015, 2017, 2019; Kværnø mfl 2017). I 2019 startet et nytt forsøk for å undersøke overflate- og dremsavrenning av plantevernmidler ved gjennomføring av et mer komplett sprøyteregime i de anlagte feltene med vår- og høstkorn. De nystartede forsøkene vil på sikt gi et bedre og bredere grunnlag for anbefalinger knyttet til jordarbeiding og bruk av plantevernmidler i kornproduksjon.

I samarbeid med Norsk landbruksrådgiving ble det våren 2019 satt opp en sprøyteplan med ugras- og soppmiddel tilpasset henholdsvis høstvetete, bygg og havre (jf. pkt. 3.3). Rutene ble i 2019/2020 sprøytet etter følgende sprøyteplan:

- Høstvetete (HPHK): ugrasssprøyting med Boxer etter såing høsten 2019, ugrasssprøyting med Pixxaro EC våren 2020, soppsprøyting med det nye midlet Elatus Era og Aviator XPro EC 250 om sommeren 2020.
- Bygg (VPVK): ugrasssprøyting med Ariane S om våren og soppsprøyting med Delaro Plus Pack (Delaro SC 325 og Propulse) om sommeren 2020.
- Havre (HPVK): ugrasssprøyting med Ariane S om våren og soppsprøyting med Proline om sommeren 2020.

Det er tatt ut vannprøver for analyse av overflate- og dremsavrenning fra rutene gjennom sprøyte- og avrenningsperioden, med prøveuttak i juni, september, oktober, november og desember i 2019 og i februar, mars, april, august og oktober 2020. Analyse av plantevernmidler er gjennomført ved NIBIO avdeling Pesticider og naturstoffkjemi med bruk av væskechromatografi koblet til massespektrometri (LC-MSMS). Bestemmelsesgrense (LOQ; limit of quantification) i vann er noe ulik for de undersøkte stoffene, men alle LOQ ligger mellom 0,02 og 0,05 µg/L.

Som nevnt i avsnitt 6.1 var det store problemer med overflateavrenningen fra ruteforsøket i perioden fra 1. september 2019 til 1. september 2020, både når det gjelder næringsstoffkonsentrasjoner og vannføring. Overflateavrenning er derfor ikke rapportert. I det følgende rapporterer vi funnkonsentrasjoner av plantevernmidler både for grøftevann og overflateavrenning med fokus på å illustrere spennet i konsentrasjoner som er påvist. Det gjøres ingen nærmere analyse av jordarbeidingseffekter da vi foreløpig har for lite data til dette.

Tabell 7.1 gir en oppsummering av kjente data om plantevernmidlenes nedbrytning i jord, mobilitet i jord/binding til jordpartikler og giftighet (toksistet) i vannmiljø. De målte konsentrasjonsnivåene i avrenningen fra ruteforsøket tolkes ved sammenlikning mot disse dataene for å vurdere behov for videre oppfølging.

Tabell 7.1. Skjebne og effekter av de studerte virksomme stoff av plantevernmidler

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Skjebne og effekter i miljøet			
	Skjebne i jordmiljø		Toksisitet i vannmiljø	
	Nedbrytning * (gj. snitt DT50 i felt, dager)	Mobilitet * (binding i jord; Kf, L/kg)	Kroniske effekter; (MF, µg/L)	Akutte effekter; (AMF, µg/L)
MCPA (U)	25	0,9	1,4	15,2
Klopyralid (U)	8	0,07	71	540
Fluroksypyr (U)	3	1,2	123	1230
Halauksifen-metyl (U)	43	18	1,5 [§]	85,5 [§]
Prosulfokarb (U)	10	23	0,5	4,9
Protiokonazol-destio (metabolitt; S)	25	9,8	0,03	3,9
Benzovindiflupyr (S)	122	62	0,10 [§]	0,35 [§]
Biksafen (S)	254	62,5	0,05	6,0
Fluopyram (S)	119	4,4	13,5 [§]	98 [§]
Trifloklostrobin (S)	2	44	0,2	0,5

U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. DT50: halveringstid i jord. Kf: Freundlich sorpsjonskoeffisient. MF: antatt konsentrasjonsgrense for kroniske effekter. AMF: antatt konsentrasjonsgrense for akutte effekter. *Data er hentet fra Lewis et al 2016. ** Data er hentet fra nibio.no/jova. [§]Estimert verdi basert på data fra Lewis et al 2016..

7.1 Konsentrasjoner

Plantevernmiddel konsentrasjoner målt i grøftevannsprøver gjennom perioden juni 2019 til oktober 2020 er vist i tabell 7.2 og 7.3 under. Tabell 7.2 tar for seg perioden som er inkludert i denne rapporteringsperioden, mens tabell 7.3 viser funnkonsentrasjoner i vannprøve tatt ut 14. juni 2019. Henvisningene til jordarbeidingspraksis i tabellene gjelder for perioden 2019/20, mens plantevernmiddelfunnene er et resultat av sprøyting både i 2019 (dvs. rapporteringsperiode 2018/19) og i 2020 (dvs. rapporteringsperiode 2019/20).

For ugrasmiddel er det spesielt MCPA, del av Ariane S som benyttes i vårkorn, og prosulfokarb, i Boxer som benyttes om høsten etter såing av høstkorn som opptrer i konsentrasjonsnivåer, som er nær eller over konsentrasjonsnivåer hvor man ikke kan se bort fra effekter i vannmiljø dersom eksponeringen er langvarig og konsentrasjonen holder seg på dette nivået over en lenger periode. Vi måler her konsentrasjonen i kanten av en forsøksrute og det er forventet av konsentrasjonsnivået i resipienten (her: nærliggende bekk) vil være fortennet sett i forhold til disse konsentrasjonene. Målte konsentrasjoner av MCPA i juni 2019, dvs kort tid etter sprøyting i vårkorn, er spesielt høye sett i forhold til vår kunnskap om toksisitet i vannmiljø (tabell 7.1).

Analyse etter rester av soppmiddel i disse grøftevannsprøgene (tabell 7.2) viser at metabolitten til protiokonazol (protiokonazol-destio), benzovindiflupyr og biksafen er de stoffene som påvises i konsentrasjonsnivåer nær og over antatte grenseverdier for mulige effekter i vannmiljø. Protiokonazol inngår i alle soppmidlene som benyttes i forsøkene (tabell 3.3), enten alene eller i blanding med andre, mens biksafen og benzovindiflupyr inngår i blandingspreparater med protiokonazol.

Tabell 7.2. Konsentrasjoner av plantevernmidler i grøfteavrenning fra Kjelle ruteforsøk for perioden 1 september 2019 til 1 september 2020. (Dette inkluderer vannprøver med uttaksdato fra 16.09.2019 til 12.10.2020.)

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Rute 3, 6, 8			Rute 1, 5, 9			Rute 2, 4, 7		
	Høstpløyd/vårkorn 2019/2020			Vårpløyd/vårkorn 2019/2020			Høstpløyd/høstkorn 2019/2020		
	Gj. snitt* (+/- SD) [$\mu\text{g/L}$]	Maks. kons [$\mu\text{g/L}$]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [$\mu\text{g/L}$]	Maks. kons [$\mu\text{g/L}$]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [$\mu\text{g/L}$]	Maks. kons [$\mu\text{g/L}$]	Antall funn >LOQ
MCPA (U)	0,56 ± 0,44	0,96	6	0,46 ± 0,43	0,95	7	0,36 ± 0,41	0,95	10
Klopyralid (U)	0,42 ± 0,67	2,57	16	0,44 ± 0,36	0,99	11	0,34 ± 0,38	0,98	13
Fluroksypyr (U)	0,36 ± 0,81	4,06	26	0,23 ± 0,31	1,02	45	0,20 ± 0,28	1,01	35
Halauksifen-metyl (U)	0,71 ± 0,05	0,77	3	0,70 ± 0,07	0,74	3	0,70 ± 0,03	0,72	3
Prosulfokarb (U)	0,18 ± 0,26	0,93	22	1,44 ± 3,45	12,7	24	1,92 ± 3,78	15,9	42
Protiokonazol-destio (metabolitt, S)	0,30 ± 0,38	0,95	11	0,45 ± 0,58	1,68	18	0,30 ± 0,40	0,98	11
Benzovindiflupyr (S)	0,37 ± 0,06	0,45	3	0,29 ± 0,2	0,46	4	0,30 ± 0,06	0,35	3
Biksafen (S)	0,34 ± 0,06	0,40	3	0,07 ± 0,11	0,45	27	0,18 ± 0,14	0,32	5
Fluopyram (S)	0,11 ± 0,15	0,75	46	0,20 ± 0,22	1,18	50	0,14 ± 0,19	0,65	28
Trifloksystrobin (S)	0,03 ± 0,00	0,03	3	0,03 ± 0,00	0,03	3	0,03 ± 0,00	0,03	3

*Gjennomsnittskonsentrasjoner beregnet kun for prøver med funn over bestemmelsesgrensen for analysemetoden (>LOQ).

U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. SD: standardavvik. LOQ: bestemmelsesgrense for plantevernmiddelanalyse.

Tabell 7.3. Konsentrasjoner av plantevernmidler i grøfteavrenning fra Kjelle ruteforsøk for prøvetaking 14. juni 2019. (Dette inkluderer blandprøveperiode med sprøyting av ugrasmidler vår 2019).

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Rute 3, 6, 8			Rute 1, 5, 9			Rute 2, 4, 7		
	Høstpløyd/vårkorn 2019/2020			Vårpløyd/vårkorn 2019/2020			Høstpløyd/høstkorn 2019/2020		
	Gj. snitt* (+/- SD) [$\mu\text{g/L}$]	Maks. kons [$\mu\text{g/L}$]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [$\mu\text{g/L}$]	Maks. kons [$\mu\text{g/L}$]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [$\mu\text{g/L}$]	Maks. kons [$\mu\text{g/L}$]	Antall funn >LOQ
MCPA (U)	10,8 ± 12,1	23,9	3 [§]	9,29 ± 8,00	17,6	3	0,13 ± 0,05	0,16	2
Klopyralid (U)	5,87 ± 8,22	21,0	6	2,45 ± 2,08	4,36	5	0,31 ± 0,35	0,56	2
Fluroksypyr (U)	5,62 ± 7,86	19,7	6	2,72 ± 2,50	5,48	5	1,14 ± 0,71	1,94	3

*Gjennomsnittskonsentrasjoner beregnet kun for prøver med funn over bestemmelsesgrensen for analysemetoden (>LOQ).

U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. [§]Fjernet en svært avvikende verdi før gjennomsnittsberegningen.

De målte konsentrasjonsnivåene og antall funn av plantevernmidler er påvirket av vær- og avrenningsforholdene gjennom året samt av om det har vært forhold for avrenning, og dermed også vannprøvetaking, i perioden etter sprøyting. Prøvetaking 14.06.2019 (tabell 7.3) fanget opp avrenning av sprøyting med ugrasmidlet Ariane S tidlig i juni 2019, mens det etter sprøyting med soppmiddel senere i juni dette året ikke var avrenning fra feltet. Prøvetaking gjennomført 16.09.2019 viste generelt kun lave konsentrasjoner av de mobile ugrasmidlene MCPA, klopyralid og fluroksypyr, mens soppmiddel kun ble påvist i prøver fra et fåtall av forsøksrutene. Etter sprøyting med ugras- og soppmiddel i begynnelsen av juni 2020 og med soppmidler igjen i slutten av denne måneden, var det ikke forhold for uttak av vannprøver fra rutene før i begynnelsen av august. I disse prøvene ble det da påvist kun lave konsentrasjoner av ugrasmidler, mens soppmidlet protikonazol (målt som metabolitten protikonazol-destio) ble påvist i konsentrasjonsnivåer av relevans for vannmiljøet. Etter såing av høstkorn i september 2020 ble det sprøytet med ugrasmidlet Boxer og soppmidlet Delaro SC

325. Dette resulterte i mange funn i relativt høye konsentrasjoner av stoffene prosulfokarb og protiokonazol-destio gjennom nedbørs- og avrenningsepisoder i oktober.

Som nevnt rapporterer vi ikke funnkonsentrasjoner i overflateavrenning i detalj i denne rapporten på grunn av utfordringer med oppsamlingen av denne fraksjonen i 2019/2020. Alle de innsamlede prøvene av overflateavrenning er imidlertid analysert for de aktuelle plantevernmidlene. Generelt kan det nevnes at de målte konsentrasjonsnivåene for ugrasmiddel er høyere i overflateavrenning enn i den rapporterte grøfteavrenningen. Maksimalt målt konsentrasjon av MCPA i overflateavrenning var 23,4 µg/L målt i juni 2019, mens prosulfokarb ble målt i konsentrasjoner mellom 13 og 15 µg/L i oktober 2019. Vi så imidlertid ingen tilsvarende tydelig tendens for målte konsentrasjonsnivåer av soppmidler.

Arbeidet med sprøyting av feltene og prøvetaking for analyser av plantevernmidler i overflate- og drensavrenning vil fortsette sesongen 2020/2021

8 Konklusjoner

Rapporteringsåret 2019/2020 har vært et år med høyere gjennomsnittstemperatur og mer nedbør enn de øvrige årene i overvåkingsperioden. På grunn av problemer med forsøksopplegget kan det dessverre kun presenteres resultater for avrenning gjennom drengrøftene. Grøfteavrenningen var på 388 mm i gjennomsnitt for året 1.september 2019 til 1. september 2020.

Målingene fra de fem første forsøksårene (2014-2019) viser at grøfteavrenningen bidrar mest til tap av jord og næringsstoffer. Det var 79 % av avrenningen som gikk gjennom grøftene og det bidro til at 67 % av jordtapet, 76 % av fosfortapet, 75 % av tapet av løst fosfat og 89 % av nitrogentapet skjedde via grøfteavrenning.

Gjennomsnittlig avrenning gjennom drengrøftene i 2019/2020 var 310 mm for høstpløyde ruter, 425 mm for vårpløyde ruter og 435 mm for ruter med høstkorn.

Resultater fra 2019/2020 viser at jordtapet gjennom drengrøftene var 53 kg/daa i gjennomsnitt for ruter med høstkorn, mens det for høstpløyde og vårpløyde ruter var henholdsvis 36 og 38 kg/daa. Fosfortapet var 238 g/daa for ruter med høstkorn og 233 g/daa for ruter som ble vårpløyd. De høstpløyde rutene hadde i gjennomsnitt fosfortap på 188 g/daa gjennom drengrøftene. Tap av løst fosfat var stort på de vårpløyde rutene (71 g/daa), mens det var lavere på høstpløyde (45 g/daa) og høstkornruter (51 g/daa).

Tap av totalnitrogen gjennom drengrøftene var i 2019/2020 størst fra ruter med høstkorn (2,5 kg/daa), mens det var 1,4 kg/daa fra ruter med vårkorn og 1,3 kg/daa fra ruter med høstpløyning.

Analyser av plantevernmidler i overflate- og drengavrenning fra et sprøyteregime med bruk av både ugras- og soppmidler tilpasset henholdsvis høsthvete, bygg og havre startet i 2019 og gjennomføres i 2020 og 2021. De påviste konsentrasjonsnivåene for enkelte av ugras- og soppmidlene er såpass høye at det gir grunnlag for en tett videre oppfølging av målingene. Foreløpig foreliggende resultater er for lite materiale til å kunne konkludere om effekten av jordarbeiding på tap av plantevernmidler i overflateavrenning og grøftevann.

Referanser

- Bechmann, M., og Bøe, F. 2021. Soil tillage and crop growth effects on surface and subsurface runoff, loss of soil, phosphorus and nitrogen in a cold climate. *Land* 10 (Submittet).
- Bechmann, M., Kværnø, S.H. og Eklo, O.M., 2015. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2014-2015 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO-rapport vol. 1 nr. 80, 66 s. ISBN 978-82-17-01544-4; ISSN 2464-1162.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Kværnø, S., Eklo, O.M. og Tveiti, G. 2017. Kjelle avrenningsforsøk – årsrapport 2016-2017 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(148), 47s. ISBN 978-82-17-01985-5.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Eklo, O.M. og Tveiti, G. 2019. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2017-2018 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 5(26).
- Bechmann, M., Bøe, F., Stenrød, M. 2020. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2018-2019 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 6(18). 42 pp.
- Breewisma, A., Reijerink, J.G.A. og Schoumans, O.F. 1995. Impact of manure on accumulation and leaching of phosphate in areas of intensive livestock farming. P. 239-249. In K. Steele (red.) *Animal waste and the land water interface*. Lewis publication-CRC Press, New York.
- Hauken, M., Kværnø, S., Bechmann, M., Tveiti, G. og Eklo, O.M. 2015. Etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk – Ruteforsøk med måling av overflate- og grøfteavrenning. *Bioforsk rapport* 10(33). 50s.
- Kværnø, S.H., Bechmann, M., 2010. Strømningsveier for vann, partikler og næringsstoffer i jord. *VANN* 45(2):177-190.
- Kværnø, S., Bechmann, M., Eklo, O.M., Tveiti, G., Bolli, R. 2017. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2015-2016 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(41) 55s.
- Skøien, S., Børresen, T. og Bechmann, M. 2012. Effects of tillage methods on soil erosion. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and plant Science*. Vol 62, Suppl. 2 191-198.

Etterord

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

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

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

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

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

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