



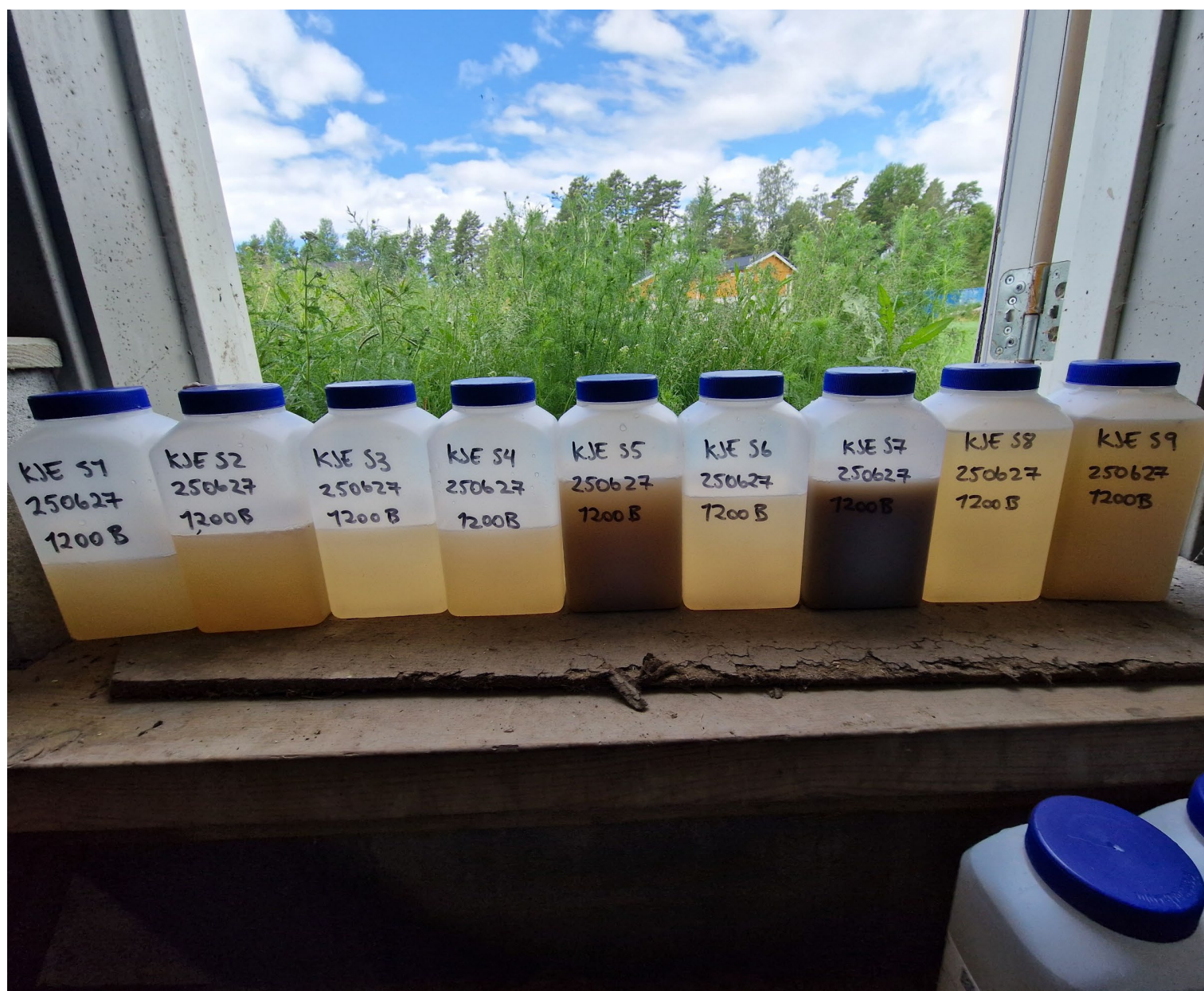
NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Kjelle avrenningsforsøk

Årsrapport 2024-2025 for jordarbeidingsforsøk på lav
erosjonsrisiko

NIBIO RAPPORT | VOL. 12 | NR. 109 | 2026



Rapport

TITTEL:	Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2024–2025 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko		
DATO:	21.08.2026	REVIDERT DATO:	-
TAL SIDER:	56	TAL VEDLEGG:	3

FORFATTAR(AR): Frederik Bøe, Ivo Havranek, Franziska Fischer og Kristian Sandem	
NAMN:	DIVISJON/ STASJON/ANNA:
Frederik Bøe	Divisjon for miljø og naturressurser/Jord og arealbruk
Ivo Havranek Guldberg	Divisjon for Bioteknologi og plantehelse/Pesticider og naturstoffkjemi
Franziska Fischer	Divisjon for miljø og naturressurser/Jord og arealbruk
Kristian Sandem	Divisjon for miljø og naturressurser/Måleteknikk og Miljøovervåking
KONTAKTPERSON NIBIO: Frederik Bøe, frederik.boe@nibio.no	

RAPPORTNUMMER: 12(109) 2026	PROSJEKTNUMMER: 51518	ARKIVNUMMER: 22/01465 nytt: 25/02039
TILGJENGELIGHET: Open	ISBN: 978-82-17-04049-1	ISSN: 2464-1162

OPPDRAGSGJEVAR: Landbruksdirektoratet	OPPDRAGSGJEVARS KONTAKTPERSON: Semona Issa
--	---

PROSJEKTLEIAR: Frederik Bøe	KVALITETSSIKRA/GODKJEND: Dominika Krzeminska
---------------------------------------	--

STIKKORD: Jordarbeiding, klima, erosjon, suspendert stoff, fosfor, løst fosfat, nitrogen, plantevernmidler, ruteforsøk	FAGOMRÅDE: Erosjon og avrenning
---	--

SAMANDRAG: Avrenningsforsøket på Kjelle (2014–2025) undersøker tap av jord og næringsstoffer fra flate kornarealer med under 2 % helling. Forsøket måler overflate- og grøfteavrenning for behandlingene høstpløying, vårpløying, høstkorn og høstsådd fangvekst. Målingene viser at grøfteavrenningen utgjorde om lag 80 % av den totale avrenningen, og var hovedveien for tap av både jord (62 %), fosfor (72 %) og nitrogen (84 %). Vårpløying viste seg samlet sett å være det mest effektive tiltaket, med lavest gjennomsnittlig tap av jord (23 kg/daa), totalfosfor (148 g/daa) og nitrogen (1,5 kg/daa). Dersom de to første årene utelates på grunn av nygrøfting, reduseres det gjennomsnittlige jord- og fosfortapet med henholdsvis 40 % og 20 %. Resultatene for 2024/2025 viser at høstsådd fangvekst (havre, vikker og fôrreddik) ga god beskyttelse mot erosjon og fosfortap, med verdier på nivå med eller bedre enn vanlig vårpløying. Fangvekst medførte imidlertid det høyeste nitrogentapet av samtlige behandlinger (over 1,6 kg N/daa), hvor nesten hele tapet skjedde gjennom drengrøftene. Vårpløying var dermed det mest effektive tiltaket for å begrense nitrogentapet.
--

Rapporten sin referanse: Bøe, F., Havranek, I., Fischer, F. & Sandem, K. (2026). Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2024–2025 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. (NIBIO RAPPORT, 12/109). Norsk institutt for bioøkonomi.

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. Mens effekten er godt dokumentert for bratte arealer, har det vært færre undersøkelser av jordarbeidingseffekter på arealer med liten helling ($< 2\%$), til tross for at disse utgjør størsteparten av kornarealet i Norge.

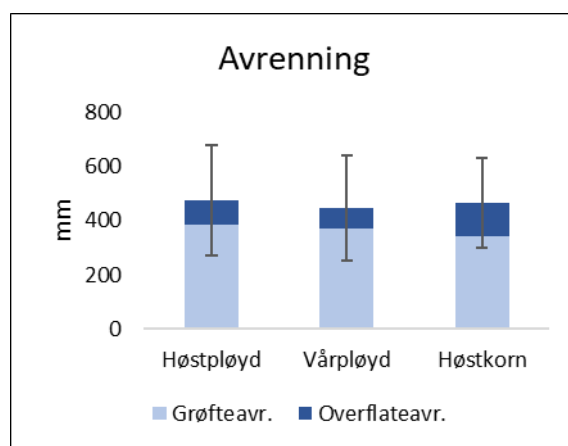
Avrenningsforsøket på Kjelle vgs. (Bjørkelangen) ble etablert i 2014 for å belyse tap av næringsstoffer og partikler fra nettopp slike flate arealer. Forsøket måler både overflate- og grøfteavrenning. De opprinnelige behandlingene inkluderer:

1. Høstpløying med vårkorn.
2. Vårpløying med vårkorn.
3. Høstpløying med høstkorn.
4. Vårpløying med vårkorn og høstsådd fangvekst (Fra 2023).

Resultater og forhold 2024–2025: Denne rapporten presenterer resultater fra elleve forsøksår (2014–2025), med hovedvekt på siste år.

Avrenning: Rapporteringsåret 2024/2025 hadde mindre nedbør (654 mm) enn gjennomsnittet for normalperioden 1991-2010 (732 mm). Gjennomsnittstemperaturen ($6,7^{\circ}\text{C}$) var høyere enn i normalperioden 1991-2010 ($5,2^{\circ}\text{C}$).

Avrenning på overflaten og gjennom drensgrøftene var på henholdsvis 51 mm og 232 mm i gjennomsnitt for året 1. september 2024 til 1. september 2025. I 2014-2025 var avrenning gjennom drensgrøftene i perioden 1. september – 1. juni i gjennomsnitt 387 mm for høstpløydte ruter, 370 mm for vårpløydte ruter og 345 mm for ruter med høstkorn (figur 01). Overflateavrenning i samme periode var lavest for ruter med vårpløying (75 mm), noe høyere for ruter med høstpløying (88 mm) og høyest fra ruter med høstkorn (122 mm; figur 01).



Figur 01. Avrenning på overflaten og gjennom drensgrøftene for 2014/2015-2024/2025 i gjennomsnitt for hver behandling for perioden 1. september-1. juni.

Effekter på jord- og næringsstofftap 2014-2025: Målingene viser at grøfteavrenningen i gjennomsnitt bidrar mest til tap av jord og næringsstoffer. I gjennomsnitt for perioden 1.

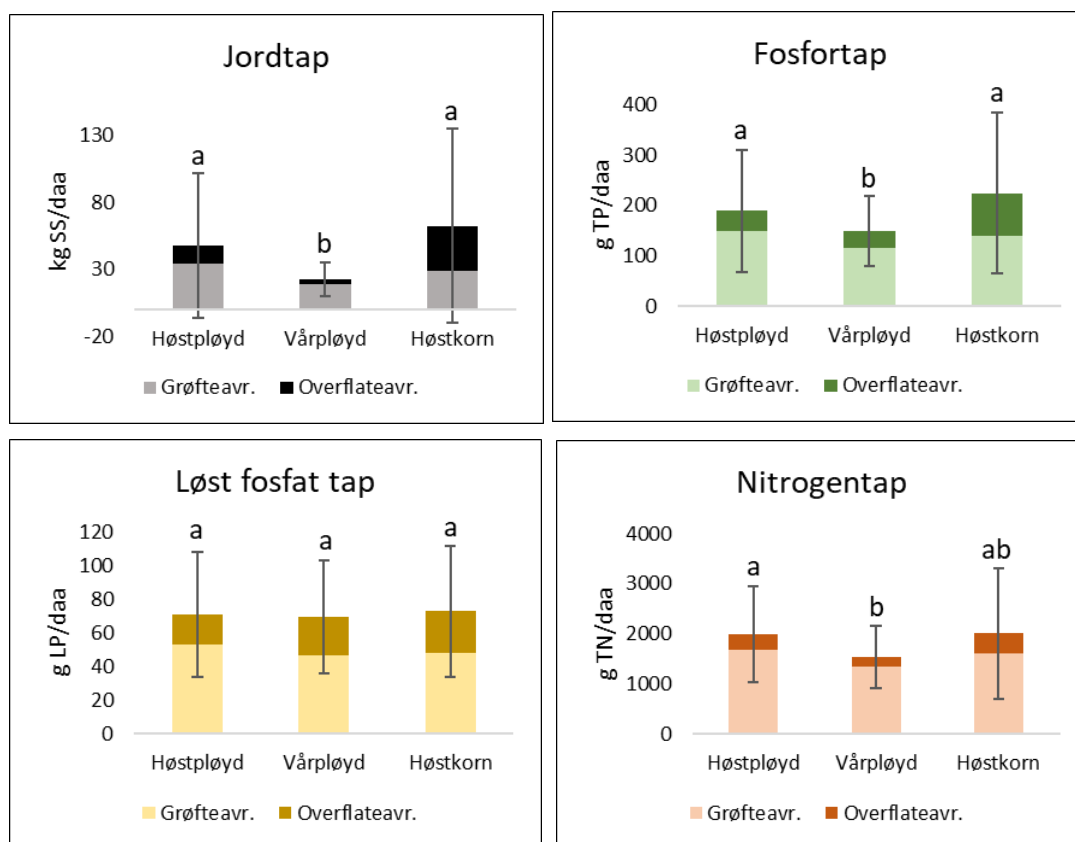
september–1. juni sto grøfteavrenningen for om lag 80 % av den totale avrenningen, samt 62 % av jordtapet, 72 % av totalfosfortapet, 69 % av løst fosfat og 84 % av nitrogentapet.

Jordtapet var i gjennomsnitt for alle ruter for alle årene 44 kg/daa (1.september-1. juni). For høstpløyde ruter var jordtapet i gjennomsnitt 48 kg/daa, for vårpløyde 23 kg/daa og for ruter med høstkorn var jordtapet i gjennomsnitt 62 kg/daa (figur 02).

Tapet av totalfosfor var i gjennomsnitt for alle ruter for alle år, utenom 2023/2024, 187 g/daa (1.september-1. juni). For høstpløyde ruter var fosfortapet i gjennomsnitt 189 g/daa, for vårpløyde 148 g/daa og for ruter med høstkorn var fosfortapet i gjennomsnitt 224 g/daa (figur 02).

Tapet av løst fosfat var i gjennomsnitt for alle ruter og alle år, utenom 2023/2024, 71 g/daa (1. september-1. juni). For høstpløyde ruter var tapet av løst fosfat i gjennomsnitt 71 g/daa, for vårpløyde 70 g/daa og for ruter med høstkorn var tapet av løst fosfat i gjennomsnitt 73 g/daa (figur 02).

Tapet av totalnitrogen var i gjennomsnitt for alle ruter og alle år 1,8 kg/daa (1.september-1. juni). For høstpløyde ruter var nitrogentapet i gjennomsnitt 2,0 kg/daa, for vårpløyde 1,5 kg/daa og for ruter med høstkorn var nitrogentapet i gjennomsnitt 2,0 kg/daa (figur 02). Dersom de første to årene tas ut av tidsserien på grunn av nygrøfting blir det gjennomsnittlige jordtapet for alle ruter redusert med 40 %, mens det gjennomsnittlige tapet av fosfor blir redusert med om lag 20 %. Nitrogentapet forblir uendret.

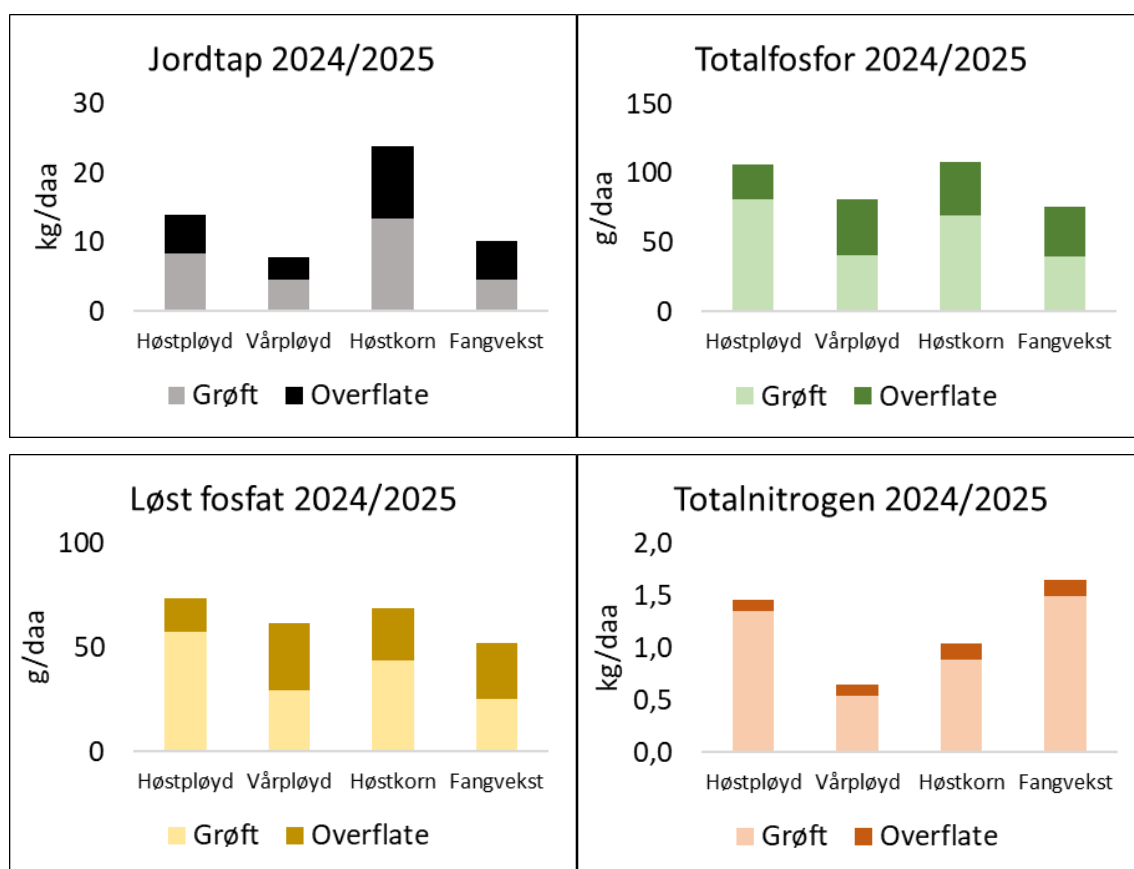


Figur 02. Gjennomsnittlig tap av jord (SS), totalnitrogen (TN), totalfosfor (TP) og løst fosfat (LP) fordelt på overflate- og grøfteavrenning for måleperioden 1. september–1. juni i årene 2014–2025. Fosforparametere mangler for 2023/2024 grunnet analysefeil, mens overflateavrenning er utelatt for 2019/2020 grunnet prøvefeil. For høstkorn i 2023/2024 inngår kun to gjentak. Søylen viser aritmetisk gjennomsnitt av rådata med standardavvik. Bokstaver (a,

b) angir signifikante forskjeller ($p < 0,05$) for totaltapet basert på en «linear mixed model» (LMM) av log-transformerte data. Søyler som deler samme bokstav, er ikke signifikant forskjellige.

Effekter av fangvekst 2024/2025: Resultatene for høstsådd fangvekst (havre, vikker og fôrreiddik) viser klar forskjell mellom effekten på erosjon og på nitrogentap (figur 03). Tiltaket fungerte godt for å begrense tap av jord og fosfor. Ruter med fangvekst hadde det laveste tapet av både totalfosfor og løst fosfat av alle forsøksleddene. Jordtapet var også lavt, på nivå med vårpløying, noe som bekrefter at plantedekket effektivt beskyttet mot partikkelavrenning på overflaten.

Bruk av fangvekst resulterte derimot i det høyeste nitrogentapet av samtlige behandlinger, med en totalnitrogenavrenning på over 1,6 kg N/daa. Figuren viser at grøftevannet sto for nesten hele nitrogentapet. Det høye tapet indikerer at biomassen fra fangveksten har frigjort nitrogen gjennom vinteren, som deretter er tapt gjennom drenerørerne før den nye vekstsesongen kom i gang. Mens fangvekst reduserte fosfortap sammenlignet med de øvrige behandlingene, var det vårpløying (stubb) som var klart mest effektivt for å redusere nitrogentapet.



Figur 03. Tap av jord, totalfosfor, løst fosfat og totalnitrogen via overflate- og grøfteavrenning i perioden 2024/2025 (1. september-1. juni). Verdiene viser gjennomsnitt for behandlingene høstpløyd vårkorn, vårpløyd vårkorn, høstpløyd høstkorn og vårpløyd vårkorn med høstsådde fangvekster.

Forord

Denne rapporten oppsummerer resultater fra alle forsøksår med særlig søkelys på det tiende året (01.09.24 – 01.09.25) 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 2024/2025:

Thomas Sandbækbråten, Jørgen Sandnes, Kjell Arne Bergquist, samt elever fra vg2 landbruk og gartneri ved Kjelle Videregående skole.

Tor Arne Justad og Ivo Havranek har sprøytet rutene med plantevernmidler.

Kristian Sandem, Ivo Havranek, Franziska Fischer og Frederik Bøe (NIBIO) har hatt ansvar for oppfølging av forsøket.

Forsøksanlegget er finansiert av Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet og Akershus Fylkeskommune via Haldenvassdraget vannområde og NIBIO. Forsøket ble etablert i 2013, med første hele forsøksår fra høsten 2014 til høsten 2015. Det ble i 2023 koblet eksisterende «mellomruter» til drenerør og overflaterør. Avrenningsmålinger fra disse nye rutene startet i 2023/2024.

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

I prosjektets referansegruppe deltar representanter fra Fylkesmannens landbruksavdeling, Miljødirektoratet, Norsk Landbruksrådgiving, Landbruksdirektoratet, Haldenvassdraget vannområde og Bondelaget.

Ås, 19.08.2026

Frederik Bøe

Innhold

Sammendrag	3
Forord	6
1 Innledning	9
2 Metoder	10
2.1 Om forsøksfeltet	10
2.2 Jordarbeiding og drift for året 2024/2025	10
2.3 Sprøyting	10
2.4 Avrenning og prøvetaking	11
2.5 Statistiske analyser	11
2.6 Målefeil og usikkerheter	11
3 Driftspraksis	13
3.1 Såing og høsting	13
3.2 Gjødsling	14
3.3 Plantevernmidler og sprøyting	14
4 Værforhold	17
5 Avrenning	19
5.1 Årlige data og forskjeller mellom ruter og behandlinger	19
5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året	20
6 Partikler og næringsstoffer	22
6.1 Konsentrasjoner	22
6.1.1 Suspendert stoff	22
6.1.2 Fosfor	23
6.1.3 Nitrogen	25
6.1.4 Demonstrasjon av effekter av høstpløying vs. fangvekst	27
6.2 Jord- og næringsstofftap	27
6.2.1 Jordtap	27
6.2.2 Fosfortap	30
6.2.3 Nitrogentap	36
6.3 Effekter på jord- og næringsstofftap	40
6.4 Variasjon og usikkerhet i datagrunnlaget	42
6.4.1 Hydrologisk respons	42
6.4.2 Samspill mellom vær, lokalitet og drift	42
6.4.3 Valg av sammenligningsperiode	42
6.4.4 Metodiske feilkilder	42
7 Plantevernmidler	44
7.1 Konsentrasjoner	44
8 Konklusjoner	48
Referanser	50
Vedlegg	52

1 Innledning

Kunnskapsgrunnlaget for erosjon og næringstap i norsk kornproduksjon har tradisjonelt vært basert på undersøkelser av arealer med betydelig helling ($> 10\%$) (Kværnø og Bechmann, 2010; Skøien m.fl., 2012). For å tette kunnskapshullet rundt avrenning fra flatere jordbruksområder, som utgjør en stor andel av norsk kornareal, ble målestasjonen på Kjelle opprettet i 2014. En utførlig beskrivelse av anlegget er gitt av Hauken m.fl. (2015). Formålet med feltet er å dokumentere effekter av ulike jordarbeidingsstrategier for både vår- og høstkorn i et område med lavere erosjonsrisiko. Siden oppstarten har de årlige rapportene gitt innsikt til både landbruksnæringen og forvaltningen (Bechmann m.fl. 2015, 2017, 2019, 2020, 2021a, 2021b, 2023; Kværnø m.fl., 2017; Bøe m.fl., 2024, 2025). Fordi værforholdene varierer fra år til år, er det nødvendig med lange tidsserier for å kunne trekke sikre konklusjoner om hvordan dyrkingspraksis påvirker miljøet over tid.

De siste årene har tilstanden i Oslofjorden fått stor oppmerksomhet. Flere rapporter (Walday m.fl., 2017; Frigstad m.fl., 2024) peker på en urovekkende utvikling, der spesielt tilførsler av nitrogen er identifisert som en hovedutfordring. Dette har forsterket behovet for dokumentasjon av tiltak som effektivt kan redusere nitrogentap fra jordbruket. Fangvekster anses her som et av de viktigste tiltakene for å binde overskuddsnæring og hindre avrenning utenom vekstsesongen (Wallhead m. fl., 2026).

I praksis velger mange produsenter å så fangvekster om høsten, etter at hovedkulturen er høstet. I norsk klima byr dette på en betydelig utfordring ettersom tiden fra tresking til vinteren setter inn er kort, og temperaturen faller raskt. Risikoen ved denne strategien er at plantene ikke rekker å utvikle tilstrekkelig biomasse og rotsystem til å binde næringsstoffene effektivt før veksten stanser. Det er derfor et stort behov for å undersøke hvordan slike høstsådde fangvekster faktisk presterer under norske forhold når det gjelder erosjonsbeskyttelse og næringstap, både gjennom overflate- og grøfteavrenning. Kjelle-forsøket har en infrastruktur som er godt egnet til å måle disse effektene.

Denne rapporten sammenstiller resultatene fra den ellefte forsøksperioden, fra høsten 2024 til høsten 2025, med data fra de ti foregående årene.

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 Om forsøksfeltet

Forsøksfeltet ligger på marin leire med ca. 2 % helling. Rutene er 8 m brede og 50 m lange. Hver rute ble grøftet på langs med Rådalshjul i 2013. Forsøksrutene har målerenner for oppsamling av overflateavrenning i tillegg til måling av avrenning fra grøftene. Forsøksfeltet bestod opprinnelig av ni forsøksruter (1-9) og fire mellomruter (Xa-Xd). Sommeren 2023 ble det koblet på røropplegg for måling av overflate- og grøfteavrenning fra mellomruter (Xb-Xd; nå rute 10, 11 og 12) (Fig. 2.1). Dette var ruter som i tidligere år gikk i rotasjon, men som ikke var koblet til målinger for avrenning. Det ble også installert seks nye vippekar (tre for overflate og tre for grøft) for måling av vannføring og vannprøvetaking. Rutene har hatt høstsådde fangvekster i inneværende periode.

2.2 Jordarbeiding og drift for året 2024/2025

Jordarbeiding, såing, gjødsling og tresking, ble gjennomført av ansatte ved Kjelle Videregående skole.

Arbeidet startet med såing av fangvekster den 29. august 2024. Det ble benyttet en blanding bestående av 75 % havre, 15 % vikker og 10 % fôrreddik med en såmengde på 4 kg per dekar, og etableringen ble vurdert som god ved inspeksjon i oktober. Høsthvete ble sådd måneden etter. Til tross for at forholdene var svært fuktige ved såing, ble spiringen observert som tilfredsstillende utover høsten.

I forkant av vekstsesongen 2025 ble det gjennomført et møte med rådgivningstjenesten for å legge en strategi mot ugras, spesielt kveke og balderbrå. For høsthvete ble det besluttet å sprøyte tidlig i sesongen for å ta balderbrå på 2–3 bladstadiet. For vårkorn og stubb ble strategien å utsette våronna noe. Hensikten var å la kveka nå 4-bladsstadiet slik at glyfosatsprøyting i stubb fikk god effekt før jordarbeiding ble igangsatt. Feltet ble grunn gjødslet om våren. Det ble senere gitt en tilleggsgjødsling med 5 kg nitrogen per dekar ved begynnende skyting.

Tresking ble gjennomført 23. august 2025. Innhøstingen var preget av vanskelige forhold med våte forhold og betydelig ugras. Dette resulterte i middels avlinger (390-420 kg/daa). Det er i tillegg observert behov for utbedring av høydeforskjeller på feltet, og det er planlagt tiltak som brakking eller et «hvileår» i 2026 for å få bukt med ugrasproblematikken.

2.3 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. 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 2024 og 2025.

2.4 Avrenning og prøvetaking

I 2024-2025 ble det i utgangspunktet tatt ut 7 vannprøver fra overflatevann og fra grøftevann for analyse av suspendert stoff og næringsstoffer. Grunnet lite vann ble det i mai 2025 ikke tatt ut vannprøver for analyser for 9 ruter. I juni 2025 ble det ikke tatt vannprøver fra rute 7 grøft. I starten av september ble det ikke tatt ut prøver fra rute 3 og 7 grøft.

2.5 Statistiske analyser

Statistiske analyser ble utført i R ved hjelp av lineære blandede modeller (LMM) i pakken lme4. Modellen inkluderte jordarbeiding som fast effekt, mens år og rute ble inkludert som tilfeldige effekter for å korrigere for variasjoner i vær og gjentatte målinger i det roterende forsøksdesignet.

Grunnet skjevfordeling i avrenningsdataene ble responsvariablene log-transformert ($\ln(y + 0,001)$) før analyse. LMM-metodikken ble valgt da den håndterer ubalanserte datasett, inkludert manglende kjemidata for 2023/2024 og overflatedata for 2019/2020. Signifikante forskjeller mellom behandlinger ($p < 0,05$) ble identifisert ved bruk av Tukeys test (emmeans).

2.6 Målefeil og usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til enkelte måleserier i forsøket.

Historiske utfordringer: Aktivitet fra jordrotter ved inntaksrennene skapte problemer for målingene av overflateavrenning i sesongen 2019/2020. Dette året er derfor utelatt fra langtidsstatistikken. For å sikre datakvaliteten ble det i etterkant lagt et grusbelte (20–25 cm) foran rennene, og overgang til to-skjærs plog har muliggjort jordarbeiding tettere inntil inntakene. Disse tiltakene har siden 2019 gitt stabile målinger, selv om biologisk aktivitet i feltkanten aldri kan utelukkes fullstendig.

Utfordringer med ugras: Det er fremdeles utfordringer med ugras på forsøksfeltet, noe som også var tilfelle i sesongen 2024/2025. Ugraset konkurrerer med kulturplantene og kan påvirke både avlingsnivå og næringsopptak. Spesielt rotugras har vært vanskelig å bekjempe tilfredsstillende med dagens drift. For å få bukt med problemet planlegges det særskilte tiltak i 2026, der det vurderes å legge inn et hvileår for å sanere feltet.

Avvik i driftsåret 2023/2024: I sesongen 2023/2024 oppstod det flere spesifikke situasjoner som medførte hull i datarekken for dette året:

- Feil jordarbeiding (Rute 6): På grunn av en utførelsesfeil under våronna ble rute 6 (høstkorn) vårpløyd i stedet for å følge planen.
- Måleusikkerhet (Rute 8): Det er registrert datatap i avrenning for en høstkornrute (20.01–08.04). Det må tas høyde for at resultatet er underestimert. Siden datatapet for rute 8 dekker smelteperioden, fanges ikke snøsmeltingen opp i totaltallene for dette gjentak. Det er også knyttet usikkerhet til den lave avrenningen høsten 2023 for rute 8. Det er likevel valgt å beholde målingene for å sikre kontinuitet i dataene.
- Laboratoriefeil på fosfor: Systematiske feil i analysene, der totalfosfor ble målt lavere enn løst fosfat, førte til at fosfordata for hele dette året måtte forkastes.
- Oppstart fangvekster (Rute 10–12): Store variasjoner i vannføring det første driftsåret tilskrives kalibrering og innkjøring av nytt måleutstyr.

Status for 2024/2025: For inneværende rapporteringsår er den tekniske gjennomføringen normalisert. Driften er utført etter planen, og etableringen av fangvekster var tilfredsstillende (figur 2.2). Laboratorieanalysene fungerer som de skal. Dette betyr at alle ruter er inkludert i analysene for 2024/2025. Både rute 6 og grøfteavrenning fra rute 8 inngår dermed i årets datagrunnlag.



Figur 2.2. Etablering av fangvekster høsten 2024 (15. oktober). A) Vikker. B) Havre i stubb. (Foto: Frederik Bøe)

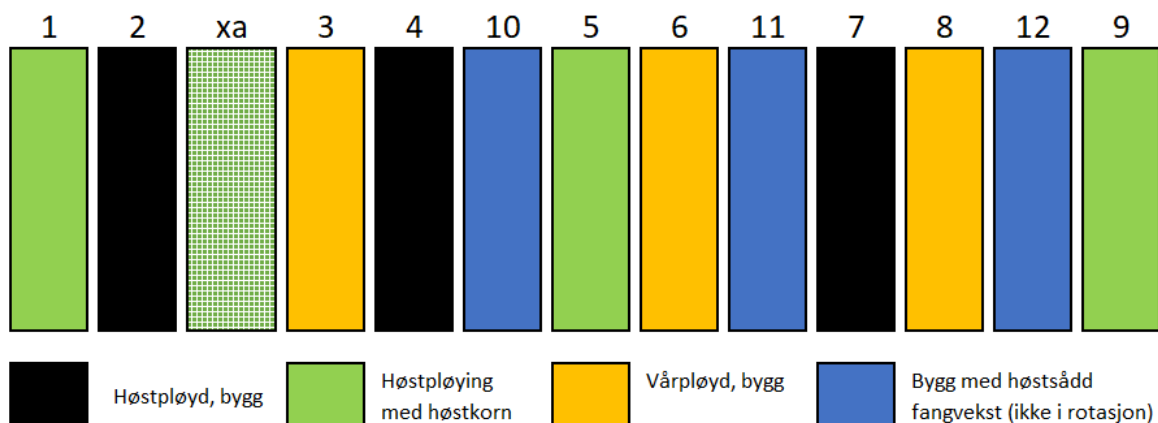
3 Driftspraksis

Forsøket er bygget opp med jordarbeidingssystemer som inngår i en årlig rotasjon, samt faste ruter for fangvekster. Hvert forsøksledd har tre gjentak.

I forsøksåret 2024–2025 var rute 1, 5 og 9 høstpløyd med høstkorn. Rute 2, 4 og 7 var høstpløyd med vårkorn (bygg). Rute 3, 6 og 8 lå i stubb gjennom vinteren (vårpløyd). Rute 10, 11 og 12 benyttes til fangvekster etter bygg; disse rutene inngår ikke i rotasjonen, men ligger fast. Rute Xa har permanent gras og brukes til måling av jordfuktighet, grunnvannsnivå og meteorologiske parameter.

Jordarbeiding skjer fortrinnsvis når jorda er laglig. Etter pløying blir det harvet før såing. Vårpløying betyr at arealene overvintres uten jordarbeiding, dvs. overvintring i stubb. Tabell 3.1 oppsummerer driften.

Jordarbeiding 2024/2025:



Figur 3.1. Jordarbeiding på avrenningsrutene i 2024-2025. Rute med gras er Xa.

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

- Høstpløying: Høstpløying, vårharving, såing bygg.
- Vårpløying: Ingen jordarbeiding på høsten, vårpløying, vårharving, såing av bygg.
- Høstkorn: Høstpløying, harving, såing av høsthvete.
- Fangvekst: Vårpløying, vårharving, såing av bygg, såing av høstsådd fangvekst.

3.1 Såing og høsting

Høstkornet (25 kg/daa) ble sådd 29. september 2024 under fuktige forhold. Vårkornet ble sådd 10. mai 2025, etter å ha blitt harvet 8. mai og pløyd 9. mai 2025. For høstpløyd vårkorn ble det pløyd 17. oktober 2024 (tabell 3.1). I forsøksleddet med høstkorn ble det dyrket høsthvete, mens det på alle forsøksledd med vårkorn ble dyrket bygg. Beregnet avling av bygg (v/ 15 % vann) viste små forskjeller i gjennomsnitt mellom forsøksleddene (386–417

kg/daa). For høstkorn var imidlertid variasjonen mellom enkeltruter stor, med spredning fra ca. 300 til 580 kg/daa.

Fangvekster ble sådd 29. august 2024. Det ble benyttet en blanding bestående av 75 % havre, 15 % vikke og 10 % fôrreddik.

Tabell 3.1. Jordbruksdrift på ulike ruter fra tresking 2024 til og med tresking 2025.

Forsøks-ledd	Pløye-dato; harvedato	Kornslag	Sådato	Gjødsling (kg/daa)	Sprøyting*	Høste-dato	Avling (kg/daa)
Høstpløyd (Rute 2, 4, 7)	17.10.24; 9.5.25	Bygg	10.05.25	45 kg/daa 22-0-12 16.05.25	13.06.2025 (S)	23.8.25	386
Vårpløyd (Rute 3, 6, 8)	8.5.25; 9.5.25	Bygg	10.05.25	45 kg/daa 22-0-12 16.5.25	13.06.2025 (S)	23.8.25	389
Høstkorn (Rute 1,5,9)	5.9.24; 6.9.24	Høst- hvete (20 kg/daa)	7.9.24	41 kg/daa 22-0-12 3S + Se 10.04.25 14,3 kg/daa opti NS 27-0-0 14.05.25	28.04.25 (U); 13.06.2025 (S)	23.8.25	415
Fangvekst (Rute 10, 11, 12)	8.5.25; 9.5.25	4 kg/daa (havre, vikke, fôrreddik)	29.08.24	45 kg/daa 22-0-12 16.5.25		23.8.25	418

*U: ugrasssprøyting, S: sprøyting mot soppsjukdommer i korn

3.2 Gjødsling

På grunn av de høye fosfortallene tidligere registrert på Kjelle ble det gjødslet med fosforfri gjødsel i inneværende år. Vårkornet ble gjødslet 16. mai med 45 kg/daa 22-0-12 (tabell 3.1.), høstkorn 10. april med 41 kg/daa 22-0-12 3S+Se og 14. mai med 14,3 kg/daa med opti NS 27-0-0.

3.3 Plantevernmidler og sprøyting

Det ble gjennomført forsøk med glyfosatsprøyting i perioden 2014-2018 og resultater fra analyser av glyfosat og nedbrytningsproduktet AMPA i overflateavrenning og grøfteavrenning er gjengitt i tidligere rapporter (Bechmann m.fl. 2015, 2017, 2019; Kværnø m.fl. 2017; Eklo og Stenrød 2021). I 2019-2022 ble det gjennomført et annet forsøk som inkluderte et mer komplett sprøyteregime i de anlagte feltene med vår- og høstkorn (Bechmann m.fl. 2020, 2021a, 2021b og 2023).

I 2023 startet et nytt forsøk med mål om å undersøke overflate- og grøfteavrenning av lavdose sulfonylurea (SU) ugrasmidler samt partikkelbundne soppmidler ved gjennomføring av et sprøyteregime i de anlagte feltene. Disse forsøkene søker å gi et bedre og bredere grunnlag for anbefalinger knyttet til jordarbeiding og bruk av SU-ugrasmidler og partikkelbundne soppmidler i kornproduksjon.

I samarbeid med Norsk landbruksrådgiving ble det våren 2023 satt opp en sprøyteplan som inkluderer SU-ugras- og soppmidler tilpasset henholdsvis høsthvete og bygg (jf. pkt. 3.3). Sprøyteplanen er nærmere beskrevet i rapportene for sesongene 2022-2023 og 2023-2024. For rapporteringsperioden 2024/2025 ble det imidlertid gjort endring i sprøyteplanen som følge av den uhemmede veksten av særlig kveke, men også andre typer ugras. For å bedre håndtere ugras ble derfor sprøytet som følger i de ulike rutene:

- Høsthvete (HPHK): ugrasssprøyting med Attributt Twin (blanding av Attributt SG 70 og Hussar OD) om våren 2025; soppsprøyting med Elatus Era + Aviator Xpro om sommeren 2025
- Bygg (VPVK, HPVK): behandling med Glyfosat om våren 2025; soppsprøyting med Delaro Plus Pack om sommeren 2025.

Det er tatt ut vannprøver for analyse av overflate- og grøfteavrenning fra rutene gjennom sprøyte- og avrenningsperioden, med prøveuttak i oktober (1) og desember (1) 2024, samt i januar (1), mars (1), mai (1) og september (1) 2025. Prøveuttakene i oktober 2024, mai 2025 og september 2025 var ikke komplette for alle ruter og/eller avrenningstyper.

Analyse av plantevernmidler er gjennomført ved NIBIO avdeling Pesticider og naturstoffkjemi med bruk av væskechromatografi koblet til massespektrometri (Thermo Q-Orbitrap). Bestemmelsesgrense (LOQ; limit of quantification) i vann er noe ulik for de undersøkte stoffene, men alle LOQ ligger mellom 0,001 og 0,003 µg/L.

Tabell 3.2 gir en oppsummering av kjente data om plantevernmidlenes nedbrytning i jord, mobilitet i jord/binding til jordpartikler og giftighet (toksisitet) i vannmiljø. De målte konsentrasjonsnivåene i avrenningen fra ruteforsøket tolkes ved sammenlikning mot disse dataene for å vurdere behov for videre oppfølging.

Tabell 3.2. Skjebne og effekter av de studerte virksomme stoff av plantevernmidler

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Skjebne og effekter i miljøet			
	Skjebne i jordmiljø ¹		Toksisitet i vannmiljø ²	
	Nedbrytning (gj. snitt DT50 i felt, dager)	Mobilitet (binding i jord; Kf, L/kg)	Kroniske effekter; (MF, µg/L)	Akutte effekter; (AMF, µg/L)
Metsulfuron-metyl (metabolitt; U) ⁴	30	n.d.	n.d.	n.d.
IN-A4098 (metabolitt; U) ⁵	n.d.	0,97	n.d.	> 10 000
IN-L5296 (metabolitt; U) ⁵	91	1,8	49 000	> 10 000
Protiokonazol (S) ⁵	7	150	500	2 500
Protiokonazol-destio (metabolitt; S)	25	9,7	0,03 ⁸	3,9
Benzovindiflupyr (S)	127	62	0,02 ⁸	0,35
Biksafen (S)	254	63	0,05 ⁸	6,0
Fluopyram (S)	119	4,4	2,7 ⁸	98
Trifloksystrobin (S)	2	43,5	0,2	0,5

U: ugrassmiddel. S: soppmiddel. DT50: halveringstid i jord. Kf: Freundlich sorpsjonskoeffisient. MF: antatt konsentrasjonsgrense for kroniske effekter. AMF: antatt konsentrasjonsgrense for akutte effekter. ¹Data er hentet fra Lewis m. fl., 2016. pr januar 2022 ² Data er hentet fra nibio.no/jova pr. desember 2021. ⁸Sikkerhetsfaktor benyttet i beregningen er større enn 10. Dvs at målte ingen-effekt konsentrasjoner (NOEC) er mer enn 10 ganger høyere enn beregnet MF. ³Data er hentet fra Lorestani et al. 2023. ⁴Data er hentet fra Ismail et al. 2015. n.d.: ingen data tilgjengelig (antatt lav toksisitet i vannmiljø) ⁵Data hentet fra PPDB-databasen (sitem.herts.ac.uk)

I sesongen 2024/2025 ble Attribut Twin valgt etter anbefaling fra NLR for å sikre tilstrekkelig ugraskkontroll i forsøksfeltet, særlig som følge av høyt ugrastrykk. Dette var en agronomisk begrunnet behandling for å opprettholde feltkvalitet og gjennomførbarhet i forsøket. Virkestoffene jodsulfuron og propoksykarbazon i Attribut Twin inngikk imidlertid ikke i den etablerte analysemetoden for prosjektet, som var rettet mot de utvalgte SU-midlene, metabolittene og soppmidlene i sprøyteplanen. Disse stoffene er derfor ikke analysert eller rapportert i plantevernmideldelen.

Sprøyting i rutene 1, 5 og 9 mot sopp med 60 mL/daa av Aviator Xpro, samt 30 mL/daa av Elatus Era ble gjennomført 13. juni 2025.

I rutene 3, 6 og 8 (vårpløyd, bygg) samt 2, 4 og 7 (høstpløyd, bygg), ble det sprøytet mot ugras med Glyfosat (avrenningen måles ikke som en del av prosjektet) og mot sopp med 30 mL/daa av Delaro Plus Pack den 13.juni 2025.

De virksomme stoffene i de plantevernmidlene som inngår i sprøyteplanen for 2024/2025 er angitt i tabell 3.3.

Tabell 3.3. Oversikt over preparat og virksomme stoff som inngikk i sprøyteplanen for 2024/2025.

Preparat	Virksomt stoff	Mengde virksomt stoff (g/L)	Type middel	Dose preparat (mL/daa)	Dose virksomt stoff (g/daa)	Antall ruter sprøytet
Attributt Twin	Jodsulfuron	111	Ugrasmiddel		2,5	9
	Propoksy-karbazon	222				
Aviator XPro EC 225	Protiokonazol	154,6	Soppmiddel	60 (høsthvete)	9,3	9
	Biksafen	78,9			4,7	
Delaro plus pack	Trifloxystrobin	150	Soppmiddel	30 (bygg)	4,7	9
	Protiokonazol	175				
	Fluopyram	125			5,5	
	Protiokonazol	125				
Elatus Era	Protiokonazol	150	Soppmiddel	30 (høsthvete)	4,5	9
	Benzovindiflupyr	75			2,3	

4 Værforhold

Tabell 4.1 og 4.2 viser nedbør og gjennomsnittstemperatur på månedsbasis på Kjelle målt ved stasjonen i rutefeltet for alle forsøksperiodene, samt for normalperioden 1991-2010.

Figur 4.1 viser døgnverdier av nedbør og gjennomsnittstemperatur for den siste forsøksperioden (1. september 2024 - 1. september 2025).

Gjennomsnittsnedbøren i forsøksåret 2024-2025 var lavere enn de seks foregående årene. Det ble registrert lite nedbør i mars-mai 2025 og høye temperaturer i mars, april og juli 2025. Nedbøren har variert mellom årene med mye nedbør i 7 av 11 forsøkssår (fra 745 mm til 994 mm). De foregående forsøksperiodene er beskrevet i detalj i Bechmann m.fl. (2015, 2017, 2019, 2020, 2021a, 2021b og 2023), Kværnø m.fl. (2017) og Bøe m.fl. (2024, 2025).

Tabell 4.1. Nedbør (mm) målt på stasjonen på Kjelle, i forsøksperiodene, samt normalperioden (1991 – 2010). Tall merket med * er fra stasjonen Haneborg/Aurskog II. Tall merket med ** er en kombinasjon av data fra stasjonen på Kjelle og MetNordic.

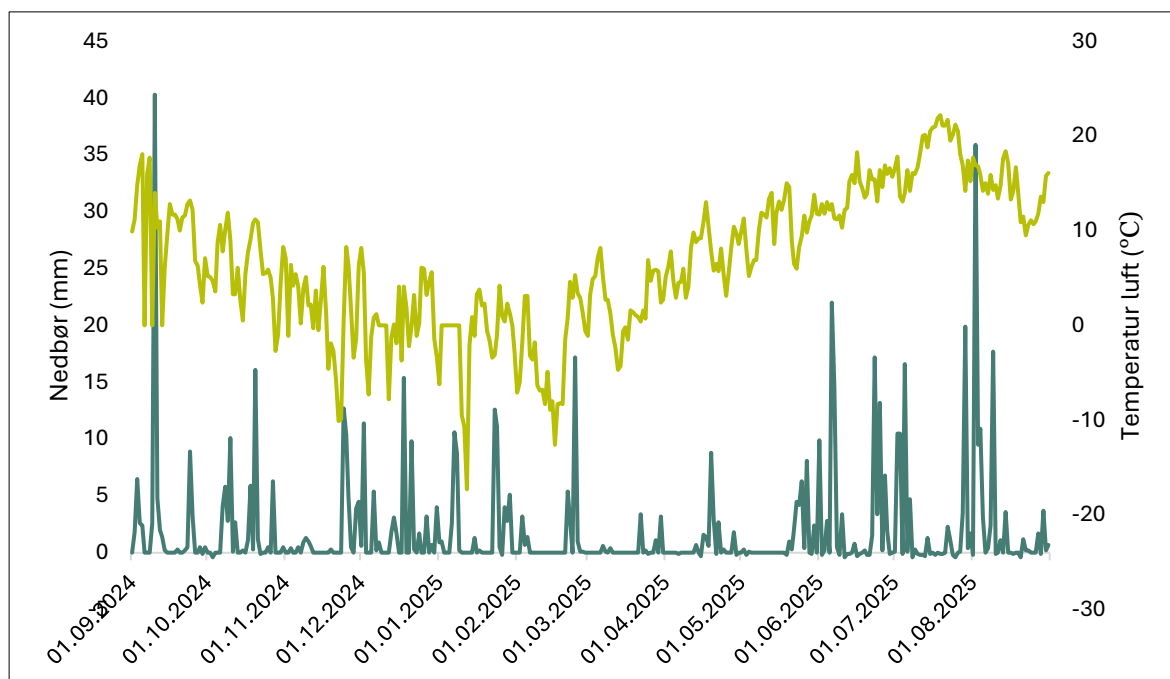
År/Måned	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sum
14-15	35*	158*	87*	56	104	29	47	13	119	61	75	52	836
15-16	169	10	62	54	47	52	56	101	31	37	79	126	823
16-17	30	24	61	29	49	60	67	34	59	64	46	79	600
17-18	70	100	94	56	80	21	11	52	26	47	30	42	627
18-19	77	51	88	73	23	63	87	13	81	65	34	91	745
19-20	110	88	95*	84*	57	70	53	27	28	73	108	18	809
20-21	58	196	78	169	47	18	34	28	84	36	127	14	889
21-22	63	128	37	29	26	77	10	27	60	99	92	33	679
22-23	60	74	69	92	95	47	80	103	38	43	118	177	994
23-24**	71	35	66	37	73	113	147	156	28	127	126	69	1047
24-25	81*	57	42	59	65*	32	9	20	29	97	71	92	653
Normal*	68	78	78	62	50	39	35	41	52	67	76	86	732

Tabell 4.2. Lufttemperatur (C°) målt på stasjonen på Kjelle, i forsøksperiodene, samt normalperioden (1991 – 2010). Tall merket med * er fra stasjonen Haneborg/Aurskog II.

År/Måned	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Snitt
14-15	10,8*	8,3*	3,4*	-3,7	-1,4	-1,1	1,9	5,1	7,8	12,8	14,8	14,7	6,2
15-16	10,8	5,6	2,5	1,0	-8,8	-2,9	1,4	4,4	11,2	15,2	15,9	14,1	5,9
16-17	13,7	4,5	-0,2	-0,7	-2,7	-2,7	1,5	3,6	10,4	13,8	15,0	14,1	5,9
17-18	11,0	5,8	-0,1	-3,0	-2,9	-5,5	-5,1	4,2	14,7	16,3	20,4	14,8	5,9
18-19	11,2	5,6	2,4	-3,4	-7,5	-1,1	0,8	6,4	8,9	14,3	16,0	15,6	5,8
19-20	10,1	4,3	-0,6	-0,6	2,5	0,6	1,9	5,4	8,6	17,0	13,4	15,3	6,5
20-21	11,5	6,8	4,2	1,5	-6,9	-5,9	1,6	3,3	9,3	16,2	17,9	14,0	6,1
21-22	11,5	7,6	1,0	-5,8	-1,3*	-0,9*	0,7*	3,6	9,9	15,5	15,7	15,8	6,1
22-23	10,0	7,4	4,3	-5,8	-1,4	-1,5	-3,1	4,1	10,1	17,0	15,0	15,1	5,9
23-24	13,5	3,7	-1,8	-7,4	-10,5	-2,5	1,7	4,1	14,3	13,8	15,3	14,8	4,9
24-25	11,4	6,1	1,2	0,7*	-1,6*	-3,1	2,2	7,1	10,5	14,0	18,2	14,2	6,7
Normal*	10,5	5,2	1	-3,3	-4,5	-4,1	-0,7	4,4	9,8	13,8	16	14,9	5,2

Første og siste dag med døgnmiddeltemperaturer under null var henholdsvis 28. oktober 2024 og 17. mars 2025 (Fig. 4.1). Lavest temperatur ble målt 12. januar 2025 (-17,3 °C).

Maksimal døgnnedbør for siste forsøkssår var 40,3 mm (10. september 2024) (Fig. 4.1).



Figur 4.1 Nedbør (mørkegrønn) og lufttemperatur (lysegrønn) fra høsten 2024 til høsten 2025, registrert på Kjelle stasjon.

5 Avrenning

5.1 Årlige data og forskjeller mellom ruter og behandlinger

I gjennomsnitt for rute 1 til 9 var den totale avrenningen i inneværende år 283 mm.

Tabell 5.1 Nedbør (mm) og gjennomsnittlig avrenning (mm) i de ti årene med overvåking for ruter 1-9. Avrenningskoeffisienten viser forholdet mellom total avrenning (grøft + overflate) og nedbør. Et tall på f.eks. 0,6 betyr at 60 % av nedbøren rant bort.

År	Nedbør (mm)	Avrenning (mm)			Avrenningskoeffisient
		Total	Overflate	Grøft	
14-15	836	728	171	557 (77 %)	0,87
15-16	823	525	112	414 (79 %)	0,64
16-17	600	215	80	146 (64 %)	0,35
17-18	627	468	85	384 (82 %)	0,74
18-19	745	330	26	304 (92 %)	0,44
19-20*	809	-	-	388	0,48*
20-21	889	600	97	503 (84 %)	0,67
21-22	679	299	121	178 (60 %)	0,47
22-23	994	758	197	561 (74%)	0,76
23-24**	1047	794	109	685 (86%)	0,76
24-25	654	283	51	232 (82%)	0,43

* bare grøfteavrenning

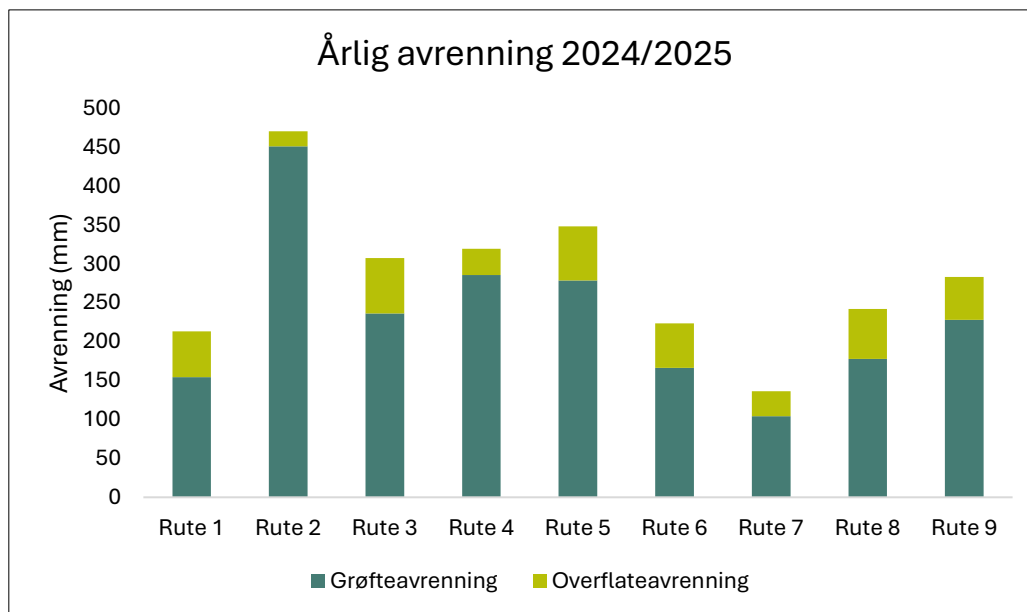
** Rute 6 er ikke inkludert.

Figur 5.1 og 5.2 viser årlig overflate- og grøfteavrenning for det siste forsøksåret (2024-2025) for rute 1 til 9 og rute 10-12.

Det har vært store variasjoner i avrenning mellom rutene i hele overvåkingsperioden. Forsøksperioden 2024-2025 hadde generelt lav avrenning og det var noe forskjeller i avrenning mellom rutene. Det ble registrert høyest grøfteavrenning fra rute 2, 4 og rute 5. Overflateavrenning var størst fra rute 3 og 5.

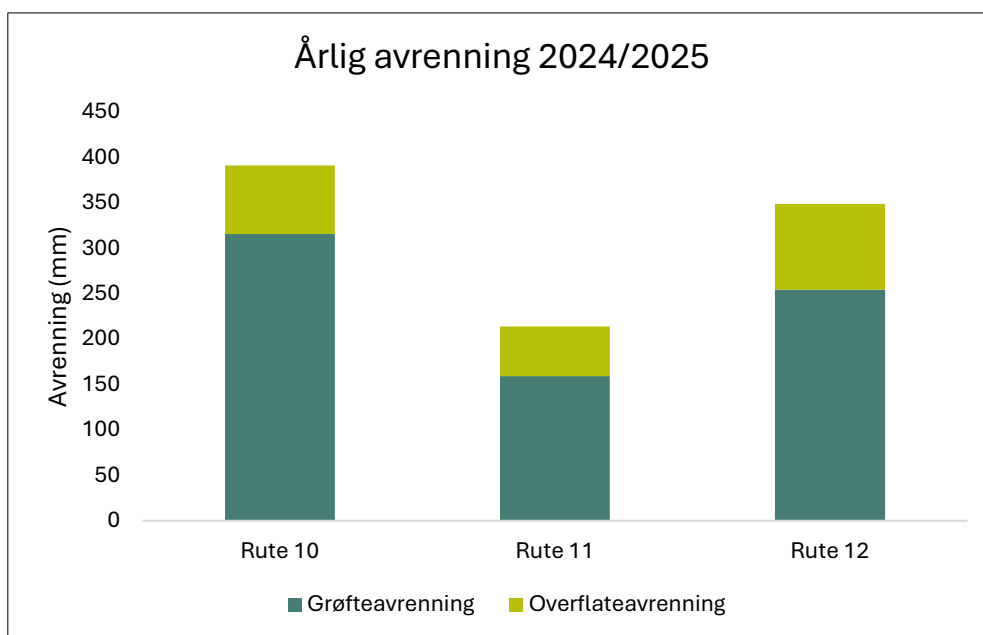
I gjennomsnitt for behandlinger var avrenningen størst fra ruter med fangvekst og høstpløying (309-318 mm). Avrenningen var lavest for ruter med vårpløying (258 mm) og noe høyere for ruter med høstkorn (282 mm).

En analyse av gjennomsnittlig årlig avrenning fra 2015 til 2023 per rute viste at rute 1 til 5 og 9 har tilsvarende middelveier. Rute 6 til 8 har derimot lavere middelveier, og for enkelte år er forskjellene statistisk signifikante. Årsaken er foreløpig usikker, men undersøkes videre ved hjelp av jordfuktighetsmålinger.



Figur 5.1 Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra ruter i forsøksperioden 1.9.2024 til 1.9.2025. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

Det ble registrert ganske lik totalavrenning for rute 10 og rute 12, mens avrenningen fra rute 11 var betydelig lavere.

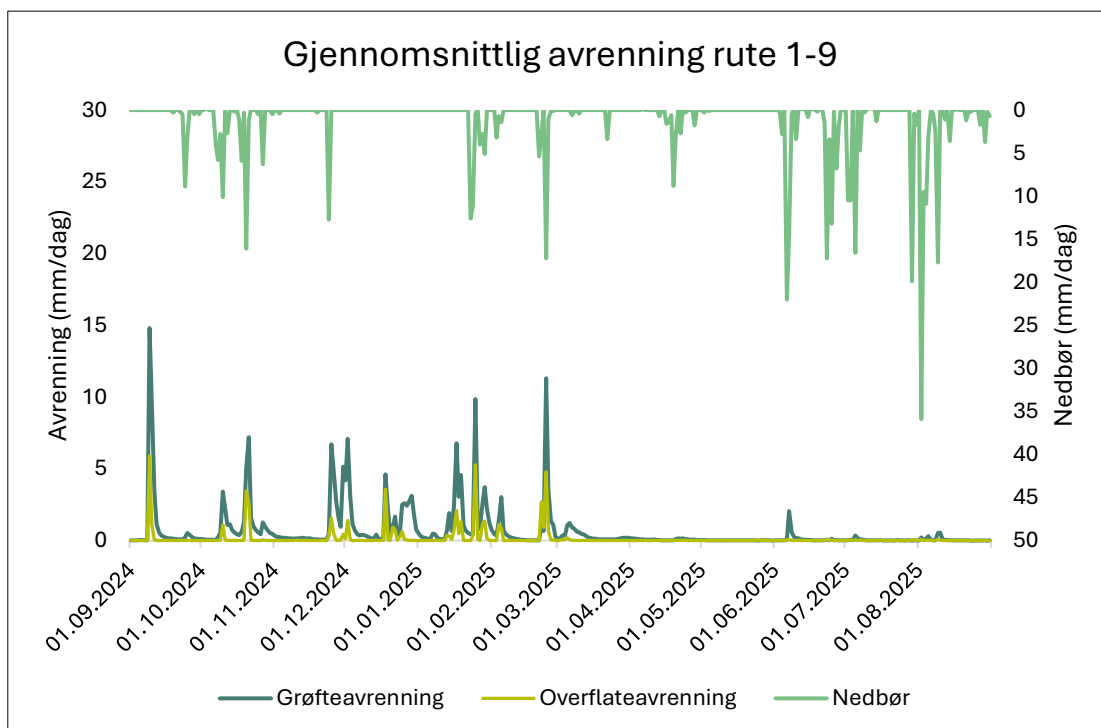


Figur 5.2 Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 10, 11 og 12 (høstsådd fangvekst) i forsøksperioden 1.9.2024 til 1.9.2025.

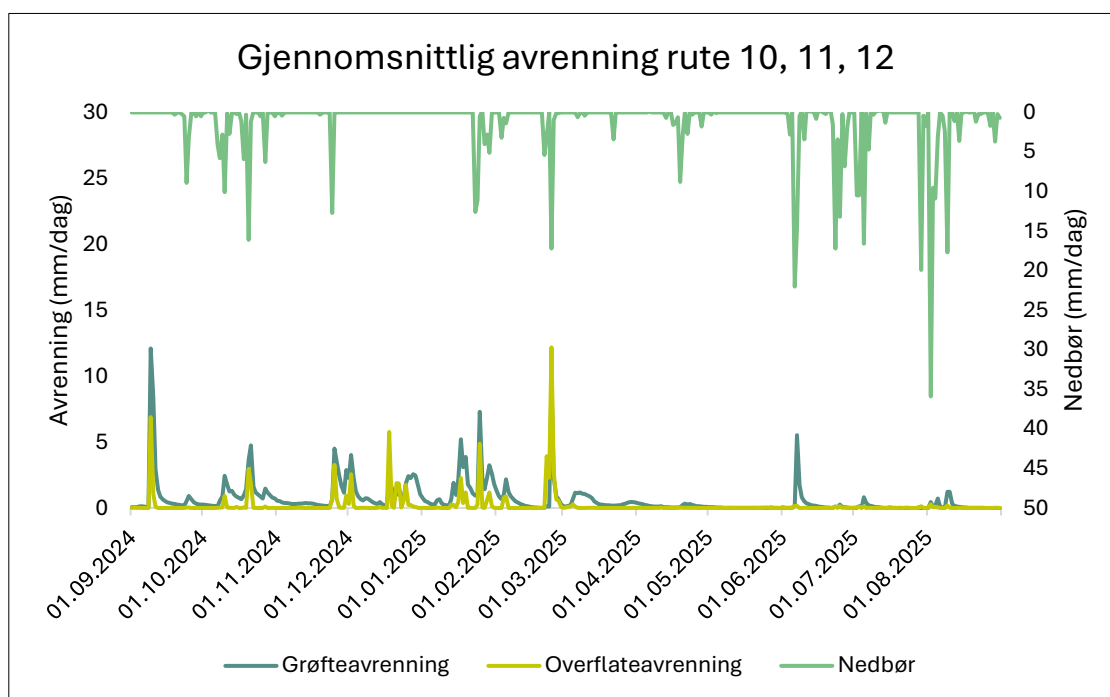
5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året

Figur 5.3 og figur 5.4 viser gjennomsnittlig nedbør, overflate- og grøfteavrenning (mm) fra hhv. rute 1-9 og rute 10, 11 og 12 i forsøksperioden 1.9.2024 til 1.9.2025 per dag.

I 2024-2025 ble det i gjennomsnitt målt mye grøfteavrenning i september. Det var en vinter preget av vekslende temperaturer over og under null grader. Dette gav ulike topper med avrenning gjennom vinteren.



Figur 5.3 Gjennomsnittlig nedbør, overflate- og grøfteavrenning (mm) fra originalrutene i forsøksperioden 1.9.2024 til 1.9.2025.



Figur 5.4 Gjennomsnittlig nedbør og overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 10, 11 og 12 i forsøksperioden 1.9.2024 til 1.9.2025.

6 Partikler og næringsstoffer

6.1 Konsentrasjoner

Det er sammenstilt konsentrasjoner for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

I utgangspunktet ble det gjennomført uttak av 7 vannprøver fra overflatevann og fra grøftevann for analyse av suspendert stoff og næringsstoffer.

Variasjoner i nedbør og avrenning mellom rutene førte imidlertid til enkelte hull i datarekken dette året. I mai 2025 var vannføringen så lav at det ikke lot seg gjøre å ta ut prøver for analyse fra 9 av rutene. Videre ble det ikke tatt ut grøftevannsprøver fra rute 7 i juni 2025. I begynnelsen av september manglet det også prøveuttak fra grøft på rute 3 og 7.

6.1.1 Suspendert stoff

Konsentrasjonen av suspendert stoff i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 3 mg/L i prøver tatt på vinteren (4. mars) til opp mot 2400 mg/L i prøver tatt i juni 2025 (tabell 6.1). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i vannprøvene tatt ut 30. oktober og 27. juni. Det var lave konsentrasjoner i prøvene tatt ut 4. mars, samt ved prøvetakingen 17. januar (med unntak av enkelte ruter).

Ser man på fordelingen mellom behandlingene, var nivåene gjennomgående lavest fra vårpløyde ruter (stubb) og ruter med fangvekst. De høyeste konsentrasjonene i overflatevannet kom fra høstpløyde ruter (både til høstkorn og vårkorn). Eksempelvis ved målingen 30. oktober lå høstpløyde ruter i området 320–1000 mg/L, mens vårpløyde ruter lå på 63–120 mg/L (se også Boks 1 under avsnitt 6.1.4).

For ruter med fangvekst viste målingene god effekt gjennom høsten og vinteren. Ved prøveuttaket 30. oktober var konsentrasjonene i overflatevannet lave (110–230 mg/L) sammenlignet med høstpløyde ruter, og mer på nivå med stubb (vårpløyd). Denne trenden holdt seg gjennom vinteren; 17. januar lå fangvekstrutene på 24–27 mg/L, mens høstpløyd vårkorn (rute 4) var oppe i 200 mg/L.

Årlig nivå målt i grøfteavrenningen var betydelig lavere enn i overflatevannet, men fulgte mye av det samme mønsteret. De høyeste enkeltmålingene i grøft ble registrert i mai og juni (opp mot 390 mg/L for rute 5). I perioden med størst avrenningsrisiko på høsten (30. oktober) var suspendert stoff i grøftene lavest for fangvekst (11–33 mg/L) og vårpløyd (7–52 mg/L), mens høstpløyde ruter lå vesentlig høyere (opptil 250 mg/L).

Tabell 6.1 Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning fra 12 ruter i Kjelle ruteforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
	mg suspendert stoff/L overflateavrenning											
17.sep.24	380	230	920	270	220	230	490	290	300	330	390	460
30.okt.24	590	400	950	120	120	63	660	320	1000	230	110	130
17.jan.25	71	79	150	5	33	19	200	79	120	25	24	27
4.mar.25	7	5	6	3	11	4	35	10	18	4	18	15
20.mai.25	510		330					820		190	200	150
27.jun.25	490	1400	420	220	270	170	450	380	2400	170	280	92
5.sep.25	97	390	160	360	69	110	350	120	220	130	120	46

Tabell 6.2. Konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning fra 12 ruter i Kjelle ruteforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
	mg suspendert stoff/L grøfteavrenning											
17.sep.24	49	140	110	71	91	39	27	86	140	55	49	88
30.okt.24	170	130	250	52	46	7	51	99	220	33	11	23
17.jan.25	39	6	39	11	7	4	12	8	14	8	9	16
4.mar.25	15	18	10	7	18	4	3	14	7	9	5	12
20.mai.25	40	120	380		65	20	25				28	29
27.jun.25	14	390	260	120	22	16	35	78		21	28	23
5.sep.25	39	100	100		57	27	85	350		41	39	91

6.1.2 Fosfor

6.1.2.2 Totalfosfor

Konsentrasjonen av totalfosfor i blandprøver fra overflateavrenning varierte gjennom året fra 0,11 mg/L (rute 9, mars 2025) til 9,7 mg/L (rute 7, juni 2025) (tabell 6.3). De høyeste enkeltmålingene ble generelt registrert i sommerhalvåret, spesielt i juni.

For å vurdere effekten av fangvekster er det perioden fra etablering om høsten frem til jordarbeiding på våren som er relevant. I denne perioden (september–mars) viste ruter med fangvekst en tydelig tendens til lavere fosforkonsentrasjoner enn ruter som ble høstpløyd. Forskjellen var særlig tydelig sent på høsten: ved prøveuttaket 30. oktober lå konsentrasjonene fra fangvekst-rutene lavt (0,6–0,9 mg/L), mens de høstpløyde rutene (både vårkorn og høstkorn) varierte fra 1,1 til 2,7 mg/L.

Konsentrasjonen av totalfosfor i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,1 mg/L fra en rute med fangvekst i januar til 1,0 mg/L fra en rute med høstkorn i oktober (tabell 6.4).

Også for grøfteavrenning var effekten av plantedekket tydeligst gjennom høst- og vintermånedene. Mens ruter med fangvekst holdt lave og stabile verdier (0,1–0,2 mg/L i oktober), hadde ruter med høstpløying og høstkorn flere målinger med betydelig høyere

konsentrasjoner (opp mot 1,0 mg/L). Etter at fangvekstene ble avsluttet ved våronna, jevnet forskjellene seg mer ut, selv om enkeltmålinger varierte også gjennom sommeren.

Tabell 6.3 Konsentrasjoner av totalfosfor i overflateavrenning fra 12 ruter i Kjelle ruteforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
mg totalfosfor/L overflateavrenning												
17.sep.24	1,8	1,5	1,9	2,5	1,6	1,4	2,0	1,4	1,6	1,0	1,3	1,3
30.okt.24	2,7	1,3	1,6	1,1	1,1	1,1	1,6	1,2	3,2	0,9	0,6	0,7
17.jan.25	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	1,0	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4
4.mar.25	0,4	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3
20.mai.25	1,0		0,6					1,4		0,6	0,9	0,9
27.jun.25	3,2	5,0	1,2	2,2	3,9	1,9	2,9	1,6	9,7	0,8	1,0	0,5
5.sep.25	3,3	2,2	1,2	2,3	2,7	2,2	3,3	1,3	2,9	0,9	0,9	0,5

Tabell 6.4 Konsentrasjoner av totalfosfor i grøfteavrenningen fra 12 ruter i Kjelle ruteforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
mg totalfosfor/L grøfteavrenning												
17.sep.24	0,74	0,58	0,59	0,57	0,57	0,31	0,50	0,72	0,64	0,34	0,32	0,66
30.okt.24	0,97	0,37	0,65	0,31	0,35	0,13	0,36	0,36	0,85	0,20	0,13	0,24
17.jan.25	0,35	0,15	0,27	0,16	0,13	0,07	0,24	0,17	0,14	0,11	0,07	0,20
4.mar.25	0,31	0,22	0,18	0,22	0,18	0,06	0,23	0,23	0,22	0,12	0,08	0,17
20.mai.25	0,32	0,28	0,50		0,19	0,08	0,19				0,09	0,13
27.jun.25	0,23	0,50	0,35	0,34	0,18	0,12	0,20	0,28		0,19	0,17	0,13
5.sep.25	0,51	0,36	0,32		0,31	0,19	0,43	0,79		0,28	0,24	0,34

6.1.2.3 Løst fosfat

Konsentrasjonen av løst fosfat i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 0,07 mg/L fra en høstpløyd rute (rute 9) i mars 2025 til 3,2 mg/L, også fra en høstpløyd rute (rute 7), i juni 2025 (tabell 6.5).

Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i prøvene tatt ut sommer og tidlig høst (juni og september). I perioden fra innhøsting og frem til våronna var det tydelige forskjeller mellom behandlingene. Ved prøveuttaket 30. oktober 2024 lå konsentrasjonene fra ruter med fangvekst relativt lavt (0,44–0,64 mg/L), mens høstpløyd ruter hadde verdier opp mot 1,8 mg/L.

Konsentrasjonen av løst fosfat i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,04 mg/L fra en rute med fangvekst (rute 11) i januar/mars til 0,62 mg/L fra en høstpløyd rute (rute 1) i oktober (tabell 6.6).

De høyeste konsentrasjonene i grøftevannet ble generelt målt på høsten (september og oktober). Også her hadde ruter med fangvekst en dempende effekt sammenlignet med

høstkorn og høstpløying. Mens fangvekstrutene lå stabilt lavt (rundt 0,10–0,22 mg/L) sent på høsten, viste ruter med høstkorn og høstpløying konsentrasjoner opp mot 0,60 mg/L i samme periode.

Tabell 6.5 Konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning fra 12 ruter i Kjelle ruteforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
	mg løst fosfat/L overflateavrenning											
17.sep.24	1,40	1,00	0,90	1,90	1,10	0,92	1,30	0,88	0,93	0,67	0,90	0,84
30.okt.24	1,80	0,68	0,84	0,92	0,78	0,90	1,20	0,80	1,70	0,64	0,44	0,50
17.jan.25	0,46	0,23	0,31	0,19	0,36	0,44	0,79	0,36	0,44	0,33	0,37	0,32
4.mar.25	0,25	0,10	0,07	0,15	0,34	0,39	0,24	0,18	0,20	0,25	0,31	0,21
20.mai.25	0,89		0,35					1,30		0,40	0,74	0,42
27.jun.25	1,70	2,40	0,58	1,10	1,60	1,10	2,20	0,88	3,20	0,39	0,47	0,21
5.sep.25	3,10	1,50	0,67	1,10	1,60	1,30	2,70	0,75	2,50	0,62	0,62	0,37

Tabell 6.6 Konsentrasjoner av løst fosfat i grøfteavrenningen fra 12 ruter i Kjelle ruteforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
	mg løst fosfat/L grøfteavrenning											
17.sep.24	0,61	0,38	0,32	0,45	0,41	0,21	0,41	0,52	0,44	0,22	0,18	0,40
30.okt.24	0,62	0,30	0,40	0,23	0,23	0,10	0,26	0,28	0,61	0,13	0,10	0,16
17.jan.25	0,24	0,10	0,15	0,11	0,09	0,05	0,17	0,11	0,09	0,07	0,04	0,13
4.mar.25	0,24	0,12	0,07	0,16	0,1	0,04	0,16	0,14	0,13	0,06	0,04	0,09
20.mai.25	0,25	0,18	0,32		0,12	0,06	0,15				0,07	0,09
27.jun.25	0,13	0,24	0,16	0,18	0,14	0,09	0,11	0,16		0,11	0,11	0,09
5.sep.25	0,44	0,25	0,16		0,23	0,15	0,31	0,45		0,20	0,17	0,20

6.1.3 Nitrogen

Konsentrasjonen av totalnitrogen i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 0,39 mg/L i avrenning fra en vårpløyd rute (rute 3) i januar til 58 mg/L i avrenning fra en rute med høstkorn (rute 1) i juni (tabell 6.7). Generelt ble de klart høyeste konsentrasjonene målt i blandprøvene som ble tatt 27. juni.

Konsentrasjonen av totalnitrogen i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,7 mg/L i en prøve tatt i oktober (rute 1) til 73 mg/L i avrenning fra en vårpløyd rute (rute 6) i juni (tabell 6.8). Tilsvarende som for overflateavrenning ble de høyeste konsentrasjonene målt i prøven tatt om sommeren (juni).

Ser man bort fra de høye sommerverdiene og fokuserer på perioden fra innhøsting og frem til våronna (september – mars), varierte bildet noe mer. I september og oktober ble de høyeste enkeltmålingene registrert på ruter med høstkorn/høstpløying (opp mot 11–12

mg/L), men det var også variasjon her. Ruter med fangvekst hadde verdier mellom 2,1 og 6,2 mg/L i denne tidlige fasen.

Gjennom vinteren (januar og mars) var forskjellene i overflateavrenning tydeligere. I denne perioden lå ruter med fangvekst (ca. 1,5–2,2 mg/L) og ruter i stubb (ca. 0,4–2,1 mg/L) på et lavere nivå enn ruter som lå pløyd gjennom vinteren for vårkorn (rute 2, 4 og 7), som hadde konsentrasjoner opp mot 4,0 mg/L.

For grøfteavrenningen var forskjellene mellom behandlingene mindre tydelige gjennom vinterhalvåret. Ruter med fangvekst lå jevnt over mellom 4 og 7 mg/L i perioden september–mars, noe som var på nivå med, eller noe høyere enn, ruter med stubb (vårpløyd). (vårpløyd).

Tabell 6.7 Konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning fra 12 ruter i Kjelle rutforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
mg totalnitrogen/L overflateavrenning												
17.sep.24	6,3	3,3	12,0	4,8	4,0	4,3	4,8	4,0	6,5	6,2	4,2	3,3
30.okt.24	11,0	3,3	3,5	2,0	2,9	2,1	5,6	3,2	7,0	2,3	3,8	2,1
17.jan.25	1,5	1,1	2,3	0,4	1,4	0,9	3,7	3,1	3,9	1,9	1,9	1,5
4.mar.25	2,1	1,2	2,2	0,4	2,1	0,9	4,0	2,0	3,0	2,0	2,2	1,5
20.mai.25	3,9		6,0					5,5		4,5	5,7	3,6
27.jun.25	58,0	39,0	15,0	27,0	31,0	27,0	47,0	29,0	34,0	22,0	21,0	16,0
5.sep.25	23,0	8,5	4,2	7,5	13,0	7,6	13	9,2	19,0	5,7	5,5	2,8

Tabell 6.8 Konsentrasjoner av totalnitrogen i grøfteavrenningen fra 12 ruter i Kjelle rutforsøk for perioden 1. september 2024 til 1. september 2025.

Prøve- uttak	Høstpløyd/høstkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/vårkorn			Fangvekst		
	Rute 1	Rute 5	Rute 9	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 10	Rute 11	Rute 12
mg totalnitrogen/L grøfteavrenning												
17.sep.24	7,4	7,1	5,6	5,0	7,0	1,8	7,0	7,5	6,3	6,7	6,4	6,4
30.okt.24	0,7	5,2	4,8	3,8	3,9	1,3	5,6	5,7	7,6	4,0	4,7	6,5
17.jan.25	4,6	4,0	4,2	2,9	3,9	0,8	4,8	4,4	5,5	4,2	4,7	6,0
4.mar.25	2,8	2,9	3,1	2,5	3,6	0,7	3,6	2,6	4,3	4,0	4,7	5,1
20.mai.25	4,0	3,5	4,3		3,7	0,6	5,6				4,1	6,9
27.jun.25	48,0	53,0	22,0	26,0	73,0	32,0	34,0	53,0		53,0	44,0	45,0
5.sep.25	7,4	15,0	6,3		33,0	7,0	7,9	9,3		17,0	11,0	18,0

6.1.4 Demonstrasjon av effekter av høstpløying vs. fangvekst

Boks 1.

Høstpløying vs. fangvekst i stubb: 17. sep.-30 okt. 2024

Figur 6.5 viser overflateavrenning fra høstpløydde ruter etter 35 mm nedbør på nylig pløyd jord (pløyd 17. oktober). Den mørke fargen på vannprøvene illustrerer de høye partikkelkonsentrasjonene; nysådd høstkorn var for lite utviklet til å hindre erosjon, og nivåene var like høye som fra høstpløydde ruter uten høstkorn. Snittverdiene for disse rutene lå svært høyt for både suspendert stoff (SS = 660 mg/L) og totalfosfor (TP = 2,0 mg/L). Til sammenligning viste analysene at ruter uten jordarbeiding ga langt klarere vann (SS = 100-160 mg/L, TP = 0,73-1,1 mg/L). Vårkorn i stubb hadde lavest partikkelinnhold, med en reduksjon i SS-konsentrasjon på ca. 85 % sammenlignet med høstpløyd jord. Fangvekster var mest effektivt mot næringsstoffer; her ble fosforkonsentrasjonen (TP) redusert med ca. 64 %.

Figur 6.5 Overflate- og grøfteavrenning i prøver tatt 30. oktober 2024. Prøvene viser forskjell i jordpartikler mellom høstpløyd jord (venstre) og fangvekst (høyre) etter 35 mm nedbør på nypløyd mark. Foto: Frederik Bøe.

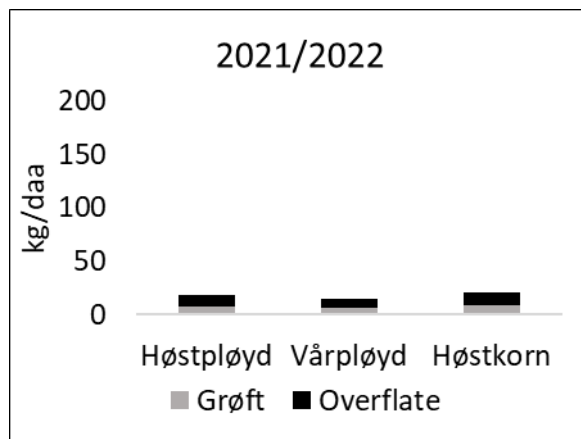
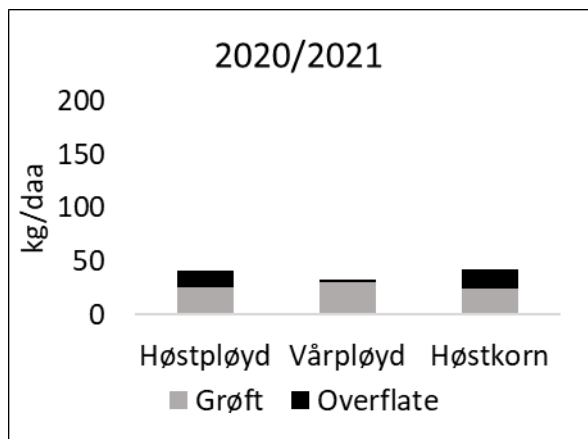
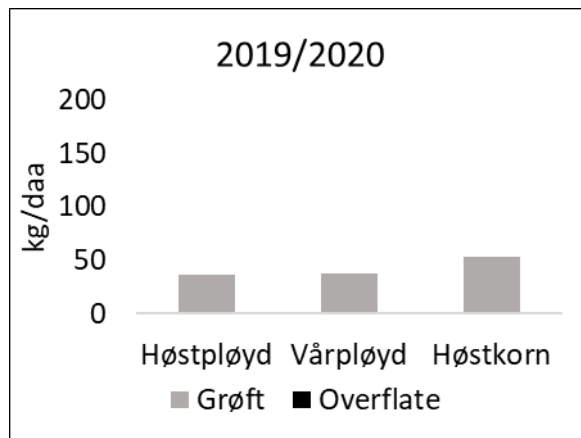
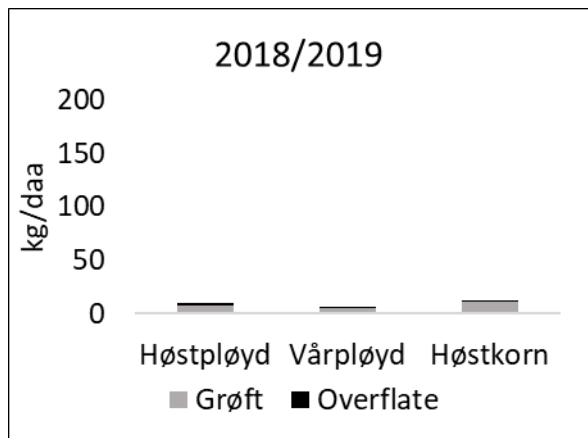
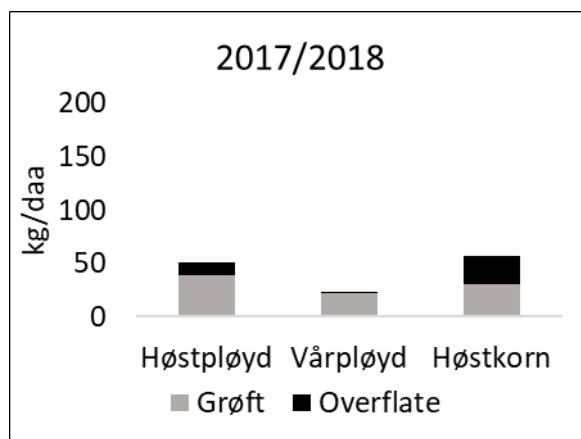
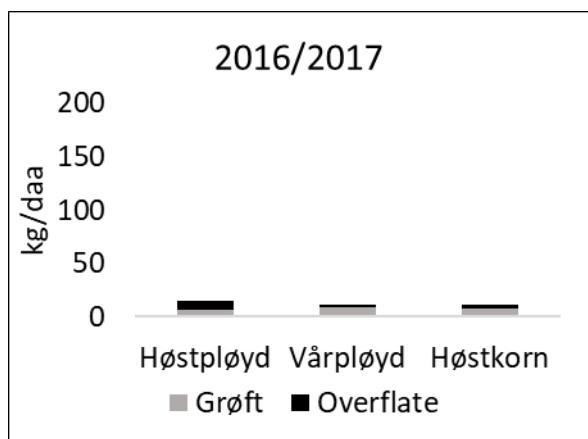
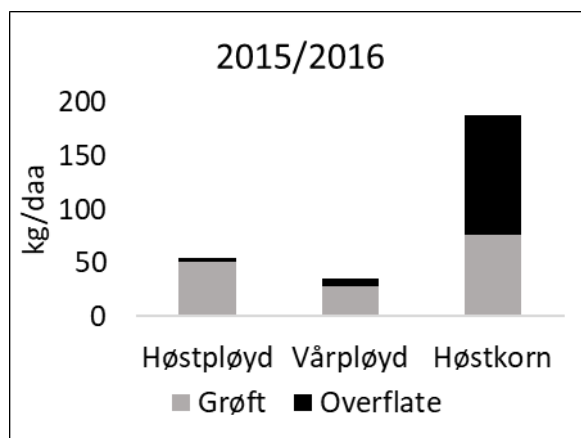
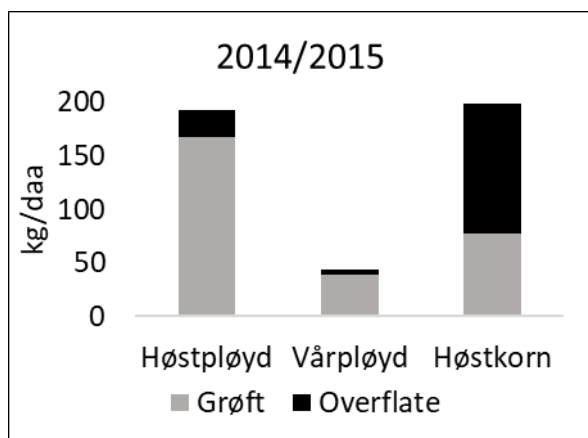


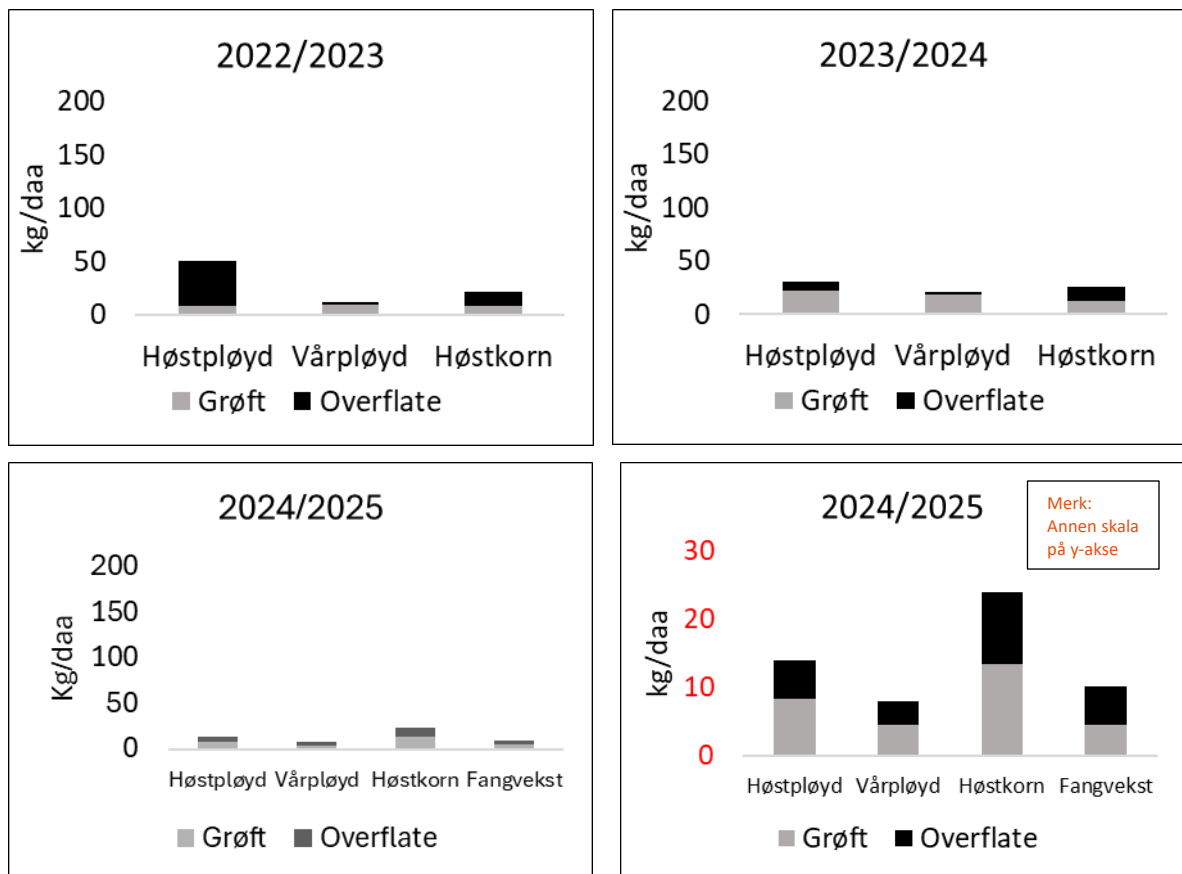
6.2 Jord- og næringsstofftap

Tap av partikler og næringsstoffer er beregnet som summen av vannføring (L/blandprøveperiode) multiplisert med konsentrasjonen (mg/L) i hver blandprøveperiode. Det er her rapportert tap av jord og næringsstoffer for perioden fra høsting til såing av vårkorn, standardisert til å være fra 1. september til 1. juni påfølgende år. Resultater er også presentert for hver blandprøveperiode gjennom hele året 2024/2025 (1. september til 1. september).

6.2.1 Jordtap

Jordtapene i 2024/2025 (1. september-1. juni) var generelt lave sammenlignet med de to første årene (Fig. 6.1). Tapene var tilsvarende som i år med lav avrenning (for eksempel 2016/2017 og 2021/2022). Jordtapene i 2024-2025 var i gjennomsnitt 14 kg/daa, inkludert fangvekstrutene. Jordtapene var 24 kg/daa fra høstkornrutene, 14 kg/daa fra høstpløydde ruter og 8 og 10 kg/daa fra henholdsvis vårpløydde ruter og ruter med fangvekst i stubb (figur 6.1 og 6.2). Om lag 55-60 % av tapene skjedde gjennom grøftene. Tapene gjennom overflateavrenningen utgjorde en større andel fra ruter med høstkorn sammenlignet med de øvrige behandlingene.

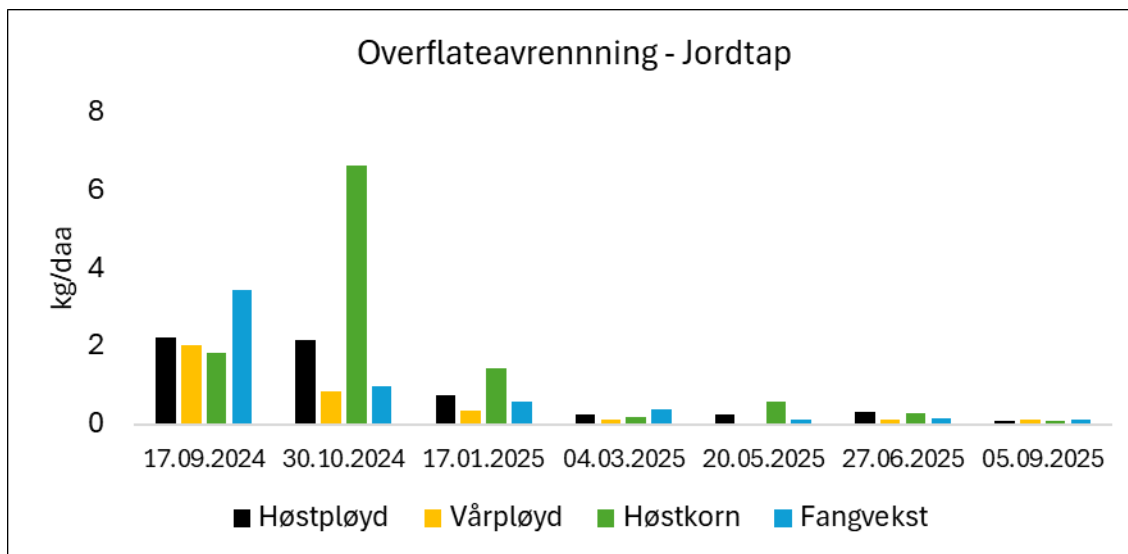




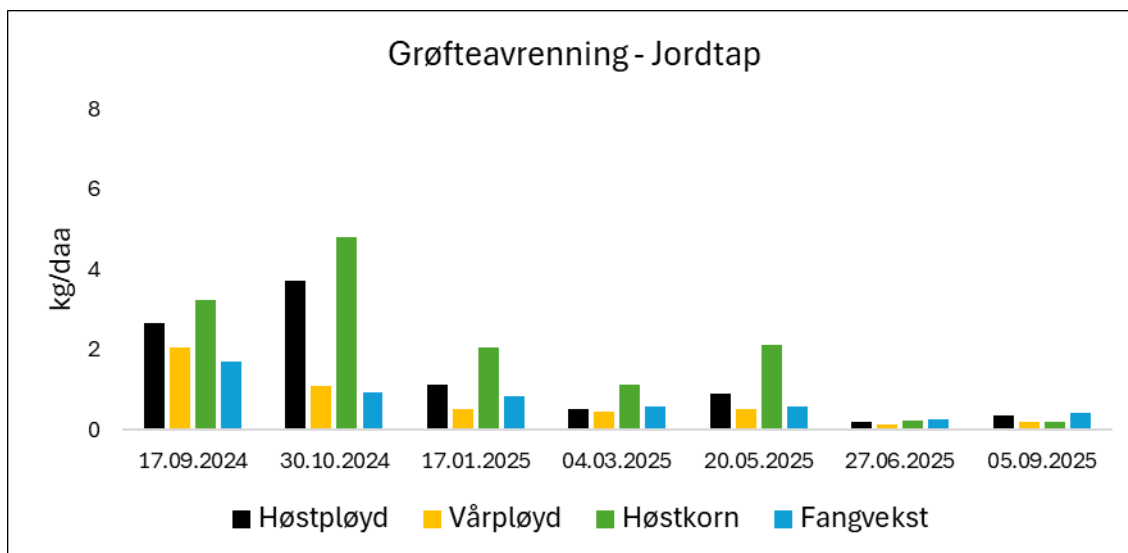
Figur 6.1 Gjennomsnittlig tap av jord (kg/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd i 11 forsøksår. Overflatevann mangler i 2019/2020. I 2023/2024 for høstkorn var det 2 gjentak for grøfteavrenning og overflateavrenning inkludert. Fangvekst er inkludert i 2024/2025. Gjelder for perioden 1. september til 1. juni.

De største jordtapene med overflateavrenning skjedde i september for ruter med fangvekst, og særlig i oktober 2024 for ruter med høstkorn (figur 6.2). Det høye tapet i september fra ruter med fangvekster kan forklares med at jorda på dette tidspunktet var uten etablert vegetasjonsdekke, noe som gjør den utsatt for erosjon ved nedbør. I oktober skiller høstkorn seg ut med det klart høyeste tapet (ca. 6,5 kg/daa), noe som tyder på at plantene ennå ikke ga tilstrekkelig erosjonsbeskyttelse mot høstnedbøren.

Jordtap gjennom drengroftene var høyest i september og oktober 2024, men det ble også registrert tap i januar og mai 2025 (figur 6.3). Høstkorn og høstpløyd hadde generelt de største tapene gjennom grøftene. Stubben (vårpløyd) ser ut til å beskytte godt mot jordtap. Disse rutene hadde konsekvent lave tap gjennom hele perioden, også under avrenningsepisodene på høsten og i mai. I motsetning til overflateavrenningen, hvor fangvekst hadde høye tap tidlig på høsten, var tapene fra fangvekst via grøftene moderate og på nivå med stubb etter etableringsfasen.



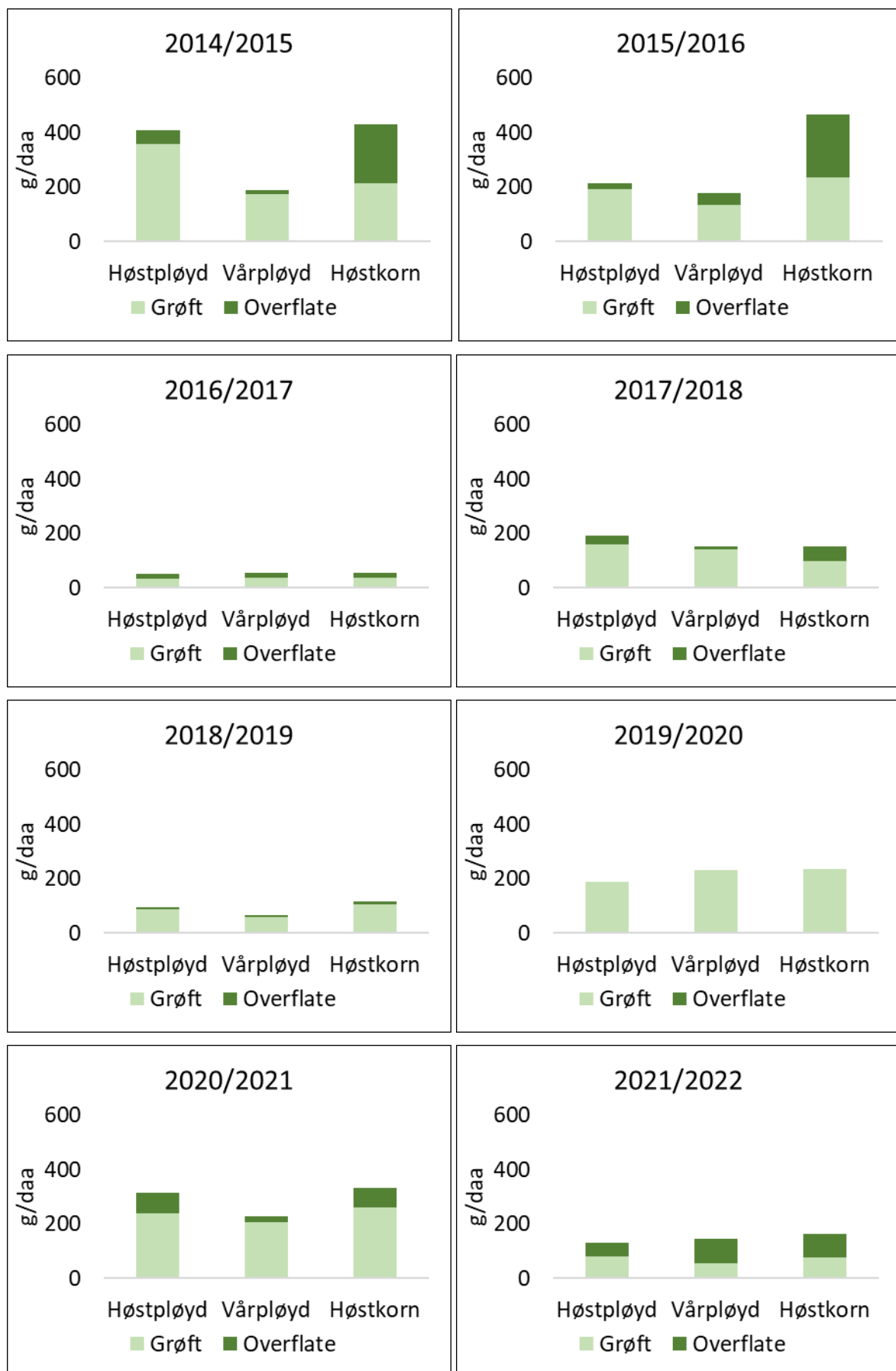
Figur 6.2 Tap av jord (kg/daa) med overflateavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd for perioden høsten 2024 til høsten 2025.

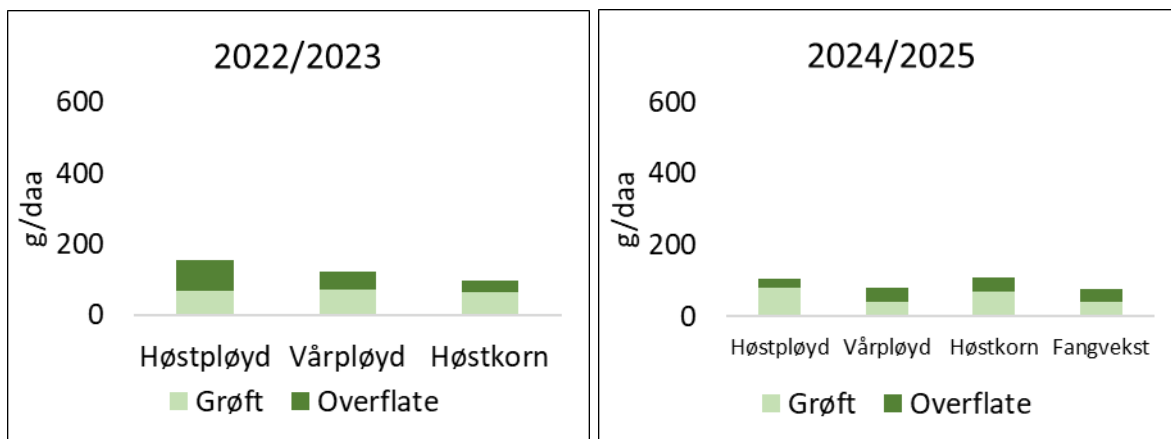


Figur 6.3 Tap av jord (kg/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd for perioden høsten 2024 til høsten 2025.

6.2.2 Fosfortap

Fosfortapet var i gjennomsnitt for alle ruter 93 g/daa i perioden 1. september 2024 til 1. juni 2025, inkludert fangvekst (figur 6.4). For høstkornrutene var det 108 g/daa, for høstpløyd ruter 106 g/daa og for vårpløyd ruter 82 g/daa og for fangvekstruter 76 g/daa (figur 6.4). Tapene var høyere gjennom overflateavrenning fra høstpløyd ruter (inkl. høstkorn; 64-76 %) sammenlignet med vårpløyd ruter og ruter med fangvekst (50-52 %).

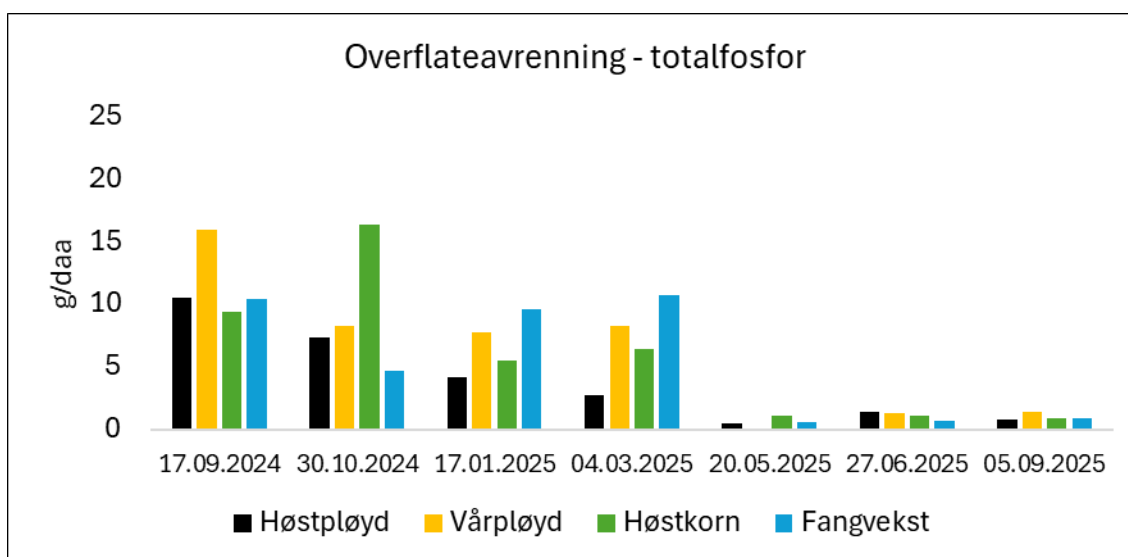




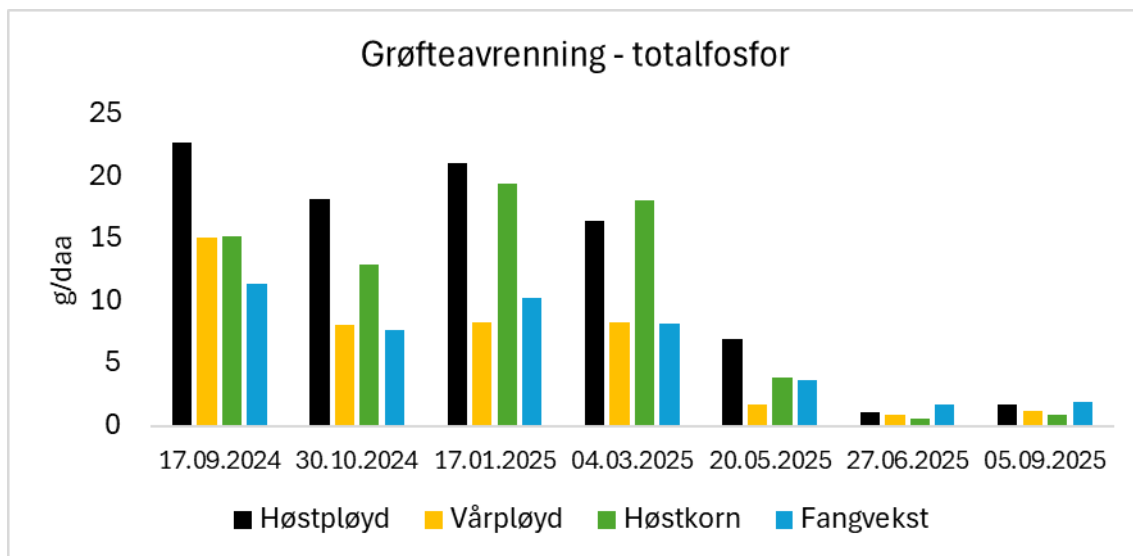
Figur 6.4 Gjenomsnittlig tap av totalfosfor (g/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd i 10 forsøksår. Overflatevann mangler i 2019/2020. Totalfosfor er ikke inkludert for 2023/2024 grunnet feil analyseverdier. Fangvekst er inkludert i 2024/2025. Gjelder for perioden 1. september til 1. juni.

Fosfortap via overflateavrenning har variert gjennom sesongen (Figur 6.5). De største tapene ble registrert tidlig på høsten, med en topp for vårpløyd (stubb) i september og for høstkorn i oktober 2024. Gjennom vinteren (januar og mars 2025) var tapene av totalfosfor høyest fra ruter med fangvekst og vårpløyd (stubb), mens de høstpløydte rutene hadde lave tap. De forhøyede tapene fra ruter med plantedekke i vinterperioden kan forklares med utvasking av løst fosfor fra frysende plantemasse (fangvekster og ugras), ettersom jordtapet fra disse rutene var lavt i samme periode.

Gjennom drenggrøftene var det derimot høstpløydte ruter og ruter med høstkorn som sto for de største fosfortapene gjennom hele høst- og vinterperioden (Figur 6.6). Spesielt i september, januar og mars var tapene fra disse behandlingene betydelig høyere enn fra ruter med vårpløying og fangvekst.

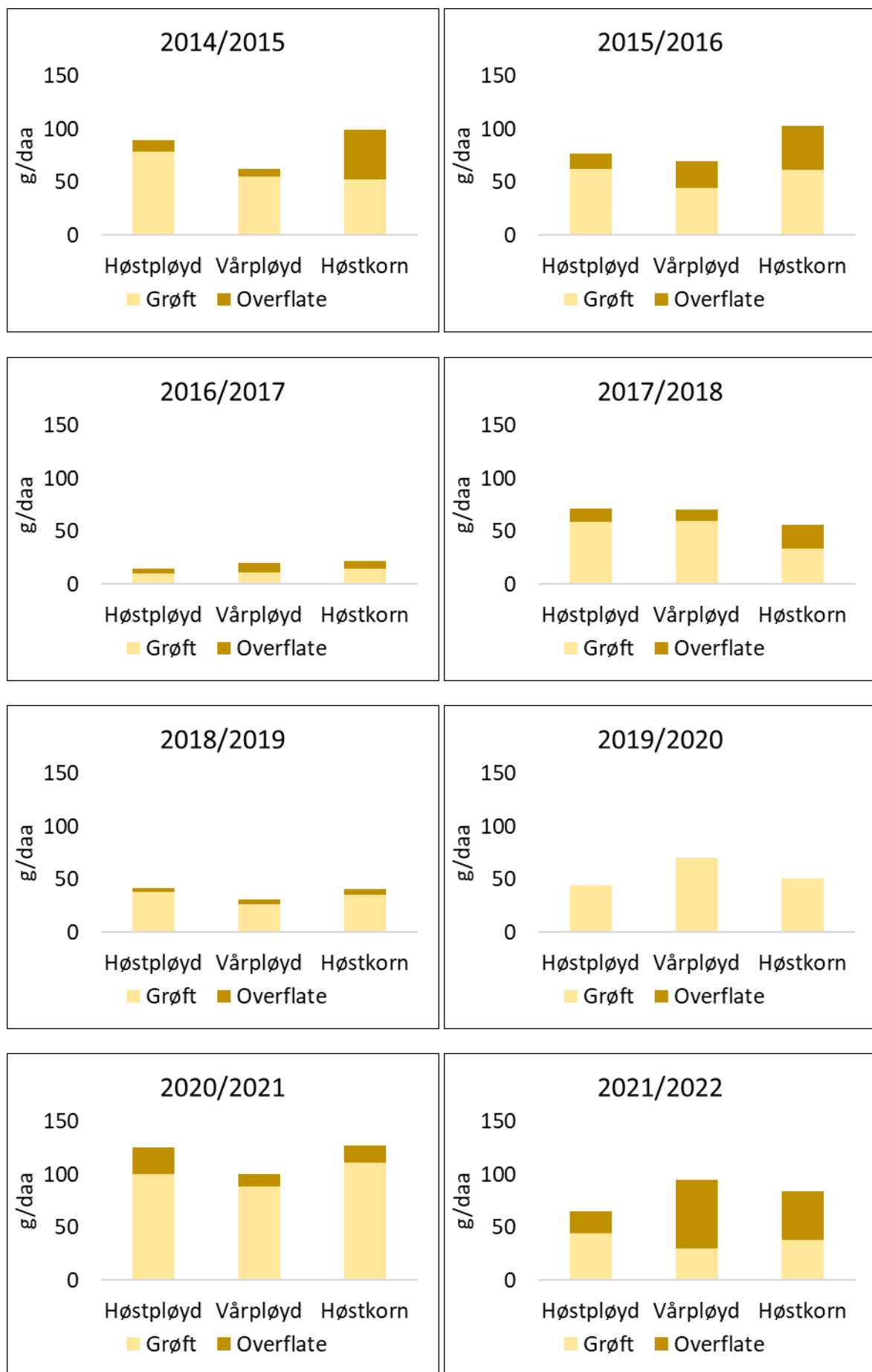


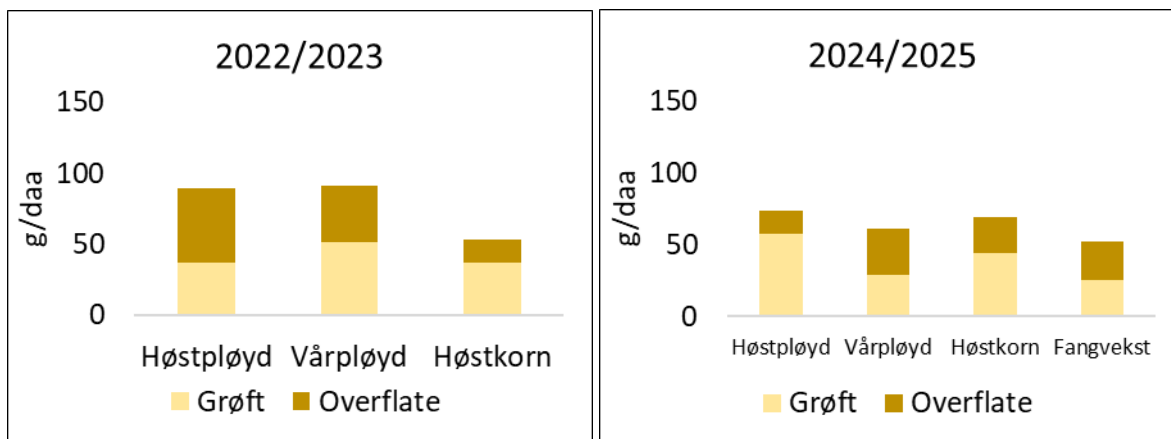
Figur 6.5 Tap av totalfosfor (g/daa) med overflateavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd for perioden høsten 2024 til høsten 2025.



Figur 6.6 Tap av totalfosfor (g/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd for perioden høsten 2024 til høsten 2025.

Tapene av løst fosfat var i gjennomsnitt for alle ruter 64 g/daa i perioden 1. september 2024 til 1. juni 2025, inkludert fangvekst (figur 6.7). For høstkornrutene var de tilsvarende 69 g/daa, for høstpløyd ruter 74 g/daa, for vårpløyd ruter 61 g/daa og for fangvekstruter 52 g/daa (figur 6.7). Tap av løst fosfat gjennom drensgrøftene utgjorde om lag 50 % fra vårpløyd ruter og fangvekstruter, og mellom 65 til 80 % for høstpløyd ruter med og uten høstkorn. Tap av løst fosfat utgjorde 69 % av totalfosfortapet, noe som er tilsvarende som i 2022/2023 (62%), men høyere enn 2014-2022 (25-42 %). Den høyere andelen løst fosfat som måles på Kjelle sees i sammenheng med det høye fosforinnholdet i jorda.



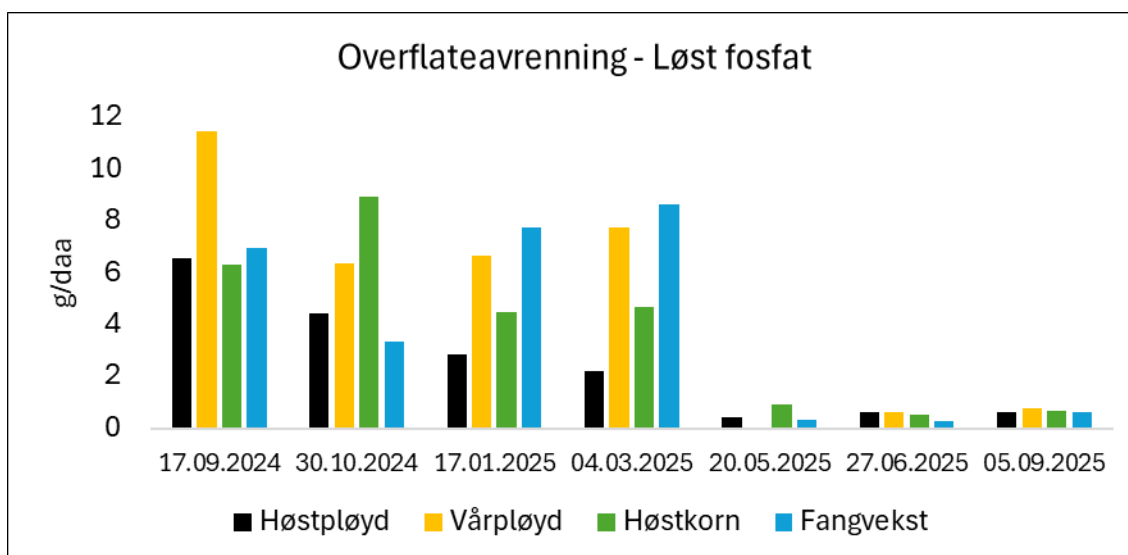


Figur 6.7 Gjennomsnittlig tap av løst fosfat (g/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd i 10 forsøksår. Overflatevann mangler i 2019/2020. Løst fosfat er ikke inkludert for 2023/2024 grunnet feil analyseverdier. Fangvekst er inkludert i 2024/2025. Gjelder for perioden 1. september til 1. juni.

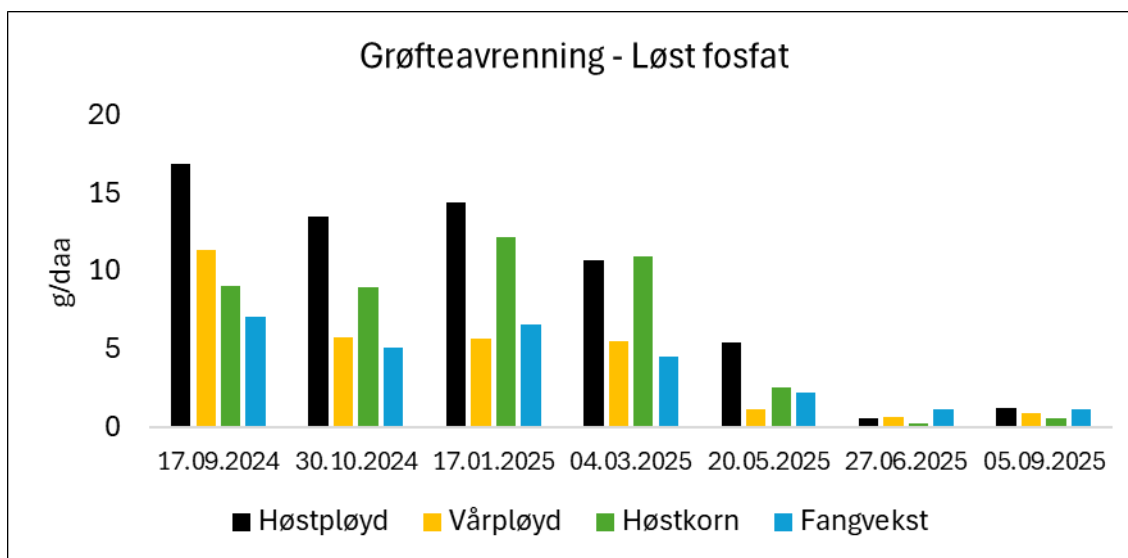
Tapet av løst fosfat gjennom overflateavrenningen varierte betydelig mellom behandlingene gjennom sesongen (Figur 6.8). Tidlig på høsten, i september, var tapet størst fra vårpløyd ruter (stubb etter vårkorn). I oktober endret bildet seg, og de høyeste tapene ble da registrert fra ruter med høstkorn.

Gjennom vinteren (januar og mars) var tapene størst fra ruter med fangvekst og vårpløyd (stubb). De høye tapene fra disse rutene i vinterperioden kan knyttes til utfrysing av fosfor fra planterester og fangvekster. Høstpløyd ruter hadde til sammenligning lave tap av løst fosfat i overflatevannet gjennom vinteren.

Gjennom drensgrøftene var det en tydelig tendens til størst tap fra høstpløyd ruter og ruter med høstkorn gjennom hele perioden fra september til mai (Figur 6.9). Vårpløyd ruter og fangvekst hadde lavere tap gjennom grøftesystemet i samme tidsrom. De generelt høye fosfortallene i jorda på Kjelle bidrar til den høye andelen løst fosfat i avrenningen.



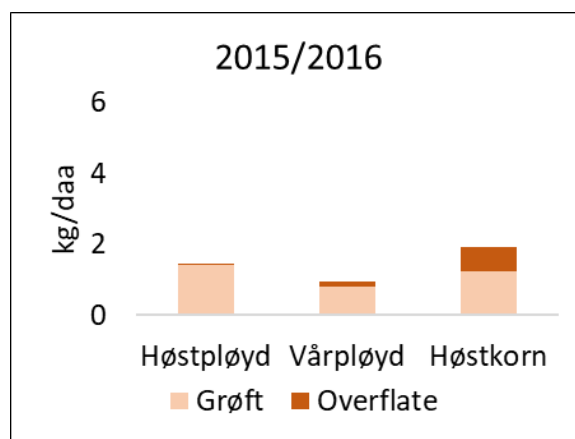
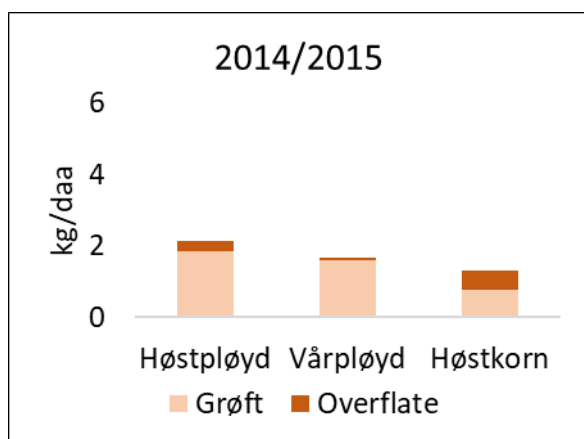
Figur 6.8 Tap av løst fosfat (g/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd for perioden høsten 2024 til høsten 2025.

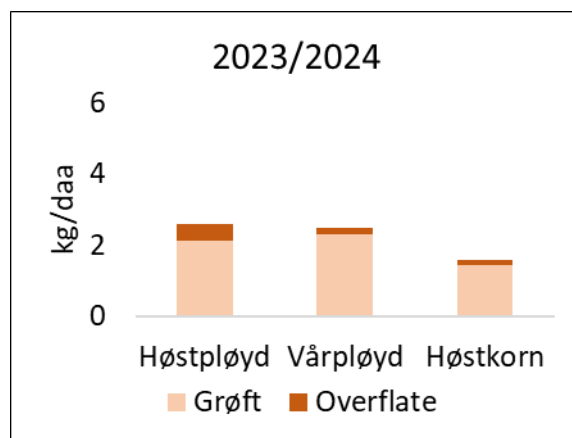
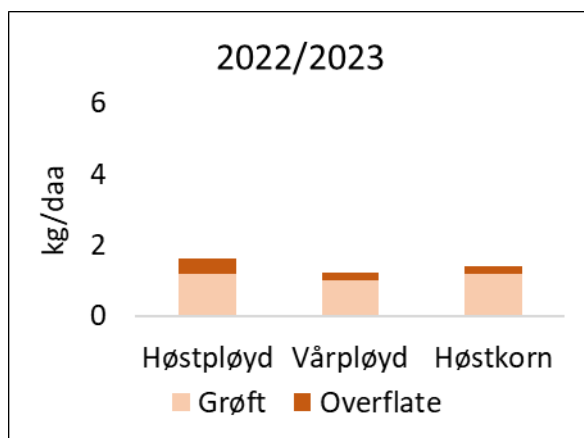
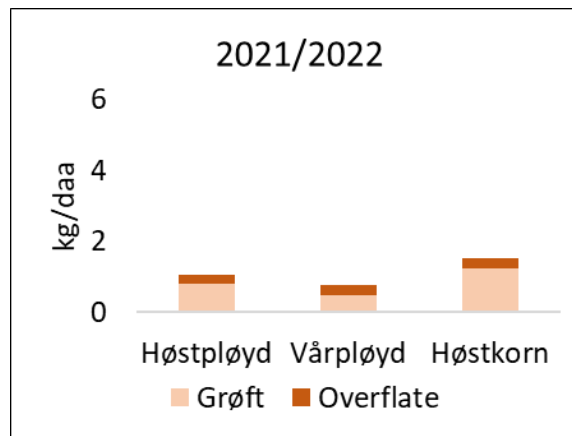
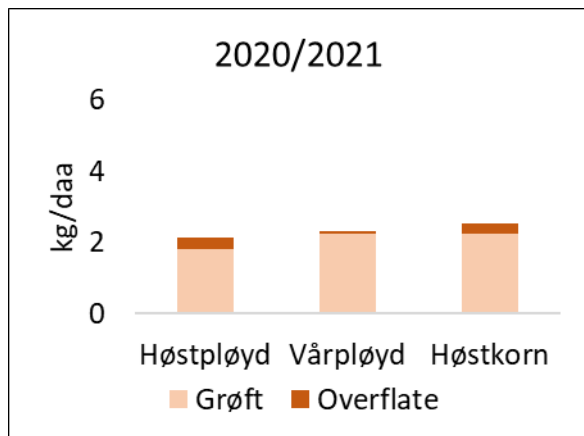
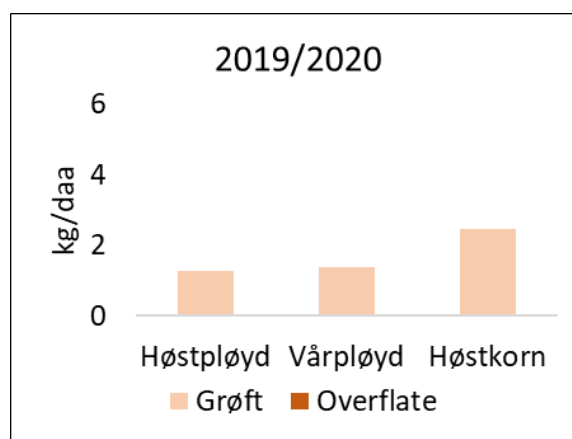
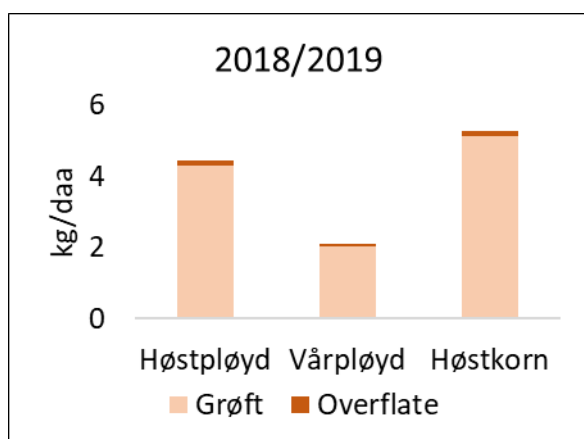
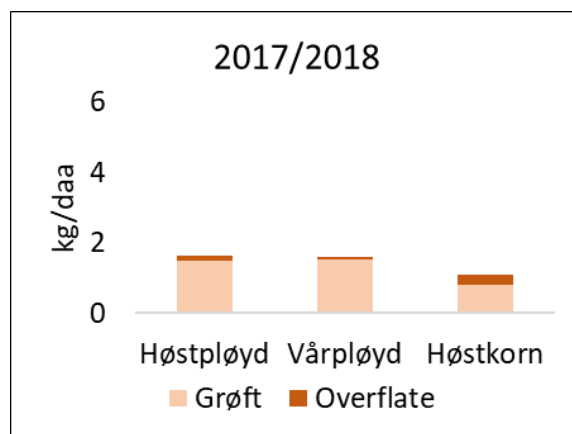
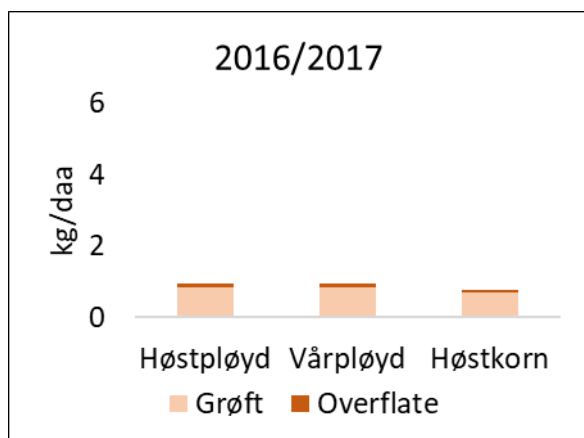


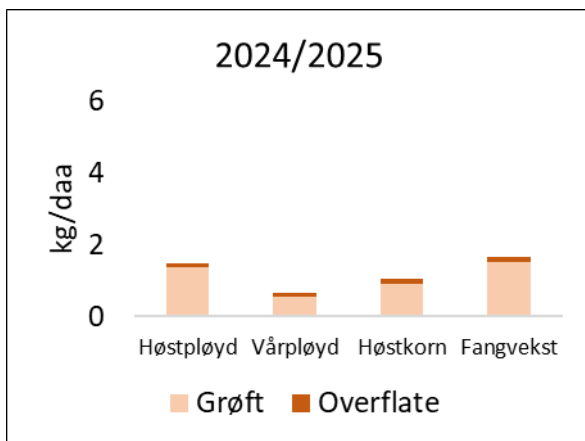
Figur 6.9 Tap av løst fosfat (g/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd for perioden høsten 2024 til høsten 2025.

6.2.3 Nitrogentap

Nitrogentap var i gjennomsnitt for alle ruter 1,2 kg/daa i perioden 1. september 2024 til 1. juni 2025, inkludert fangvekstruter (Figur 6.10). Tapene var omtrent like for høstpløyde ruter og ruter med fangvekster (1,5-1,7 kg/daa), mens ruter i stubb hadde lavest nitrogentap (0,6 kg/daa). Nitrogentapet fra ruter med høstkorn var 1,0 kg/daa. Tap av nitrogen gjennom drensgrøftene utgjorde i gjennomsnitt for alle ruter 90 %. Nitrogentapene i overflateavrenningen var omtrent likt for de ulike behandlingene (0,1-0,2 kg/daa).







Figur 6.10 Gjennomsnitt av årlige tap av totalnitrogen (TN-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, ti forsøksår. Overflatevann mangler i 2019/2020. I 2023/2024 for høstkorn var det 2 gjentak for grøfteavrenning og overflateavrenning inkludert. Fangvekst er inkludert i 2024/2025. Gjelder for perioden 1. september til 1. juni.

Figur 6.12 viser at nitrogentapet primært foregår gjennom grøfteavrenning, mens tapene via overflatevannet er betydelig lavere. For perioden 2024–2025 var det ruter med vårpløying (stubb) som kom best ut med de laveste og mest stabile tapene gjennom hele sesongen.

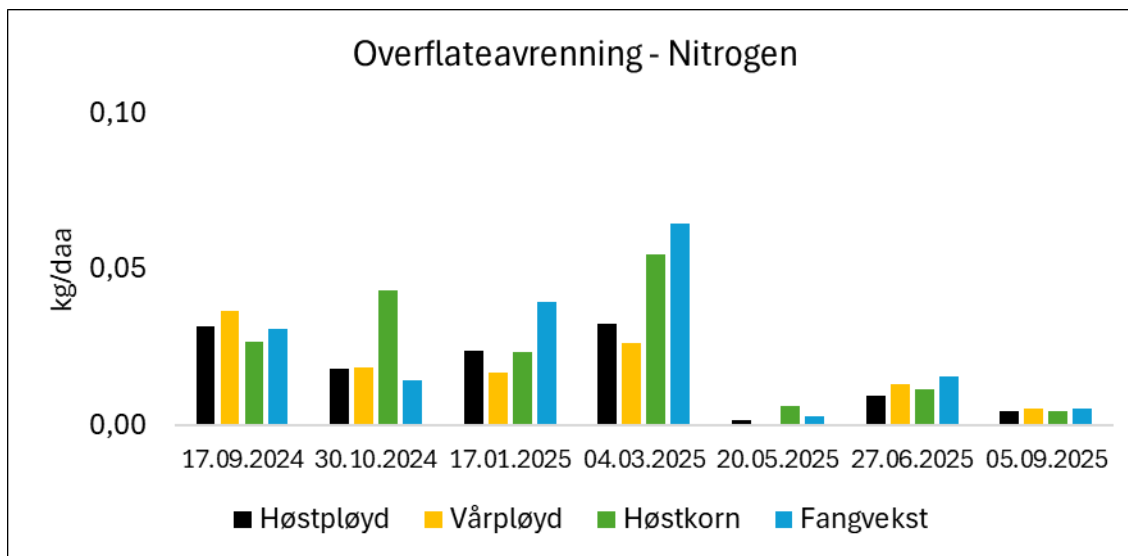
Gjennom høsten og vinteren var det tydelige forskjeller mellom behandlingene i grøfteavrenningen. Ruter med høstpløying hadde, sammen med ruter med høstkorn, de høyeste tapene i perioden fra september til januar. Spesielt ved prøveuttaket i januar 2025 var avrenningen fra høstpløyd areal høyere enn de øvrige behandlingene (ca. 0,5 kg/daa). Til sammenligning lå avrenningen fra stubbrutene lavere i samme tidsrom.

Når det gjelder fangvekster, viser tallene for denne sesongen et sammensatt bilde. I overflateavrenningen var nitrogentapet generelt lavt, men ruter med fangvekst skilte seg ut med de høyeste verdiene i mars (figur 6.11). Dette kan trolig knyttes til at fryse-tine sykluser påvirker plantecellene slik at nitrogen lekker ut fra planterestene i overflatevannet.

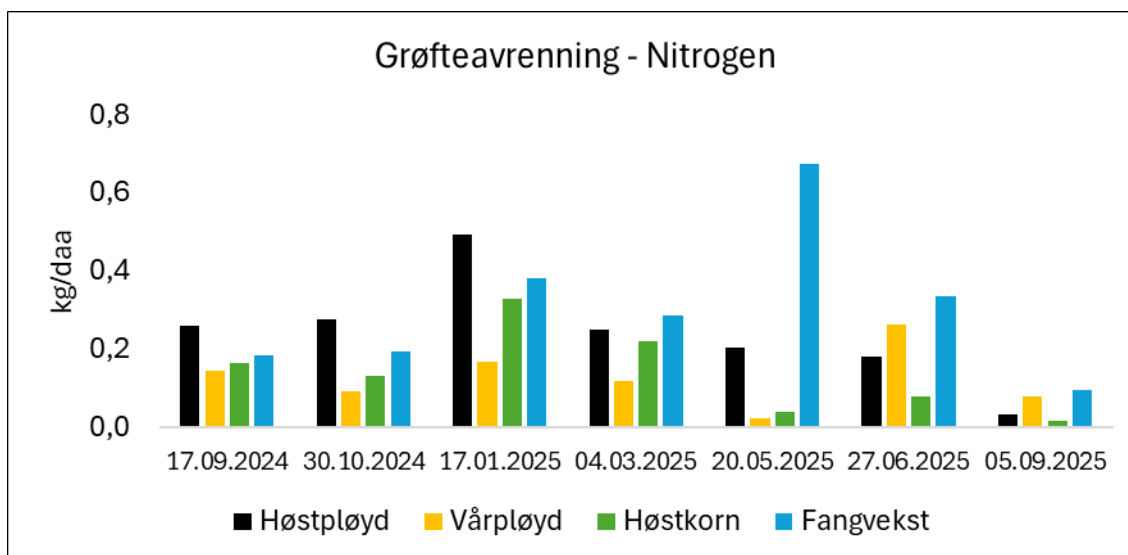
I grøfteavrenningen fulgte fangvekstrutene i stor grad mønsteret til høstkorn gjennom høstperioden, men utviklingen skilte seg ut på våren. Mens de øvrige behandlingene viste lave tap i mai 2025, ble det registrert en tydelig topp i nitrogentapet fra fangvekstrutene (> 0,6 kg/daa) på dette tidspunktet.

Denne økningen må sees i sammenheng med avslutningen av kulturen og våronna. Arealet ble sprøytet med glyfosat 25. april, etterfulgt av nedpløying 8. mai. Frigjøring av nitrogen fra plantemasse og jordarbeiding er trolig årsaken til utvaskingen.

Samlet viser resultatene for sesongen at fangvekster medførte utfordringer med nitrogentap i to spesifikke faser: via overflatevannet på senvinteren (grunnet utfrysing) og via grøftesystemet sent på våren (i forbindelse med avslutning av veksten).



Figur 6.11 Gjennomsnittlig nitrogentap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode for perioden høsten 2024 til høsten 2025.



Figur 6.12 Gjennomsnittlig nitrogentap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode for perioden høsten 2024 til høsten 2025. Merk: Annen y-akse enn for overflateavrenning.

6.3 Effekter på jord- og næringsstofftap

I gjennomsnitt for hele tidsserien er tap av jord, totalfosfor og nitrogen lavest for vårpløyde ruter, etterfulgt av høstpløyde ruter og ruter med høstkorn (Figur 02 og vedlegg 1). Nye statistiske analyser med «linear mixed models» (LMM) bekrefter at reduksjonen ved vårpløying er statistisk signifikant sammenlignet med høstpløying for både jordtap, totalfosfor og totalnitrogen ($p < 0,05$).

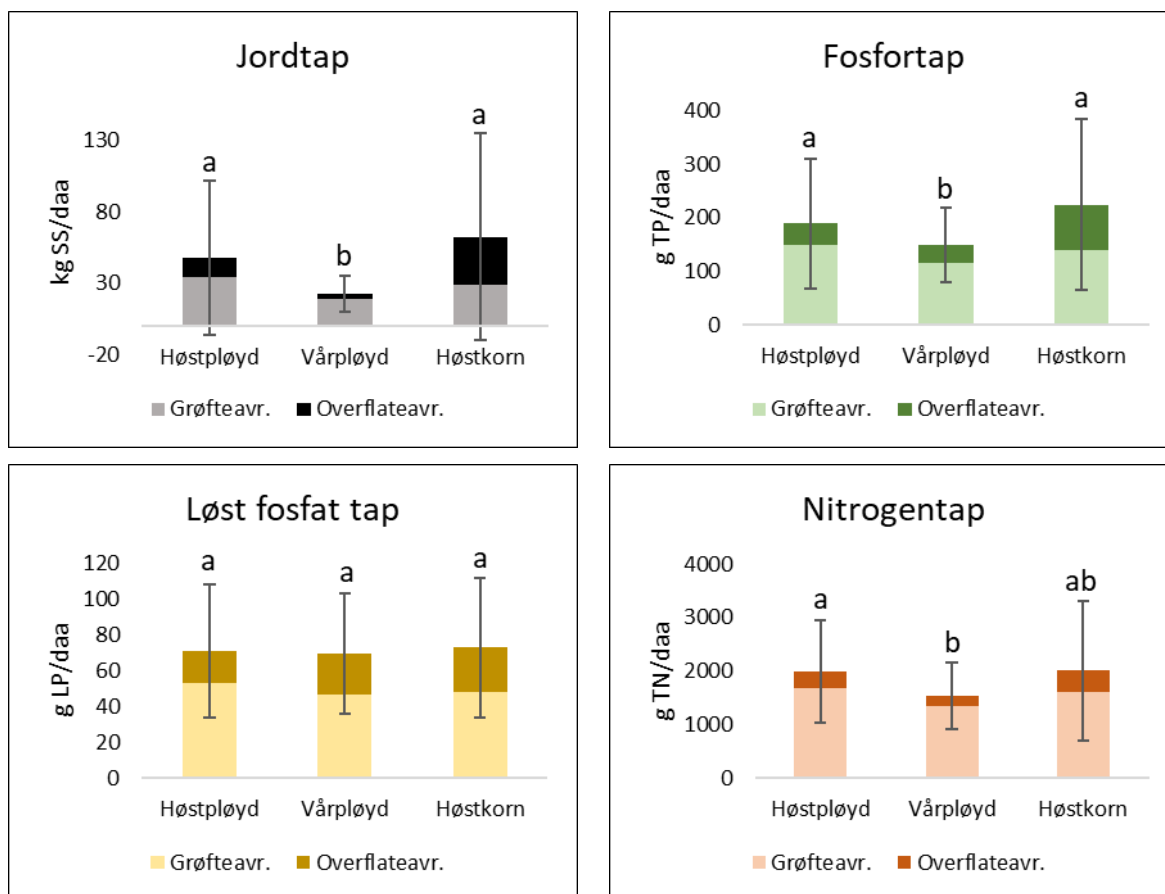
Jordtapet var i gjennomsnitt for alle ruter for alle årene 44 kg/daa (1. september – 1. juni). For høstpløyde ruter var jordtapet i gjennomsnitt 48 kg/daa, for vårpløyde 23 kg/daa og for ruter med høstkorn var jordtapet i gjennomsnitt 62 kg/daa.

Som diskutert i Bechmann m.fl. (2023) kan det være noe usikkerhet knyttet til de første årene i tidsserien fordi arealet ble drenert med Rådalshjul, noe som kan ha gitt forhøyede tap i etableringsfasen.

Dersom de to første åra fjernes, blir tapene i gjennomsnitt for alle ruter 27 kg/daa. For høstpløyde ruter blir jordtapet da i gjennomsnitt 31 kg/daa, for vårpløyde 19 kg/daa og for ruter med høstkorn 31 kg/daa. Selv uten de to første årene er jordtapet fra vårpløying signifikant lavere ($p < 0,001$) enn for både høstpløying og høstkorn. Analysen viser også at hovedårsaken til forskjellen ligger i overflateavrenningen, som var signifikant lavere for vårpløying ($p < 0,001$), mens det for grøfteavrenning alene ikke var signifikante forskjeller i denne perioden.

Når det gjelder fosfor, sammenfaller mønsteret for tap av totalfosfor i stor grad med trendene for jordtap. Vårpløying kom gunstigst ut (148 g/daa) sammenlignet med høstpløyde ruter (189 g/daa) og ruter med høstkorn (224 g/daa). Når de to første årene ekskluderes, er totaltapet av fosfor fortsatt signifikant lavere for vårpløying sammenlignet med høstpløying ($p = 0,024$). Forskjellen mellom vårpløying og høstkorn var imidlertid ikke lenger statistisk signifikant i denne perioden. For løst fosfat var forskjellene mellom behandlingene mindre fremtredende, og nivåene lå relativt stabilt rundt 70 g/daa. Verken analysen av hele perioden eller analysen uten de to første årene fant noen signifikante forskjeller i tap av løst fosfat mellom behandlingene.

Tapet av totalnitrogen var i gjennomsnitt for alle ruter og alle år 1,8 kg/daa. For høstpløyde ruter og ruter med høstkorn var nitrogentapet i gjennomsnitt 2,0 kg/daa sammenlignet med 1,5 kg/daa for vårpløyde ruter. Analysen viste samme mønster som for fosfor. Tapet av nitrogen var signifikant lavere for vårpløying sammenlignet med høstpløying ($p = 0,017$). For høstkorn var nitrogentapet verken signifikant forskjellig fra vårpløying eller høstpløying i denne perioden.



Figur 02. Gjennomsnittlig tap av jord (SS), totalnitrogen (TN), totalfosfor (TP) og løst fosfat (LP) fordelt på overflate- og grøfteavrenning for måleperioden 1. september–1. juni i årene 2014–2025. Fosforparametere mangler for 2023/2024 grunnet analysefeil, mens overflateavrenning er utelatt for 2019/2020 grunnet prøvefeil. For høstkorn i 2023/2024 inngår kun to gjentak. Søylen viser aritmetisk gjennomsnitt av rådata med standardavvik. Bokstaver (a, b) angir signifikante forskjeller ($p < 0,05$) for totaltapet basert på en «linear mixed model» (LMM) av log-transformerte data. Søyler som deler samme bokstav, er ikke signifikant forskjellige.

6.4 Variasjon og usikkerhet i datagrunnlaget

Resultater fra feltforsøk vil alltid preges av naturlige svingninger og usikkerheter. Med utgangspunkt i vurderinger gjort av Bechmann m.fl. (2023), gjennomgås her de viktigste faktorene som påvirker tolkningen av resultatene.

6.4.1 Hydrologisk respons

Behandlingene på feltet roteres årlig for å nøytralisere effekten av eventuelle forskjeller i rutevariasjon. Denne rotasjonen forhindrer at resultatene for en gitt jordarbeidingsmetode blir preget av spesifikke forhold i enkelte ruter. Ulempen med årlig rotasjon er likevel at det forhindrer evaluering av kumulative langtidseffekter i jorda som følge av en fast behandlingsstrategi over flere år.

6.4.2 Samspill mellom vær, lokalitet og drift

Avrenningsmengden styres av et komplekst samspill mellom værforhold, jordarbeiding og rutenes egenskap. Hvis en rute er hydrologisk responsiv under spesielle værtyper, vil dette påvirke resultatet for den behandlingen som tilfeldigvis ligger på ruten det aktuelle året.

Vinterklimaet er en avgjørende faktor. Det er for eksempel stor forskjell på avrenningsmønsteret ved barfrost kontra snødekke. Snøsmelting forløper også ulikt avhengig av om overflaten er pløyd eller ligger i stubb. Videre er det viktig å være klar over at enkelthendelser med ekstremvær i enkelte år kan dominere det totale bildet av næringstapene.

6.4.3 Valg av sammenligningsperiode

For å gi et riktig bilde av effekten av ulike jordarbeidingsmetoder, er det avgjørende å velge en representativ beregningsperiode. Å isolere høstmånedene (f.eks. november–desember) ville gitt mangelfull informasjon, da dette ikke fanger opp prosessene gjennom hele vinteren og våren.

Effekten av stubb sammenlignet med pløyd jord er ofte mest fremtredende under snøsmeltingen. I tillegg innebærer vårpløying at jorda bearbeides sent på våren (april/mai). For å inkludere effektene av både høstpløying (som skjer i september for høstkorn), vinterforhold og påfølgende vårpløying, benyttes derfor perioden fra september til og med mai som standard sammenligningsgrunnlag for tap i dette forsøket.

6.4.4 Metodiske feilkilder

Selve forsøksdesignet og den praktiske driften innebærer også enkelte usikkerhetsmomenter:

- **Teknisk utførelse:** Kvaliteten på jordarbeidingen, spesielt i overgangen mot inntaksrennene for overflatevann, kan variere noe fra sesong til sesong. Slike variasjoner kan skape støy i datamaterialet og gjøre det vanskeligere å isolere signifikante forskjeller mellom behandlingene.
- **Jordstruktur:** Feltet ble grøftet i 2013. Prosessen med setning av jorda i årene etter inngrepet kan ha gitt en annen hydrologisk respons enn det man finner i stabilisert jord.

- **Antall gjentak:** En metodisk styrke ved Kjelle-forsøket er at det benyttes tre gjentak per behandling, mens to gjentak har vært normen i mange eldre forsøk. Kombinert med lange måleserier bidrar dette til å redusere usikkerheten og gi resultater som er mer representative for faktiske forhold.

7 Plantevernmidler

7.1 Konsentrasjoner

Plantevernmiddelkonsentrasjoner målt i overflate- og grøftevannsprøver gjennom perioden september 2024 til august 2025 er vist i henholdsvis tabell 7.1 og 7.2 under. Henvisningene til jordarbeidingspraksis i tabellene gjelder for perioden 2024/2025, mens plantevernmiddelfunnene er et resultat av sprøyting fra rapporteringsperioden 2019/2020 til dd.

Det totale antallet prøver i rapporteringsperioden 2024/2025 var 82, mot 113 prøver i perioden 2023/2024. Det ble gjort 355 enkeltfunn av plantevernmidler eller metabolitter i 2024/2025, sammenlignet med 470 enkeltfunn i foregående sesong. Antallet funn var dermed lavere, men dette må ses i sammenheng med at det også ble analysert færre prøver. Regnet per prøve var funnfrekvensen om lag på samme nivå som i 2023/2024. I motsetning til forrige sesong, hvor det ble gjort noe flere funn i overflateavrenning enn i grøfteavrenning, var funnfrekvensen per prøve i 2024/2025 omtrent lik for overflate- og grøftevann. Det ble likevel gjort flere absolutte funn i grøftevann, hovedsakelig fordi det forelå flere grøftevannsprøver enn overflatevannsprøver.

Tabell 7.1 Konsentrasjoner av plantevernmidler i overflateavrenning fra Kjelle ruteforsøk for perioden 1.september 2024 til 1.september 2025. (Dette inkluderer prøver med uttaksdato fra 15.10.24 til 20.05.25.)

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Rute 3,6,8 Vårpløyd/vårkorn 2024/2025			Rute 2,4,7 Høstpløyd/vårkorn 2024/2025			Rute 1,5,9 Høstpløyd/høstkorn 2024/2025		
	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons. [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons. [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons. [µg/L]	Antall funn >LOQ
Benzovindiflupyr (S)	0,02±0,02	0,05	10	0,011± 0,013	0,044	11	0,01±0,01	0,04	10
Biksafen (S)	0,15± 0,178	0,436	9	0,067± 0,115	0,345	9	0,049± 0,113	0,370	10
Fluopyram (S)	0,115± 0,151	0,529	11	0,207± 0,18	0,619	12	0,110± 0,139	0,46	12
Protiokonazol (S)	n.d.			n.d.			n.d.		
Protiokonazol-destio (metabolitt, S)	n.d.			n.d.			n.d.		
Trifloxystrobin (S)	n.d.			n.d.			n.d.		
Metsulfuron-metyl (U)	n.d.			n.d.			n.d.		
Tribenuron-metyl (U)	n.d.			n.d.			n.d.		
IN-A4098 (metabolitt, U)	0,019± 0,011	0,036	9	0,032± 0,017	0,064	10	0,019± 0,017	0,049	7
IN-L5296 (metabolitt, U)	0,004± 0,002	0,007	3	0,004± 0,002	0,006	2	0,005± 0,003	0,007	2
Fluroksypyr (U)	n.d.			n.d.			n.d.		
Fluroksypyr-meptyl (metabolitt, U)	0,005± 0,001	0,005	9	0,005± 0,001	0,006	10	0,006± 0,002	0,011	10

*Gjennomsnittskonsentrasjoner beregnet kun for prøver med funn over bestemmelsesgrensen for analysemetoden (>LOQ).
U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. SD: standardavvik. LOQ: bestemmelsesgrense for plantevernmiddelanalyse. n.d.: ikke påvist.

De hyppigst påviste stoffene i 2024/2025 var Fluopyram, Fluroksypyr-methylheptylester, Benzovindiflupyr, IN-A4098 og Biksafen. Fluopyram ble påvist i nesten alle prøver, tilsvarende som i 2023/2024, men konsentrasjonsnivåene var høyere i 2024/2025. Det samme gjaldt særlig Biksafen og Benzovindiflupyr, hvor både gjennomsnitts- og maksimumskonsentrasjoner var høyere enn i foregående sesong. For Biksafen ble maksimal konsentrasjon i 2024/2025 målt til 0,436 µg/L, mot 0,026 µg/L i 2023/2024. For Fluopyram var maksimal konsentrasjon 0,619 µg/L i 2024/2025, mot 0,082 µg/L i 2023/2024. Dette indikerer at selv om det totale antallet funn ikke økte, var avrenningen av enkelte soppmidler mer markert i 2024/2025 enn i foregående sesong.

Maksimalkonsentrasjonene i 2024/2025 ble sammenlignet med antatte MF-verdier for kroniske effekter i vannmiljø. For de fleste påviste stoffene lå konsentrasjonene under MF. Unntakene var soppmidlene Benzovindiflupyr og Biksafen i overflateavrenning, med maksimale konsentrasjoner på henholdsvis 0,050 og 0,436 µg/L, mot MF-verdier på 0,02 og 0,05 µg/L. Tilsvarende overskridelser ble ikke observert i grøfteavrenning.

Fluopyram ble påvist hyppig, men maksimal konsentrasjon var lavere enn MF-verdien. Protiokonazol, Protiokonazol-destio og Trifloksystrobin ble ikke påvist. For IN-A4098 foreligger det ikke MF-verdi, mens IN-L5296 ble påvist i lave konsentrasjoner langt under oppgitt MF-verdi.

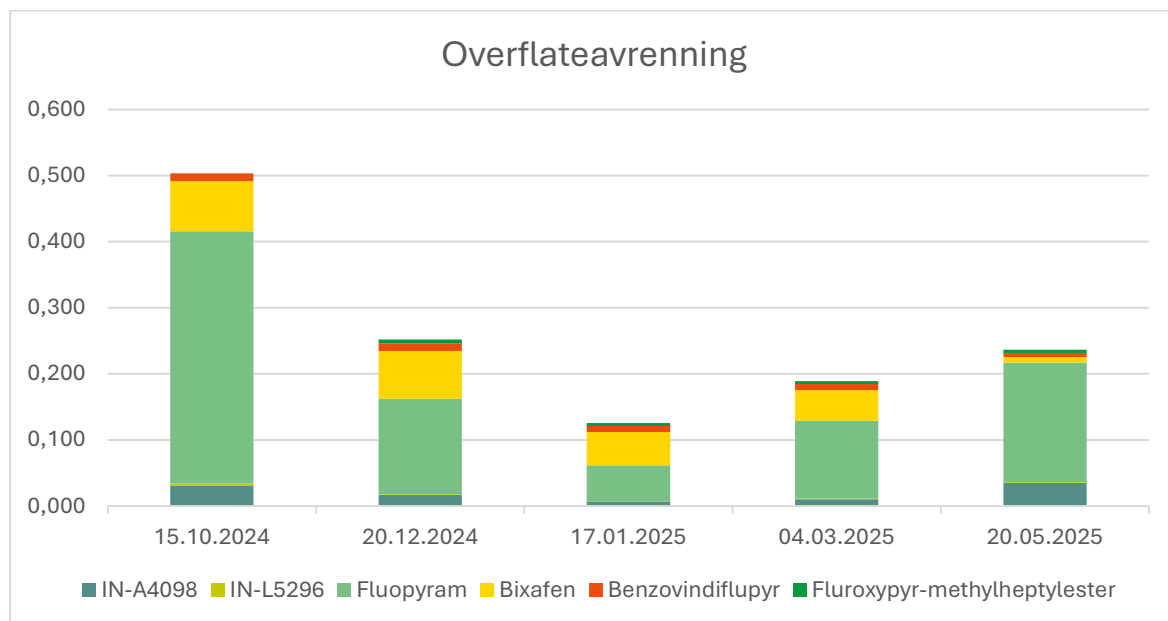
Tabell 7.2 Konsentrasjoner av plantevernmidler i grøfteavrenning fra Kjelle ruteforsøk for perioden 1.september 2024 til 1.september 2025. (Dette inkluderer prøver med uttaksdato fra 15.10.24 til 05.09.25).

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Rute 3,6,8 Vårpløyd/vårkorn 2024/2025			Rute 2,4,7 Høstpløyd/vårkorn 2024/2025			Rute 1,5,9 Høstpløyd/høstkorn 2024/2025		
	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons. [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons. [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons. [µg/L]	Antall funn >LOQ
Benzovindiflupyr (S)	0,004± 0,001	0,005	8	0,004± 0,000	0,004	10	0,005± 0,001	0,008	13
Biksafen (S)	0,008± 0,003	0,011	10	0,005± 0,003	0,011	10	0,014± 0,006	0,024	13
Fluopyram (S)	0,035± 0,027	0,092	14	0,082± 0,043	0,171	14	0,093± 0,062	0,24	14
Protiokonazol (S)	n.d.			n.d.			n.d.		
Protiokonazol-destio (metabolitt, S)	n.d.			n.d.			n.d.		
Trifloxystrobin (S)	n.d.			n.d.			n.d.		
Metsulfuron-metyl (U)	n.d.			n.d.			n.d.		
Tribenuron-metyl (U)	n.d.			n.d.			n.d.		
IN-A4098 (metabolitt, U)	0,007± 0,004	0,014	9	0,012± 0,007	0,031	13	0,015± 0,012	0,043	13
IN-L5296 (metabolitt, U)	n.d.	0,005	10	n.d.			n.d.		
Fluroksypyr (U)	n.d.			n.d.			n.d.		
Fluroksypyr-meptyl (metabolitt, U)	0,005± 0,002	0,008	13	0,005± 0,002	0,008	12	0,005± 0,001	0,008	14

*Gjennomsnittskonsentrasjoner beregnet kun for prøver med funn over bestemmelsesgrensen for analysemetoden (>LOQ).
U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. SD: standardavvik. LOQ: bestemmelsesgrense for plantevernmiddelanalyse. n.d.: ikke påvist.

Vi måler her konsentrasjonen i kanten av en forsøksrute og det er forventet at konsentrasjonsnivået i resipienten (her: nærliggende bekk) vil være fortynnet sett i forhold til disse målingene.

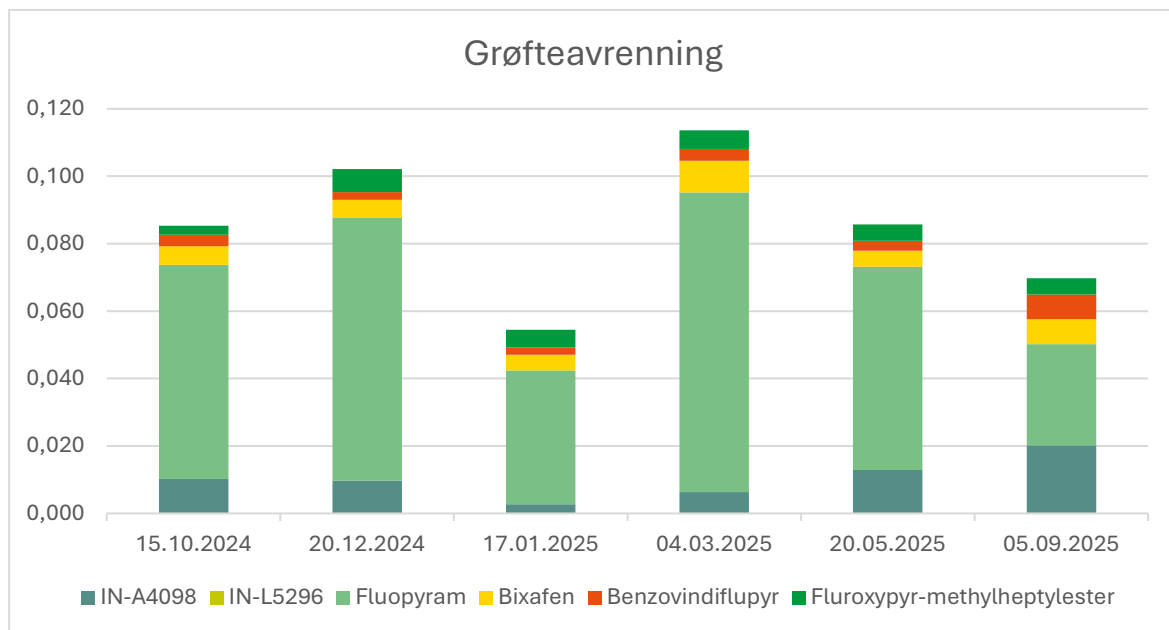
De målte konsentrasjonsnivåene og antall funn av plantevernmidler er påvirket av vær- og avrenningsforholdene gjennom året, samt av om det har vært forhold for avrenning, og dermed også vannprøvetaking i perioden etter sprøyting. Figurene 7.1 og 7.2 viser sum av målte konsentrasjoner av plantevernmidler i prøver av hhv. overflateavrenning og grøfteavrenning fra alle 9 forsøksruter.



Figur 7.1 Sum av gjennomsnittlig målte konsentrasjoner av plantevernmidler (µg/L) i overflateavrenning fra alle 9 forsøksruter pr prøvetakingsdato i rapporteringsperioden (september 2024 – august 2025).

Det ble ikke gjort funn av morstoffene Metsulfuron-metyl og Tribenuron-metyl i 2024/2025, noe som er i tråd med resultatene fra foregående sesong. Dette er forventet, gitt den korte halveringstiden til disse SU-morstoffene i jord. Metabolitten IN-A4098 ble derimot påvist hyppig også i 2024/2025, og både funnfrekvens og konsentrasjonsnivå var relativt høye. Maksimal konsentrasjon av IN-A4098 var 0,064 µg/L i 2024/2025, sammenlignet med 0,027 µg/L i 2023/2024. Metabolitten IN-L5296 ble derimot påvist langt sjeldnere i 2024/2025 enn i foregående sesong. Fluroksypyr ble ikke påvist som morstoff, men metabolitten Fluroksypyr-methylheptylester ble påvist hyppig i både overflate- og grøfteavrenning.

Samlet sett viser resultatene rask nedbrytning av flere morstoffer, men samtidig tydelig transport av utvalgte metabolitter og enkelte mer persistente soppmidler gjennom både overflate- og grøfteavrenning.



Figur 7.2 Sum av gjennomsnittlig målte konsentrasjoner av plantevernmidler (µg/L) i grøfteavrenning fra alle 9 forsøksruter pr prøvetakingsdato i rapporteringsperioden (september 2024 – august 2025).

8 Konklusjoner

Erfaringene fra elleve år med avrenningsmålinger på Kjelle (2014–2025) underbygger at jordarbeidingspraksis har avgjørende betydning for tap av jord og næringsstoffer, selv på arealer med liten helling.

Hydrologi og transportveier: For de flate arealene på Kjelle går hoveddelen av vannstrømmen gjennom drensgrøftene. I gjennomsnitt for måleperioden er avrenningen via grøftene om lag fire ganger så stor som overflateavrenningen. Dette gjør grøftesystemet til den dominerende transportveien for tap av både nitrogen og fosfor. Unntaket er ruter med høstkorn, som skiller seg ut med høyere overflateavrenning (122 mm) sammenlignet med både høstpløyd (88 mm) og vårpløyd (75 mm) areal (tabell 8.1).

Effekt av jordarbeiding (2014–2025): De samlede resultatene viser tydelige forskjeller mellom jordarbeidingsystemene:

- Vårpløying (stubb): Denne strategien gir konsekvent de laveste tapene. Jordtapet (23 kg/daa) er signifikant lavere enn ved høstpløying (48 kg/daa) og høstkorn (62 kg/daa). Vårpløying gir også signifikant lavere tap av totalfosfor (148 g/daa) sammenlignet med de andre behandlingene, samt signifikant lavere nitrogentap (1,5 kg/daa) enn høstpløying.
- Høstkorn: Ruter med høstkorn har det høyeste registrerte jordtapet i perioden (62 kg/daa) og det høyeste tapet av totalfosfor (224 g/daa). Nitrogentapet (2,0 kg/daa) er på samme nivå som for høstpløying.
- Løst fosfat: Viser ingen signifikante forskjeller mellom tiltakene. Gjennomsnittlig tap lå stabilt på 70–73 g/daa uavhengig av om jorda ble høstpløyd, vårpløyd eller tilsådd med høstkorn.

Tabell 8.1 Tap av jord, totalfosfor, løst fosfat og totalnitrogen med overflate- og grøfteavrenning i gjennomsnitt for 2014/2015-2024/2025 (1. september-1. juni) i gjennomsnitt for hver behandling.

	Grøfte- avrenning (figur 01)	Overflate- avrenning (figur 01)	Tap av (figur 02)			
			Jord*	Totalnitrogen	Totalfosfor**	Løst fosfat**
	[mm]	[mm]	[kg/daa]	[kg/daa]	[g/daa]	[g/daa]
Høstpløyde ruter	387	88	48 a	2,0 a	189 a	71 a
Vårpløyde ruter	370	75	23 b	1,5 b	148 b	70 a
Ruter med høstkorn	345	122	62 a	2,0 ab	224 a	73 a

Tall i samme kolonne med ulike bokstaver (a, b) angir statistisk signifikante forskjeller mellom behandlingene ($p < 0,05$, basert på «Linear mixed models» og Tukey-justerte parvise sammenligninger).

*Dersom de første to årene tas ut av tidsserien på grunn av nygrøfting blir det gjennomsnittlige jordtapet for alle ruter redusert med 40 %

** Fosfortap for 2023/2024 er ikke med i tidsserien grunnet usikkerhet i analysene. Dersom de to første årene tas ut av tidsserien på grunn av nygrøfting, reduseres det gjennomsnittlige fosfortapet for hele feltet med 20 %.

Erfaringer med fangvekster: Målinger av fangvekster viser et sammensatt bilde. Mens plantedekket bidrar til å redusere partikkelbundet erosjon og fosfortap via overflaten gjennom vinteren, viser resultatene for 2024/2025 utfordringer med tap av løst fosfat og nitrogen. Fryse-tine sykluser ser ut til å frigjøre løst fosfor og nitrogen fra planterestene til

overflatevannet på senvinteren. Videre viste resultatene en topp i nitrogentapet via grøftene i forbindelse med glyfosatsprøyting og jordarbeiding om våren. Dette indikerer at fangvekster på denne jordtypen krever oppfølging for å sikre at nettoeffekten blir positiv.

Datakvalitet: For rapporteringsåret 2024/2025 er datagrunnlaget forbedret sammenlignet med fjoråret, og fosforanalysene er igjen inkludert i tidsserien. Til tross for dette bekrefter de lange tidsseriene at utsatt jordarbeiding til våren er det mest robuste tiltaket for å redusere avrenning på lokaliteten.

Plantevernmidler: Overvåking av lavdose SU-ugrasmidler, tilhørende metabolitter og utvalgte soppmidler i overflate- og grøfteavrenning ble videreført i 2024/2025. Det totale antallet prøver var lavere enn i foregående rapporteringsperiode, men funnfrekvensen per prøve var på omtrent samme nivå som i 2023/2024. De hyppigst påviste stoffene var Fluopyram, Fluroksypyr-meptyl, Benzovindiflupyr, IN-A4098 og Biksafen.

Konsentrasjonene i grøfteavrenning var generelt lave og på nivå med eller lavere enn overflateavrenning. For enkelte soppmidler, særlig Biksafen og Benzovindiflupyr, ble det målt høyere maksimalkonsentrasjoner i overflateavrenning enn i foregående sesong, og disse oversteg antatte MF-verdier for kroniske effekter i vannmiljø. SU-morstoffene Metsulfuron-metyl og Tribenuron-metyl ble ikke påvist, mens metabolitten IN-A4098 ble funnet hyppig. Resultatene tyder samlet på rask nedbrytning av SU-morstoffene, men fortsatt transport av enkelte metabolitter og mer persistente soppmidler, særlig via overflateavrenning.

Referanser

- Bechmann, M., Kværnø, S.H. og Eklo, O.M., 2015. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2014-2015 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO-rapport vol. 1 nr. 80, 66 s. ISBN 978-82-17-01544-4; ISSN 2464-1162.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Kværnø, S., Eklo, O.M. og Tveiti, G. 2017. Kjelle avrenningsforsøk – årsrapport 2016-2017 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(148), 47s. ISBN 978-82-17-01985-5.
- 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.
- Bechmann, M. Bøe, F., Stenrød, M. og Tveiti, G. 2021a. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2019-2020 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 7(9).
- Bechmann, M. Bøe, F., Stenrød, M. og Tveiti, G. 2021b. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2020-2021 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 7(25).
- Bechmann, M., Bøe, F., Havranek, I., Stenrød, M., & Tveiti, G. (2023). Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2021–2022 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO Rapport 9 (9).
- Bøe, F., Havranek, I. & Bechmann, M. 2024. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2022–2023 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO Rapport 10(14). 52 s. NIBIO, Ås. Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/11250/3116108>.
- Bøe, F., Havranek, I., Fischer, F. & Sandem, K. 2025. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2023–2024 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. (NIBIO RAPPORT, 11/176). Norsk institutt for bioøkonomi. Tilgjengeli fra: <https://hdl.handle.net/11250/5335531>
- Eklo, O.M. og Stenrød, M. 2021. Jordarbeiding og avrenning av glyfosat – Analyse av resultater fra Kjelle ruteforsøk. NIBIO rapport 7(209).
- Frigstad, H., Ramon, P., Borgersen, G., Engesmo, A., Staalstrøm, A., Naustvoll, L.-J., Lerch, S., Schøyen, M., Ruus, A., Strohmeier, T., Falkenhaus, T., Freitas, C., Moland, E., Haugen, T. O., Hoff, S., Jentoft, S., Mo, T. A., Rinde, E., Hanssen, S. A., ... Walday, M. (2024). Tilstandsrapport for Oslofjorden (NIVA-rapport 8036-2024 / Miljødirektoratet rapport M-2885 | 2024). Norsk institutt for vannforskning.
- 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.
- Skjøien, 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.
- Walday, M; Gitmark, JK; Naustvoll, LJ; Selvik, JR. 2017. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Årsrapport for 2016. NIVA-rapport 7169
- Wallhead, P., Frigstad, H., Sample, J., Jackson-Blake, L., Staalstrøm, A., Kvile, K. Ø., Murray, C., Ramon, P., Norling, M., Rinde, E., Yakushev, E., Christensen, K. H., Kristensen, N. M., Simonsen,

M., Kværnø, S. H., Fischer, F., & Bechmann, M. (2026). Modellering av Oslofjorden: scenarier med redusert menneskelig belastning for å oppnå god økologisk tilstand (NIVA-rapport 8186-2026 / Miljødirektoratet rapport M-3141 | 2026). Norsk institutt for vannforskning.

Vedlegg

Datagrunnlag for figurer benyttet i rapporten.

Tabell V1. Gjennomsnittlig avrenning (mm) og tap jord (kg/daa), totalfosfor (g/daa), løst fosfat (g/daa) og totalnitrogen (g/daa) for ruter (n=3) med høstpløying (Hpl.), vårpløying (Vpl.) og høstkorn (Hk.) i september-mai. I 2023/2024 er det for høstkorn bare to gjentak for overflateavrenning og grøfteavrenning (pga. feil anlagt rute). Feil i analyseresultater er årsaken til at 2023/2024 ikke er med for fosfortap og løst fosfat.

År	Jordarbeiding	Avrenning (mm)	Suspendert stoff (kg/daa)	Totalfosfor (g/daa)	Løst fosfat (g/daa)	Totalnitrogen (g/daa)
2014-2015	Hpl	694	193	408	90	2141
	Vpl	598	44	190	63	1684
	Hk	705	198	430	100	1306
2015-2016	Hpl	509	55	213	77	1464
	Vpl	422	35	178	70	936
	Hk	548	188	468	103	1915
2016-2017	Hpl	216	15	52	15	933
	Vpl	217	12	55	20	952
	Hk	212	11	56	22	783
2017-2018	Hpl	540	51	191	72	1650
	Vpl	465	23	154	71	1597
	Hk	397	57	153	56	1076
2018-2019	Hpl	330	9	93	41	4453
	Vpl	274	6	67	31	2114
	Hk	373	12	115	41	5262
2019-2020	Hpl	-	-	-	-	-
	Vpl	-	-	-	-	-
	Hk	-	-	-	-	-
2020-2021	Hpl	571	41	315	126	2132
	Vpl	546	32	227	100	2322
	Hk	659	42	331	127	2529
2021-2022	Hpl	278	18	130	65	1042
	Vpl	257	14	145	95	780
	Hk	359	20	161	84	1521
2022-2023	Hpl	525	50	155	89	1643
	Vpl	558	13	122	92	1227
	Hk	463	21	99	53	1423
2023-2024	Hpl	868	31	-	-	2586
	Vpl	817	20	-	-	2478
	Hk	585	26	-	-	1558
2024-2025	Hpl	303	14	106	74	1465
	Vpl	248	8	82	61	646
	Hk	277	24	198	69	1046
	FV	299	10	76	81	1656
2014-2025	Hpl	476	48	189	71	1990
	Vpl	445	23	148	70	1535
	Hk	466	62	224	73	2006

Tabell V2. Gjennomsnittlig avrenning (mm) og tap jord (kg/daa), totalfosfor (g/daa), løst fosfat (g/daa) og totalnitrogen (g/daa) gjennom overflate- (o) og grøfteavrenning (g) for ruter (n=3) med høstpløying (Hpl.), vårploying (Vpl.) og høstkorn (Hk.) i september-mai. I 2023/2024 er det for høstkorn bare to gjentak for overflateavrenning og grøfteavrenning (pga. feil anlagt rute). Feil i analyseresultater er årsaken til at 2023/2024 ikke er med for fosfortap og løst fosfat.

År	Jord arbeid	Avrenning (mm)		Suspendert stoff (kg/daa)		Totalfosfor (g/daa)		Løst fosfat (g/daa)		Totalnitrogen (g/daa)	
		O	G	O	G	O	G	O	G	O	G
2014-2015	Hpl	61	633	25,4	167,8	48,2	359,5	10,9	78,9	295	1846
	Vpl	49	549	4,7	39,2	16,6	173,7	7,2	55,6	93	1591
	Hk	268	438	120,6	77,8	215,3	214,9	47,6	52,4	532	774
2015-2016	Hpl	40	469	3,1	51,6	20,6	192,0	14,6	62,3	60	1404
	Vpl	65	357	6,4	28,7	43,6	134,3	25,8	44,4	127	809
	Hk	154	394	112,6	75,8	230,2	237,5	41,4	61,4	683	1232
2016-2017	Hpl	57	159	9,0	6,2	18,0	33,5	4,9	9,8	108	825
	Vpl	86	132	3,2	8,3	18,6	36,3	8,6	11,4	101	851
	Hk	67	145	3,5	7,1	17,5	38,5	7,1	14,6	94	689
2017-2018	Hpl	87	453	11,5	39,4	31,9	159,2	13,0	58,7	171	1479
	Vpl	27	438	0,5	22,0	13,6	140,2	11,1	59,6	61	1536
	Hk	138	258	27,4	30,0	55,0	98,4	22,3	33,9	279	797
2018-2019	Hpl	25	305	1,4	8,1	7,8	85,7	3,6	37,7	146	4307
	Vpl	26	248	1,0	5,4	7,6	59,1	4,4	26,6	73	2041
	Hk	25	348	1,2	11,2	9,8	104,9	5,1	35,8	121	5141
2019-2020	Hpl		310		36,0		188,2		44,6	0	1288
	Vpl		422		37,7		231,5		71,0	0	1366
	Hk		429		52,8		235,5		50,3	0	2451
2020-2021	Hpl	125	446	15,4	25,2	77,1	238,0	25,4	100,1	313	1818
	Vpl	49	497	2,7	29,6	20,6	206,8	11,4	88,8	83	2240
	Hk	109	551	18,2	23,9	70,8	260,2	16,2	111,0	281	2249
2021-2022	Hpl	75	203	10,7	7,7	50,2	80,2	20,6	44,1	1042	774
	Vpl	129	129	8,3	6,0	91,8	52,8	64,7	29,9	780	604
	Hk	159	200	12,4	8,1	86,2	74,9	46,2	38,2	1521	799
2022-2023	Hpl	246	279	41,9	8,5	88,1	67,0	52,2	36,8	447	1196
	Vpl	155	402	3,0	9,6	48,8	73,3	39,9	51,7	203	1024
	Hk	164	299	12,6	8,5	33,9	64,8	16,1	37,3	227	1196
2023-2024	Hpl	140	728	8,5	22,4	-	-	-	-	472	2114
	Vpl	101	717	1,9	18,5	-	-	-	-	169	2309
	Hk	72	513	13,3	12,7	-	-	-	-	123	1434
2024-2025	Hpl	28	275	5,6	8,3	25,5	80,7	16,4	57,6	111	1354
	Vpl	63	185	3,4	4,5	40,6	41,0	32,3	29,1	104	542
	Hk	61	217	10,6	13,4	38,8	69,5	25,2	43,9	156	890
	FV	73	226	5,6	4,6	35,9	40,3	27,0	53,8	156	1501
2014-2025	Hpl	88	387	13,2	34,7	40,8	148,4	17,9	53,1	317	1673
	Vpl	75	370	3,5	19,0	33,5	114,9	22,8	46,8	179	1356
	Hk	122	345	33,2	29,2	84,2	139,9	25,2	47,9	402	1605

Tabell V3. Oversikt over datoer for jordbruksaktiviteter (pløying og såing) og avlingsmengder for behandlingsleddene høstkorn, vårpløyd bygg og høstpløyd havre/bygg (2014–2025). Sådato for fangvekst er inkludert for 2023/2024 og 2024/2025.

	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	23/24	24/25
Høstpløying til høstkorn	2. sep	12. sep	6. sep	22. sep	3. sep	20. sep	7. sep	30. aug.	2. sep	14. sep	5. sep
Såing høstkorn	10. sep	4. okt	10. sep	26. sep	5. sep	24. sep	8. sep	1. sept.	9. sep	15. sep	7. sep
Høstpløying	2. okt	13. okt	10. okt	16. okt	17. okt	7. okt	19. okt	18. okt.	12. okt	18. okt	17. okt
Vårpløying	9. mai	28. april	4. mai	13. mai	26. april	29. april	31. mai	25. apr.	22. mai	14. mai	8. mai
Såing av vårkorn	15. mai	11. mai	6. mai	15. mai	8. mai	30. april	1. juni	30. apr.	23. mai	16. mai	10. mai
Såing av fangvekst	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15. sep	29. aug
Avling Høstkorn (kg/daa)	732	468	784	185	.	738	30-50	901	350*	-	415
Avling Bygg vårpl. (kg/daa)	264	600	498	168	.	566	390	356	100*	-	389
Avling Havre (bygg fra 23) høstpl. (kg/daa)	368	529	595	194	.	631	308	386	250*	-	386

NIBIO skal vere nasjonalt leiande i å utvikle kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerheit, berekraftig ressursforvalting, innovasjon og verdiskaping innan verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringar. Instituttet skal levere forskning, forvaltingsstøtte og kunnskap til bruk i nasjonal beredskap, forvalting, næringsliv og samfunnet elles.

NIBIO er underlagt Landbruks- og matdepartementet som eit forvaltingsorgan med særskilde fullmakter og eige styre. Hovudkontoret er på Ås. Instituttet har fleire regionale einingar.