



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Vurdering av et omsetningskrav for resirkulert fosfor

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 104 | 2024



Anne Falk Øgaard, Valborg Kvakkestad, Kristian Bjerke, Eva Brod, Erin Byers, Astrid Solvåg Nesse, Michal Sposób, Nhat Strøm-Andersen, Simen Wilsher-Lohre

Divisjon for miljø og naturressurser/Divisjon for matproduksjon og samfunn/Divisjon for kart og statistikk

TITTEL/TITLE

Vurdering av et omsetningskrav for resirkulert fosfor

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Anne Falk Øgaard, Valborg Kvakkestad, Kristian Bjerke, Eva Brod, Erin Byers, Astrid Solvåg Nesse, Michal Sposób, Nhat Strøm-Andersen, Simen Wilsher-Lohre

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
04.10.2024	10/104/2024	Åpen	53528	23/01493
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-03573-2	2464-1162		118	3

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruks- og matdepartementet (LMD)

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Jon Magnar Haugen

STIKKORD/KEYWORDS:

Fosfor, sirkulærøkonomi, gjødselbrukforskrift

Phosphorus, circular economy, fertilizer regulation

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Miljø og ressurser, jordbruk

Environment and resources, agriculture

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet (LMD). NIBIO har utredet egnethet, gjennomførbarhet og mulige løsninger for krav om en minimumsandel resirkulert fosfor ved salg av fosforholdig gjødsel, dvs. et omsetningskrav. Denne utredningen estimerer mengder av ulike resirkulerbare fosforkilder. Fosforoverskudd i enkelte regioner gitt ulike begrensninger på hvor mye fosfor som kan tilføres i jordbruket er estimert for nå-situasjon og 10 år fram i tid. Videre gir utredningen en oversikt over teknologiske og regulatoriske muligheter for å produsere gjødselvarer basert på resirkulert fosfor, samt en oversikt over innhold av uønskede stoffer i ulike typer fosforkilder. Vi gjennomførte 26 intervjuer med aktører i hele verdikjeden for gjødsel med spørsmål angående et omsetningskrav for resirkulert fosfor: Gjødselprodusenter, forhandlere, kjøpere, landbruksrådgivningen, offentlige myndigheter, og aktører innenfor transport og teknologi. I tillegg til vurderingen av egnethet og gjennomførbarhet av et omsetningskrav for resirkulert fosfor har vi også gjort en kortfattet vurdering av mulige andre løsninger for å stimulere erstatning av mineralfosfor med resirkulert fosfor. Se kapittel 10 for sammendrag og konklusjoner fra rapporten og oppsummeringer i slutten av de enkelte kapitlene for sammenfatning av resultater.

GODKJENT /APPROVED

Helge Bonesmo og Thomas Hartnik

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Anne Falk Øgaard

NAVN/NAME

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

NIBIO har utarbeidet denne rapporten på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet (LMD). NIBIO har utredet egnethet, gjennomførbarhet og mulige løsninger for krav om en minimumsandel gjenvunnet fosfor ved salg av fosforholdig gjødsel, dvs. et omsetningskrav.

Gjenvunnet/gjenvinnbart fosfor er fosfor fra en avfalls- eller sidestrøm, inkludert husdyrgjødsel. Et annet begrep som brukes om fosfor fra avfalls- og sidestrømmer er resirkulert/resirkulerbart fosfor. I denne utredningen har vi valgt å bruke begrepene resirkulert/resirkulerbart fosfor, fordi det peker tydeligere på at fosforet skal gå i sirkel.

Arbeidsfordeling i prosjektgruppa har vært som følger:

Prosjektleder: Anne Falk Øgaard

Valborg Kvakkestad har ledet den samfunnsvitenskapelige delen av rapporten (Kapittel 6-9)

Kapittel 1, Innledning: Anne Falk Øgaard og Kristian Bjerke

Kapittel 2, Fosforkilder og mengder: Eva Brod med bidrag fra Anne Falk Øgaard

Kapittel 3, Teknologivalg og kvalitet til gjødselvarer med resirkulert fosfor: Eva Brod med bidrag fra Anne Falk Øgaard og Michal Sposób

Kapittel 4, Regelverk for bruk av gjødsel med organisk opphav: Anne Falk Øgaard

Kapittel 5, Innhold av uønskede stoffer i fosforkilder: Astrid Solvåg Nesse

Planlegging og gjennomføring av intervjuer: Erin Byers, Nhat Strøm-Andersen, Simen Wilsher-Lohre, Kristian Bjerke og Valborg Kvakkestad

Kapittel 6, Erfaringer og vurderinger fra andre systemer og andre land: Kristian Bjerke

Kapittel 7, Resultater fra intervjuer: Hvordan vurderer ulike aktører i verdikjeden et omsetningskrav?: Kristian Bjerke og Simen Wilsher-Lohre

Kapittel 8, NIBIO sin vurdering av egnethet, gjennomførbarhet og løsninger: Kristian Bjerke, Valborg Kvakkestad og Simen Wilsher-Lohre

Kapittel 9, Vurdering av andre løsninger: Kristian Bjerke og Valborg Kvakkestad

Helge Bonesmo og Thomas Hartnik takkes for verdifulle innspill og kommentarer til rapporten. Helge Bonesmo har vært kvalitetssikrer for den samfunnsvitenskapelige delen, og Thomas Hartnik for den naturvitenskapelige delen.

Ås, 04.10.24

Anne Falk Øgaard

Innhold

Forkortelser og forklaringer	7
1 Innledning	8
1.1 Fosfatstein er en kritisk råvare	9
1.2 Fosfor bidrar til miljøproblemer	9
1.2.1 Effekt av fosfor i jordbruket på vannkvalitet ¹	9
1.2.2 Miljøeffekt av fosforutvinning.....	12
1.3 Hva er et omsetningskrav?	12
2 Fosforkilder og mengder	13
2.1 Beregningsmetoder og usikkerhet	13
2.2 Organiske fosforkilder (nasjonalt)	16
2.3 Organiske fosforkilder (regionalt).....	18
2.4 Vurdering av fosforoverskuddet i ulike regioner	20
2.5 Oppsummering	22
3 Teknologivalg og kvalitet til gjødselvarer med resirkulert fosfor.....	24
3.1 Forbehandling.....	24
3.1.1 Anaerob utråtning (biogassbehandling).....	24
3.1.2 Mekanisk separering	24
3.2 Oversikt over teknologier: Organiske gjødselvarer	27
3.2.1 Direkte bruk	27
3.2.2 Kompost	27
3.2.3 Organisk gjødsel/organisk-mineralsk (hybrid-)gjødsel.....	28
3.2.4 Biokull/hydrochar.....	28
3.3 Kvalitet til organiske gjødselvarer	28
3.3.1 Plantetilgjengelighet til fosfor	28
3.3.2 Behov for produktutvikling	30
3.3.3 Analyse av plantetilgjengelig fosfor i organisk gjødsel.....	31
3.4 Oversikt over teknologier: Resirkulert mineralfosfor	31
3.4.1 Fosforsalter (f.eks. struvitt, kalsiumfosfat)	31
3.4.2 Termokjemiske fellingsprodukter	32
3.4.3 Fosforsyre.....	33
3.5 Mineralgjødsel med resirkulert fosfor.....	33
3.6 Oppsummering og vurdering.....	35
4 Regelverk for bruk av gjødsel med organisk opphav	37
4.1 Nasjonalt gjeldende regelverk.....	37
4.2 EU-regelverk	39
5 Innhold av uønskede stoffer i fosforkilder	41
5.1 Kunnskapsgrunnlag.....	41
5.2 Mineralgjødsel	41
5.3 Husdyrgjødsel	42
5.4 Avløpsslam.....	44
5.5 Matavfall.....	48

5.6	Fiskeslam	49
5.7	Oppsummering	51
6	Erfaringer og vurderinger fra andre systemer og andre land	52
6.1	Erfaringer med omsetningskravet for biodrivstoff i Norge	52
6.2	Erfaringer og uttalelser fra myndighetene	53
6.3	Erfaringer fra andre land med omsetningskrav	53
7	Resultater fra intervjuer: Hvordan vurderer ulike aktører i verdikjeden et omsetningskrav?	55
7.1	Forhandlere	55
7.2	Produsenter	56
7.3	Sluttbrukere (gårdbrukere)	57
7.4	Rådgivning	58
7.5	Forvaltning	59
7.6	Andre aktører	59
7.7	Konsekvenser	60
7.7.1	Positive effekter av resirkulering av fosfor	60
7.7.2	Forventede utfordringer med et omsetningskrav	60
8	NIBIO sin vurdering av egnethet, gjennomførbarhet og løsninger	62
8.1	Vurdering av utviklingen i gjødselmarkedet uten et omsetningskrav (nullalternativ)	62
8.2	Vurdering av egnethet	67
8.2.1	Egnethet til å avlaste nasjonale fosforoverskudd	68
8.2.2	Egnethet til å etablere et marked for resirkulert fosfor	70
8.2.3	Egnethet til å bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs	72
8.2.4	Egnethet til å redusere fosforforurensning	72
8.2.5	Oppsummering	72
8.3	Vurdering av gjennomførbarhet	73
8.4	Vurdering av utforming og løsninger	73
8.4.1	Hvilke gjødselprodukter skal et omsetningskrav omfatte?	73
8.4.2	Hvem skal et omsetningskrav gjelde for?	75
8.4.3	Nivå for omsetningskrav	76
8.4.4	Kontroll og rammevilkår	77
8.4.5	Andre hensyn	78
8.5	Kvalitativ vurdering av virkninger og kostnader for berørte aktører	78
8.6	Effekter på landbrukspolitiske målsettinger	79
9	Vurdering av andre løsninger	80
9.1	Teori om virkemidler	80
9.2	Vurdering av andre virkemidler som kan avlaste fosforoverskudd	80
9.2.1	Tilskudd for sluttbrukere som kjøper resirkulert fosfor	81
9.2.2	Avgift ved omsetning av fosforholdig mineralgjødsel	82
9.2.3	Pigou-skatt - «feebate» system	83
9.2.4	Ingen nye virkemidler	84
9.2.5	Krav til plantetilgjengelighet	85
9.2.6	Investeringstilskudd til gjødselprodusenter for å utvikle gode gjødselvarer	86
9.2.7	Informasjons- og holdningskampanjer	87
9.3	Sammenligning av andre virkemidler med omsetningskrav	87

10 Sammendrag og konklusjoner	90
Litteraturreferanser.....	96
Vedlegg.....	104
Vedlegg 1: Metode for beregning av fosforoverskudd i ulike regioner.....	105
Vedlegg 2: Intervjuguider	108
Vedlegg 3: Metode for analyse av intervjuer	115

Forkortelser og forklaringer

Aktører med fosforoverskudd	Husdyrprodusenter med gjødseloverskudd som ikke kan avsettes lokalt, fiskeoppdrettere og alle som mottar og behandler avløpsvann og matavfall
BDE-47	2,2',4,4'-tetrabromodifenyl eter
BDE-99	2,2',3,4',5-pentabromodifenyl eter
BDE-209	Dekabromodifenyl eter
D5	Dekametylsyklopentasiloksan
DEET	<i>N,N</i> -dietyl- <i>meta</i> -toluamid
DEHP	Di-(2-etylheksyl)ftalat
DNP	Dinonyl ftalat
diPAP	Polyfluoralkyl fosforsyre diester
dl-PCB	Dioksin-lignende polyklorerte bifenyler
EHDPP	2-etylheksyl-di-fenylfosfat
Eksternalitet	Eksternaliteter er effekter (positive eller negative) som en aktør påfører andre, men som aktøren ikke tar hensyn til
Gjødselvare	I denne rapporten er gjødselvare definert som et gjødselprodukt som handles
Hybridgjødsel	Blandinger av organiske og mineralske komponenter i samme gjødselellet/-granul
ISSA	Incinerated sewage sludge ash
MCCP	Mellomkjedete klorparafiner
n	Antall
NaHCO ₃	Ekstraksjonsløsning natriumbikarbonat
NH ₄	Ammonium
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PBDE	Polybromert difenyl eter
PCCD/F	Polyklorerte dioksiner og furaner
PCN	Polyklorerte naftalener
PE	Polyetylen
PET	Polyetylentereftalat
PFAS	Per- og polyfluoralkylstoffer
PFHxS	Perfluorheksylsulfonat
Pigou-skatt - «feebate» system	Avgift på et produkt som skal subsidiere lavere pris på et annet produkt
PFOS	Perfluoroktylsulfonat
PP	Polypropen
PVC	Polyvinylklorid
SCCP	Kortkjedete klorparafiner
TEQ	Toksisk ekvivalens, enhet som korrigerer for giftigheten til ulike forbindelser
TCP	Tri(1-klor-2-propyl)fosfat
Transaksjonskostnader	Samlede utgifter ved å gjennomføre en transaksjon
TS	Tørrestoff
PBDE7	Summen av BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154 og -183
PAH4	Summen av benzo[a]antracen, benzo[b]fluoranten, benzo[a]pyren og krysen
P-AL	Fosfor ekstrahert med ammonium-acetat-laktat. I jord, estimat på innhold av plantetilgjengelig fosfor.
PCDD/F + dl-PCB	Summen av dioksiner, furaner og PCB-er som har fått en toksisk ekvivalens-faktor av WHO (Van den Berg m.fl., 2006)
RMP	Regionalt miljøtilskudd i jordbruket (Landbruksdirektoratet, 2024)

1 Innledning

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet (LMD). LMD ba NIBIO om å utrede krav om en minimumsandel gjenvunnet fosfor ved salg av fosforholdig gjødsel, dvs. et omsetningskrav, samt andre mulige virkemidler som kan stimulere til å erstatte fosfor i mineralgjødsel med fosfor av organisk opphav.

Bakgrunnen for at LMD ønsker en slik utredning er oppfølging av strategien for sirkulærøkonomi der det heter at regjeringen vil *greie ut verkemiddel for å auke attvinninga av fosfor, irekna eit omsetjingskrav for attvunne fosfor med sikte på redusert forureining*. Et omsetningskrav er også tatt opp på Stortinget, jf. Innst. 471 S (2022-2023). Utredningen er dessuten et ledd i arbeidet med revisjon av gjødselregelverket. LMD legger i oppdragsbrevet til NIBIO vekt på at for *vellykket gjennomføring av gjødselregelverket, må vi finne bedre løsninger på det overskuddet av gjødsel og fosfor som finnes i deler av jordbruket og samfunnet ellers, og som det er ønskelig å omfordele dit det trengs*.

LMD ønsket at utredningen skal vurdere *egnethet, gjennomførbarhet og løsninger* for et omsetningskrav som er lagt på forhandlerleddet. Med egnethet siktes til *hvorvidt et omsetningskrav på forhandlerleddet er et egnet tiltak for å skaffe et marked for resirkulert fosfor, avlaste overskudd, redusere forurensning og sørge for bedre utnyttelse av fosfor*. LMD ønsket at NIBIO gjennomgår *praktiske løsninger som er aktuelle for å omfordele regionale fosforoverskudd*. Videre ønsket LMD *kvalitative vurderinger av virkningene av et omsetningskrav*.

I selvforsyningsjordbruket var fosforkretsløpet i stor grad lokalt og i balanse. Fôr og mat ble brukt lokalt, og gjødsel og menneskelig ekskrementer ble brukt til å produsere fôr og mat. Med urbanisering ble flere fosforkilder flyttet vekk fra det lokale kretsløpet, og mineralgjødsel med fosfor basert på fosfatstein muliggjorde en økt produksjon av mat for en økende befolkning. Husdyrgjødsel er i dag fortsatt en viktig fosforkilde i landbruket i Norge, men i noen områder er det mer husdyrgjødsel-fosfor enn det er behov for. Samtidig er det et økende ønske om at landbruket skal ta imot fosfor fra andre kilder som fiskeslam og matavfall. Overskudd i fosforgjødsling fører til akkumulering av fosfor i jord og gir ikke reell resirkulering. Overskuddet gir dessuten økt risiko for fosfortap og negative miljøeffekter i vassdragene (se kapittel 1.2.1). Et eventuelt nytt gjødselregelverk, med tak på hvor mye fosfor som kan tilføres jordbruksarealer totalt, vil medføre at fosfor må omfordeles til områder som ikke har overskudd av fosfor. Gjeldende forskrift har kun tak for husdyrgjødsel (3,5 kg fosfor/dekar), mens foreslått endring innebærer å sette et tak på all fosfortilførsel til arealet (mineralgjødsel, husdyrgjødsel og evt. annen organisk gjødsel), og samtidig redusere taket.

I kapittel 2 presenterer vi mengdeestimer av ulike resirkulerbare fosforkilder både nasjonalt og regionalt (enkeltfylker) for nå-sitasjonen og for 10 år fram i tid. Det er verdt å merke seg at vi i estimatene for husdyrgjødsel 10 år fram i tid ikke har tatt hensyn til effekter av kostråd, klimatiltak, dyrevelferdstiltak, svekket lønnsomhet, eller andre pågående trender på husdyrproduksjonen, men forutsatt samme produksjonsnivå som i dag. Gitt disse forutsetningene ble de foreslåtte begrensningene i ny gjødselbrukforskrift på hvor mye fosfor som kan tilføres i jordbruket lagt til grunn for beregning av fosforoverskudd i de enkelte regionene (kapittel 2.4). Rapporten diskuterer ikke gårdsbalanser for fosfor, men beregner overskudd bare ut ifra faktiske tilgjengelige fosformengder, foreslått maksimalt tillatt fosfortilførsel per dekar i gjødselbrukforskrift og tilgjengelig jordbruksareal.

Videre gir utredningen en oversikt over teknologiske muligheter (kapittel 3) og regulatoriske begrensninger (kapittel 4) for å produsere gjødselvarer basert på resirkulert fosfor, samt en oversikt over innhold av uønskede stoffer i ulike typer fosforkilder (kapittel 5). Kapittel 6 oppsummerer erfaringer med omsetningskrav fra andre systemer. Ulike aktører i verdikjeden for fosforgjødsel ble intervjuet og resultatene fra disse intervjuene er presentert i kapittel 7. Kapittel 8 vurderer egnethet og gjennomførbarhet av et omsetningskrav for resirkulert fosfor. Vi har også gjort en kortfattet kvalitativ

vurdering av mulige andre løsninger for å stimulere erstatning av mineralfosfor med resirkulert fosfor (kapittel 9).

1.1 Fosfatstein er en kritisk råvare

Fosfor er et essensielt næringsstoff, og er som sådan kritisk for matproduksjon. Fosfor utvinnes hovedsakelig av fosfatstein, og 90 % av utvunnet fosfatstein brukes til matproduksjon. Per 2023 er de største reservene av fosfatstein lokalisert i Marokko, hvor det er funnet rundt 50 milliarder tonn. Totalt sett er det 72 milliarder tonn av fosfatsteinreserver registrert globalt. Det betyr at Marokko alene står for rundt 71 % av verdens reserver (Statista, 2023a). Ettersom størstedelen av fosforutvinningen er begrenset til noen få land og Norge ikke har egne reserver, er Norge helt avhengig av fosforimport (Statista, 2023b). Siden 2014 har fosfatstein stått på EUs liste over kritiske råvarer grunnet for dårlig utnyttelse, samtidig som jordas fosforreserver tappes (EU, 2014/0297).

Det årlige norske forbruket av fosfor i mineralgjødsel har de siste ti årene variert mellom 8300 og 9500 tonn (Mattilsynet, 2024a). I sesongen 2022/23 var det imidlertid en kraftig reduksjon i omsetning av mineralgjødsel, noe som også ga utslag for omsatt mineralfosfor. I denne sesongen var omsetningen av fosfor 6900 tonn. Årsaken var høyere gjødselpriser i 2022. Gjødselprisene har blitt lavere etter toppnivået i 2022, men er fortsatt på et høyere nivå enn tidligere. Se mer om omsetning av mineralgjødsel og gjødselpriser i kapittel 8.1. I tillegg til import av fosfor til produksjon av mineralgjødsel, importeres også fosfor med fôr til både jordbruk og fiskeoppdrett og med mat. Basert på Hamilton m.fl. (2016) ble det estimert at norske avfalls- og sidestrømmer inneholder totalt ca. 28.000 tonn fosfor per år.

En større andel av fosforet som blir tilført norsk jordbruksareal, blir ikke tatt opp av plantene (Hamilton m.fl., 2016). Det gir et fosforoverskudd hvor en stor del lagres i jorden, mens noe fosfor renner ut i vassdrag. Ifølge OECD var Norges fosforoverskudd i jordbruket på 10.400 tonn i 2016, eller 1,1 kg fosfor per dekar (OECD, 2024). Fosforoverskuddet for 305 melkebruk i driftsgranskningene lå på 1,7 kg fosfor per dekar i 3-års gjennomsnittet for 2018, 2019 og 2020 (Halland m.fl., 2022). Overskuddet viser behovet for nye løsninger som gir bedre utnyttelse av fosfor, både fordi fosfatstein er en begrenset ressurs og for å redusere miljøproblemene knyttet til fosfor.

1.2 Fosfor bidrar til miljøproblemer

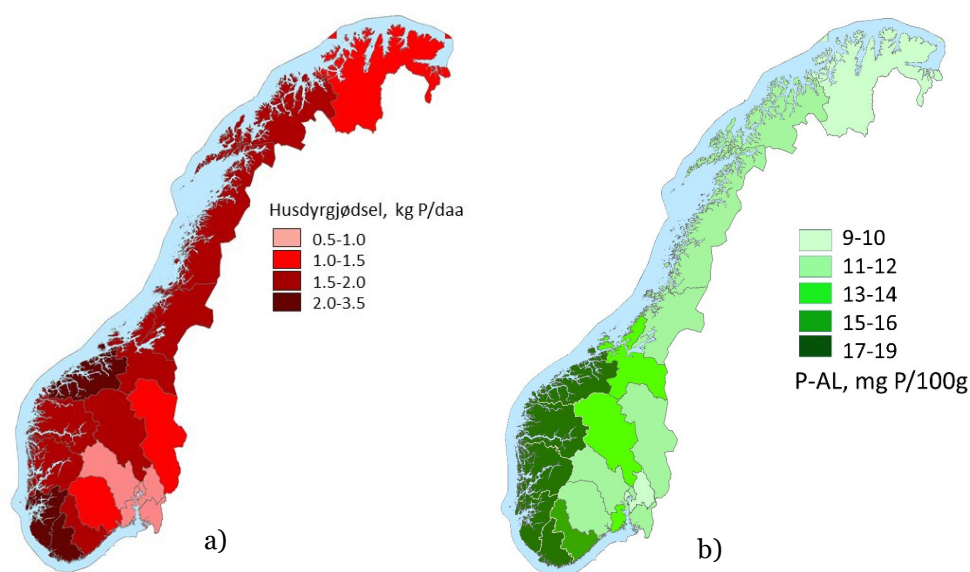
1.2.1 Effekt av fosfor i jordbruket på vannkvalitet¹

De fleste eutrofierte innsjøene i Norge befinner seg i Innlandet/Viken, Vestfold, Rogaland og Vestland (Solheim m.fl., 2022). Utslipp av fosfor og nitrogen fra jordbruk og avløp er viktige årsaker til eutrofiering. Fosfor bidrar i størst grad til eutrofieringen, men høy nitrogenbelastning er også en viktig faktor for eutrofiering i en del innsjøer (Solheim m.fl., 2022). Redusert tilførsel av næringsstoffer fra jordbruket er derfor viktige tiltak for å bedre den økologiske tilstanden i de eutrofe innsjøene.

Fosfortap fra et areal er bestemt av jordas fosforinnhold og omfanget av overflateavrenning og erosjon. Det betyr at i tillegg til tiltak som redusert jordarbeiding om høsten, fangdammer og vegetasjonssoner for å redusere jordtapet, er det også nødvendig å fokusere på jordas fosforstatus og fosforgjødsling. Det aller meste av fosforet i jorda er bundet til jordpartiklene. I mineraljord er bare ca. 0,1 % av fosforet løst i jordvæska. Den lave fosforkonsentrasjonen i jordvæska er årsak til at vanligvis blir bare en liten del av fosforoverskuddet vasket ut til drengrøftene. Det meste av overskuddet i fosforgjødsling akkumuleres derfor i jordarbeidingsjiktet. Det var i flere tiår anbefalt å gjødsle med betydelig mer fosfor enn det som tas ut med avlingene. Dette har ført til at innholdet av tilgjengelig

¹ Det meste av teksten i dette avsnittet er hentet fra NIBIO POP 6/30/2020

fosfor i jorda, målt som P-AL, mange steder er unødvendig høyt med tanke på å sikre gode avlinger. Akkumuleringen av fosfor i jorda har vært spesielt stor i husdyrdistriktene. Ved maksimalt tillatt husdyrhold bidrar husdyrgjødsel i gjennomsnitt med 3,5 kilogram fosfor per dekar og år. Denne fosformengden er i de fleste tilfellene større enn det som tas ut med avlingene. Figur 1-1 viser fylkesvis gjennomsnitt for fosfor tilført med husdyrgjødsel, sammenlignet med gjennomsnittlig P-AL-tall i jorda. I fylker med en høy husdyrtetthet er det også et høyt gjennomsnittlig P-AL-tall i jorda. Ved P-AL >14 anbefales det å utelate fosforgjødsling, fordi jorda da forsyner plantene med tilstrekkelig fosfor. Jorda i vestlandsfylkene har dermed i gjennomsnitt et P-AL-nivå som gjør at det ikke er behov for fosforgjødsling.

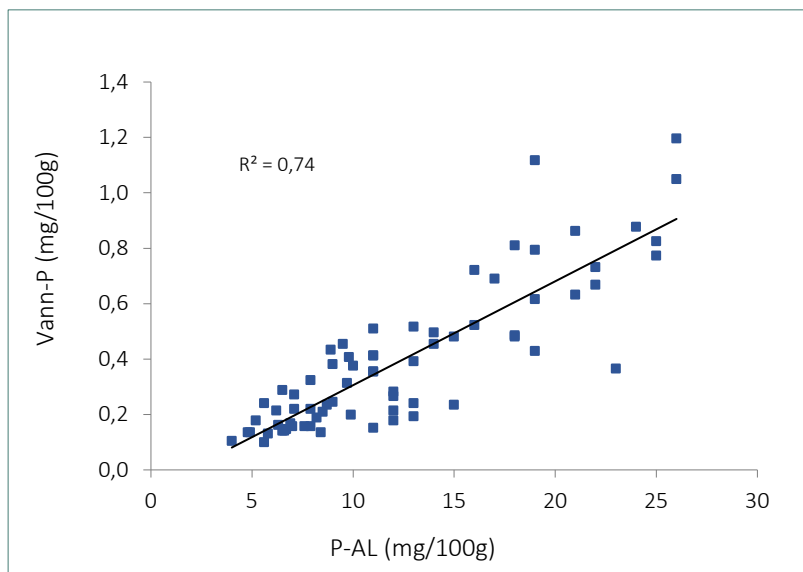


Figur 1-1. (a) Gjennomsnittlig tilførsel av fosfor med husdyrgjødsel i 2019 (kg P/daa), (b) sammenlignet med gjennomsnittlig innhold av P-AL i jorda innenfor gamle fylkesgrenser. P-AL-verdiene er et gjennomsnitt for perioden 2011-2016, med unntak av Rogaland hvor perioden 2003-2016 er benyttet i beregningene. (modifisert etter Bechmann og Deelstra, 2013)

Økt fosforinnhold i jorda gir økt fosfortap

Jordas fosforinnhold har stor betydning for risikoen for fosfortap. Jo sterkere jorda er oppgjødslet, jo mer fosfor vil følge med jordpartiklene til vassdraget. Ute i vassdraget vil en del av fosforet som er bundet til jordpartiklene frigis.

Med økende P-AL-tall i jorda øker jordas innhold av vannløselig fosfat (Figur 1-2). Selv om det meste av fosforet i jorda er partikkelbundet i utgangspunktet, kan en betydelig mengde fosfat frigis ved kjemiske likevekstprosesser til for eksempel overflateavrenning etter nedbør. Det er dokumentert i en rekke undersøkelser at ved økende innhold av plantetilgjengelig fosfor i jorda, øker konsentrasjonen av løst fosfor i jordbruksavrenningen (f.eks. Uhlen, 1988; Sharpley, 1995; Yli-Halla, 1995; Bechmann m.fl., 2023). Etter langvarig overvåkning av et nedbørfelt på Jæren er det funnet at årlig vannføringsveid middelkonsentrasjon av løst fosfat i avrenningen økte med økende kumulativt fosforoverskudd over en 20-års periode (Liu m.fl., 2023). I samme artikkel er det også vist at P-AL-konsentrasjonen på skiftenivå var positivt korrelert med fosforbalansen (tilført fosfor minus fosfor fjernet med avling).



Figur 1-2. Sammenheng mellom konsentrasjonen av vannløselig fosfor (Vann-P) og P-AL for lettleire fra ulike regioner i Norge (Øgaard m.fl., 2012)

Fosfor i husdyrgjødsel tapes lettere enn fosfor i mineralgjødning

Husdyrgjødsel inneholder løste fosfationer i tillegg til organiske- og uorganiske fosforforbindelser. Sammenlignet med løst fosfat fra mineralgjødning blir løst fosfat i husdyrgjødsel svakere bundet til jorda, fordi løselige organiske forbindelser i husdyrgjødsel reduserer bindingen av fosfat (Øgaard, 1996). Studien til Øgaard (1996) viste at forskjellen i andel adsorbert fosfat fra husdyrgjødsel og mineralgjødning økte med økende P-AL-tall i jorda. I et avrenningsforsøk på Særheim (Jæren) ble det funnet noe høyere fosfortap til grøfter i jord hvor det var tilført husdyrgjødsel enn til grøfter i jord hvor det var tilført mineralgjødning (Riley m.fl., 1999). Det er påvist utvasking av både uorganisk fosfat og organisk fosfor etter tilførsel av husdyrgjødsel i flere studier (Chardon m.fl., 1997; Koopmans, m.fl., 2007; Sævarsson m.fl., 2014). Ved fosforundersøkelser nedover i jordprofilen finner en ofte at overskuddsfosfor etter gjødning akkumulerer i matjordlaget og at lite finnes igjen i undergrunnsjorda. Profilundersøkelser på Jæren viste imidlertid at i enkelte tilfeller kan store tilførsler av husdyrgjødsel over mange år gi en akkumulering av lett tilgjengelig fosfor også i undergrunnsjorda (Øgaard m.fl., 2012).

Effekt av redusert fosforgjødsling

Redusert fosforgjødsling er et langsiktig tiltak for å redusere P-AL-tallene der de er unødvendig høye. Fosfornivået i jorda har blitt bygd opp over mange år, og tilsvarende vil det ta mange år å redusere dette til et miljøoptimalt nivå. Basert på data for sammenhengen mellom P-AL og totalfosfor i jord, er det beregnet hvor mange år det vil ta å redusere P-AL med 5 P-AL-enheter fra henholdsvis P-AL 30, 25, 20 og 15 ved ulike negative fosforbalanser (fjernes mer fosfor enn det som tilføres) (Tabell 1-1) (Øgaard m.fl., 2016). Tabell 1-1 viser at å endre P-AL i jord er en svært langsom prosess. Ved en negativ fosforbalanse på -1,0 kg fosfor per dekar hvert år, vil det for eksempel ta 56 år å redusere P-AL fra 30 til 15. Hvis fosforbalansen er -1,5 kg fosfor per dekar og år, vil det ta 38 år å redusere fra P-AL 30 til 15. Den lange tiden skyldes at ved negativ fosforbalanse er det ikke bare P-AL-fraksjonen som tappes, men også tyngre tilgjengelig fosfor. Tabell 1-1 viser også at jo høyere startverdien for P-AL er, jo raskere reduseres P-AL ved negative fosforbalanser. Dette skyldes at en større andel av fosforunderskuddet tappes fra P-AL-fraksjonen ved høye P-AL-verdier enn ved lavere P-AL-verdier.

Tabell 1-1. Estimert antall år det vil ta å redusere P-AL med 5 enheter fra henholdsvis P-AL 30, 25, 20 og 15 ved ulike negative fosforbalanser (tilført fosfor minus fosfor fjernet med avling) (Øgaard m.fl., 2016)

Fosforbalanse	P-AL 30 → 25	P-AL 25 → 20	P-AL 20 → 15	P-AL 15 → 10
kg P/daa/år	År			
-0,5	32	36	44	56
-1,0	16	18	22	28
-1,5	11	12	15	19
-2,0	8	9	11	14

1.2.2 Miljøeffekt av fosforutvinning

Selve utvinningen av fosfatstein skaper også forurensing i form av biprodukter og ødeleggelse av naturlige landområder. Avhengig av produksjonsmetode kan produksjonen av fosfatholdige gjødseltyper og fosforsyre gi klimagassutslipp og lokale og regionale miljøproblemer. Dette gjelder spesielt ved bruk av svovelsyre ved utvinning av fosfat fra fosfatstein som inneholder uran. Da dannes store mengder radioaktiv fosforgips som et biprodukt (FIPR, 2024). Det er spesielt sedimentære fosfatkilder som inneholder uran. Produksjonen av disse varene skaper også store mengder avløpsvann som inneholder fosfor. Der dette ikke renses tilstrekkelig, kan det skape gode vekstforhold for alger og lokale miljøproblemer i vassdragene. I Norge brukes Oddaprosessen i gjødselproduksjonen, hvor det brukes salpetersyre i stedet for svovelsyre ved utvinning av fosfat fra fosfatstein. Under Oddaprosessen produseres fosforsyre i tillegg til kalsiumnitrat som også går til gjødselproduksjon, og ved den metoden unngås problemet med fosforgips som biprodukt (se kapittel 3.5).

1.3 Hva er et omsetningskrav?

Et omsetningskrav for resirkulert fosfor innebærer at en viss mengde av den totale omsetningen av primærfosfor i mineralgjødsel blir erstattet med resirkulert fosfor. Primærfosfor er fosfor utvunnet fra fosfatstein. Rent praktisk vil et omsetningskrav lagt på forhandlerleddet bety at for hver mengdeenhet primærfosfor som omsettes, skal en bestemt andel resirkulert fosfor også omsettes. Dette kan enten gjøres ved å erstatte deler av primærfosfor i mineralgjødsel med resirkulert fosfor, eller lage gjødselprodukter basert kun på resirkulert fosfor som omsettes i markedet. For hvert tonn fosfor i mineralgjødsel som omsettes, må det da omsettes en viss mengde organisk fosforgjødsel i markedet. På kort sikt vil det være rimeligere og teknologisk enklere å produsere organiske gjødselvarer ved avvanning/tørrking og pelletering, enn å fremstille mineralgjødsel basert på resirkulert fosfor (se kapittel 3).

Et eksempel på en vare bundet av et omsetningskrav er biodrivstoff (se kapittel 6). Fra 1. Januar 2023 ble det bestemt at 17 % av den totale mengden omsatt drivstoff i veitrafikk skulle være biodrivstoff. Tidligere omsetningskrav for biodrivstoff lå på 24,5 % i 2021 og 2022 (Miljødirektoratet, 2023). Ifølge Miljødirektoratet er kravet for biodrivstoff satt opp på følgende måte: *Et omsetningskrav betyr at en viss andel av fossilt drivstoff skal erstattes med biodrivstoff i løpet av et år. Det er den som omsetter drivstoff som skal sørge for dette. De som omsetter drivstoff velger fritt hvordan de vil selge biodrivstoff, så lenge de selger nok hvert år til å oppfylle kravet. (...) i snitt skal alle omsettere ha solgt en viss andel biodrivstoff i løpet av et år.* (Miljødirektoratet, 2023)

2 Fosforkilder og mengder

Dette kapitlet gir en oversikt over totale fosformengder i organiske kilder nasjonalt og i ulike regioner (fylker) i Norge, både i nå-situasjon og i fremtid (2030/2035).

2.1 Beregningsmetoder og usikkerhet

Tabell 2-1 gir en oversikt over beregningsmetoder, samt antatt usikkerhet knyttet til de enkelte estimatene, og referanser brukt til beregningen. På grunn av meget stor usikkerhet tar kvantifiseringen av fremtidige fosformengder ikke hensyn til mulige effekter av nytt gjødselregelverk, mulig innføring av et omsetningskrav eller andre virkemidler. Det er også verdt å merke seg at vi i fremtidige estimer for husdyrgjødsel ikke tar hensyn til effekter av kostråd, klimatiltak, dyrevelferdstiltak, svekket lønnsomhet, eller andre pågående trender på husdyrproduksjonen på grunn av manglende kunnskap om sumeffekten av dette, men forutsetter samme produksjonsnivå som i dag.

For å vurdere størrelsen av fosforoverskuddet i de ulike regionene, sammenlignet vi fosformengdene med to nivåer av tillatt fosfortilførsel i jordbruket for hver region. Fosornivåene ble valgt med utgangspunkt i høringsutkastet til ny gjødselbrukforskrift (LMD, 2024) og tilsvarer forslagene til maksimalt tillatt fosfortilførsel (kg fosfor/dekar) i de ulike regionene «ved ikrafttredelse» og «etter 8 år». De beregnete overskuddene estimerer hvor mye fosfor som må transporteres bort fra regionen, både ved ikrafttredelse (nå-situasjon) og i fremtid (2030/2035). I overskuddsberegningene tar vi ikke hensyn til plantenes faktiske fosforbehov i ulike regioner korrigert for jordanalyser (P-AL; kapittel 1.2.1), eller hvor mye fosfor som blir tatt opp fra organiske fosforkilder med dagens praksis. En detaljert forklaring av metoden som ble brukt for beregningen av fosforoverskuddene i ulike regioner er gitt i vedlegg 1.

Tabell 2-1. Metoder brukt til beregning av fosformengder: Referanseår, skjønnsmessig vurdering av usikkerheten knyttet til estimatene, og referanser. Ytterligere forklaring av estimatene er angitt i tekst.

Fosforkilde	År	Estimert usikkerhet	År	Estimert usikkerhet	Kommentar	Referanser
Mineralgjødning	2022	Sikker	2030	Meget usikker	Effekten av nytt gjødselregelverk på fremtidige mengder mineralgjødning er ukjent. Pga. meget stor usikkerhet, har vi valgt ikke å presentere et estimat på fremtidige mengder fosfor i mineralgjødning.	Mattilsynet (2024a)
Husdyrgjødsel	Gjennomsnitt 2017-2019	Sikker	2030	Usikker	Det antas at bare husdyrgjødsel som samles opp vil være tilgjengelig for transport til andre regioner, utilgjengelig husdyrgjødsel blir igjen på innmarks- og utmarksbeite. Både oppsamlet husdyrgjødsel og husdyrgjødsel som blir igjen på innmarksbeite inngår i vurderingen av fosforoverskudd. Fremtidige mengder er estimert basert på antagelsen om at en eventuell nedgang i forbruk av husdyrprodukter grunnet endret kosthold vil veies opp av befolkningsvekst. Fosforkonsentrasjonen i husdyrgjødsel antas også å være uendret i fremtiden. Det betyr at vi i fremtidige estimater for husdyrgjødsel ikke tar hensyn til effekter av kostråd, klimatiltak, dyrevelferdstiltak, svekket lønnsomhet, eller andre pågående trender på husdyrproduksjonen.	Las Heras Hernández m.fl. (upublisert); Müller m.fl. (2024)
Avløpsslam	2020	Sikker	2030	Ganske usikker	Det antas at bare avløpsslam som ikke ble brukt på grøntareal og for jordproduksjon i 2020 vil være tilgjengelig for transport til andre regioner. Det antas videre at markedene i grøntsektoren er mettet og at mengden avløpsslam brukt på grøntareal og for jordproduksjon ikke vil øke vesentlig i fremtiden. Fremtidige mengder er estimert basert på forventete krav i nytt avløpsdirektiv, og korrigert for antatt befolkningsvekst.	Hamilton m.fl. (2017); Paulsrud m.fl. (2023); SSB (2023a); SSB (2023b); SSB (2023c); personlig kommunikasjon med T. Finnesand i Miljødirektoratet (2024)
Matavfall	2016	Sikker	2035	Ganske usikker	Det antas at bare utsortert matavfall vil være tilgjengelig for transport til andre regioner. Fremtidige mengder utsortert (tilgjengelig) matavfall er estimert basert på kravet om oppsamling av 70 % av matavfall fra husholdninger og husholdningslignende virksomheter og institusjoner innen 2035. Fremtidige mengder matavfall er korrigert for antatt befolkningsvekst.	Avfallsforskriften (2004); Eklind m.fl. (1997); Møller m.fl. (2012); Syversen m.fl. (2018); SSB (2023b); SSB (2023c)

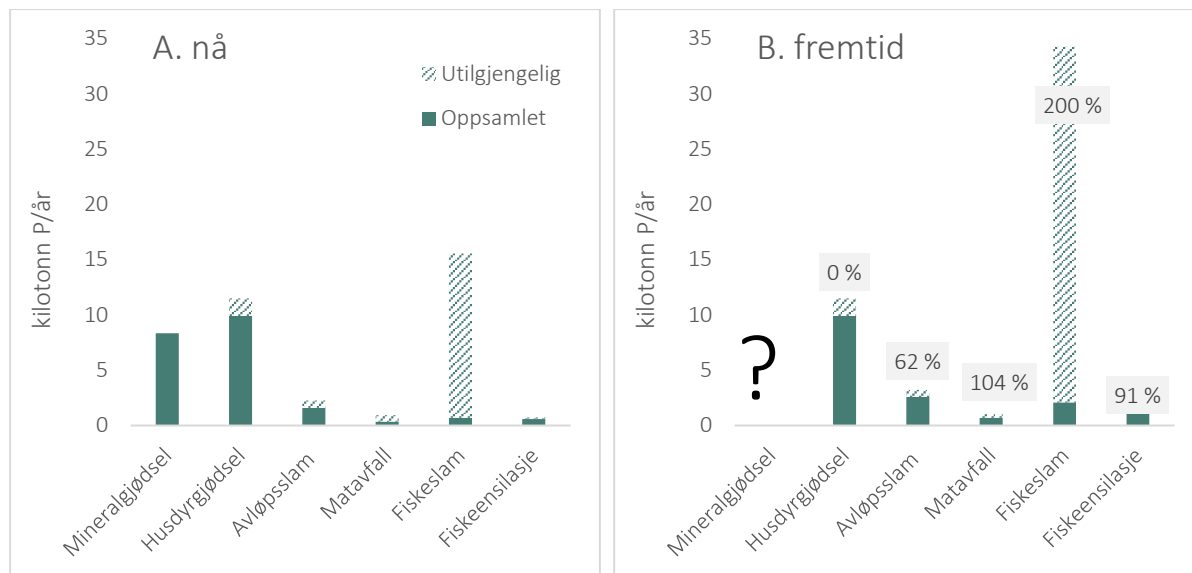
Tabellen fortsetter på neste side

Tabellen fortsetter fra forrige side

Fosforkilde	År	Estimer t usikker- het	År	Estimert usikker- het	Kommentar	Referanser
Fosfortap fra havbruks- næringen						
derav tilgjengelig fiskeslam	2021	Ganske sikker	2030	Usikker	Fordeling av tilgjengelig fiskeslam på regioner er basert på antagelsen om at fordelingen er lik som for fosfortap fra havbruksnæringen. Fremtidige mengder fosfortap fra havbruksnæringen er ekstrapolert fra årlig totalt fosfortap mellom 2005 og 2021 presentert i Pandit m.fl. (2023). Fremtidige mengder tilgjengelig fiskeslam er estimert basert på en kvalifisert gjetning om produksjonsøkning og oppsamlingsgrad (se kapittel 2.2), og er meget usikker.	Müller m.fl. (2024); Pandit m.fl. (2023)
Fiskeensilasje	2021	Ganske sikker	2030	Usikker	Fordeling av fiskeensilasje på regioner er basert på antagelsen om at fordelingen er lik som for fiskeslam. Fremtidige mengder fiskeensilasje er ekstrapolert fra årlig rapportert fiskeensilasje brukt til biogassproduksjon, og basert på antagelsen om at all fiskeensilasje, inkludert fiskeensilasjen som i dag blir eksportert, vil bli brukt i norske biogassanlegg og dermed bli tilgjengelig.	Myhre (2022); Norwaste (2023); personlig kommunikasjon med H.B. Møller ved Aarhus Universitet (2024)

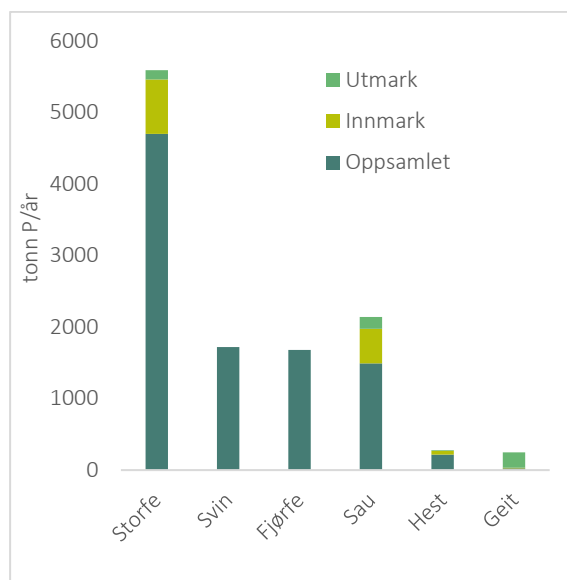
2.2 Organiske fosforkilder (nasjonalt)

Figur 2-1 viser estimer av totale fosformengder i ulike fosforkilder i Norge, nå og i 2030 (2035 for matavfall).



Figur 2-1. Estimer av totale fosformengder (kilotonn fosfor/år) i ulike fosforkilder i Norge, nå og i 2030 (2035 for matavfall). Se Tabell 2-1 for informasjon om hvordan estimatene er beregnet. I B. viser prosenttall over kolonnene estimert økning av oppsamlet andel av fosforkilden fra nå til 2030 (2035 for matavfall).

Av tilgjengelige fosforkilder på nasjonalt nivå utgjør husdyrgjødsel den klart største organiske fosforkilden, og totalt inneholder husdyrgjødsel (11512 tonn fosfor/år) mer fosfor enn mineralgjødning omsatt i jordbruket (8335 tonn fosfor/år). Husdyrgjødsel i lager vil i teorien kunne bli fraktet vekk til andre regioner (9896 tonn fosfor/år; 86 % av totalmengden fosfor i husdyrgjødsel), og denne andelen av husdyrgjødsel er derfor presentert separat som tilgjengelig husdyrgjødsel. Utilgjengelig husdyrgjødsel er den gjødsla som blir igjen på innmarksbeite (1316 tonn fosfor/år) eller på utmarksbeite (ca. 300 tonn fosfor/år) (Figur 2-2). Ifølge Las Heras Hernández m.fl. (upublisert) står storfe gjødning for rundt 40 % av den totale fosformengden i husdyrgjødsel, mens svin gjødning, fjørfegjødsel og sauegjødning står henholdsvis for rundt 15 %, 14 % og 12 %. Gjødning fra hest og geit står til sammen for bare rundt 2 % av totalmengden fosfor i all husdyrgjødsel.



Figur 2-2. Oversikt over fosformengder i husdyrgjødsel nasjonalt fra ulike dyreslag (tonn fosfor/år) og over andel husdyrgjødsel som blir samlet opp, som blir igjen på innmarksbeite eller på utmarksbeite. Resultater fra MIND-P (NFR prosjektnr. 268338; Las Heras Hernández m.fl., upublisert).

Avløpsslam er den nest største organiske fosforkilden i Norge (Figur 2-1). Totalt representerte avløpsslam 2251 tonn fosfor i 2020. Det er i dag stort sett godt etablerte regionale markeder for bruk av avløpsslam både i jordbruk, på grøntareal og til jordproduksjon. I 2020 ble 1593 tonn fosfor (71 %) brukt i jordbruket, mens 658 tonn fosfor (29 %) ble brukt på grøntareal og til jordproduksjon. I fremtiden er det forventet at totalmengden avløpsslam vil øke (3231 tonn fosfor/år) på grunn av forventete økte renskrav i nytt avløpsdirektiv og befolkningsvekst. Det antas at markedene for grøntareal og jordproduksjon er mettet, slik at fremtidige økninger i totalmengden avløpsslam må brukes i andre markeder. I 2030 er andelen avløpsslam som må brukes i jordbruket estimert til å øke med 62 % og tilsvare 2574 tonn fosfor/år.

På nasjonalt nivå er totalmengden fosfor i matavfall relativt liten sammenlignet med mengdene i de andre organiske fosforkildene (923 tonn fosfor/år i 2016 og 1023 tonn fosfor/år i 2035). I 2016 ble 38 % av fosfor i matavfallet utsortert (352 tonn fosfor/år). I 2035, når det vil være krav om utsortering av 70 % av matavfall fra husholdninger og husholdningslignende virksomheter og institusjoner, er det forventet at den tilgjengelige fosformengden i matavfall vil mer enn dobles (716 tonn fosfor/år). Forventet befolkningsvekst vil også bidra til økte fosformengder i tilgjengelig matavfall.

Fiskeslam er oppsamlete fôrrester og ekskrementer fra oppdrettsfisk. Bare landbaserte, nye oppdrettsanlegg og landbaserte anlegg hvor kapasiteten utvides, er i dag pålagt å samle opp fiskeslam. Den totale mengden oppsamlet fiskeslam er per i dag estimert til å inneholde omtrent dobbelt så mye fosfor som utsortert matavfall (700 tonn fosfor/år). Oppsamlet fiskeslam blir for det meste tørket og brukt i produksjon av organisk gjødsel, eller blir fraktet til sentrale biogassanlegg for produksjon av biogass og biorest. Med mulige nye krav om oppsamling, økt produksjon av oppdrettsfisk på land og fremtidige muligheter for oppsamling av fiskeslam fra sjø, forventes det at fosformengder i oppsamlet fiskeslam i fremtiden vil tredobles (2100 tonn fosfor/år). Estimater er basert på skjønnsmessig vurdering og er meget usikkert.

Fosfortap i norsk matfiskproduksjon var i 2021 i størrelsesorden 16.000 tonn fosfor/år (Pandit m.fl., 2023). Av totale fosfortap fra matfiskproduksjon utgjorde partikulært fosfor 65 % (10.200 tonn fosfor), løst uorganisk fosfor 22 % (3500 tonn fosfor) og løst organisk fosfor 12 % (1800 tonn fosfor). Resterende fosfortap (1 %) var dødfisk og rømt fisk. Bare partikulært fosfor vil i teorien kunne bli samlet opp fra åpne merder, og teoretisk oppsamlingseffektivitet blir av Pandit m.fl. (2023) estimert til å være om lag 50 % av partikulært fosfor. Det betyr at bare om lag 5100 (32 %) av totalt 16.000 tonn

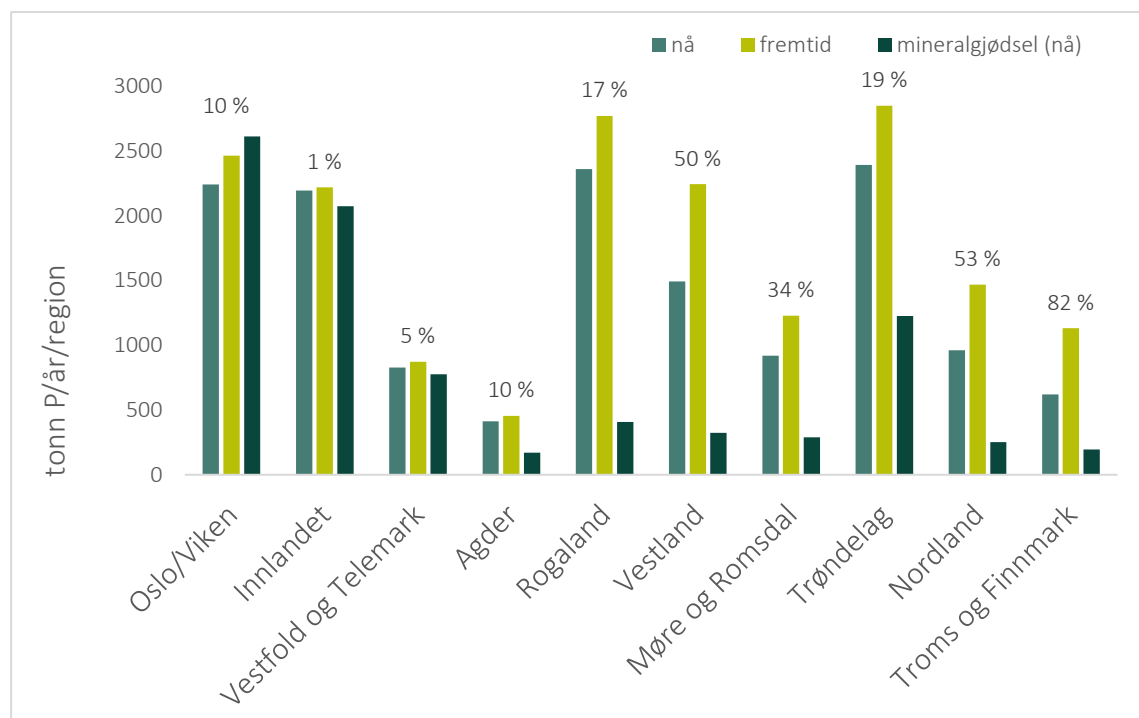
fosfor som årlig tapes fra matfiskproduksjon i teorien vil kunne bli tilgjengelig som fiskeslam. Forsøk til Calabrese m.fl. (2024) tyder derimot på at lukkede sjøanlegg (CCS) bare kan gjenvinne 9 % av fosforet i slammet, mens resten vil tapes til vann gjennom renseprosesser. Teoretisk oppsamlingseffektivitet ville øke dersom også matfisk ble produsert i landbaserte resirkuleringsanlegg (Pandit m.fl., 2023). Om det antas ingen oppsamling av fiskeslam fra matfiskproduksjon, kan fremtidige totale fosfortap fra havbruksnæringen estimeres til å være i størrelsesorden 34.000 tonn fosfor/år i 2030.

Fiskeensilasje er kvernet dødfisk (kategori 2, se kapittel 4.1 for forklaring) som er tilsatt syre før varmebehandling ved minst 85 °C i 25 minutter. En stor del fiskeensilasje har lenge vært eksportert til Danmark der den blir utnyttet til produksjon av biogass, men i de seinere årene har fiskeensilasje blitt ettertraktet også i norsk biogassproduksjon. I dag er fosformengden i fiskeensilasje estimert til å være større enn fosformengden i oppsamlet matavfall (586 tonn fosfor/år). I fremtiden antas det at all fiskeensilasje vil forbli i Norge til produksjon av biogass og bioest (1120 tonn fosfor/år).

Fosformengden i andre organiske kilder (f.eks. treaske) er neglisjerbar.

2.3 Organiske fosforkilder (regionalt)

For å gi en oversikt hvordan de organiske fosforkildene fordeler seg på ulike regioner, kvantifiserte vi organiske fosforkilder, nå og i 2030 (2035 for matavfall), for de enkelte fylkene med fylkesgrensene fra 2023 (heretter kalt for regioner).

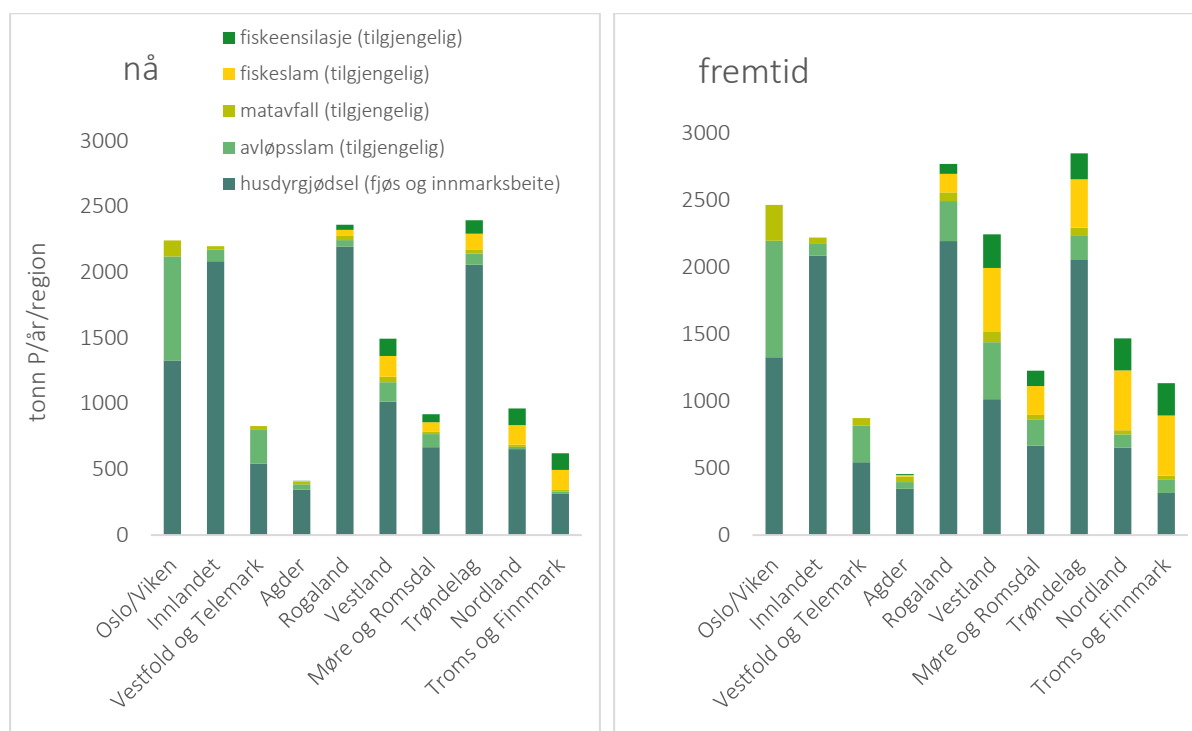


Figur 2-3. Estimer av fosformengder (tonn fosfor/år/region) i ulike organiske fosforkilder i norske regioner, nå og i 2030 (2035 for matavfall), sammenlignet med dagens mineralgjødning i jordbruket. Tallene over kolonnene viser estimert prosentvis økning av fosfor i organiske fosforkilder innen 2030 (2035 for matavfall) for hver region. Organiske fosforkilder omfatter: Husdyrgjødsel (fjøs og innmarksbeite), avløpsslam (tilgjengelig), matavfall (tilgjengelig), fiskeslam (tilgjengelig) og fiskeensilasje (tilgjengelig). Se Tabell 2-1 for informasjon om hvordan estimatene er beregnet. For husdyrgjødsel er både oppsamlet husdyrgjødsel og husdyrgjødsel som blir igjen på innmarksbeite vist, da begge fraksjonene inngår i vurderingen av fosforoverskudd.

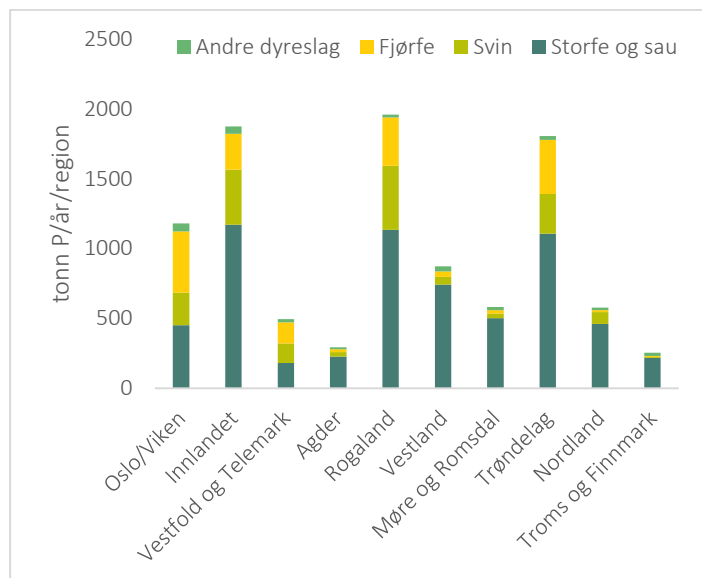
Figur 2-3 viser at Oslo/Viken, Innlandet, Rogaland, Vestland og Trøndelag er de regionene med de totalt største organiske fosformengdene. I Oslo/Viken, Innlandet og Vestfold og Telemark (kornregionene) er mengden fosfor i organiske kilder i samme størrelsesorden som mineralgjødsel brukt i jordbruket. I alle andre regioner (husdyrregionene) er de totale fosformengdene i organiske kilder mye større enn i mineralgjødsel. Den største totale økningen i fosfor fra organiske kilder er forventet i Vestland, mens store relative økninger i fosformengder er også forventet i Nordland og Troms og Finnmark.

Figur 2-4 viser at husdyrgjødsel er den største organiske fosforkilden i alle regioner. Andelen fosfor i husdyrgjødsel samlet opp utgjør mellom 82 og 91 % av totalmengden fosfor i husdyrgjødsel i de ulike regionene, mens resten av husdyrgjødselen blir igjen på innmarks- eller utmarksbeite. Figur 2-5 viser fosformengden i husdyrgjødsel fra ulike dyreslag som blir samlet opp i de ulike regionene. Figuren viser at husdyrgjødsel fra svin og fjørfe utgjør en stor andel av den totale fosformengden i oppsamlet husdyrgjødsel også i Rogaland (41 %) og Trøndelag (37 %).

I de befolkningstette regionene Oslo/Viken og i Vestfold og Telemark utgjør også fosfor i avløpsslam en stor andel av totalmengden (Figur 2-4). I fremtiden vil ressurser fra havbruksnæringen (fiskeslam og fiskeensilasje) bidra i større grad til totalmengden resirkulerbart fosfor, spesielt i Rogaland, Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland og i Troms og Finnmark. Den store forventede økningen av fosformengder i Vestland, Nordland og i Troms og Finnmark skyldes hovedsakelig økt forventet oppsamling av fiskeslam fra landbaserte anlegg og avløpsslam.



Figur 2-4. Estimater av fosformengder (tonn fosfor/år/region) i norske regioner, nå og i 2030 (2035 for matavfall), fordelt på ulike organiske fosforkilder. Se Tabell 2-1 for informasjon om hvordan estimatene er beregnet.



Figur 2-5. Oversikt over fosformengden i husdyrgjødsel fra ulike dyreslag som blir samlet opp, i norske regioner (tonn fosfor/år). Resultater fra MIND-P (NFR prosjektnr. 268338; Las Heras Hernández m.fl., upublisert).

2.4 Vurdering av fosforoverskuddet i ulike regioner

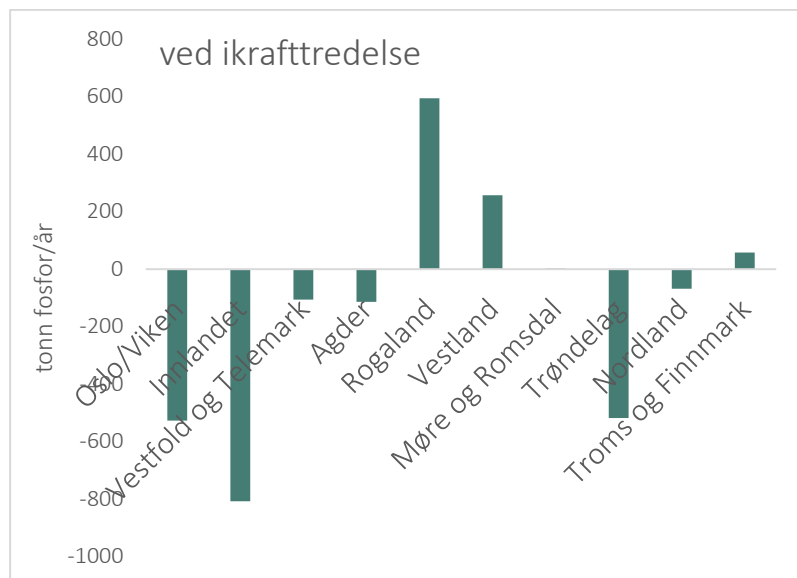
For å vurdere størrelsen av fosforoverskuddene i de ulike regionene, sammenlignet vi fosformengdene vist i kapittel 2.3 med to nivåer av tillatt fosfortilførsel for hver region (tonn fosfor/år/region; Figur V1). En detaljert forklaring av metoden som ble brukt for beregningen av fosforoverskuddene i ulike regioner er gitt i vedlegg 1.

Vurdering av fosforoverskuddet i ulike regioner (ved ikrafttredelse)

Figur 2-6 viser estimer av totale fosforoverskudd for alle regioner ved ikrafttredelse av nytt gjødselregelverk med de foreslåtte grensene for maksimalt tillatt fosfortilførsel per dekar (LMD, 2024), når alle fosforkilder som i dag er tilgjengelige er tatt hensyn til: mineralgjødsel (nå), husdyrgjødsel (fjøs og innmarksbeite), avløpsslam (tilgjengelig), matavfall (tilgjengelig), fiskeslam (tilgjengelig) og fiskeensilasje (tilgjengelig). For husdyrgjødsel er både oppsamlet husdyrgjødsel og husdyrgjødsel som blir igjen på innmarksbeite tatt med i beregningen. Negative verdier viser at det er plass til mer fosfor i regionen, mens positive verdier viser at det er et fosforoverskudd i regionen.

Forutsatt dagens bruk av mineralgjødsel, vil det allerede «ved ikrafttredelse» av nytt gjødselregelverk være et regionalt fosforoverskudd i Rogaland (595 tonn fosfor/år), Vestland (257 tonn fosfor/år), Troms og Finnmark (58 tonn fosfor/år) og Møre og Romsdal (2 tonn fosfor/år). Til sammen tilsvarer overskuddet 17 % av dagens bruk av fosfor i mineralgjødsel i kornområdene på Østlandet (Oslo/Viken, Innlandet, og Vestfold og Telemark). I Rogaland gir husdyrgjødsel alene et fosforoverskudd allerede «ved ikrafttredelse» av nytt gjødselregelverk. I de andre regionene, derimot, gir husdyrgjødsel alene ikke et overskudd, men sammen med de andre organiske fosforkildene blir det et fosforoverskudd. I Rogaland og Vestland vil fosforoverskuddet allerede «ved ikrafttredelse» være høyere enn fosformengden i lett transportabel fjøregjødsel (henholdsvis 345 og 38 tonn fosfor/år).

Lokalt innad i et fylke kan fosforoverskuddet dessuten være større enn gjennomsnittlig overskudd på fylkes(region)nivå. Ved skjevfordelinger innad i regioner vil mengden fosfor i organisk gjødsel som trenger et marked derfor være større enn det som framgår av beregnet gjennomsnitt på regionnivå.



Figur 2-6. Estimerte totale fosforoverskudd i ulike regioner ved ikrafttredelse av nytt gjødselregelverk. Fosforkildene tatt med i beregningen omfatter: Mineralgjødsel (nå), husdyrgjødsel (fjøs og innmarksbeite), avløpsslam (tilgjengelig), matavfall (tilgjengelig), fiskeslam (tilgjengelig) og fiskeensilasje (tilgjengelig).

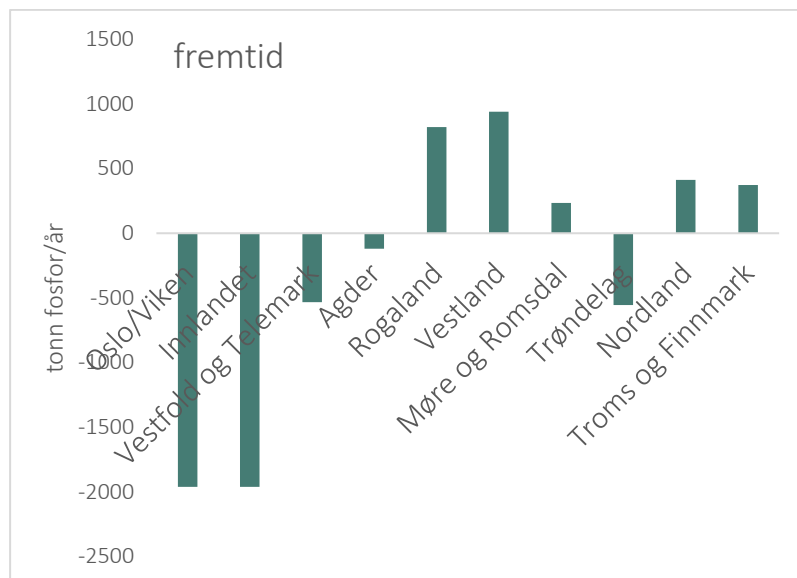
Vurdering av fosforoverskuddet i ulike regioner i fremtid

Figur 2-7 viser estimer av regionale fosforoverskudd i 2030 (2035 for matavfall), ved bruk av kun organiske fosforkilder. Tillatt fosfortilførsel 8 år etter ikrafttredelse av nytt gjødselregelverk (Tabell V1) er her trukket fra summen av organiske fosforkilder tilgjengelig i hver region i 2030 (2035 for matavfall); dvs. husdyrgjødsel (fjøs og innmarksbeite), avløpsslam (tilgjengelig), matavfall (tilgjengelig), fiskeslam (tilgjengelig) og fiskeensilasje (tilgjengelig). En kan forvente at bruken av fosforholdig mineralgjødsel vil gå ned med restriksjoner på hvor mye fosfor som kan tilføres et areal gitt i nytt gjødselregelverk. På grunn av meget stor usikkerhet knyttet til fremtidige mengder mineralgjødsel, er mineralgjødselbruk ikke inkludert i vurderingen av fremtidige fosforoverskudd.

I fremtiden vil flere regioner ha et fosforoverskudd, selv uten bruk av mineralgjødsel: Rogaland, Vestland, Møre og Romsdal, Nordland og Troms og Finnmark. Unntatt for Rogaland, vil husdyrgjødsel alene ikke gi et overskudd i fremtiden med forutsetningene som er lagt til grunn. Til sammen tilsvarer overskuddet av organiske fosforkilder i husdyrregionene ca. 50 % av dagens mineralgjødselbruk i kornområdene på Østlandet (Oslo/Viken, Innlandet, og Vestfold og Telemark).

Beregningen forutsetter ingen mineralgjødselbruk i husdyrregionene (Agder, Rogaland, Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark). Faktisk fosforoverskudd vil derfor være større, avhengig av hvor mye fosforholdig mineralgjødsel husdyrregionene fortsatt vil bruke etter at nytt gjødselregelverk er på plass, og dermed utgjøre mer enn 50 % av mineralgjødselbruken i kornområdene. På samme måte som for «ved ikrafttredelse» vil den faktiske mengden fosfor som trenger et marked være større enn fosforoverskuddet på regionnivå på grunn av skjevfordelinger innen regionen.

Nasjonalt vil det være plass til mer fosfor også i fremtiden, totalt 2780 tonn fosfor/år.



Figur 2-7. Estimerte fremtidige fosforoverskudd (2030; 2035 for matavfall), i ulike regioner. Fosforkildene tatt med i beregningen omfatter: Husdyrgjødsel (fjøs og innmarksbeite), avløpsslam (tilgjengelig), matavfall (tilgjengelig), fiskeslam (tilgjengelig) og fiskeensilasje (tilgjengelig). Estimert av totalt fosforoverskudd inkludert mineralgjødsel blir bare presentert for dagens situasjon (Figur 2-6) pga. meget stor usikkerhet knyttet til fremtidige mengder mineralgjødsel.

2.5 Oppsummering

Norge disponerer store mengder organiske fosforkilder, og husdyrgjødsel er den største av de organiske fosforkildene i alle regioner. Andre organiske fosforkilder av betydning er avløpsslam > matavfall > fiskeslam og fiskeensilasje.

Totalmengden fosfor i organiske kilder er forventet å øke i løpet av de neste ti årene, pga. strengere oppsamlingskrav for avløpsslam, matavfall og fiskeslam, og forventet vekst i havbruksnæringen. I beregningene for husdyrgjødsel har vi ikke tatt hensyn til effekter av kostråd, klimatiltak, dyrevelferdstiltak, svekket lønnsomhet, eller andre pågående trender på husdyrproduksjonen, men har antatt at totalmengden fosfor i husdyrgjødsel i løpet av de neste ti årene vil forbli uendret.

Nytt gjødselregelverk vil sette begrensinger på tillatt fosfortilførsel per dekar. Forslagene til tillatt fosfortilførsel i høringsutkastet til ny gjødselbrukforskrift ble tatt som utgangspunkt for beregninger av hvor mye organiske fosforkilder det må skaffes et marked for i ulike regioner. Forutsatt dagens bruk av mineralgjødsel, vil det allerede ved ikrafttredelse av nytt gjødselregelverk være et regionalt fosforoverskudd i Rogaland, Vestland, Troms og Finnmark og Møre og Romsdal. I Rogaland gir husdyrgjødsel alene et fosforoverskudd. I de andre regionene, derimot, gir husdyrgjødsel alene ikke et overskudd, men sammen med de andre organiske fosforkildene blir det et fosforoverskudd.

I fremtiden vil også Nordland få et fosforoverskudd i tillegg til Rogaland, Vestland, Troms og Finnmark og Møre og Romsdal, selv uten bruk av mineralgjødsel, og fosforoverskuddet vil i stor grad skyldes økt utnyttelse av ressurser fra havbruksnæringen (fiskeslam og fiskeensilasje). Det fremtidige overskuddet av organiske fosforkilder i husdyrregionene er beregnet til å tilsvare ca. 50 % av dagens mineralgjødselbruk i kornområdene på Østlandet (Oslo/Viken, Innlandet, og Vestfold og Telemark). Beregningen forutsetter ingen mineralgjødselbruk i husdyrregionene (Agder, Rogaland, Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark). Faktisk fosforoverskudd vil være større, avhengig av hvor mye fosforholdig mineralgjødsel husdyrregionene fortsatt vil bruke etter at nytt gjødselregelverk er på plass. Lokalt innad i et fylke kan fosforoverskuddet dessuten være større enn gjennomsnittlig overskudd på fylkes(region)nivå. Ved skjevfordelinger innad i regioner vil mengden fosfor i organisk gjødsel som trenger et marked derfor være større enn det som framgår av beregnet gjennomsnitt på regionnivå.

Av miljø- og kostnadmessige hensyn er det begrenset hvor langt organiske fosforkilder som flytende husdyrgjødsel eller biorest kan transporteres. Det er derfor behov for produksjon av gjødselvarer basert på resirkulert fosfor som kan transporteres over lengre avstand. Se kapittel 3 for teknologivalg for produksjon av gjødselvarer med resirkulert fosfor.

3 Teknologivalg og kvalitet til gjødselvarer med resirkulert fosfor

I utgangspunktet kan alle fosforrike organiske materialer, både faste og flytende, brukes som råvare i produksjon av transportable gjødselvarer basert på resirkulert fosfor. En oversikt over aktuelle råvarer i Norge er gitt i kapittel 2. Under gir vi en kort beskrivelse av hovedprinsippene bak de viktigste teknologiene for produksjon av organiske (kapittel 3.1 og 3.2) og mineralske gjødselvarer (kapittel 3.4) som vist i Figur 3-1. Internasjonalt er det betydelig interesse for teknologiutvikling innen dette feltet, slik at vi framover kan forvente optimalisering av teknologiene. Videre beskriver vi krav til produktkvalitet til både organiske (kapittel 3.3) og mineralske gjødselvarer (kapittel 3.5) utover kravene som er satt i gjeldende gjødselregelverk (kapittel 4).

3.1 Forbehandling

3.1.1 Anaerob utråtning (biogassbehandling)

Sentraliserte biogassanlegg tar imot ulike typer fosforrike organiske materialer, f.eks. matavfall, avløpsslam, husdyrgjødsel, fiskeslam og fiskeensilasje. Ved hjelp av mikroorganismer blir det organiske materialet brutt ned uten oksygentilgang og omdannet til biogass (ca. 60 % metan blandet med 40 % karbondioksid) og næringsrik biorest. Etter biogassproduksjonen er innholdet av organisk materiale i den opprinnelige massen omtrent halvert, mens innholdet av næringsstoffer inkludert fosfor er bevart i bioresten så å si i sin helhet. Det kan skje mindre fosfortap (<10 %; Möller og Müller, 2012) gjennom utilsiktet felling av salter som vil legge seg som et lag på bunnen av biogassreaktoren. Det skyldes at høy pH i en biogassprosess vil flytte den kjemiske likevekten i retning mot (orto-)fosfat ($\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \text{PO}_4^{3-}$; Möller og Müller, 2012), som legger til rette for både kontrollert og ukontrollert felling som f.eks. kalsium- eller magnesiumfosfater.

Bioresten som produseres på de større norske anleggene, har en flytende konsistens, ganske lik flytende husdyrgjødsel (blautgjødsel) med et typisk tørrstoffinnhold på rundt 5 %. Biorest kan brukes som gjødsel, enten direkte eller etter mekanisk separering til en fast og en flytende fraksjon med eller uten foregående surgjøring. Biorest og den flytende fraksjonen etter mekanisk separering kan spres med samme utstyr som brukes til blautgjødsel. Anaerob utråtning vil kunne fungere som «døråpner» for videre prosessering av biorest til optimaliserte og transportable gjødselvarer fordi sentraliserte biogassanlegg er samlingspunkt for resirkulerbart fosfor. Dessuten vil en del av de organiske fosforforbindelsene brytes ned i utråtningprosessen og dermed legge til rette for felling av uorganiske fosforsalter som f.eks. struvitt.

3.1.2 Mekanisk separering

Mekanisk separering av flytende organiske materialer, f.eks. blautgjødsel, biorest og fiskeslam vil gi en flytende fraksjon som kan brukes som gjødsel lokalt og en fast fraksjon som kan transporteres som gjødselvarer til områder med fosforbehov. Den faste fraksjonen etter mekanisk separering av blautgjødsel inneholder typisk mellom 25 og 30 % tørrstoff (Jensen, 2013). De ulike teknologiene skiller seg i hvor effektive de er til å separere tørrstoffet og fosfor fra vannfasen (Tabell 3-1). Jo høyere separeringseffektiviteten, desto høyere vil som regel kostnadene være (Schoumans m.fl., 2010). Separeringseffektiviteten vil være avhengig av utgangsmaterialet. Under er separeringseffektiviteten oppgitt for blautgjødsel av svin og storfe uten forbehandling i et biogassanlegg.

Tabell 3-1. Separeringsindeks (= andel tørrstoff og fosfor i utgangsmateriale som gjenfinnes i den faste fraksjonen som %) for flytende husdyrgjødsel og ulike mekaniske separeringsteknologier (Christensen m.fl., 2013)

	Sedimentering		Filtrering		Filtrering med trykk		Sentrifugering	
	Tørrstoff	Fosfor	Tørrstoff	Fosfor	Tørrstoff	Fosfor	Tørrstoff	Fosfor
Svin	57	41	42	30	35	20	60	73
Storfe	55	57	47	40	38	14	63	69

Sedimentering

Sedimentering er en relativ enkel teknologi. Det organiske materiale blir tilsatt i batcher eller kontinuerlig i sedimenteringstanker med konisk form. Tørrstoffet synker til bunns og den faste fraksjonen kan fjernes fra bunnen i tanken. Mengden tørrstoff som tas ut til den faste fraksjonen varierer avhengig av tørrstoffet i utgangsmaterialet, og øker med økende oppholdstid. I gjennomsnitt vil rundt 60 % av tørrstoffet i blautgjødsel av svin og storfe og mellom 40 og 60 % av fosforet havne i den faste fraksjonen (Christensen m.fl., 2013).

Filtrering

Filtrering omfatter teknologier som tar i bruk siler eller filtre for å skille flytende fra fast fraksjon ved hjelp av tyngdekraften. Den faste fraksjonen blir kontinuerlig fjernet fra filteret ved en belteseparator. Separeringsindeksen for blautgjødsel av svin og storfe blir oppgitt til å være mellom 40 og 50 % for tørrstoffet og mellom 30 og 40 % for fosforet (Christensen m. fl., 2013). Tilsvarende som for sedimentering, øker tørrstoffmengden i den faste fraksjonen med økende filtreringstid. Generelt er filtrering en raskere metode enn sedimentering og det er derfor mindre fare for ammoniakktap under separeringen.

Filtrering med trykk

Filtrering med trykk, f.eks. med en skruepresse, er et forsøk på å øke tørrstoffprosenten i den faste fraksjonen sammenlignet med filtrering uten trykk (Christensen m.fl., 2013). Bruk av skruepresser er i dag den vanligste metoden for mekanisk separering av husdyrgjødsel. Tørrstoffprosenten i den faste fraksjonen økes ved at den faste fraksjonen blir komprimert under separeringen. Selv om tørrstoffprosenten i den faste fraksjonen kan være økt sammenlignet med filtrering uten trykk, blir separeringsindeksen lavere både for tørrstoff (mellom 30 og 40 %) og for fosfor (mellom 15 og 20 %). Det skyldes at små fosforrike partikler blir tvunget gjennom filteret med trykk, og størstedelen av fosforet vil derfor havne i den flytende fraksjonen sammen med nitrogen og kalium. Bruk av skruepresse er derfor den minst effektive måten å separere fosfor på. Fordelen med filtrering med trykk er at den vil gi en fast fraksjon med relativt høyt tørrstoffinnhold og rask separering.

Sentrifugering

Bruk av dekanter-sentrifuge er den mest effektive måten å separere flytende organiske materialer på. I gjennomsnitt vil rundt 60 % av tørrstoffet i blautgjødsel av svin og storfe og rundt 70 % av fosforet havne i den faste fraksjonen etter sentrifugering (Christensen m.fl., 2013). Ulempen med sentrifugering er at både investerings- og driftskostnadene vanligvis er høye sammenlignet med enklere separeringsteknologier. Bruk av skruepresse før dekanter-sentrifuge kan redusere slitasjen.

Viderebehandling av flytende fraksjon

Den flytende fraksjonen etter mekanisk separering har et næringsstoff-forhold som i utgangspunktet er bedre tilpasset plantenes næringsbehov enn ubehandlet materiale. Separeringsindeksen til enkelte mekaniske separeringsteknologier kan i regioner med høyt fosforoverskudd likevel være for lav til at det havner en tilstrekkelig fosformengde i den faste fraksjonen som lettest kan transporteres ut av regionen. I slike tilfeller kan det være aktuelt å kombinere mekanisk separering med flere

behandlingssteg. Én mulighet ligger i felling av fosfat i den flytende fraksjonen etter mekanisk separering som et fosforsalt som kan prosesseres videre til gjødselvarer. Prosessen omtales nærmere i kapittel 3.4.1. En annen mulighet kan være å kombinere mekanisk separering med mer avanserte filtreringsmetoder som mikro-, ultra- og nanofiltrering, (omvendt) osmose, membrandestillering og elektrodialyse. Membranene består som regel av polymerer eller aluminium- eller titanoksider. Tetting av membranene rapporteres som stor ulempe, og prosessen er relativt kostbar (Camilleri-Rumbau m.fl., 2021; Persson og Rueda-Ayala, 2022).

3.2 Oversikt over teknologier: Organiske gjødselvarer

Organiske gjødselvarer er produkter som inneholder betydelige mengder organisk karbon, og er fremstilt ved relativ enkel teknologi. I Figur 3-1 er organiske produkter merket med gult.

3.2.1 Direkte bruk

Faste fosforrike organiske materialer etter mekanisk separering, kan i utgangspunktet brukes direkte som organisk gjødsel. Plantetilgjengelighet til fosfor i ulike organiske materialer er nærmere beskrevet i kapittel 3.3.1.

Gjeldende *forskriften om gjødselvarer mv. av organisk opphav* (heretter forskrift om organisk gjødsel, 2003; FOR-2003-07-04-951) beskriver kvalitetskrav som organiske gjødselvarer må oppfylle (se kapittel 4.1). Nytt gjødselregelverk vil begrense mulighetene for lokal spredning av organisk gjødsel. Foreslåtte nye reguleringer vil spesielt få betydning i husdyrområdene og i nærområdet til sentraliserte biogassanlegg. Den faste fraksjonen etter mekanisk separering av f.eks. husdyrgjødsel eller biorest kan transporteres et stykke før kostnadene overstiger verdien som gjødsel, men det vil ofte være vanskelig å unngå tap av ammoniakk og klimagasser, samt lukt under lagring og spredning (Jensen, 2013).

De fleste organiske materialer har et ubalansert forhold mellom nitrogen, fosfor og kalium sammenlignet med plantenes næringsbehov. Faste og tørkede produkter har mistet en del av nitrogenet til luft i form av ammoniakk, og har derfor ofte en mer ubalansert næringsstoffsammensetning enn flytende materialer som ofte inneholder mer plantetilgjengelig nitrogen i form av ammonium (NH_4). Mer om behov for videre produktutvikling i kapittel 3.3.2.

3.2.2 Kompost

Produkt: Stabilt og hygienisert, delvis nedbrutt organisk materiale

Utgangsmateriale: Ulike faste organiske materialer, eller kombinasjoner av disse med et ideelt karbon: nitrogen (C:N) forhold mellom 25 og 35. Typiske utgangsmaterialer er matavfall, talle (husdyrgjødsel tråkket sammen med strø) eller den faste fraksjonen etter separering av blautgjødsel eller biorest. Halm, treflis mm. kan brukes som tilsetningsmateriale for å øke C:N forholdet i blandingen.

Prosess: Kompostering er en termofil mikrobiell nedbryting av organisk materiale under tilgang på oksygen, f.eks. i ranker eller hauger, eller i beholdere. Lufttilgang sikres enten ved løs og luftig sammensetning og kanaler for passiv eller aktiv lufttilførsel, eller ved at komposten vendes hyppig. Gjennom kompostering blir volumet til et organisk materiale redusert, og dermed synker transportkostnadene. Det er vanskelig å unngå ammoniakktap og delvis også klimagassutslipp, og prosessen er relativt tidkrevende (mellom 12 og 18 måneder).

Plantetilgjengelighet til fosforet: Tilsvarende plantetilgjengelighet som i utgangsmateriale eller lavere (Jensen, 2013; Sinaj m.fl., 2002).

3.2.3 Organisk gjødsel/organisk-mineralsk (hybrid-)gjødsel

Produkt: Gjødsel pellets eller granuler basert på ulike organiske materialer. Organisk-mineralsk gjødsel eller hybridgjødsel er blandinger av organiske og mineralske komponenter i samme pellet/granul.

Utgangsmateriale: Ulike tørkede materialer før eller etter mekanisk separering, f.eks. hønsegjødsel, fastfraksjon etter separering av blautgjødsel, fiskeslam, avløpsslam, vinasse og mange flere. I hybridgjødsel er det i tillegg til organiske komponenter også mineralske komponenter.

Prosess: Tørking før pelletering eller granulering av organiske materialer enkeltvis eller i en kombinasjon av flere. Anrikning med mineralske komponenter (f.eks. med nitrogen og kalium) gir muligheten til å balansere forholdet mellom næringsstoffene i forhold til plantenes behov.

Plantetilgjengelighet til fosforet: Varierende plantetilgjengelighet avhengig av utgangsmaterialet. Tørking og pelletering ser ikke ut til å redusere plantetilgjengeligheten til fosfor i betydelig grad (Jensen, 2013).

3.2.4 Biokull/hydrochar

Produkt: Pyrolyse gir biokull som er et karbonrikt fast produkt som ligner trekull. Hydrotermisk karbonisering (HTC) gir hydrochar som er et karbonrikt fast produkt som ligner brunkull. Avhengig av prosess-styringen kan også væskefasen etter HTC inneholde mye av fosforet fra utgangsmaterialet (Khalaf m.fl., 2023)

Utgangsmateriale: Ulike avvannete/tørkede organiske materialer til pyrolyse, eller våte organiske materialer med tørrstoffinnhold mellom 15 og 25 % til hydrotermisk karbonisering.

Prosess: Pyrolyse innebærer oppvarming av avvannet/tørket biomasse ved temperatur mellom 300 og 1000 °C under begrenset tilgang på oksygen. Oppholdstiden varierer fra noen minutter til opptil to timer. Hydrotermisk karbonisering er oppvarming av våt biomasse under trykk (2-10 MPa) ved lavere temperatur enn ved pyrolyse, mellom 180 og 350 °C. Oppholdstiden er vanligvis > 1 time (Khalaf m.fl., 2023). Under begge prosesser gjennomgår karbonet i biomassen endringer på molekylært nivå, noe som fører til at produktet blir svært motstandsdyktig mot biologisk nedbrytning.

Plantetilgjengelighet til fosforet: Biokull basert på fosforrike utgangsmaterialer har lav virkning som fosforgjødsel, uavhengig av om fosfor i råstoffet foreligger i forbindelser med aluminium og/eller jern (f.eks. avløpsslam) eller i forbindelser med kalsium (f.eks. fast fraksjon etter separering av husdyrgjødsel) (Bruun m.fl., 2017; Mackay m.fl., 2017). Plantetilgjengeligheten til fosforet synker med økende prosess-temperatur (Bruun m.fl., 2017). Også i hydrochar foreligger fosfor for det meste i stabile uorganiske forbindelser, men plantetilgjengeligheten til fosforet er foreløpig lite studert (Khalaf m.fl., 2023). Pga. negativ effekt på plantetilgjengeligheten til fosfor, er det omdiskutert om det bør lages biokull av næringsrike organiske avfallsressurser. Unntaket er hvis det er problematisk innhold av organiske miljøgifter i utgangsmaterialet.

3.3 Kvalitet til organiske gjødselvarer

3.3.1 Plantetilgjengelighet til fosfor

I mineralgjødsel foreligger fosforet som enkle kalsiumfosfater eller ammoniumfosfater (kapittel 3.5). I Yara's mineralgjødsel er mellom 75 og 80 % av fosforet vannløselig, resten er citratløselig. Fosforet i mineralgjødsel er derfor lett tilgjengelig for plantene. I organiske fosforkilder derimot kan fosforet foreligge i mange forskjellige bindingsformer med ulik løselighet. Plantetilgjengeligheten til fosforet i organiske gjødselvarer kan derfor variere, og være betydelig lavere enn i mineralgjødsel.

I motsetning til det mange forventer, er det uorganisk bundet fosfor som dominerer også i organiske gjødselvarer, ikke organisk bundet fosfor. For det meste foreligger fosfor i organiske fosforkilder i forbindelser med kalsium. Bare i avløpsslam, der jern- og/eller aluminiumsalter ble brukt til å felle fosforet i avløpsvannet, kan fosfor være adsorbert til aluminium- og/eller jern(hydr)oksider eller foreligge i forbindelser med jern og/eller aluminium.

Det finnes mange ulike typer av henholdsvis kalsiumfosfater og jern-/aluminiumforbindelser, og disse har ulik løselighet. For eksempel foreligger fosfor i husdyrgjødsel for det meste som amorfe kalsiumfosfater, mens det er stabile kalsiumfosfater i beinmateriale (f.eks. kjøttbeinmel, fiskemel). Fosfor felt med jern og/eller aluminium i avløpsslam har lavere plantetilgjengelighet enn amorfe kalsiumfosfater, og plantetilgjengeligheten er lavere jo mer jern og aluminium det er i forhold til fosfor (Øgaard og Brod, 2016). Løseligheten av fosfor i organisk materiale er ofte sterkt påvirket av et samspill mellom fosforets bindingsform og jordas pH. Tungt løselige kalsiumfosfater har best tilgjengelighet i sur jord (lav pH), mens for jern/aluminium-bundet fosfor øker tilgjengeligheten med økende pH innenfor pH-området som er normalt i dyrka jord.

En viss andel av fosforet i organiske gjødselvarer kan være i organisk form. På samme måte som for organisk nitrogen, er plantetilgjengeligheten til organisk bundet fosfor avhengig av hvor lett nedbrytbare disse forbindelsene er. Organisk materiale som allerede har gjennomgått nedbrytningsprosesser ved f.eks. kompostering er relativt stabilt, og videre nedbrytning går sakte sammenlignet med nedbrytningshastigheten for produkter som ikke har gjennomgått nedbrytningsprosesser. Videre er nedbrytningshastigheten avhengig av jordas temperatur, fuktighet og oksygeninnhold.

Husdyrgjødsel

Fosfor i husdyrgjødsel fra både storfe og svin har omtrent samme plantetilgjengelighet som fosfor i mineralgjødsel. Den gode fosforeffekten kan forklares med at fosforet hovedsakelig foreligger i form av lett tilgjengelige uorganiske forbindelser. Den faste fasen etter mekanisk separering av husdyrgjødsel fra storfe eller svin viser også generelt god plantetilgjengelighet (Brod og Øgaard, 2021), men noen studier tyder på at fosfor i den faste fraksjonen har bedre plantetilgjengelighet etter mekanisk separering med dekanterentrifuge sammenlignet med skruepresse (Christel m.fl., 2016). Gjødslingseffekten til fosfor i fjørfegjødsel er relativt lite studert, men noen undersøkelser tyder på at den er lavere enn i storfegjødsel (Sharpley og Moyer, 2000; Brod m.fl., 2015a), og at gjødslingseffekten avtar med lagringstiden (Peirce m.fl., 2013).

Avløpsslam

Plantetilgjengeligheten til fosfor i norsk avløpsslam er mye lavere enn i mineralgjødsel (Øgaard og Brod, 2016). Plantetilgjengeligheten til fosforet varierer med mengden jern- og/eller aluminiumsalter som er brukt til å felle fosforet i avløpsvannet. Forsøk har vist at den relative fosforeffekten er < 20 % sammenlignet med mineralgjødsel første år etter tilførsel av ukalket avløpsslam, og at den lave førsteårseffekten ikke blir kompensert i årene etter tilførsel. Kalking av slammet bedrer plantetilgjengeligheten til fosforet (Alvarenga m.fl., 2017; Øgaard og Brod, 2016). For biologisk felt avløpsslam har vi lite data, men undersøkelsen til Krogstad m.fl. (2004) viste at fosfor i biologisk felt slam hadde god plantetilgjengelighet. Vi antar derfor at plantetilgjengelighet av fosforet i biologisk felt slam vil være like god som husdyrgjødsel, forutsatt liten tilleggsbruk av jern-/aluminiumsalter for å klare rensekraften for fosfor.

Matavfall

Matavfall må gjennomgå behandling i form av kompostering eller anaerob biogassbehandling, for å bli tilgjengelig som gjødselråvare. I planteforsøk har den relative fosforeffekten til matavfallskompost og

biorest basert på matavfall vist seg å være i gjennomsnitt mellom 60 og 70 % sammenlignet med mineralgjødsel (Sinaj m.fl., 2002; Brod m.fl., 2015b).

Fiskeslam

Plantetilgjengeligheten til fosfor i tørket fiskeslam fra settefiskanlegg har i forsøk vist seg å være lavere enn i husdyrgjødselprodukter og mineralfosfor (Brod og Øgaard, 2021). Det kan forklares med at en del av fosforet i fiskeslam fra settefiskanlegg består av stabile kalsiumfosfater som ikke er direkte tilgjengelig for plantene (Brod m.fl., 2015a; Brod og Øgaard 2021). Plantetilgjengeligheten til fosfor i fiskeslam fra matfisk har enda ikke blitt studert systematisk.

Fiskeensilasje

I liket med matavfall må fiskeensilasje gjennomgå behandling for å bli tilgjengelig som gjødselråvare, for eksempel gjennom anaerob utråtning. Behovet for sambehandling med andre substrater gjør det vanskelig å studere plantetilgjengeligheten til fosfor i fiskeensilasje.

3.3.2 Behov for produktutvikling

God plantetilgjengelighet til fosfor

God plantetilgjengelighet til fosforet er en forutsetning for reell resirkulering. Plantetilgjengeligheten til fosfor i organisk gjødsel basert på husdyrgjødsel er vanligvis god, til tross for noe variasjon mellom husdyrslag (se kapittel 3.3.1). Med begrensninger på hvor mye fosfor som kan tilføres et areal, må organiske fosforkilder med lav plantetilgjengelighet (f.eks. fiskeslam, avløpsslam) heller sees på som råvare for produksjon av organiske gjødselvarer enn som fullverdig gjødselprodukt. Slike fosforkilder bør forbehandles for å øke plantetilgjengeligheten til fosforet, for eksempel ved surgjøring av råvarer med stabile kalsiumfosfater som fiskeslam (Álvarez Salas m.fl., 2024).

Plantetilgjengelig nitrogen

Nitrogen er det plantenæringsstoffet som er viktigst for å sikre gode avlinger. I organiske fosforkilder finnes nitrogen både i organisk og mineralsk form. Nitrogenet i mineralsk form er direkte plantetilgjengelig, mens gjødslingseffekten av organisk nitrogen er avhengig av hvor lett de organiske forbindelsene brytes ned. Dette varierer mellom ulike typer organisk materiale. Organisk materiale som allerede har gjennomgått nedbrytningsprosesser ved for eksempel kompostering eller biogassproduksjon, er relativt stabilt og videre nedbrytning går sakte sammenlignet med nedbrytningshastigheten for materialer som ikke har gjennomgått nedbrytningsprosesser (Henriksen m.fl., 2023). Det er viktig å kjenne til andelen raskt- og langsomt tilgjengelig organisk nitrogen i organiske gjødselvarer for å kunne dosere produktene i henhold til plantenes nitrogenbehov. Nitrogeneffekten til faste råvarer som hønsegjødsel og tørket fiskeslam kan bestemmes ved kortvarige veksthusforsøk eller inkubasjonsforsøk under kontrollerte forhold (Henriksen m.fl., 2023). Foreløpig er det ingen laboratorier som tilbyr standardiserte inkubasjonsanalyser for klarlegging av nitrogeneffekten.

Balansert næringsstoffinnhold

Det er en utfordring for effektiv resirkulering at næringsstoffsammensetningen i flere organiske råvarer er ubalansert sammenlignet med plantenes behov. Nitrogeninnholdet er som regel for lavt i forhold til fosforinnholdet. I avvannete materialer som for eksempel fiskeslam er også kaliuminnholdet for lavt (Brod og Øgaard, 2023). Utfordringen kan løses ved at organiske råvarer kombineres med andre kilder for nitrogen og kalium, for eksempel mineralkomponenter for produksjon av organisk-mineralske gjødselvarer (hybridgjødsel) (kapittel 3.2.3). Kombinasjon av organiske råvarer med mineralske kilder for nitrogen vil kunne sikre nok nitrogen til plantene mens det organiske nitrogenet mineraliserer.

Kompatible fysiske egenskaper

Organiske gjødselvarer som skal spres med gjødselspredere for mineralgjødsel må ha fysiske egenskaper som er tilpasset disse gjødselsprederne, slik at mineralgjødselprodukter enkelt kan byttes ut. Organiske gjødselepellets må på den ene siden være støvfrie og faste nok til å tåle mekanisk belastning ved håndtering og spredning, samtidig som de ikke må være så faste at oppløsningen i jorda går sakte.

3.3.3 Analyse av plantetilgjengelig fosfor i organisk gjødsel

For bonden er det viktig at gjødseleffekten til hvert enkelt gjødselprodukt er kjent. Kjennskap til gjødseleffekten sikrer også effektiv fosforresirkulering.

Gjeldende forskrift om organisk gjødsel (2003) pålegger ekstraksjon av fosfor med ammonium-acetat-laktat, P-AL-analyse av den organiske gjødselevaren, for å gi informasjon om plantetilgjengelighet i varedeklarasjonen. Tidligere forsøksresultater har vist at det ikke nødvendigvis er noen god sammenheng mellom gjødseleffekten og P-AL-fraksjonen i organisk gjødsel (Brod m.fl., 2015b; Øgaard og Brod, 2016). I høringsutkastet til ny gjødselevareforskrift (Mattilsynet, 2024b) er derfor kjemisk ekstraksjon med 0,5 M NaHCO₃ foreslått som standardanalyse istedenfor P-AL-analyse.

Senere studier viser at det finnes ingen ekstraksjonsmetode som viser god sammenheng med plantetilgjengeligheten til fosforet på tvers av ulike organiske gjødselvarer. Isteden viser de nyere resultatene at bestemmelsen av fosforeffekten blir bedre når en tar hensyn til den store variasjonen i fosforets bindingsform mellom organiske gjødselvarer som beskrevet i kapittel 3.3.1. Brod m.fl. (2022) foreslår å gruppere organiske gjødselprodukter etter fosforets bindingsform, gitt av produktets opphavsmateriale, og å bruke ulike metoder for bestemmelse av fosforeffekt for hver av gruppene.

3.4 Oversikt over teknologier: Resirkulert mineralfosfor

Mineralske gjødselvarer er produkter som inneholder veldig lite eller ingen organisk karbon. I Figur 3-1 er mineralske produkter merket med blått.

I utgangspunktet kan alle fosforrike organiske materialer brukes som fosforkilde i produksjon av resirkulert mineralgjødsel. Teknologiene som for tiden er tilgjengelige på markedet innebærer en høy prosesseringsgrad, og er basert på termiske eller kjemiske prosesser, ofte en kombinasjon av begge. Mer informasjon om bruk av resirkulert mineralfosfor i produksjon av mineralsk og organisk-mineralsk gjødsel er gitt i kapittel 3.5.

3.4.1 Fosforsalter (f.eks. struvitt, kalsiumfosfat)

Felling av struvitt (NH₄MgPO₄·6H₂O)

Produkt: Rene saltkrystaller eller struvitt-holdig slam. Struvitt kan brukes direkte som gjødsel, men produktet er ubalansert i forhold til plantenes behov for næringsstoffer.

Utgangsmateriale: Ulike væsker med løst fosfat som den flytende fraksjonen etter mekanisk separering av blautgjødsel, biorest og rejeftvann etter biologisk avløpsrensing, og annen biorest. Konsentrasjonen av løst fosfat i væskefasen kan økes med syrebehandling for å øke mengden struvitt som felles ut (Vaneckhaute m.fl., 2017).

Prosess: Struvitt har likt mol-forhold mellom nitrogen, fosfor og magnesium og felles ved pH > 9 (Corona m.fl., 2021). Magnesium må ofte bli tilsatt som f.eks. MgCl₂ (Gysin m.fl., 2018). For en effektiv krystalliseringsprosess bør de fosfatrike strømmene ha lav konsentrasjon av suspendert stoff, og derfor er forutgående mekanisk separering typisk nødvendig når det gjelder f.eks. biorest (Tarragó m.fl., 2018).

Eksempler på kommersielle teknologier: Ostara Pearl®, NuReSys®, PhosphoGREEN™

Plantetilgjengelighet til fosforet: Varierende men ofte høy plantetilgjengelighet til fosfor, spesielt på sur jord (Kratz m.fl., 2019). Plantetilgjengeligheten øker med organiske forurensninger som destabiliserer krystallstrukturene.

Kommentar: HIAS renseanlegg gjenvinner fosfor som struvitt etter biologisk rensing av avløpsvann (HIAS prosessen®).

Felling av kalsiumfosfater

Produkt: Ulike kalsiumfosfater. Kan brukes direkte som gjødsel, men er ubalansert i forhold til plantenes behov for næringsstoffer. Kan også brukes som fosforkilde for våtkjemisk produksjon av mineralgjødsel (kapittel 3.5).

Utgangsmateriale: Tilsvarende som for struvitt, eller fosforrik aske etter monoforbrenning av avløpsslam (ISSA = «incinerated sewage sludge ash») utvasket med syre, eller hydrochar tilsatt syre.

Prosess: Felling av kalsiumfosfater ved tilsetning av kalsium (f.eks. CaCO_3 eller Ca(OH)_2). Fellingen er mest effektiv ved høy pH. Høy bufferkapasitet i husdyrgjødsel motvirker pH-økning og har derfor negativ effekt på felling av kalsiumfosfater (Vanotti og Szogi, 2009). Ved anvendelse på fosforrik aske f.eks. basert på avløpsslam kan prosessen bli kombinert med selektiv metallgjenvinning etter løsemiddelekstraksjon.

Eksempler på kommersielle teknologier: Ash2®Phos (EasyMining, datterselskap til Ragn-Sells), DHV Crystalactor®, TerraNova®

Plantetilgjengelighet til fosforet: Varierende men ofte høy plantetilgjengelighet, spesielt på sur jord (Deng og Dhar, 2023).

Vivianitt

Produkt: Vivianitt (Fe(II)-fosfat)

Utgangsmateriale: Avløpsslam etter bruk av jernsalter til felling av fosfor i avløpsvann

Prosess: Fe(III)-fosfat blir redusert til Fe(II)-fosfat (vivianitt) under anaerobe forhold, f.eks. i biogassreaktor, før elektromagnetisk gjenvinning av vivianitten

Eksempler på kommersielle teknologier: ViViMag® (Kemira)

Plantetilgjengelighet til fosforet: Foreløpig få studier (Liu m.fl. 2021), men høyest tilgjengelighet på jord med høy pH.

3.4.2 Termokjemiske fellingsprodukter

Produkt: Ulike stabile fosfater eller fosforrikt slag med ulike fosforforbindelser. Kan brukes direkte som gjødsel, men produktet er ubalansert i forhold til plantenes behov for næringsstoffer.

Utgangsmateriale: Tørket avløpsslam, eller fosforrik aske etter monoforbrenning (ISSA) eller gassifisering av f.eks. avløpsslam

Prosess: Termokjemisk fellingsreaksjon ved temperaturer $> 900\text{ °C}$ under tilsetning av salter (f.eks. Na_2CO_3 , FeOH , CaCl_2 , MgCl_2)

Eksempler på kommersielt tilgjengelige teknologier: AshDec®

Plantetilgjengelighet til fosforet: Varierende, men ofte utilstrekkelig plantetilgjengelighet, spesielt på jord med høy pH (Kratz m.fl., 2019)

Kommentar: Har foreløpig ikke vært relevant i Norge, og internasjonalt har våtkjemiske fellingsmetoder (kapittel 3.4.1) fått mer oppmerksomhet enn termokjemiske prosesser de siste årene.

3.4.3 Fosforsyre

Produkt: Anriket fosforsyre (H_3PO_4). Kan ikke brukes som gjødsel direkte, men kan brukes som fosforkilde i gjødselproduksjon og andre industrielle prosesser.

Utgangsmaterial: Fosforrik aske etter monoforbrenning av avløpsslam (ISSA).

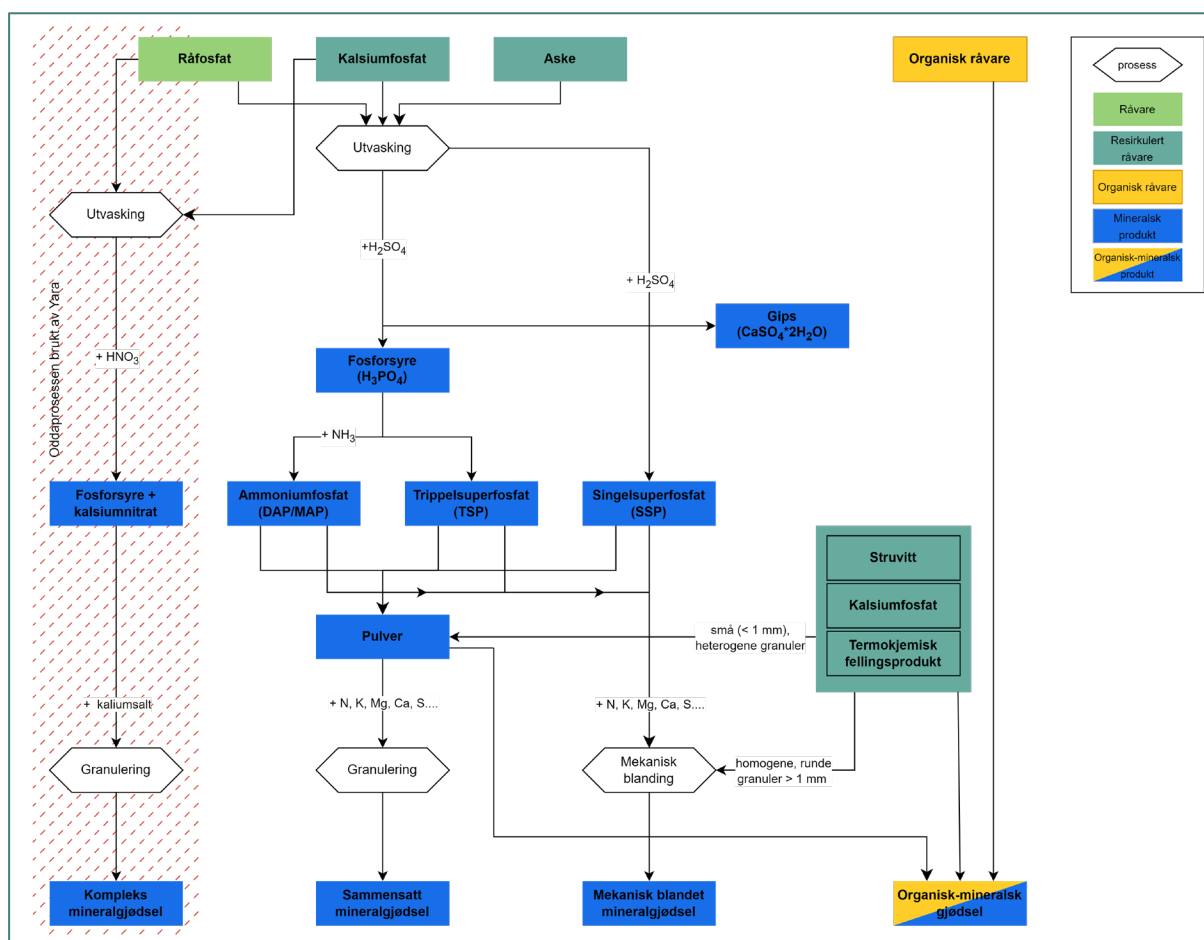
Prosess: Ekstrahering av fosfor fra aske med fosforsyre som blir anriket med gjenvunnet fosfor fra asken og rensset.

Eksempler på kommersielt tilgjengelige teknologier: TetraPhos®, Nippon PA

Kommentar: Har foreløpig ikke vært relevant i Norge.

3.5 Mineralgjødsel med resirkulert fosfor

Figur 3-2 gir en oversikt over muligheter for å bruke resirkulert fosfor i produksjon av mineralgjødsel eller organisk-mineralsk gjødsel. Det er generelt tre muligheter for å fremstille mineralgjødsel: Kompleks mineralgjødsel, sammensatt mineralgjødsel og mekanisk blandet mineralgjødsel. Organisk-mineralsk gjødsel (eller hybridgjødsel) blir fremstilt av en kombinasjon av organiske og mineralske råvarer.



Figur 3-2. Oversikt over muligheter for å bruke resirkulert fosfor i produksjon av mineralgjødsel eller organisk-mineralsk gjødsel (hybridgjødsel).

Kompleks mineralgjødning

Kompleks mineralgjødning (f.eks. Fullgjødning®) blir produsert ved hjelp av våtkjemiske prosesser. Under nitro-fosfat-prosessen (Oddaprosessen) brukt av Yara, blir fosfatstein oppløst med salpetersyre (HNO_3), noe som gir både fosforsyre (H_3PO_4) og kalsiumnitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Kaliumsalter (f.eks. kaliumklorid eller kaliumsulfat) og eventuelt andre næringsalter blir tilsatt før granulering. Alle granuler inneholder derfor like høye konsentrasjoner av næringsstoffer.

I produksjonen av Fullgjødning®, er det ifølge Yara² per dags dato i utgangspunktet ikke mulig å erstatte fosfatstein med aske basert på monoforbrent avløpsslam (ISSA) der fosfor er felt med aluminium og/eller jern, eller med andre resirkulerte fosforkilder.

Restinnhold av organisk materiale i ISSA vil forstyrre Oddaprosessen ved at den oksiderende salpetersyren vil føre til skumming og termiske reaksjoner. Ifølge Yara² må resirkulerte fosforkilder ikke inneholde mer enn 0,2 vekt-% organisk karbon, noe som ofte overstiges av ISSA (f.eks. Nanzer m.fl., 2014).

Dessuten vil høye konsentrasjoner av fellingskjemikaliene aluminium og jern i ISSA skape utfordringer for Oddaprosessen, ved å øke viskositeten og dermed skape utfordringer under separering av gjødning- fra sideproduktene. Hvis gjødselproduktene skal renses for tungmetaller som kadmium, vil høye konsentrasjoner av aluminium og jern i ISSA redusere renskapasiteten. Fosfatstein av lav kvalitet med relativt høye tungmetallkonsentrasjoner vil derfor ytterligere redusere muligheten for å inkludere ISSA i Oddaprosessen. I 2021 beregnet Yara² at ISSA som oppfyller gitte kvalitetskriterier kunne erstatte < 10 % av fosfatstein i Oddaprosessen. Det er ikke lenger mulig etter at fosfatstein fra Russland ble byttet ut med alternative fosfatsteinkilder med høyere tungmetallkonsentrasjoner i 2022.

Ifølge Yara² kan fosfatstein i Oddaprosessen i teorien bli erstattet med råvarer der fosfor foreligger i forbindelser med kalsium, f.eks. ISSA der fosfor ble felt med kalsiumsalter under rensingen av avløpsvannet, forutsatt at restinnhold av organisk materiale er < 0,2 vekt-%, eller med felte kalsiumfosfater fra andre avfallsstrømmer. Ifølge opplysninger fra Yara² ble en del fosfatstein forsøksvis erstattet med felte kalsiumfosfater fra kjemisk industri i en fabrikk i Frankrike i 2019/2020. Det er i dag lite tilgang til disse alternative fosforkildene uten restinnhold av organisk materiale.

Sammensatt mineralgjødning

Sammensatt mineralgjødning er blandinger av ulike mineralske komponenter, f.eks. ammoniumfosfat eller kalsiumfosfat (trippelfosfat eller superfosfat), samt salter av nitrogen, kalium, magnesium, kalsium, svovel etc. i ønskete forhold. Blandingen blir malt til pulver, før granulering. Alle granuler inneholder derfor like høye konsentrasjoner av næringsstoffer. I produksjonen av sammensatt mineralgjødning er det flere muligheter for å erstatte fosfatstein med resirkulerte råvarer.

Den første muligheten ligger i produksjonen av fosforsyre basert på resirkulerte råvarer istedenfor fosfatstein. Både ISSA og felte kalsiumfosfater kan oppløses i svovelsyre for produksjon av fosforsyre som prosesseres videre til ammoniumfosfat, trippelsuperfosfat eller singelsuperfosfat. Produksjon av fosforsyre vil danne gips som restprodukt. Urenheter i resirkulerte fosforkilder vil forurense restproduktet og dermed kunne begrense anvendelsesmuligheter for restproduktet. Globalt er forurenset fosforgips etter gjødselproduksjon med bruk av svovelsyre et miljøproblem (se kapittel 1.2.2).

Alternativt kan resirkulerte fellingsprodukter som struvitt, kalsiumfosfater og termokjemiske fellingsprodukter bli knust og deretter bli brukt direkte i produksjonen av sammensatt mineralgjødning sammen med andre mineralske komponenter. Ifølge Spiller m.fl. (2019) medfører granulering

² Personlig kommunikasjon med W. Franke, 21.2. 2024

oppvarming til > 40 °C. Pelletering medfører ifølge Yara³ oppvarming til > 70 °C. Ulempe ved oppvarming av struvitt er at dette kan føre til ammoniakktap og forandringer i krystallstrukturen (Spiller m.fl., 2019).

Mekanisk blandet mineralgjødelse

Mekanisk blandet mineralgjødelse er fysiske blandinger av forskjellige gjødselgranuler med hvert sitt næringsstoff (f.eks. ammoniumnitrat, monoammoniumfosfat og kaliumklorid) i ønskete forhold.

Hvis resirkulerte fosforsalter, f.eks. struvitt, er homogene, runde granuler > 1 mm, vil det være enkelt å blande dem inn i mekanisk blandete mineralgjødselprodukter (Spiller m.fl., 2019). Ulempen med mekanisk blandet mineralgjødelse er risiko for segregering av granulene i gjødselsprederen på grunn av forskjellig størrelse, vekt, tetthet etc. Det vil føre til ujevn gjødsling.

3.6 Oppsummering og vurdering

Det finnes en rekke forskjellige teknologier til produksjon av gjødselvarer basert på resirkulert fosfor. Overordnet skiller vi mellom lavteknologisk organisk gjødelse og høyteknologisk mineralgjødelse med resirkulert fosfor.

Organiske gjødselvarer

Organisk gjødelse (f.eks. organiske gjødselpellets, kompost mm.) inneholder en del organisk karbon i tillegg til fosfor og andre næringsstoffer. Innholdet av organisk karbon kan ha positive effekter på jordkvalitet, og i tillegg er det en fordel at organiske gjødselvarer ikke medfører et like høyt investeringsbehov for teknologi som mineralgjødelse med resirkulert fosfor.

Utfordringene med organisk gjødelse er:

- Ofte lavere og/eller mer variabel plantetilgjengelighet til fosfor og nitrogen sammenlignet med mineralgjødelse. Unntaket er produkter basert på husdyrgjødelse fra storfe og svin hvor fosfor vanligvis er like plantetilgjengelig som i mineralgjødelse.
- Vanskelig å klarlegge og deklare plantetilgjengeligheten til fosfor og nitrogen.
- Behov for å balansere ut forholdet mellom nitrogen, fosfor og kalium sammenlignet med plantenes behov for næring.
- Mulig manglende kompatibilitet med gjødselspredere for mineralgjødelse
- Behov for å spre større mengder enn ved bruk av mineralgjødelse

Generelt er det behov for videre produktutvikling av organisk gjødelse, spesielt med hensyn til økt plantetilgjengelighet til fosforet, forutsigbar gjødelskvalitet og utvikling av gode pellets. Mange organiske fosforkilder må sees på som råvarer i produksjon av organisk gjødelse, heller enn fullverdige gjødselvarer.

Mineralgjødelse med resirkulert fosfor

I motsetning til organisk gjødelse inneholder mineralgjødelse veldig lite eller ingen organisk karbon. Struvitt, kalsiumfosfater og fosforsyre mm. er eksempler på fosforprodukter som kan brukes i produksjon av mineralgjødelse med resirkulert fosfor. Disse må blandes med andre næringsstoffer for å bli fullverdig gjødselvarer.

Fordelen med mineralgjødelse med resirkulert fosfor er at produktene ligner konvensjonell mineralgjødelse og at teknologien kan utnytte råvarer som har lav aksept som organisk gjødelse.

³ personlig kommunikasjon med W. Franke 21.2.2024

Dessuten kan mineralgjødsel med resirkulert fosfor, i likhet med organiske gjødselpellets, enkelt distribueres til områder hvor det er behov for fosfor.

Utfordringene med mineralgjødsel med resirkulert fosfor er:

- Et høyere investeringsbehov for teknologi
- Utvinning av mineralsk resirkulert fosfor gir generelt en høy fosforpris sammenlignet med fosfor fra fosfatstein.

Det finnes ulike teknologiske muligheter for å erstatte fosfatstein med resirkulert fosfor i produksjonen av mineralgjødsel, men disse har foreløpig ikke vært aktuelle å implementere i Norge. I Oddaproessen brukt av Yara, ligger den største utfordringen i potensielle rester av organisk materiale og fellingskjemikalier i fosforkilden. Det har derfor ikke vært mulig å bruke resirkulert fosfor i eksisterende produksjon av mineralgjødsel. Teknologisk er det enklest å inkludere resirkulert fosfor i mekanisk blandet mineralgjødsel eller i organisk-mineralsk gjødsel (hybridgjødsel).

Utvinning av mineralfosfor fra organiske kilder, vil også være avhengig av alternative anvendelser for råvaren. For eksempel i Norge blir avløpsslam, etter at det er hygienisert og stabilisert, i all hovedsak brukt direkte på landbruksjord som et jordforbedringsmiddel eller i jordblandinger og på grøntanlegg. Monoforbrenning av avløpsslam for produksjon av avløpsslambasert aske (ISSA) har derfor per dags dato ikke vært relevant i Norge. Derfor har heller ikke videreprosessering av ISSA vært relevant i Norge, selv om temaet internasjonalt har fått mye oppmerksomhet. Nytt gjødselregelverk med sterkere begrensninger på hvor mye avløpsslam som kan tilføres et areal og nytt avløpsdirektiv med større rensekrav og dermed mulige avsetningsproblemer for økte mengder av avløpsslam i Vest- og Nord-Norge kan øke interessen for prosessering av avløpsslam også hos oss.

4 Regelverk for bruk av gjødsel med organisk opphav⁴

Dette kapittelet omhandler regelverk for bruk av gjødsel med organisk opphav. Ved omsetning av organiske gjødselvarer i Norge er det den norske *forskriften om gjødselvarer mv. av organisk opphav* (forskrift om organisk gjødsel, 2003; FOR-2003-07-04-951) som er mest vanlig å bruke. Norsk gjødselregelverk er under revidering, og forslag til nytt gjødselregelverk ble sendt på høring 20. mars 2024 (LMD, 2024). Utkast til nytt gjødselregelverk består av to deler, en gjødselvareforskrift og en gjødselbrukforskrift. Etter planen vil nytt gjødselregelverk være gjeldende fra 1. januar 2025.

Alternativt kan en velge å markedsføre gjødselvarer som CE-merket gjødsel, hvis produktet tilfredsstiller kravene i forordning (EU) 2019/1009. Ved eksport til EU-land er det EU forordningen som blir styrende. Ved eksport må produktet tilfredsstille kravene til CE-merket gjødsel.

Ved bruk i økologisk jordbruk er det *forskrift om økologisk produksjon og merking av økologiske landbruksprodukter, akvakulturprodukter, næringsmidler og fôr m.m.* (heretter økologiforskriften, 2022; FOR-2022-06-11-1171) som gjelder.

4.1 Nasjonalt gjeldende regelverk

Forskrift om organisk gjødsel

Formålet med forskrift om organisk gjødsel (2003) er å sikre tilfredsstillende kvalitet på produkter som omfattes av forskriften, forebygge forurensningsmessige, helsemessige og hygieniske ulemper ved tilvirkning, lagring og bruk av gjødselvarer mv. av organisk opphav og legge til rette for at disse produkter kan utnyttes som en ressurs. Forskriften skal også bidra til en miljøforsvarlig forvaltning av jordsmonnet og ivareta hensynet til biologisk mangfold.

Tillatt tilførselsmengde for organisk gjødsel og jordforbedringsmidler er i dag regulert ut ifra tungmetallinnholdet i produktet. Dette gjelder ikke for husdyrgjødsel fra egen gård. I forskrift om organisk gjødsel (2003) er det angitt fire kvalitetsklasser basert på tungmetallinnholdet i produktet (Tabell 4-1), og kvalitetsklassen bestemmer maksimum tilførselsmengde (Tabell 4-2). Råvarer som inngår i produkter i kvalitetsklassene 0, I og II må ikke overskride innholdet av tungmetaller i klasse II. En viktig endring i høringsutkastet til revidert gjødselbrukforskrift er at det i tillegg vil bli en begrensning på hvor mye fosfor som kan tilføres et jordbruksareal (LMD, 2024).

I høringsutkastet til ny gjødselvareforskrift (Mattilsynet, 2024b) ligger det videre et forslag om å koble tungmetallinnholdet til fosforinnholdet for produkter som inneholder mer enn 2 % fosfor på tørrstoffbasis. Forslaget er utviklet med tanke på produkter der tørrstoffet er utnyttet til energiformål, for eksempel biorest. Slike produkter kan inneholde relativt høye tungmetallkonsentrasjoner på tørrstoffbasis, selv om forholdet mellom tungmetaller og næringsstoffer ikke er høyere enn i organiske produkter som er tillatt brukt som gjødsel. Det betyr at selv om sinkinnholdet i et gitt produkt kan være relativt høyt, vil det ikke nødvendigvis være en begrensende faktor hvis gjødselproduktet doseres etter fosforbehovet.

⁴ Teksten i dette kapittelet er delvis basert på et vedlegg i NIBIO Rapport 9/93/2023.

Tabell 4-1. Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller og arsen angitt i mg/kg tørrstoff (Forskrift om organisk gjødsel, 2003)

Kvalitetsklasse	0	I	II	III
As ^a	5	8	16	32
Cd	0,4	0,8	2	5
Cr	50	60	100	150
Cu	50	150	650	1000
Pb	40	60	80	200
Hg	0,2	0,6	3	5
Ni	20	30	50	80
Zn	150	400	800	1500

^a Foreslåtte grenseverdier

Tabell 4-2. Tillatt tilførselsmengde på jordbruksarealer (Forskrift om organisk gjødsel, 2003)

Kvalitetsklasse	Maksimum tilførsel
0	Ingen restriksjoner
I	4 tonn tørrstoff/daa/10 år
II	2 tonn tørrstoff/daa/10 år
III	Ingen tilførsel (kun til grøntarealer)

I gjeldende forskrift om organisk gjødsel (2003) er det et aktsomhetskrav for organiske helse- og miljøfarlige forbindelser: Den som produserer eller omsetter gjødselvarer skal vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å begrense og forebygge at produktet inneholder organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika/kjemoterapeutika eller andre miljøfremmede organiske stoffer i mengder som kan medføre skade på helse eller miljø ved bruk.

I henhold til gjeldende forskrift om organisk gjødsel (2003) skal organiske gjødselvarer være hygieniserte slik at de ikke medfører fare for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter, og de skal være stabiliserte, slik at de ikke forårsaker luktulempet eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk. Organiske gjødselvarer skal ikke inneholde spiredyktige frø av floghavre, og heller ikke plast, glass eller andre fremmedlegemer. Totalinnholdet av plast, glass eller metallbiter med partikkelstørrelse større enn 4 mm skal ikke utgjøre mer enn 0,5 vektprosent av totalt tørrstoff.

Produkter med avløpsslam kan ikke spres i eng eller brukes i gartnerier og har ekstra restriksjoner for bruk der det dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt.

Animaliebiproduktforskriften

Animaliebiproduktforskriften (2016; FOR-2016-09-14-1064) regulerer blant annet bruken av animalske restråstoffer som gjødsel. Forskriften er basert på forordning (EU) 1069/2009 og forordning (EU) 142/2011.

Animalske biprodukter deles i tre kategorier etter risiko for spredning av dyresykdommer eller farlige stoffer, hvor kategori 1 har høyest risiko, mens kategori 3 regnes som lavrisikomateriale. Kategori 3 materiale kan i tillegg til bruk som gjødsel anvendes som fôr til matproduserende dyr. Kun produkter i kategori 2 og 3 kan inngå i gjødselvarer.

Husdyrgjødsel er i kategori 2. Det betyr at husdyrgjødsel regnes som høyriskomateriale, og må derfor hygieniseres hvis det skal transporteres ut av fylket. Ved bruk innad i samme fylket som husdyrgjødsel er produsert i, er det ikke nødvendig med hygienisering. Kjøkken- og matavfall fra privathusholdninger og storhusholdning er kategori 3 materiale. Fiskeensilasje av dødfisk er kategori 2 materiale, mens fiskeensilasje av restproduktene fra sløye-/slaktevirksomhet klassifiseres som

kategori 3 materiale. Fiskeslam er ikke definert som et animalsk biprodukt og reguleres av forskrift om organisk gjødsel (2003).

Regler for økologisk jordbruk

Den norske forskriften for økologisk jordbruk, økologiforskriften (2022), er basert på forordning (EU) 2018/848. Økologiforskriften gir strengere restriksjoner på hvilke organiske gjødselvarer som kan brukes enn forskrift om organisk gjødsel. Avløpsslam og fiskeslam er blant produktene som ikke er tillatt brukt som gjødsel i økologisk jordbruk. Matavfall fra private husholdninger, storhusholdninger og serveringsforetak er tillatt som ingrediens i organiske gjødselvarer til økologisk jordbruk. Struvitt og kalsiumfosfat utvunnet fra avløpsslam har nylig også blitt tillatt i økologisk produksjon, hvis det kan dokumenteres at det er fritt for patogener og forurensning.

4.2 EU-regelverk

EU-forordningene som gjelder, er den nye forordningen for gjødsel fra organiske eller resirkulerte materialer (EU) (2019/1009) og forordningen om animalske biprodukter (EU) 1069/2009.

Hovedformålet med den nye gjødselforordningen (EU) 2019/1009 er harmonisering av gjødselregelverket for alle EU og EØS/EFTA-landene, slik at gjødselvarer kan selges på tvers av landegrensene i EU. Ved eksport av gjødselvarer til EU-land må kriteriene for CE-merket gjødsel overholdes. EU-regelverket er også et valgfritt alternativ til nasjonalt regelverk for omsetning av gjødselvarer. Samtidig tillater forordningen alle land å ha et internt marked med omsetning av gjødselvarer som følger egne forskrifter.

EU's satsing på den sirkulære økonomien er også bakgrunnen for utvikling av den nye gjødselforordningen (EU) 2019/1009. Forordningen inkluderer punkter spesifikt om biokull, struvitt, og aske-baserte produkter. Forordningen åpner for en omdefinering av disse materialene fra avfall til ressurser, og inkludering som egne gjødselvarer eller komponenter i gjødselvarer.

Gjødselvarer som inneholder avløpsslam og/eller fiskeslam kan ikke omsettes som CE-gjødsel. Det vil si at det i dag ikke er mulig å eksportere gjødselprodukter som inneholder disse råvarene til EU-land. Norge har spilt inn fiskeslam for godkjennelse som råvare i CE-merket gjødsel. På den annen side, med et EU-regelverk for organisk gjødsel på plass, er det åpnet for at det kan bli mer import av organiske gjødselvarer, og dermed mer konkurranse i det norske markedet.

Tabell 4-3 angir grenseverdier for innhold av tungmetaller og uorganisk arsen i CE-merket gjødsel. Her er det ikke inndeling i klasser med tilhørende mengdebegrensninger og dermed bare én grense som gjelder per produktkategori. Det er ingen begrensninger på tilførselsmengde i dette regelverket. For krom er det innholdet av 6-verdig krom og ikke totalinnholdet som må deklarerer. Reglene inkluderer også grenser for organiske forurensninger PAH og dioksin PCDD/F i komponenter til gjødselvarer. Når det gjelder PAH, er det satt en øvre grenseverdi på 6 mg/kg tørrstoff i både fast og flytende biorest som inngår i gjødselprodukter.

Tabell 4-3. Grenseverdier for tungmetaller og arsen i CE-merket gjødsel gitt i forordningen (EU) 2019/1009 som mg/kg tørrstoff (når ikke annet er oppgitt)

	Organisk gjødsel	Organisk-mineralsk gjødsel	Mineralgjødsel
As (uorganisk)	40	40	40
Cd	1,5	3 mg Cd/kg tørrstoff ^a	3 mg Cd/kg tørrstoff ^a
		136 mg Cd/kg P ^b	136 mg Cd/kg P ^b
Cr (VI)	2	2	2
Cu	300	600	600
Pb	120	120	120
Hg	1	1	1
Ni	50	50	100
Zn	800	1500	1500

^a totalt fosforinnhold > 2,2 %; ^b totalt fosforinnhold < 2,2 %

5 Innhold av uønskede stoffer i fosforkilder

Organiske fosforkilder kan inneholde ulike menneskeskapte og naturlig forekommende forurensninger. Noen eksempler er tungmetaller, plast, miljøgifter og andre kjemikalier. Også mineralgjødsel inneholder tungmetaller, for eksempel kadmium. Mange av forurensningene kommer vi også i kontakt med via for eksempel tekstiler, emballasje og kosmetikk. Dette kapittelet gir en kortfattet og ikke uttømmende oppsummering av kunnskapen om forurensninger i mineralgjødsel og organiske fosforkilder, med hovedtyngde på norske og nordiske målinger og risikovurderinger. Biologiske forurensninger, som patogener og antibiotika-resistens, er ikke inkludert. En oversikt over forkortelser er gitt på side 7.

5.1 Kunnskapsgrunnlag

Avløpsslam er antageligvis den mest studerte organiske fosforkilden med hensyn på forurensninger både i Norge og i andre land. Norsk avløpsslam har blitt screenet for tungmetaller siden 1993 (SSB, 2024a) og organiske forurensninger siden 1996/97 (Henninge og Blytt, 2023). Screeningprogrammet for organiske forurensninger er frivillig og omfatter ikke alle kommunale anlegg. Programmet inkluderer mange, men langt fra alle, organiske forurensninger som kan forekomme i avløpsslam. Det er kostbart å analysere for organiske forurensninger, og det må derfor prioriteres hvilke stoffer som skal inkluderes. For mange forurensninger er det heller ikke utviklet analysemetoder. For andre organiske fosforkilder er det vesentlig mindre kunnskap om forekomst av forurensninger.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har utarbeidet flere risikovurderinger for organiske fosforkilder. Disse omhandler tungmetaller og organiske forurensninger i avløpsslam (VKM m.fl., 2009), sink og kobber i husdyrgjødsel (VKM m.fl., 2014), kadmium i mineralgjødsel (VKM m.fl., 2019) og tungmetaller og arsen i organiske fosforkilder og mineralgjødsel (VKM m.fl., 2022). Det er ventet en ny risikovurdering for organiske forurensninger i avløpsslam i slutten av 2025 (Mattilsynet, 2023). I tillegg til rapportene fra VKM er det også inkludert en risikovurdering for bruk av avløpsslam fra EUs Joint Research Centre hvor et stort antall organiske forurensninger var inkludert (Huygens m.fl., 2022).

Både Danmark og Sverige har feltforsøk hvor ulike aspekter ved bruk av avløpsslam og husdyrgjødsel har blitt undersøkt, inkludert skjebnen til tungmetaller og enkelte organiske forurensninger (se f.eks. Hörsing, 2018; Pedersen m.fl., 2019).

5.2 Mineralgjødsel

Mineralsk fosfor utvinnes fra fosfatstein som også kan inneholde tungmetaller som kadmium. Disse kan gjenfinnes i fosforholdig mineralgjødsel. Kadmium tas relativt lett opp av planter, akkumulerer i mennesker og dyr, og er giftig (VKM m.fl., 2009). I Norge øker konsentrasjonen av kadmium i mineralgjødsel (VKM m.fl., 2022).

I norsk regulering av mineralgjødsel er det tillatt et maksimalt forhold mellom kadmium og fosfor på 100 mg Cd/kg P (Forskrift om handel med gjødsel og kalkingsmidler mv., 2003). I norsk omsatt mineralgjødsel er det i gjennomsnitt 24-30 mg Cd/kg P, men enkelte gjødselvarer kan inneholde opp mot 80-90 mg Cd/kg P eller til og med ligge over grenseverdien på 100 (VKM m.fl., 2022). En tysk screening av mineralgjødsel fant at det gjennomsnittlig var mellom 56 og 133 mg Cd/kg P i fire typer mineralgjødsel (130 prøver; Kratz m.fl., 2016).

VKM fant likevel ikke at bruk av mineralgjødsel fører til en økning av kadmiumkonsentrasjonen i jord, selv etter tilførsel av mineralgjødsel med et høyt kadmiuminnhold (VKM m.fl., 2022). Derimot fant de at jordkonsentrasjonen av kvikksølv og bly øker over tid med gjentatt bruk av mineralgjødsel. Konsentrasjonen av disse tungmetallene nådde likevel ikke nivåer som kan gi skade på jord- og

vannorganismer, beitedyr (via opptak i fôret) eller mennesker (via opptak i jordbruksvekster), selv etter 100 års gjentatt bruk av mineralgjødning (VKM m.fl., 2022). I en egen risikovurdering for kadmium i mineralgjødning fant VKM tilsvarende at jordkonsentrasjonen stort sett vil synke med tid og at det ikke innebærer noen økt risiko for mennesker og miljø å benytte kadmiumholdig mineralgjødning (VKM m.fl., 2019).

Utover kadmium, kvikksølv og bly kan det finnes en rekke andre uønskede stoffer i mineralgjødning. Den tyske screeningen fant at mengden uran i mineralgjødning var inntil ti ganger så høy som den foreslåtte tyske grenseverdien på 115 mg uran per kg fosfor (Kratz m.fl., 2016).

5.3 Husdyrgjødning

Tungmetaller

Daugstad m.fl. (2012) kartla innholdet av tungmetaller i husdyrgjødning fra storfe, svin, sau og fjørfe. I gjennomsnitt kom fjørfe- og storfegjødning i kvalitetsklasse I, mens svine- og sauegjødning kom i kvalitetsklasse II i henhold til gjeldende forskrift om organisk gjødning (Tabell 5-1). Det var sinkinnholdet som bestemte dette, men også kobberinnholdet var høyt i enkelte prøver (Daugstad m.fl., 2012). Både sink og kobber tilsettes husdyrfôr, som regel i langt høyere mengder enn dyrenes behov. Til smågris gis det også betydelige mengder sink via medisiner. I tillegg kan sinkbelagt innredning i svinefjøs være en viktig kilde (VKM m.fl., 2014). Sinkinnholdet i prøvene av svinegjødning som Daugstad m.fl. (2012) analyserte var noe høyere enn rapportert tidligere, og også høyere enn konsentrasjonene VKM m.fl. (2014) beregnet ut fra sinkinnholdet i fôr og medisiner.

Ut fra resultatene til Daugstad m.fl. (2012) og ut fra innhold av sink og kobber i fôr og medisiner, beregnet VKM at gjentatt gjødsling med svinegjødning i 100 år vil øke jordkonsentrasjonen av sink noen steder, og øke jordkonsentrasjonen av kobber de fleste steder. I noen tilfeller vil økt avrenning av sink fra jord føre til en økt risiko for vannlevende organismer (VKM m.fl., 2014; VKM m.fl., 2022). I områder hvor det allerede er mye kobber i jorda kan gjentatt bruk av svinegjødning føre til kobbernivåer i beitegras som er skadelig for sau. Også bruk av hestegjødning og fjørfegjødning ble beregnet til å øke jordkonsentrasjonen av kobber de fleste steder. Jordkonsentrasjon av kadmium, nikkel, krom og arsen vil derimot i hovedsak synke ved gjentatt bruk av husdyrgjødning (VKM m.fl., 2014; VKM m.fl., 2022). Fordi beregningene var basert på et lavt antall prøver (f.eks. kun tre prøver for sau; Tabell 5-1) er resultatene usikre.

En dansk risikovurdering kom frem til at bruk av svinegjødning utgjorde en betydelig risiko for jordlivet på grunn av sink- og kobberinnholdet (Magid m.fl., 2020). Konsentrasjonen av sink og kobber i den danske husdyrgjødsel var imidlertid hhv. fem og åtte ganger så høy som gjennomsnittet rapportert av Daugstad m.fl. (2012).

Tabell 5-1. Gjennomsnittlig innhold av arsen og tungmetaller i organiske fosforkilder (mg/kg tørrstoff). n = antall prøver. Konsentrasjoner i kvalitetsklasse I og II er merket med hhv. gult og rødt.

	Arsen	Kadmium	Krom	Kobber	Kvikksølv	Nikkel	Bly	Sink	n
Husdyrgjødsel									
Storfe ^a	<0,8	0,13	1,1 ³	39		4,3 ¹	<0,7	184	7
Svin ^a	<0,8	0,27 ¹²	3,2 ⁵	95		4,9 ³	<0,7	640	14
Fjørfe ^a	0,9 ¹	0,16	1,5	62		3,4	1,0 ⁴	340	14
Sau ^a	<0,8	0,16	0,9 ²	34			<0,7	600	3
Hest ^b	1,2 ⁵	0,5 ⁹	14	47	0,06 ⁸	9,7 ⁷	12 ⁸	120	6-12
Avløpsslam									
Avløpsslam ^b		0,6	17	160	0,3	13	14	390	
Avløpsslam ^c	2,6	0,5	17	160	0,3	14	13	350	
Matavfall (biorest)									
Matavfall og husdyrgjødsel ^b		0,4	5,5	61	0,1	7	5	270	
Matavfall ^b		0,5 ⁸	13	68	0,6 ¹	2,3 ³	7 ³	450	4
Matavfall ^d		0,27	24	53	0,07	11	10	220	12
Matavfall ^d		0,48	43	93	0,07	11	15	350	1
Matavfall ^d		0,42	22	60	0,1	8	11	250	1
Fiskeslam									
Fiskeslam ^b	0,6		6	22	0,07	4,1 ¹⁹	1,2 ¹⁹	500	
Fiskeslam ^e	1,4	0,5	4,6	17	0,1	4,9	0,8	370	14-29
Fiskeslam ^f		0,55	5,8	19		3,9 ¹⁰	0,4 ⁵	450	12
Fiskeslam ^g	0,07	0,7	6,5	28	0,05	5,5	1,0	480	47

^a Daugstad m.fl. (2012), ^b VKM m.fl. (2022), ^c SSB (2024a) og Henninge og Blytt (2023) for arsen, ^d Govasmark m.fl. (2011), ^e Brod og Øgaard (2023), ^f Brod m.fl. (2023), ^g Sele m.fl. (2024) ^{1,2,3,4,5,8,9,10,19} antall prøver over kvantifiseringsgrensen

Organiske forurensninger

Almvik m.fl. (2024) publiserte nylig en screening av plantevernmidler i organiske gjødselvarer. Det ble funnet 32 plantevernmidler totalt, i 60 norske og importerte gjødselvarer basert på ulike former for organisk materiale. De fleste gjødselvarene besto av blandede ingredienser, men det var også ni norske produkter som besto utelukkende av husdyrgjødsel. Klormekvat og klopuralid ble funnet i 3 av 5 pellets av fjørfemøkk og i to pellets av blanda husdyrgjødsel, i konsentrasjoner på hhv. 44-652 og 13-63 µg/kg ferskvekt. Klopuralid er skadelig for enkelte planter i svært lave konsentrasjoner (1 µg/kg; Almvik m.fl., 2024). Bruk av klopuralidholdig gjødsel kan dermed gi avlingstap, spesielt for sensitive planter som tomater, erter og solsikker (McKinnon m.fl., 2021). Tidligere har klopuralid vært forbundet med hestegjødsel og vinasse (McKinnon m.fl., 2021; Almvik m.fl., 2024). Mepiquat ble også funnet i to pellets fra hønsegjødsel, mens det i to gjødselvarer fra hhv. storfemøkk og hestemøkk ikke ble påvist noen plantevernmidler.

Det brukes lite antibakterielle midler i norsk husdyrproduksjon, og midlene det brukes desidert mest av er betalaktamase-følsomme penicilliner og sulfonamider (ECDC m.fl., 2021; NORM/NORM-VET, 2023). Denne typen penicilliner er lett nedbrytbare og finnes for det meste ikke igjen i gjødsel fra behandlede dyr (Oliver m.fl., 2020), mens sulfonamider brytes ned i jord etter noe tid (Accinelli m.fl., 2007; Kodesova m.fl., 2016). I en måling av ni antibakterielle midler i gjødsel fra gris, hest, kylling, ku og kjøttbeinmel ble kun to stoffer funnet i målbare konsentrasjoner i hestegjødsel (Joner m.fl., 2019). Det var sulfonamiden sulfadiazin og trimetoprim, som er en vanlig kombinasjon av antibiotika til behandling av hest (NORM/NORM-VET, 2023). Trimetoprim er tyngre nedbrytbart i jord enn sulfonamider (Kodesova m.fl., 2016).

Til husdyr brukes det også antiparasittmidler, beroligende og smertestillende legemidler, samt kortikosteroider og hormoner (Veterinærkatalogen, 2024). Forekomst av disse undersøkes sjeldent i norsk husdyrgjødsel, men det har blitt påvist at antiparasittmiddelet fenbendazol forekommer i gjødsel fra svin og storfe (Joner m.fl., 2019). Det er heller ikke tilgjengelig statistikk over bruk av legemidler til husdyr, utover antibiotika. I Sverige er det gjort analyser av 70 ulike organiske forurensninger i prøver av gjødsel fra svin, storfe og hest (n = 4-9). Av disse forekom syv legemidler i mellom en og tre av prøvene. De syv legemidlene var to naturlige og to syntetiske hormoner, to antibiotika, og ett smertestillende medikament (Frankki og Sternbeck, 2013).

I globale studier er det til sammen funnet nesten 100 ulike legemidler i storfe-, svine- og fjørfegjødsel i konsentrasjoner opp mot flere milligram per kilo tørrstoff (Ghirardini m.fl., 2020). Disse resultatene er av begrenset relevans for norske forhold, hvor praksis for husdyrhold og medisinerer er annerledes enn i de fleste andre land. Også internasjonalt er det imidlertid lite kunnskap om forekomst av medisinerester i gjødsel fra hest, sau og geit. Ghirardini m.fl. (2020) inkluderte kun en til to studier for hvert av disse gjødselslagene i sin globale oversikt.

Videre fant Ghirardini m.fl. (2020) i sin globale oversikt at det hormonhermende plasttilsetningsstoffet bisfenol A er vanlig å finne i husdyrgjødsel. Bisfenol A kan for eksempel stamme fra lagringstanker for gjødsel (Ghirardini m.fl., 2020), men brytes raskt ned i jord (Choi og Lee, 2017). I et dansk forsøk ble det funnet at svinegjødsel inneholdt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), ftalaten DEHP (plastmykner), i tillegg til overflateaktive stoffer som brukes i vaskemidler og kosmetikk (nonylfenoletoksilater og lineære alkylbensulfonater). Konsentrasjonene var lave sammenlignet med konsentrasjonene i avløpsslam og kompostert matavfall (Petersen m.fl., 2003).

5.4 Avløpsslam

Avløpsanlegg mottar avløpsvann fra både husholdninger, industri, flyplasser, samt sigevann fra deponier, avrenning fra veier og annet. Man kan derfor finne et bredt spekter av forurensninger i avløpsvann. Deler av disse forurensningene finnes igjen i avløpsslammet.

Tungmetaller og arsen

Screeningene av norsk avløpsslam viser at konsentrasjonen av tungmetallene kvikksølv, kobber, bly, kadmium og krom har sunket med mellom 20 og 80 % fra 1993 til 2022. Konsentrasjonen av sink har vært stabil, mens konsentrasjonen av nikkel har økt noe i samme periode (SSB, 2024a).

Gjennomsnittlig er tungmetallkonsentrasjonene lavere enn grenseverdiene for kvalitetsklasse I i gjeldende forskrift om organisk gjødsel, med unntak av kobber som ligger noe over grenseverdien for kvalitetsklasse I (Tabell 5-1). Gjennomsnittlig konsentrasjon av arsen i avløpsslam var 2,6 mg/kg tørrstoff i 2023, om lag halvparten av foreslått grenseverdi for kvalitetsklasse 0 i høringsutkastet til ny gjødselvarerforskrift (Mattilsynet, 2024b).

VKM m.fl. (2022) beregnet at ved gjentatt gjødsling med avløpsslam i 100 år vil jordkonsentrasjonen av kobber, kvikksølv, sink og bly øke de fleste steder i Norge. I beregningene ble det brukt 2 tonn slam per dekar per tiår (tørrvektbasis), som tilsvarer den maksimalt tillatte mengden for gjødselvarer i kvalitetsklasse II. Enkelte steder i Norge kan også jordkonsentrasjonen av kadmium og krom øke ved gjentatt bruk av avløpsslam, mens konsentrasjonen av disse metallene synker med tid de fleste steder, fordi tap og planteopptak er større enn tilførslene. VKM beregnet likevel at risikoen for mennesker og miljø som følge av gjødsling med avløpsslam for det meste var lav, også på lang sikt (VKM m.fl., 2022).

I Sverige ble det startet et forsøk med tilførsel av avløpsslam til landbruksjord i 1956. Tilførselen av kadmium til jord var betydelig høyere ved bruk av avløpsslam enn ved bruk av mineralgjødsel. Etter at forsøket hadde løpt i 41 år var likevel konsentrasjonen av kadmium i korn den samme i de to behandlingene (Bergkvist m.fl., 2003). I strået var det derimot dobbelt så høy kadmiumkonsentrasjon i behandlingen med slam som i behandlingen med mineralgjødsel. Også nyere studier fra

langtidsforsøk i Sverige har funnet at tilførsel av avløpsslam har liten eller ingen betydning for konsentrasjonen av kadmium, kobber, mangan, molybden og selen i korn, selv om jordkonsentrasjonen av disse stoffene økte med tilførsel av avløpsslam (Hamnér og Kirchmann, 2015). Konsentrasjonen av sink i kornet var derimot i mange tilfeller høyere der hvor avløpsslam og husdyrgjødsel hadde blitt brukt (Hamnér og Kirchmann, 2015). Andre forsøk har imidlertid funnet et høyere planteopptak av kadmium med økt tilførsel av avløpsslam (Hamnér og Kirchmann, 2015).

I en dansk risikovurdering ble det beregnet at tungmetaller i avløpsslam medfører en risiko for jordorganismer (Magid m.fl., 2020). Konsentrasjonene som ble benyttet i beregningene var imidlertid to til fire ganger så høye som gjennomsnittlig konsentrasjon i norsk avløpsslam, med unntak av konsentrasjonen av kobber (Magid m.fl., 2020; SSB, 2024a).

Organiske forurensninger

I 2009 konkluderte VKM med at risikoen for mennesker og miljø ved bruk av avløpsslam på landbruksjord var lav, med hensyn på innhold av organiske forurensninger (VKM m.fl., 2009). Risikovurderingen inkluderte imidlertid kun et fåtall grupper organiske forurensninger, delvis på grunn av datamangel. Derfor tar dette kapittelet utgangspunkt i risikovurderingen fra EUs Joint Research Centre (Huygens m.fl., 2022), hvor 1350 organiske forurensninger var inkludert.

For å vurdere risiko for et bestemt endepunkt (menneske, jordorganisme, osv.) forårsaket av en bestemt forurensning, beregnes en risikokvotient, hvor kvotienter høyere enn 1 indikerer risiko. Huygens m.fl. (2022) fant at det er noen få grupper forurensninger som forårsaker en stor del av risikoen knyttet til å bruke avløpsslam på landbruksjord. Risikokvotientene for disse forurensningene, med endepunkt menneske etter 100 års bruk av avløpsslam, er listet opp i Tabell 5-2. Endepunktet menneske var det mest sensitive endepunktet, fordi mange av de mest problematiske forurensningene hopper seg opp i næringskjeden og fører dermed til at mennesket er utsatt for høyere konsentrasjoner enn blant annet jordorganismer.

For å tilpasse risikokvotientene beregnet av Huygens m.fl. (2022) til norske forhold, ble kvotientene delt på konsentrasjonen i europeisk slam, og ganget med konsentrasjonen i norsk slam. Typisk er konsentrasjonene av forurensninger i norsk slam en del lavere enn konsentrasjonene i andre europeiske land, noe som gir lavere estimerte risikokvotienter for Norge. Denne måten å beregne risikokvotienter på er svært grov og gir bare en indikasjon på hvilke stoffer/stoffgrupper som kan medføre risiko. Konsentrasjoner av utvalgte organiske forurensninger i avløpsslam, risikokvotienter (fra Huygens m.fl. (2022) og de estimerte norske kvotientene), samt VKM m.fl., (2009) sin vurdering av risiko er oppsummert i Tabell 5-2.

Fire grupper forurensninger ble trukket fram at Huygens m.fl. (2022) som spesielt viktige: PAH, klorerte dioksiner og furaner (PCDD/F), langkjedete per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS) og kort- og mellomkjedete klorparafiner (SCCP og MCCP). Disse forurensningene har til felles at de er persistente og akkumulerer i miljøet over tid (spesielt i jord), at de kan akkumulere i næringskjeden, og at de er giftige for mennesker og for miljøet selv ved svært lave konsentrasjoner (Huygens m.fl., 2022). Fordi konsentrasjonen av de fleste typer organiske forurensninger er betydelig lavere i norsk avløpsslam enn konsentrasjonene Huygens m.fl. (2022) la til grunn, er de estimerte risikokvotientene for norske forhold også lavere (Tabell 5-2). Likevel får alle disse fire gruppene en estimert norsk risikokvotient over 1, hvilket betyr at gjentatt bruk av avløpsslam kan utgjøre en risiko for human helse med hensyn på disse gruppene forurensninger (Tabell 5-2).

Stoffer fra alle disse gruppene er ført opp på den norske prioritetslista, som betyr at det er et mål for Norge å stanse bruk og utslipp av disse stoffene (Miljøstatus, 2024a). Mange av stoffene er også regulert internasjonalt gjennom f.eks. Stockholmkonvensjonen for persistente organiske forurensninger (POPs), EUs kjemikalieregelverk REACH og EUs POPs-forordning (Miljøstatus, 2024b, 2024c, 2024d, 2024e).

Tabell 5-2. Konsentrasjon av organiske forurensninger i avløpsslam (µg/kg tørrstoff), risikokvotienter for human helse etter 100 års bruk av avløpsslam, og VKM m.fl., (2009) sin vurdering av risiko for forurensningsgrupper i avløpsslam. Se side 7 for forklaring av forkortelser og for oversikt over hvilke enkeltforbindelser som er inkludert i summene

	Konsentrasjon i norsk avløpsslam (Henninge og Blytt, 2023)	Konsentrasjon brukt av Huygens m.fl. (2022)	Risikokvotient Huygens m.fl. (2022)	Estimert risikokvotient Norge	Vurdering VKM m.fl., (2009)
ΣPAH ₄	200	7 230	61	1,7	Ingen risiko
ΣPCDD/F + dl-PCB	0,0048 TEQ**	0,01 TEQ	350	168	
SCPP	660	100 000	1 600	11	
MCPP	4 011	100 000	940	38	
ΣPFAS ₄	26	79	93	31	
ΣPCN	Ikke målt	0,0001 TEQ	1,1		
D5	2 640	10 800	<0,01	<0,01	
ΣFtalater*	11 700	50 000	1,8	0,4	Ingen risiko
Σorganiske tinnforbindelser*	60	500	<0,01	<0,01	
alkylfenoler	<i>Ikke mulig å sammenligne</i>		47		Ingen risiko
TCPP	333	1000	<0,01	<0,01	
EHDDP	180	500	<0,1	0,01	
BDE-99	4,3	500	0,18	<0,01	
BDE-47	4,3	100	<0,1	<0,01	
BDE-209	16	100	<0,01	<0,01	

* Det var ikke mulig å sammenligne de eksakt samme forbindelsene.

** Kilde: Nedland og Paulsrud (2002)

PAH og PCDD/F er uønskede biprodukter ved forbrenning av organisk materiale, som f.eks. vedfyring, oljefyring og skogbrann, og ved visse industrielle prosesser. PAH dannes ved ufullstendig forbrenning, mens PCDD/F kan dannes hvis det er klor til stede under forbrenning. PAH er dessuten en viktig bestanddel av kreosot, tjære og asfalt og slippes også ut fra bileksos og ved veislitasje (Blytt og Stang, 2018; Miljøstatus, 2024b, 2024e). Utslippene av begge grupper har blitt betydelig redusert fra 1990-tallet blant annet på grunn av forbedret teknologi og strengere reguleringer av utslipp fra industri (Miljøstatus, 2024b, 2024e).

I den norske screeningen av avløpsslam overvåkes 16 PAH. Summen av disse har gått betydelig ned siden 1997, men variasjonen mellom de ulike anleggene er stor (Henninge og Blytt, 2023). VKM har tidligere vurdert risikoen knyttet til spredning av PAH via avløpsslam i Norge til å være lav (VKM m.fl., 2009). PCDD/F var inkludert i screeningprogrammet for avløpsslam i 1997 og 2002, men ble deretter tatt ut på grunn av lave konsentrasjoner (Blytt, 2007). Ut fra vurderingen til Huygens m.fl. (2022) ser det ut til at selv disse lave konsentrasjonene kan utgjøre en betydelig risiko for human helse ved gjentatt bruk av avløpsslam som gjødsel (Estimert norsk risikokvotient: 168; Tabell 5-2).

PFAS er en gruppe med flere tusen menneskeskapte fluorholdige kjemikalier som brukes til svært mange ulike formål, blant annet for å gjøre tekstiler og papir vann- og fettavvisende, som slippbelegg på kjøkken-, lab- og medisinsk utstyr, og til ulike industrielle formål. PFAS har også vært mye brukt i brannskum, og brannøvingsfelt er viktige forurensningspunkter i Norge (Miljøstatus, 2024d). Enkelte PFAS er inkludert i det norske screeningprogrammet. Fra 2017/18 har det vært en tydelig nedgang i konsentrasjonen av PFAS for de fleste anleggene, spesielt for de som har påslipp fra flyplasser med brannøvingsfelt (Henninge og Blytt, 2023). Huygens m.fl. (2022) beregnet at to PFAS-forbindelser, PFOS og PFHxS, vil akkumulere i jord etter gjentatt bruk av avløpsslam. Også i langtidsforsøkene i

Sverige er det funnet at PFOS akkumulerer i jord ved gjentatt slamtilførsel, og at stoffet finnes igjen i meitemark (Hörsing, 2018).

De PFAS-forbindelsene som blir målt i den norske screeningen og som var inkludert i Huygens m.fl. (2022) utgjør imidlertid oftest bare en liten del av den totale mengden PFAS i avløpsslam (Kärrman m.fl., 2019). For eksempel måles PFAS-gruppen diPAP ofte i langt høyere konsentrasjoner enn PFAS-forbindelsene som er med i den norske screeningen (Kärrman m.fl., 2019; Thompson m.fl., 2023). diPAP-forbindelser kan også tas opp av jordbruksvekster (Lee m.fl., 2014). Det er derfor sannsynlig at risikoen knyttet til PFAS i avløpsslam er høyere enn estimatet for de fire forbindelsene som var inkludert i Huygens m.fl. (2022). I dag er enkeltforbindelser regulert gjennom bl.a. Stockholmkonvensjonen og EUs POPS-forordning. Norge og fire andre land har i tillegg levert inn et forslag til EU om et generelt forbud mot alle PFAS (Miljøstatus, 2024d).

Kortkjedete klorparafiner (SCCP) er i dag forbudt å bruke i Norge og det er ingen registrert bruk av forbindelsene i Norge etter 2004 (Miljøstatus, 2024c). Tidligere ble de brukt som myknere og brannhemmere, f.eks. i gummi, PVC, maling, fugemasse og gummilister (Miljøstatus, 2024c). Kortkjedete klorparafiner ble likevel funnet i 85 % av prøvene av norsk avløpsslam i 2023, med en gjennomsnittlig konsentrasjon på 0,7 mg/kg tørrstoff (Henninge og Blytt, 2023). Ettersom kortkjedete klorparafiner har blitt faset ut, har bruken av mellomkjedete klorparafiner (MCCP) økt (Huygens m.fl., 2022). Estimaten som er presentert i Tabell 5-2 viser at risikoen knyttet til mellomkjedete klorparafiner (MCCP) er 3-4 ganger så høy som risikoen knyttet til kortkjedete klorparafiner (SCCP) i norsk avløpsslam.

I tillegg til disse fire spesielt viktige gruppene forurensninger trakk Huygens m.fl. (2022) frem ftalater (plastmyknere), alkylfenoler og polyklorete naftalener, som alle hadde en risikokvotient over 1 (Tabell 5-2). Ftalater ble også trukket frem i de danske langtidsforsøkene. Magid m.fl. (2020) konkluderte med at ftalatene DEHP og DNP, samt det antibakterielle middelet triklokarban, utgjorde den største risikoen for jordorganismer ved gjødsling med avløpsslam. VKM har derimot vurdert risikoen knyttet til både DEHP og alkylfenoler til å være lav (VKM m.fl. 2009). I tillegg er konsentrasjonen av DEHP jevnt synkende i norsk avløpsslam, og gjennomsnittlig konsentrasjon for alle anlegg i den nyeste screeningen var under 25 mg/kg tørrstoff (Henninge og Blytt, 2023). I høringsutkastet til ny gjødselvereforskrift er det foreslått en grenseverdi på 50 mg DEHP/kg tørrstoff. DEHP var tidligere svært mye brukt for eksempel som plastmykner i PVC, men er nå regulert gjennom flere av EUs kjemikalierregelverk blant annet fordi stoffet er reproduksjonsskadelig. Det er for eksempel ikke tillatt å tilsette DEHP og flere andre ftalater, inkludert DBP, til leketøy og småbarnsprodukter (Miljøstatus, 2024b). Det er ikke gjort verken målinger eller risikovurderinger av polyklorete naftalener, DNP eller triklokarban i Norge så langt vi kjenner til.

I Danmark er det også vist at legemiddelrester er blant forurensningene som blir funnet oftest og i høyest konsentrasjon i avløpsslam. Legemidlene ble i noen tilfeller funnet igjen i jorda fem år etter sist gang slammet ble spredt (Gravert m.fl., 2021). VKM har tidligere estimert risikoen knyttet til legemidler i avløpsslam (VKM m.fl., 2009). Fordi det ikke var tilstrekkelig med målinger tilgjengelig i 2009 ble risikoen modellert ut fra salgstall. I EUs veileder for risikovurderinger, som VKM langt på vei fulgte, blir risikoen knyttet til legemidler i miljøet regnet som ubetydelig hvis forventet jordkonsentrasjon er lavere enn 100 µg/kg tørrstoff (VKM m.fl., 2009). VKM brukte en lavere grense, 10 µg/kg tørrstoff, for antibiotika, hormoner og kjemoterapeutika. VKM fant at kun 14 av legemidlene som selges i Norge kan forventes å nå jordkonsentrasjoner som overskrider disse grensene, og ingen av disse nådde en forventet konsentrasjon som var giftig for mennesker eller miljø (VKM m.fl. 2009). Senere har legemidler blitt inkludert i den norske screeningprogrammet for avløpsslam. Av de 74 legemidlene som var inkludert i sist screening av avløpsslam ble ett virkestoff – koffein – funnet i en

konsentrasjon som tilsvarer 100 µg/kg jord ved bruk av fire tonn tørrstoff avløpsslam per dekar⁵. Syv øvrige legemidler ble funnet i konsentrasjoner som tilsvarer 10 µg/kg jord. Ingen av disse var antibiotika, hormoner eller kjemoterapeutika (Henninge og Blytt, 2023).

Plast

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) fant at norsk avløpsslam i gjennomsnitt inneholdt over 6000 plastpartikler per kilo tørrstoff (Lusher m.fl., 2017). De vanligste plasttypene var PE, PET og PP. Slammet inneholdt lite av plasttyper som kan stamme fra slitasje av dekk. Dette står i kontrast til andre studier, som fremhever dekkslitasje som en av de største kildene til mikroplast i avløpsslam. Lusher m.fl. (2017) fant videre at de fleste partiklene var små (under 1 mm). Basert på dataene estimerte NIVA at 500 milliarder partikler med mikroplast blir sluppet ut i miljøet hvert år via bruk av avløpsslam som jordforbedrer og gjødselvare. Metoder for analyse av mikroplast er ikke standardiserte, og det er derfor vanskelig å sammenligne med andre studier. Det er ikke klart hvilken risiko spredningen av mikroplast medfører.

5.5 Matavfall

Tungmetaller

Govasmark m.fl. (2011) målte tungmetaller gjennom et år i biorest fra ett biogassanlegg som behandler matavfall. Bioresten ble stort sett klassifisert som kvalitetsklasse I på grunn av konsentrasjonene av sink, kobber og kadmium (Tabell 5-1). VKM m.fl. (2022) rapporterte høyere konsentrasjoner i biorest fra matavfall, og bioresten kom i kvalitetsklasse II på grunn av innholdet av kvikksølv og sink (VKM m.fl., 2022). Kvikksølv ble imidlertid kun målt over deteksjonsgrensen i én av fire prøver og konsentrasjonen må anses som svært usikker (Tabell 5-1). Ellers lå gjennomsnittlig konsentrasjon av kobber og kadmium rapportert av VKM m.fl. (2022) under grenseverdiene for kvalitetsklasse I, som funnet av Govasmark m.fl. (2011). I biorest fra en blanding av matavfall og husdyrgjødsel fant VKM m.fl. (2022) generelt lavere konsentrasjoner av tungmetaller (Tabell 5-1). VKM m.fl. (2022) beregnet at gjødsling med biorest fra matavfall i 100 år vil føre til en økning i jordkonsentrasjonen av kobber, kvikksølv, sink og bly. De økte jordkonsentrasjonene medførte likevel ikke noen risiko for mennesker eller miljø. VKM bemerket imidlertid at humant inntak av kvikksølv og bly allerede er høyt og inntaket bør ikke økes ytterligere.

Organiske forurensninger

Det finnes kun noen få studier av organiske forurensninger i norsk matavfall. Ftalaten DEHP og summen av 16 PAH (PAH₁₆) ble i studien til Govasmark m.fl. (2011) funnet med et årsgjennomsnitt på hhv. 30 og 1 mg/kg tørrstoff. På samme tid ble omtrent samme konsentrasjon funnet i avløpsslam (Blytt m.fl., 2013). Siden da har konsentrasjonen av DEHP gått betydelig ned i avløpsslam (Henninge og Blytt, 2023). En nyere måling av DEHP på rundt 1 mg/kg tørrstoff i én prøve av biorest fra matavfall tyder på at det kan ha vært en nedgang i matavfall også (Estoppey m.fl., 2024).

Av 250 inkluderte plantevernmidler fant Govasmark m.fl. (2011) kun to midler gjentatte ganger i bioresten gjennom året, imazalil og thiabendazole. Begge er knyttet til sitrusproduksjon og konsentrasjonen var høyest vinterstid. Almvik m.fl. (2024) fant igjen de to samme midlene i hhv. 5 og 3 norske gjødselvarer hvor matavfall var én av ingrediensen. I tre produkter hvor matavfall var eneste ingrediens ble derimot ingen plantevernmidler påvist.

⁵ Beregninger jf. fremgangsmåten til VKM m.fl. (2009). Legemiddelkonsentrasjoner er hentet fra Henninge og Blytt (2023). Legemidlene amisulprid, atorvastatin, koffein, candesartan, diclofenac, fexofenandin, telmisartan og valsartan ble funnet i konsentrasjoner over 600 µg/kg tørrstoff i minst én av 51 prøver.

Summen av 6 PCB og 11 PDBe i bioresten var i gjennomsnitt noen få mikrogram per kilo tørrstoff. I samme studie påviste de også nonylfenoler og insektsmiddelet DEET, men konsentrasjonen ble ikke målt. Senere har Ali m.fl. (2019) målt DEET i ulike typer norsk biorest og fant at konsentrasjonen var høyere i biorest fra matavfall enn i biorest fra avløpsslam. Det samme gjaldt UV-filteret oktokrylen og flammehemmeren TCPP.

Ali m.fl. (2019) og Nesse (2024) fant også at det er om lag like mye legemidler i biorest fra matavfall som i biorest fra avløpsslam. Det var imidlertid kun noen få legemidler som ble målt i begge typer biorest. I samme undersøkelse ble det også funnet at den totale mengden PFAS var lavere i biorest fra matavfall enn i biorest fra avløpsslam.

Plast

Flere steder i landet kildesorteres matavfallet i plastposer, som siden fjernes mekanisk. Rester av plastposene kan finnes igjen i det behandlede matavfallet (Joner m.fl., 2020). Disse restene kan være godt synlige (f.eks. ved bruk av grønne plastposer), hvilket kan føre til at bønder ikke ønsker å motta bioresten. Feilsortering fører også til plast i matavfallet, både ved at restavfall havner i poser med matavfall, og ved at posene til matavfall, som deles ut gratis i en del kommuner, benyttes til restavfall (Joner m.fl., 2020). En masteroppgave fra NTNU estimerte at en enda større kilde til plast i matavfall er matavfall fra næringslivet, som gjerne leverer mat som er utgått på dato uten å ta den ut av emballasjen (Fagerheim, 2020). Fagerheim (2020) estimerte at strengere krav til levering av matavfall fra næringslivet kunne redusere innholdet av plast i biorest fra Greve Biogass med over 40 %. Videre kunne et bytte av innsamlingsposer fra polyetylen til nedbrytbar plast redusere plastinnholdet i bioresten med ytterligere 13 %. Studier av andre typer biologisk nedbrytbar plast viser at plasten brytes ned ved godt utført kompostering, men ikke under biogassproduksjon (Coutris og Gulden, 2023).

Estoppey m.fl. (2024) kvantifiserte mengden plast i størrelsen 0,045 til 5 mm i gjødselvarer basert på bl.a. matavfall og avløpsslam. De fant at mengden og typen plast var vesentlig forskjellig mellom de to avfallstypene. Mens matavfallet for det meste inneholdt større plastpartikler (over 1 mm) av plasttyper som ofte brukes til matemballasje, var avløpsslam dominert av mindre partikler (under 1 mm) av plasttyper som sannsynligvis stammer fra trafikk (dekkslitasje) og vasking av tekstiler. Prøvene i studien til Estoppey m.fl. (2024) var imidlertid samlet inn fra flere land, og det var kun én prøve av matavfall og ingen av avløpsslam som var norske. Det er ukjent om samme mønster gjelder for norsk matavfall og avløpsslam.

5.6 Fiskeslam

Tungmetaller og arsen

Brod og Øgaard (2023) undersøkte innholdet av tungmetaller i fiskeslam i 26 prøver tatt fra settefiskanlegg mellom 2010 og 2023. Av disse kom 13 prøver i kvalitetsklasse II, 12 i kvalitetsklasse I, og én prøve kom i kvalitetsklasse 0. Bruken av fiskeslam var for det meste begrenset av konsentrasjonen til sink og kadmium (Tabell 5-1). Forholdet mellom kadmium og fosfor var 23 mg kadmium per kilo fosfor (Brod og Øgaard, 2023), som er lavere enn gjennomsnittlig forholdstall i mineralgjødsel (VKM m.fl., 2022). Konsentrasjonen av arsen lå innenfor den foreslåtte grenseverdien for kvalitetsklasse 0 i høringsutkastet til ny gjødselvarereforskrift (Brod og Øgaard, 2023). Sele m.fl. (2024) fant lignende konsentrasjoner av metaller i en screening av fiskeslam fra landbasert fiskeoppdrett. Av 47 prøver kom 6 i klasse I, 39 i klasse II, og én i klasse III pga. sink og/eller kadmium, mens øvrige metaller var under grenseverdien for klasse 0. Én prøve var i klasse III pga. nikkel. Denne prøven hadde også høye konsentrasjoner av sink, kadmium, krom og kobber. På grunn av relativt høyt innhold av fosfor var likevel forholdstallet mellom kadmium/sink og fosfor høyere enn kravet stilt i forsklag til ny gjødselvarereforskrift for 45 av 47 prøver.

VKM m.fl. (2022) fant ingen risiko for mennesker eller miljø som følge av gjødsling med fiskeslam, utover en noe forhøyet risiko for sedimentlevende organismer som følge av sinkavrenning fra jordene. Dette var tilfellet for alle andre gjødselslag også, inkludert mineralgjødsel, og skyldes i stor grad høye bakgrunnskonsentrasjoner av sink. VKM bemerket også at risikoen antageligvis var overestimert (VKM m.fl., 2022). I tillegg var sinkkonsentrasjonen VKM benyttet høyere enn konsentrasjonen Brod og Øgaard (2023) rapporterte (Tabell 5-1).

Organiske forurensninger

Det er så langt vi kjenner til kun to studier av organiske forurensninger i norsk fiskeslam. Begge studiene analyserte slam fra landbaserte anlegg. Oppsamling av slam fra sjø er så langt ikke utbredt. Brod m.fl. (2023) målte innhold av PCB, bromerte flammehemmere, dioksiner og furaner i fiskefôr, fiskeslam fra settefiskanlegg, og biorest fra fiskeslam. Sele m.fl. (2024) målte de samme forurensningene, i tillegg til et utvalg klorerte plantevernmidler, PAH, PFAS og veterinærlegemidler. I Tabell 5-3 er konsentrasjonen av forurensninger oppført sammen med konsentrasjonen av tilsvarende forbindelser i avløpsslam.

Gjennomsnittlige konsentrasjoner tyder på at det er høyere nivåer av spesielt PAH og PFAS, men også bromerte flammehemmere (PBDE7) i avløpsslam enn i fiskeslam. Av målte PFAS-forbindelser var det kun PFOS som ble påvist i målbare konsentrasjoner i fiskeslam, mens det er vanlig å finne flere forbindelser i høyere konsentrasjoner i avløpsslam (Henninge og Blytt m.fl., 2023; Sele m.fl., 2024).

Dioksiner og furaner har ikke vært målt i norsk avløpsslam siden 2002. Konsentrasjonen da var høyere enn nåværende konsentrasjon av dioksiner, furaner og dioksinlignende PCB i fiskeslam (PCDD/F + dl-PCB). Konsentrasjonen av PCB-er var nokså like i fiskeslam og i avløpsslam. Konsentrasjonen av organiske klorerte plantevernmidler (f.eks. DDT) var om lag den samme i fiskeslam som i fiskefôr, og lavere enn grenseverdier for fôr i EU-regelverket (Sele m.fl., 2024). Ingen veterinærlegemidler ble påvist i noen av prøvene, men det er mange flere legemidler som blir brukt i fiskeoppdrett enn de som var inkludert i studien (Sele m.fl., 2024; FHI, 2024). Summen av dioksiner, furaner, og dioksin-lignende PCB (PCDD/F + dl-PCB) ble funnet med en gjennomsnittskonsentrasjon på ca. 0,6-0,7 og 1,9 ng TEQ/kg tørrstoff i hhv. fiskeslam og biorest av fiskeslam (Tabell 5-3). Dette er ganske nært konsentrasjonen Huygens m.fl. (2022) brukte i sin risikovurdering av avløpsslam (10 ng TEQ/kg tørrstoff), som ble beregnet til å gi en betydelig risiko for mennesker, og på lang sikt også for jordorganismer. TEQ er en enhet som tar høyde for giftigheten til de ulike forbindelsene når de summeres sammen.

Generelt var konsentrasjonen av forurensninger høyere i biorest av fiskeslam enn i ubehandlet/tørket fiskeslam. Det forklares sannsynligvis av at mange av forurensningene ført opp i Tabell 5-3 er motstandsdyktige mot nedbrytning, og kan dermed oppkonsentreres i biogassprosessen når deler av tørrstoffet omdannes til gass. Dette gjelder også for avløpsslam, hvor flere av slammene har vært behandlet i et biogassanlegg før prøvetaking.

Tabell 5-3. Gjennomsnittlig konsentrasjon av forurensninger i fiskeslam og i avløpsslam. Se side 7 for forkortelser og oversikt over hvilke enkeltforbindelser som er inkludert i summene. Merk at observasjoner under kvantifikasjonsgrensen er satt til 0, dvs. det faktiske gjennomsnittet er antageligvis høyere. TS = tørrstoff.

Forurensning	Enhet	Fiskeslam ^a (n = 8)	Biorest av fiskeslam ^a (n = 3)	Fiskeslam ^b (n = 10-37)	Avløpsslam ^c (n = 51-85)
Σ PBDE ₇	µg/kg TS	0,27	0,85	0,28	9,8
Σ PCB ₇	µg/kg TS	3,1	9,8	2,09	4,8
Σ PAH ₄	µg/kg TS	-	-	1,2	180
Σ PCDD/F + dl-PCB	WHO2005 TEQ ng/kg TS	0,58	1,9	0,68	4,8 ^d
Σ PFAS ₁₇	µg/kg TS	-	-	0,24	6,3

^a Brod m.fl., (2023), ^b Sele m.fl., (2024), ^c Henninge og Blytt (2023) ^d Nedland og Paulsrud (2002), det var ikke oppgitt hvilke forbindelser som er inkludert i summen.

5.7 Oppsummering

Organiske fosforkilder kan inneholde kadmium, kobber og sink i konsentrasjoner som begrenser bruken i henhold til gjeldende forskrift om organisk gjødsel. Basert på tilgjengelige data ser det ut til at avløpsslam, matavfall og fiskeslam inneholder om lag like mye kadmium, mens innholdet i husdyrgjødsel er noe lavere. Konsentrasjonen av kobber er gjennomsnittlig høyest i avløpsslam, mens sinkinnholdet ofte er høyest i svine- og sauegjødsel etterfulgt av fiskeslam. Innholdet av arsen, krom, kvikksølv, nikkel og bly er vanligvis lavt sammenlignet med grenseverdiene i gjeldende forskrift om organisk gjødsel. For de fleste fosforkilder er det imidlertid lite data tilgjengelig, og variasjonen i metallinnhold mellom ulike prøver av samme type kan være vel så høy som variasjonen mellom ulike fosforkilder.

Beregninger fra VKM m.fl. (2022) viste at gjødsling med organiske gjødselvarer og mineralgjødsel gir en lavere miljørisiko over tid, med hensyn på tungmetaller og arsen. Unntaket var en økt risiko for sedimentlevende organismer som følge av avrenning av sink fra jordbruksarealer, ved bruk av de fleste organiske gjødselvarer. Risikoen for husdyr som følge av inntak av fôr ble estimert til å være lav for alle gjødselslag, ved bruk av gjennomsnittlige konsentrasjoner. Enkelte gjødselvarer kan gi en økning i konsentrasjon av bly (avløpsslam og biorest fra matavfall) og kadmium (mineralgjødsel og avløpsslam) i jordbruksvekster enkelte steder. VKM m.fl. (2022) påpekte at inntaket av bly og kadmium i den norske befolkningen allerede er høyt og bør ikke øke ytterligere.

Det er store kunnskapshull angående forekomst av organiske forurensninger i alle organiske fosforkilder. Det kan ikke utelukkes at noen gjødselvarer inneholder hittil ikke analyserte forurensninger i nivåer som kan medføre skade på mennesker eller miljø. Avløpsslam er den fosforkilden som er best studert, og det norske screeningprogrammet har vist at avløpsslam inneholder et stort antall organiske forurensninger. Basert på tilgjengelig kunnskap ser det ut til at noen grupper forurensninger kan utgjøre en risiko for mennesker eller miljø ved gjentatt bruk av avløpsslam som gjødselvarer, mens de fleste forurensningene ikke utgjør noen risiko. Klorerte dioksiner og furaner, klorparafiner og PFAS er eksempler på forurensningsgrupper som kan utgjøre en risiko for mennesker ved lang tids gjødsling med avløpsslam. Basert på de få målingene som er tilgjengelig ser det ut til at matavfall og fiskeslam kan inneholde nivåer av enkelte organiske forurensninger som er sammenlignbare med konsentrasjonene i avløpsslam, mens andre forurensninger forekommer i lavere konsentrasjoner.

Både avløpsslam og matavfall kan inneholde plast. Det finnes få målinger og analysemetoder er ikke standardisert. Det er ikke klart hvilken risiko spredningen av plast og mikroplast medfører.

6 Erfaringer og vurderinger fra andre systemer og andre land

Til nå er det bare biodrivstoff som har et omsetningskrav i Norge og EU. I EU drøftes flere mulige reguleringer for resirkulering av makronæringsstoffer (se kapittel 6.3).

6.1 Erfaringer med omsetningskravet for biodrivstoff i Norge

Omsetningskravet for biodrivstoff er regulert i *forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter* (produktforskriften, 2004). Omsetningskravet for biodrivstoff i Norge ble iverksatt i 2014 og består per i dag av flere deler:

Omsetningskrav for biodrivstoff til veitrafikk

Det opprinnelige omsetningskravet, iverksatt i 2014, var at minimum 3,5 volumprosent av total mengde drivstoff til veitrafikk per år som skulle bestå av biodrivstoff. Siden har det vært en stabil økning av omsetningskravet for biodrivstoff fra 5,5 volumprosent i 2015 til 20 volumprosent i 2020, før en nedgang til 17 volumprosent i 2023. I løpet av årene har det kommet flere delkrav og unntak, slik som å holde biogass utenfor omsetningskravet, og at minst 12,5 volumprosent skal bestå av avansert biodrivstoff.

Omsetningskrav for biodrivstoff til luftfart

Omsetningskravet for biodrivstoff til luftfart ble tilføyd produktforskriften i 2019, med ikrafttredelse 2020. Kravet er at 0,5 volumprosent av totalt omsatt mengde drivstoff til luftfart per år skal bestå av avansert biodrivstoff. Omsetningskravet gjelder ikke militære fartøy.

Omsetningskrav for biodrivstoff til sjøfart

Omsetningskravet for biodrivstoff til sjøfart ble tilføyd produktforskriften i 2023, med ikrafttredelse samme år. Kravet er at minst 6 volumprosent av totalt omsatt mengde flytende drivstoff og flytende brensler per år skal bestå av avansert biodrivstoff og biobrensel. Dette gjelder både fartøy og akvakulturanlegg. Fartøy i utenriksfart er unntatt.

Krav til omsetning av avansert biodrivstoff og biobrensel til andre formål

Kravet til omsetning av avansert biodrivstoff og biobrensel til andre formål ble tilføyd produktforskriften i 2022, med ikrafttredelse 2023. Kravet beskriver at minst 10 volumprosent av omsatt flytende drivstoff og brensler skal bestå av avansert biodrivstoff og avansert flytende biobrensel.

Krav til reduksjon av klimagassutslipp fra drivstoff

Siden ikrafttredelse i 2014 har ikke kravet til reduksjon i klimagassutslipp fra drivstoff vært endret fra 60 %.

Erfaringsmomenter fra omsetningskrav for biodrivstoff i Norge er følgende:

1. Nærmest alle omsetningskrav som har blitt innført, har økt i prosent over tid.
2. Delkrav, unntak og tillegg blir lagt til de opprinnelige kravene over tid.
3. Regelverket for omsetningskravene er i utvikling.

6.2 Erfaringer og uttalelser fra myndighetene

Flere tillegg og endringer har blitt inkludert i produktforskriften siden omsetningskravet for biodrivstoff ble iverksatt i 2014. Et eksempel på dette er omsetningskravet for sjøfart, som kom i oktober 2023. Samtidig som omsetningskravet for sjøfart ble innført, måtte også dokumentasjonskravet endres, da det som sto opprinnelig var i strid med konkurranseregelverket. Miljødirektoratet (2023) skriver i sin publisering «omsetningskrav for biodrivstoff til sjøfart»: *Vi har hatt god dialog med Konkurransetilsynet, som har spilt inn at det bør komme tydelig fram at konkurrenter ikke må dele konkurransesensitiv informasjon. Nå blir dette eksplisitt uttrykt både i forskrift og veileder. I tillegg har vi, basert på innspillene, gjort mindre endringer for å gjøre veilederen tydeligere.*

Erfaringsmessig er derfor høringsuttalelsene og samarbeid med aktørene i næringen viktig for å forme et reelt og tydelig omsetningskrav. Omsetningskravet må også ta hensyn til uforutsette konsekvenser, mulige unnavikler, og være fleksibelt for mulige endringer i næringen. Lovverket omkring omsetningskravet for biodrivstoff er omfattende, og inneholder mange delkrav, unntak og regler. Det er blant annet flere kriterier som ligger til grunn for å oppfylle omsetningskravet. Det er flere måter å framstille biodrivstoff på, og det er derfor et krav om at *en viss mengde av total omsatt mengde drivstoff til veitrafikk skal være avansert flytende biodrivstoff, det vil si biodrivstoff fremstilt av noen bestemte typer råstoff*. Utover dette er det flere delkrav, blant annet flere arealkriterier og krav til reduksjon av klimagassutslipp.

I paragraf 3-4 i produktforskriften er det beskrevet en mulighet for samlet oppfyllelse av omsetningskravet og fleksibilitet mellom omsetningskrav. Dette innebærer at omsetningskravet kan oppfylles i samarbeid imellom omsettere, ved at overskytende volumer overføres til andre omsettere. Overskytende avansert biodrivstoff og biobrensel fra andre omsetningskrav kan også brukes til å oppfylle kravet om *omsetning av avansert biodrivstoff og biobrensel til andre formål*. På denne måten er det lagt inn fleksibilitet i lovverket som tillater samarbeid mellom omsettere.

Ettersom biodrivstoff og biobrensel kan fremstilles av flere ulike råstoffer, er det i tillegg til produktforskriften utarbeidet regler for beregning av livssyklus, virkning på klimagassene og beregnede standardverdier for framtidig biodrivstoff. Det er også utarbeidet en egen metode for å beregne klimagassutslipp fra produksjon og bruk, hvor blant annet dyrkingen av råstoffet, utslipp fra foredling og utslipp fra transport og distribusjon inngår.

6.3 Erfaringer fra andre land med omsetningskrav

Omsetningskrav for biodrivstoff oversettes til «biofuel mandate». Begrepet «omsetningskrav» synes ikke å være brukt internasjonalt for andre varer enn biodrivstoff. I «The European Green Deal» (EU, COM/2019/640) og i EU sin «Circular economy action plan av 2020» (EU, COM/2020/98) drøftes flere mulige reguleringer for resirkulering av makronæringsstoffer; blant andre *legal requirement to boost the market for secondary raw materials, with mandatory recycled content og stimulating the market for recovered nutrients*. Det har likevel ennå ikke vært fremmet forslag fra EU for iverksettelse av slike tiltak. Mulige tiltak fra European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP) som er foreslått, er en kombinasjon av økonomiske insentiver (tilskudd eller avgift), omsettbare kvoter eller sertifikater, og informasjons- og holdningskampanjer (ESPP, 2022). Andre forslag er *utvida produsentansvar* ved at kostnader ved næringsstoffgjenvinning skal dekkes av de som produserer avfall med næringsstoffer.

EU sitt omsetningskrav for biodrivstoff i transportsektoren er en minsteandel på 14 %. Av dette skal 3,5 % bestå av avansert biodrivstoff (EBB, 2023). Imidlertid er det i tillegg til EU sitt minstekrav, egne krav til minsteandel og sammensetning i de ulike medlemsland. Eksempel for ulike krav til minsteandel og sammensetning er gitt i Tabell 6-1 som er et utklipp fra oversikten for de ulike kravene i EU.

Tabell 6-1. Utklipp fra oversikt over ulike omsetningskrav for biodrivstoff i EU (EBB, 2023)

Member state	Biodiesel (%)	Bioethanol (%)	Target type	Overall biofuel	Advanced biofuels (%)	Greenhouse gas savings (%)	Double counting
Austria	6,3	3,4	Energy	n/a	0,2	6	No
Belgium	5,7	5,7	Energy	10,5	0,22	n/a	Yes
Greece	7	3,3	Volume	10	0,2	6	No
Netherlands	n/a	n/a	Energy	18,9	2,4	6	Yes
Spain	n/a	n/a	Energy	10,5	0,3	6	Yes

Fra Tabell 6-1 følger det to erfaringsmomenter:

1. Omsetningskrav er ulikt utformet, avhengig av land og økonomi.
2. Omsetningskrav må tilpasses ut fra målene som anses mest relevante. Fra tabellen ser vi at noen land har volum som mål, noen har energi, mens for andre land er ikke dette relevant.

7 Resultater fra intervjuer: Hvordan vurderer ulike aktører i verdikjeden et omsetningskrav?

For å undersøke næringens syn på et mulig omsetningskrav for resirkulert fosfor, ble det gjennomført dybdeintervjuer med aktører i verdikjeden for gjødsel. Relevante aktører innen hver del av verdikjeden ble identifisert og kontaktet. Det ble gjennomført intervjuer med til sammen 26 aktører i perioden desember 2023 til januar 2024. Av disse var seks forhandlere, seks gjødselprodusenter, tre sluttbrukere (gårdbrukere), tre fra landbruksrådgivningen, fire representanter fra offentlige myndigheter, og fire aktører fra andre deler av verdikjeden (herunder transport og teknologi).

Det ble utarbeidet tre intervjuguider (se vedlegg 2). En guide var tilpasset gjødselprodusenter og aktører innenfor salg, teknologi, avfall og transport. Den andre guiden var tilpasset aktører innenfor stat, forvaltning og rådgivning. Den tredje guiden var tilpasset landbruksorganisasjoner og faglag. Intervjuguidene var inndelt i fire overordnede temaer: Egnethet av et omsetningskrav, konsekvenser, gjennomførbarhet og løsninger/alternativer. Det ble gjennomført semi-strukturerte intervjuer, for å fange opp eventuelle synspunkter utover det som var forhåndsdefinert i intervjuguidene. Minst to prosjektmedarbeidere deltok per intervju. Informasjon om behandling av opplysninger gjennom samtykkeskjema ble utsendt i forkant av intervjuet.

Innsamlet data består av opptak av intervju, dersom dette var samtykket til, og notater ført underveis i samtalen. Intervjunotatene ble importert og analysert gjennom koding i analyseverktøyet NVivo. Førstegangskoding besto av å fortløpende definere koder, og grovsortere sitater fra intervjuene. Andre gjennomgang innebar å slå sammen og sortere koder. Innhold fra intervjuene ble kategorisert i 44 koder innenfor temaene egnethet, gjennomførbarhet og konsekvenser (se vedlegg 3).

7.1 Forhandlere

De fleste forhandlerne ga i intervjuene uttrykk for at de er overordnet positive til at fosfor resirkuleres. Flere ser også mulighetene et omsetningskrav gir for å utvide produktporteføljer.

Likevel mener forhandlerne selv at det vil være veldig vanskelig å sette et omsetningskrav på dem. De mener det også vil være feil å sette krav på sluttbruker (det vil si gårdbrukere som kjøper gjødsel som inneholder fosfor, evt. andre kunder som kjøper gjødsel som inneholder fosfor). Spørsmål som dukket opp under intervjuene med forhandlere var blant annet: Hvilke fosformengder vil måtte resirkuleres som følge av nytt gjødselregelverk? Hvem skal ta ansvaret for å skape et marked for resirkulert fosfor? Og hva er kostnadene ved å produsere gjødselvarer med resirkulert fosfor?

Flere forhandlere stiller seg kritiske til om det er praktisk mulig å stille krav til hvor mye resirkulert fosfor som skal omsettes fordi forhandlere opererer med små marginer på salg av gjødsel. Omsetningen må være lønnsom, det vil si det må være et reelt etterspørselsgrunnlag og salget må gi en akseptabel margin. Flere forhandlere peker på at det på generell basis er lav lønnsomhet for gjødselvarer, på grunn av små marginer. Dette fører også til at man ikke kan senke prisen på organiske gjødselvarer for å gjøre de mer attraktive, ettersom prisene for gjødsel allerede er så lave som mulig.

Det er delte meninger om å øke prisen på konvensjonelle mineralgjødselvarer for å «subsidiere» prisen på organiske gjødselvarer. Noen mener at dette kan være en effektiv løsning, mens andre er mer skeptiske og mener at hvert produkt bør stå på egne bein. Siden flere forhandlere som ble intervjuet mener at de allerede har små marginer ved salg av gjødselvarer, vil det gi mer mening for disse forhandlerne å øke prisen på både mineralgjødsel og organiske gjødselvarer. Dette begrunnes i at det er mer lønnsomt å øke salgsmarginene på begge varer istedenfor å subsidiere prisen på en vare som allerede har lave marginer. En slik økning i pris innebærer også at kostnadene blir veltet over på alle sluttbrukere som handler gjødsel.

Flere forhandlere opererer med medeier-prinsipp for hver enkelt butikk. Det innebærer at kjeden har et felles sortiment, men at hver enkelt medeier og butikk har stor frihet til å ta inn ulike varer i tillegg til felles sortiment. Disse forhandlerne mener at det vil oppstå problemer med omsetningskravet på grunn av medeier-strukturen, og at man ubevisst kan få under- og overrapportering, ettersom hver butikk er styrt av en medeier med sitt eget sortiment. Det er med andre ord ikke et overordnet system for å kvalitetssikre at omsetningskravet kan bli fulgt opp på en realistisk måte for hver enkelt butikk. Spørsmål som dukket opp er blant annet om omsetningskravet skal settes på hver enkelt butikk, eller kjeden som helhet.

Forhandlere gir i intervjuene uttrykk for at markedet for gjødsel kun er oversiktlig når «verden fungerer som den skal». Flere forhandlere påpeker at de opererer med globale priser, og at all gjødsel er eksponert for priser i verdensmarkedet. Flere forhandlere sier at et eventuelt omsetningskrav derfor kun vil fungere hvis det gjelder for hele EU. Norge er for lite i markedsstørrelse til å kunne påvirke priser og etterspørsel i stor grad. Hvis kravet kun gjelder for Norge, vil det være veldig vanskelig å få andre aktører i verdikjeden, særlig produsenter, til å omstille seg. Forhandlere nevner at et omsetningskrav derfor bør være forankret ellers i Europa for å ha tilsiktet effekt.

Noen forhandlere uttrykker bekymring for produktkvalitet så lenge det ikke finnes enhetlige og standardiserte gjødselvarer basert på resirkulert fosfor, grenseverdier for forurensninger og enhetlig sammensetning av gjødsel. Forhandlere mener at det som er vesentlig er å gjøre resirkulerte gjødselvarer lønnsomme for markedet, og at etterspørsel etter organiske gjødselvarer automatisk vil oppstå hvis produktene er økonomisk konkurransedyktige. En forhandler nevner at en for eksempel får bedre betalt for fiskeslam i Vietnam sammenlignet med å selge innenlands i Norge. Det må være forretningsmessig interessant for sluttbrukere å velge organiske gjødselvarer fremfor mineralgjødsel. Det økonomiske resultatet hos bonden må ivaretas og være like bra ved bruk av organisk gjødsel. Forhandlere nevner at det kan være vanskelig å se om gjødsel er «premium-vare» eller ikke. Det kan derfor være vanskelig for forhandlerleddet å vise at resirkulert fosfor er mer miljøvennlig eller bedre for åkeren til bonden. For en forhandler har pris større betydning enn miljø. Butikken må tjene penger. En forhandler nevner at han ville vurdert å totalt droppe alle produkter med mineralgjødsel til fordel for organisk gjødsel, hvis disse kostet mindre å ta inn, og skapte mer lønnsomhet for butikken.

Noen forhandlere stiller spørsmål til hvordan et omsetningskrav skal fungere i praksis. Gitt at en butikk opererer i et område hvor hageprodukter blir mest etterspurt: Hvordan kan butikken oppnå et omsetningskrav på for eksempel 20 %, hvis det ikke eksisterer egnede organiske gjødselvarer til hagemarkedet? Det blir nevnt at regionale forskjeller må tas hensyn til, i og med at etterspørsel etter gjødsel er forskjellig ut ifra hvor i landet man er.

7.2 Produsenter

Det kom frem i intervjuene at den generelle oppfatningen blant produsentene er at de er kjent med, og ser behovet for, å i større grad bruke fosforet som allerede er i omløp. Produsentene som ble intervjuet er i stor grad positive til et omsetningskrav. En produsent mener at et omsetningskrav vil kunne bidra til å akselerere prosessen mot en mer sirkulær fremtid. En annen produsent nevner at Danmark importerer mye fiskeensilasje fra oppdrettsnæringen i Norge, og eksporterer dette videre østover som gjødsel. Produsenten mener det er synd at disse ressursene ikke utnyttes bedre i Norge, og at et omsetningskrav vil kunne stimulere til bedre ressursutnyttelse i Norge. Andre produsenter støtter dette synet.

Likevel var også produsenter usikre på om et omsetningskrav er riktig måte å sikre målet om å få opp andelen resirkulert fosfor i markedet, og om det er tilstrekkelig med et krav kun til forhandlerleddet. De mener at det vesentlige er å tilføre fosforet som er i omløp en markedsverdi. Det må hensyntas ved utformingen av omsetningskravet at resirkulert fosfor ikke får en markedsverdi over natten, og at betalingsvilligheten kan endre seg over tid. Det er også viktig at omsetningskravet ikke går på

bekostning av samarbeidet i verdikjeden. Etablert samarbeid kan for eksempel utfordres av økt misnøye hos forhandlere, hvis forhandlere må ta på seg en ekstra kostnad som de mener noen andre burde tatt.

Flere produsenter nevner at det kreves et marked for at organiske gjødselvarer skal omsettes, og at etterspørselen må stimuleres. Flere produsenter tror at et omsetningskrav vil kunne bidra til å skape dette markedet. Først når et marked er etablert og det er betalingsvilje for resirkulert fosfor, vil produsentene kunne sette en pris på sine produkter og utvikle en produksjon tilpasset etterspørselen. Enkelte produsenter bemerker at et økt fokus på resirkulert fosfor, for eksempel gjennom et omsetningskrav, kan lede til økt etterspørsel og dermed høyere økonomisk verdi for organiske gjødselvarer.

Produsentene påpeker at det er vesentlig at sluttbrukere har tillit til organiske gjødselvarer. Det må kunne bevises at produktene fungerer, og det vil være en overgangsperiode der noen bønder må tørre å ta en risiko. En produsent sier de kjenner til flere aktører som har sittet på gjerdet ved valg av organiske gjødselvarer i over fem år, men at det nå er indikasjoner på at noen tør å ta det neste steget. Samtidig må organiske gjødselvarer ha en så lav pris at de blir valgt fremfor mineralgjødsel. Flere produsenter av gjødselvarer bemerker at yngre bønder er spesielt opptatt av jordhelse.

Noen av produsentene nevner at det er en mulighet å starte omsetningskravet på 5 %, men det poengteres at det viktigste er at man diskuterer et mål som er realistisk for hele verdikjeden. Her bør man blant annet se på hvilke varestrømmer som allerede finnes i Norge, og hva som er mulig å få til av gjødselproduksjon. Det kreves en trinnvis og langsiktig plan for opptrapping. Logistikk og produksjonsstruktur må bygges opp over tid. Eksempler kan være biogassanlegg eller nye fabrikker, langs kysten med råvarer fra for eksempel oppdrettsnæringen, innenlands med skog eller biprodukter fra kjøttindustrien. Ulike produksjonsformer krever ulike tilnærminger til prosess og teknologi. Et regelverk må like fullt ligge til grunn og være godt nok testet over tid. Produsenter som i dag produserer mineralgjødsel, presiserer at det per i dag ikke eksisterer alternativer til mineralgjødsel som kan fullstendig dekke næringsbehovet til jordbruket.

7.3 Sluttbrukere (gårdbrukere)

Flere sluttbrukere ga i intervjuene uttrykk for at det er agronomisk smart å i større grad ta i bruk organiske gjødselvarer, også fordi fosfatstein er en begrenset ressurs.

Sluttbrukere etterspør likevel en klargjøring på hvem som skal ta kostnaden for et omsetningskrav. Flere sluttbrukere mener at et omsetningskrav for resirkulert fosfor vil føre til at prisen på mineralgjødsel vil presses opp av forhandlerleddet, noe som ikke er ønskelig for sluttbrukerne. De fleste sluttbrukerne mener at bonden ikke kan ta denne kostnaden, ettersom landbruket ikke har økonomisk dekning til det. Det blir også stilt spørsmål ved hvordan man skal få sluttbrukere til å kjøpe mer organiske gjødselvarer. Hvem skal ta kostnaden for markedsføringen? Har sluttbrukere betalingsvillighet for så mye organisk gjødsel? Et markedsspørsmål som ønskes besvart er hva hvert enkelt næringsstoff er verdt i pengeverdi.

Det ble poengtert at man vil kjøpe organiske gjødselvarer hvis de er konkurransedyktige, både på pris, kvalitet og praktisk bruk. Det kreves forskning på utvikling av gode organiske gjødselvarer som fungerer minst like godt som mineralgjødsel, og formidling. Flere påpeker at teknologier for å utvikle gode og transporterbare gjødselvarer fra biogassanlegg er umodne, og at det trengs mer tid og ressurser for å utvikle disse produktene. Flere sluttbrukere poengterer dessuten at «gjødsel er ikke gjødsel», og at ulike gjødselvarer er utviklet til å passe ulike vekster og behov. Det er forskjeller på forbruk av gjødsel fra år til år. Det nevnes videre at det er viktig å følge opp effekten av organiske gjødselvarer gjennom jordprøver med bakgrunn i debatten om at man får mindre levende jord etter hvert ved bruk av mineralgjødsel.

Flere sluttbrukere stiller seg kritiske til hvordan et omsetningskrav vil fungere i praksis. Et av spørsmålene som dukker opp er hvor og hvordan forhandlere skal få tak i organiske gjødselvarer. Det blir etterspurt en oversikt over dette, og uttrykt et ønske om å sørge for en ryddig prosess. Ved spørsmål om egnethet ble det etterspurt statistikk over hvor mye resirkulerbart fosfor som finnes og hvor mye organiske gjødselvarer som må produseres. Noen foreslo å lage et markedsorgan som kan følge med hvis det produseres veldig lite gjødselvarer basert på resirkulert fosfor.

Flere sluttbrukere stiller seg kritiske til opprinnelsen av resirkulert fosfor. Det ble etterspurt en prinsipiell diskusjon om kvalitet, renhet og virkningsgrad av gjødselvarer basert på resirkulert fosfor. Noen lurte også på om det i det hele tatt var bærekraftig å hente ut resirkulert fosfor igjennom aske (se kapittel 3.4). Flere er dessuten bekymret for innhold av tungmetaller og andre skadelige stoffer i organiske gjødselvarer.

Noen sluttbrukere nevner i den sammenhengen også problematikken rundt import. Et omsetningskrav på forhandlerleddet vil kunne føre til import av gjødselvarer med resirkulert fosfor hvis de er billigere i utlandet. Her presiserte flere at kvalitet og innhold av tungmetaller også i utenlandske organiske gjødselvarer måtte være innenfor godkjente verdier i norsk gjødselregelverk ved import.

Flere sluttbrukere mener at et omsetningskrav vil kunne føre til utilsiktet intensivering av husdyrhold ved at det blir lagt til rette for borttransport av husdyrgjødsel, og at man i dette tilfellet har skapt flere problemer enn man har løst. En av dem som ble intervjuet fra landbruket på Sør-Østlandet var kritisk til trenden med at det allerede har blitt mindre fjørfe i Østfold og mer i Rogaland. Informanten påpeker at et alternativ til å skape et marked for resirkulerte gjødselvarer gjennom et omsetningskrav, er å flytte kraftfôrkrevende husdyrproduksjoner (fjørfe og svin) fra områder med stort overskudd av husdyrgjødsel til områder med mindre fosforoverskudd.

Det ble også advart om at et omsetningskrav vil kunne bli unngått ved interne avtaler, oppretting av datterselskap eller uformelt samarbeid på tvers av forhandlere og andre «kreative løsninger». På den måten ville også flytende organisk gjødsel, for eksempel husdyrgjødsel, kunne bli solgt fram og tilbake imellom aktører for å unngå kravet.

Noen sluttbrukere mener at man heller bør bygge ut virkemidler som allerede eksisterer, slik som tilskudd igjennom regionale miljøprogram (RMP).

7.4 Rådgivning

Aktører som representerer rådgivning i jordbruket, vurderer et omsetningskrav som fornuftig. Det nevnes spesielt behovet for løsninger for å håndtere fiskeslam fra oppdrettsnæringen langs kysten, og at et omsetningskrav vil kunne bidra til det. De positive miljøeffektene ved å bruke resirkulert fosfor fremheves. Det er vesentlig at gjødselvarene som kommer ut av håndteringen, er ettertraktet og faktisk blir brukt til å omfordele fosforet som er i omløp.

Aktører som representerer rådgivningen uttrykker generell skepsis til bruk av avløpsslam og avfall fra fiskeoppdrett med tanke på mulig innhold av miljøgifter, sammenlignet med husdyrgjødsel. Når det gjelder biorest, anser aktørene det som viktig å undersøke det fullstendige inntekspotensialet ved biogassanlegg, og effektene av å anvende bioresten. Dette kan bidra til økonomisk lønnsomhet, og til en styrket satsning på organisk gjødselproduksjon.

Noen aktører anser lokalt ressursbruk som best, men anerkjenner også at eksport kan være en forretningsmulighet. Type gjødselprodukt er av betydning for bonden, da det påvirker arbeidsmengden og krav til utstyr. Prosessen med å lage gjødselprodukter kan være kostbar, men det er lite økonomi i å transportere husdyrgjødsel som ikke er avvannet. Representanter fra landbruksrådgivningen understreker at eventuell subsidiering av ekstra kostnader knyttet til et omsetningskrav bør være politisk styrt, og ikke legges på landbruket.

7.5 Forvaltning

Aktører fra forvaltningen mener at et omsetningskrav kan være et viktig grep med samfunnsytte, i all hovedsak fra et miljøperspektiv. Enkelte aktører fra forvaltningen anser et omsetningskrav som nødvendig på vei mot et selvstendig marked for organiske gjødselvarer og for å etablere betalingsvillighet for resirkulert fosfor. Det vises til at veksten innen biodiesel ikke hadde skjedd uten omsetningskrav. Det løftes frem at bruk av mer organiske gjødselvarer vil kunne ha positive effekter på jordhelse.

Når det kommer til gjennomførbarhet av et omsetningskrav, legger aktører fra forvaltningen vekt på aspekter rundt tilgangen på råvarer. Også forvaltningen løfter spesielt frem biorest fra biogassproduksjon, og at det er forventet en økning i substrat i form av fiskeslam og husholdningsavfall. Det påpekes at det kan oppstå utfordringer når det gjelder fordeling av subsidier mellom bønder og biogassaktører.

Aktører fra forvaltningen ser også på internasjonale forhold. Når det gjelder markedet, er det spørsmål om det kan være utenlandske markeder med større betalingsvilje enn det norske. Noen bemerker at det er interesse innenlands i Norge for at fosforet i omløp blir brukt, mens det er mindre entusiasme for å importere resirkulert fosfor.

Når det kommer til logistikk, virkemidler og regelverk, nevner aktører fra forvaltningen flere aspekter og utfordringer. Disse inkluderer potensialet for subsidiering av transport, krav eller pris hos forhandlere, og behovet for spesialisert utstyr for å spre organiske gjødselvarer. Samtidig nevner aktører fra forvaltningen at jordbruket har blitt mer effektivt og spesialisert, og at det kan gjøre det enklere å innføre et omsetningskrav. Stadig større arealer å fordele kostnaden på gjør det enklere å introdusere nye gjødselvarer. Det blir også poengtert at implementeringen av et omsetningskrav vil kunne være utfordrende, og det blir uttrykt bekymringer om hvilke myndigheter som skal håndheve det.

7.6 Andre aktører

Aktører som representerer blant annet teknologi og logistikk, ga i intervjuene uttrykk for at de er generelt positive til et omsetningskrav for resirkulert fosfor. Aktører fra denne gruppen mener et omsetningskrav kan bidra til å løse problemstillingen med fosforoverskudd. Omsetningskravet anses som et viktig tiltak for å øke resirkulering og profesjonalisere avfallsbransjen.

Aktørene mener at bruk av mer resirkulert fosfor kan øke verdien av biprodukter som avløpsslam og fiskeslam, og at et omsetningskrav kan skape konkurranse om disse ressursene. Det påpekes at det er viktig å anerkjenne at økt matproduksjon for verdens befolkning trolig i større grad må produseres i havet, og at det derfor er nødvendig å få etablert standarder for håndtering av fosforoverskuddet som oppstår. I likhet med forhandlere og sluttbrukere uttrykker likevel også andre aktører en bekymring rundt tungmetaller, spesielt fra oppdrettsnæringen, og plastrester i organiske produkter. Det blir også uttrykt bekymring for fremtidig avløpsslambehandling, spesielt med tanke på endringer i EU-direktiver. Det er også usikkerhet rundt hva som skal gjøres med biorest etter biogassproduksjon. Aktørene anerkjenner at biogass og biorest er viktige områder, men mener at Danmark har mer kunnskap om disse emnene enn Norge.

Det stilles spørsmål ved hvordan et omsetningskrav skal implementeres, og om det bør være økonomiske insentiver eller straff som fremmer etterlevelse. Det vektlegges krav til dokumentasjon når det gjelder utarbeidingen av hvordan et omsetningskrav skal se ut. Det blir også nevnt at et omsetningskrav bør bygges på eksisterende regelverk som EU-forordninger og gjødselregelverket.

De øvrige aktørene nevner at gjødselmarkedet i sin helhet domineres av de store gårdene, mens etterspørselen for organiske gjødselvarer i dag i hovedsak er fra de økologiske gårdene. Det blir uttrykt bekymring for at et omsetningskrav kan føre til en generell økning av gjødselpriser. Det fremheves at

prosessering av organiske fosforkilder kan være kostbart, og at det er behov for mer forskning og innovasjon på dette området. Logistikk og transport av gjødselvarer blir også nevnt som utfordringer, spesielt i Norge på grunn av landets geografi og værforhold. Det påpekes også at det kan være utfordringer med lagring av organiske gjødselvarer.

Avslutningsvis uttrykker enkelte også håp om at et omsetningskrav kan føre til mer innovasjon og bidra til en mer bærekraftig gjødselindustri.

7.7 Konsekvenser

7.7.1 Positive effekter av resirkulering av fosfor

Det var bred enighet blant intervjuobjektene om at en høyere andel resirkulert fosfor i gjødsel er ønsket. Aktører fra verdikjeden peker på flere grunner:

- **Bærekraft og miljøhensyn:** Resirkulering av fosfor er essensielt for bærekraft, da det kan bidra til mindre forurensing og bedre ressursbruk. Dette er spesielt viktig gitt fosfatsteins begrensede tilgjengelighet og potensialet for fremtidig knapphet.
- **Jordhelse:** Bruk av organiske gjødselvarer kan forbedre jordhelsen og potensielt øke avlingene over tid. Dette er spesielt relevant i områder med ensidig planteproduksjon uten husdyrhold. Flere produsenter av gjødselvarer bemerket at yngre bønder er spesielt opptatt av jordhelse.
- **Fra avfall til resirkulering:** Resirkulering kan skape verdi for næringsstoffer som ellers ville vært avfall, noe som gir insentiver for å bruke slike ressurser. Enkelte produsenter bemerket at økt fokus på resirkulert fosfor kan lede til økt etterspørsel og dermed høyere økonomisk verdi for organiske gjødselvarer.
- **Produktutvikling:** Økt fokus på resirkulert fosfor kan også bidra til utvikling av nye, bærekraftige produkter og utvidelse av produktporteføljene til produsenter og forhandlere.

7.7.2 Forventede utfordringer med et omsetningskrav

Det var også bred enighet blant intervjuobjektene om at et omsetningskrav vil kunne føre med seg ulike utfordringer, som gjengitt nedenfor:

- **Import:** Flere som ble intervjuet blant både forhandlere og sluttbrukere nevnte muligheten for at et omsetningskrav vil kunne bli oppfylt ved import. Forhandlere vil kunne importere organiske gjødselvarer billig fra hele Europa, og selge akkurat nok til å oppfylle omsetningskravet. Dette vil i praksis ikke bidra til å avlaste det nasjonale fosforoverskuddet.
- **Unngåelse av kravet:** Det ble også advart om at et omsetningskrav vil kunne bli unngått ved interne avtaler eller lignende, for eksempel ved «fiktive» salg frem og tilbake mellom aktører.
- **Lav etterspørsel:** Flere produsenter antok at det vil kunne oppstå en situasjon der forhandlere ikke fikk solgt nok organiske gjødselvarer til å oppfylle omsetningskravet, ettersom organiske gjødselvarer ikke er like etterspurt som mineralgjødsel. Marginene for salg av gjødsel er små, og det er begrenset hvor mye forhandlere kan senke prisen til organiske gjødselvarer for å stimulere til økt etterspørsel uten å måtte øke prisene på mineralgjødsel.
- **Sluttbrukerens preferanser:** Selv om insentiver i form av tilskudd hadde vært på plass, ville etterspørselen likevel være atferdsbasert. Det er opp til hver enkelt bonde hvilket gjødselprodukt hen kjøper. Gjødsel er heller ikke et homogent produkt, og det kjøpes ulik type gjødsel for ulike produksjoner. Det er ikke sikkert at det finnes et organisk alternativ for alle typer mineralgjødsel og fravær av krav til plantetilgjengelighet kan påvirke preferansen. Selv

om forhandleren har et krav om å selge resirkulert fosfor, vil det ikke være krav om at bonden må kjøpe det.

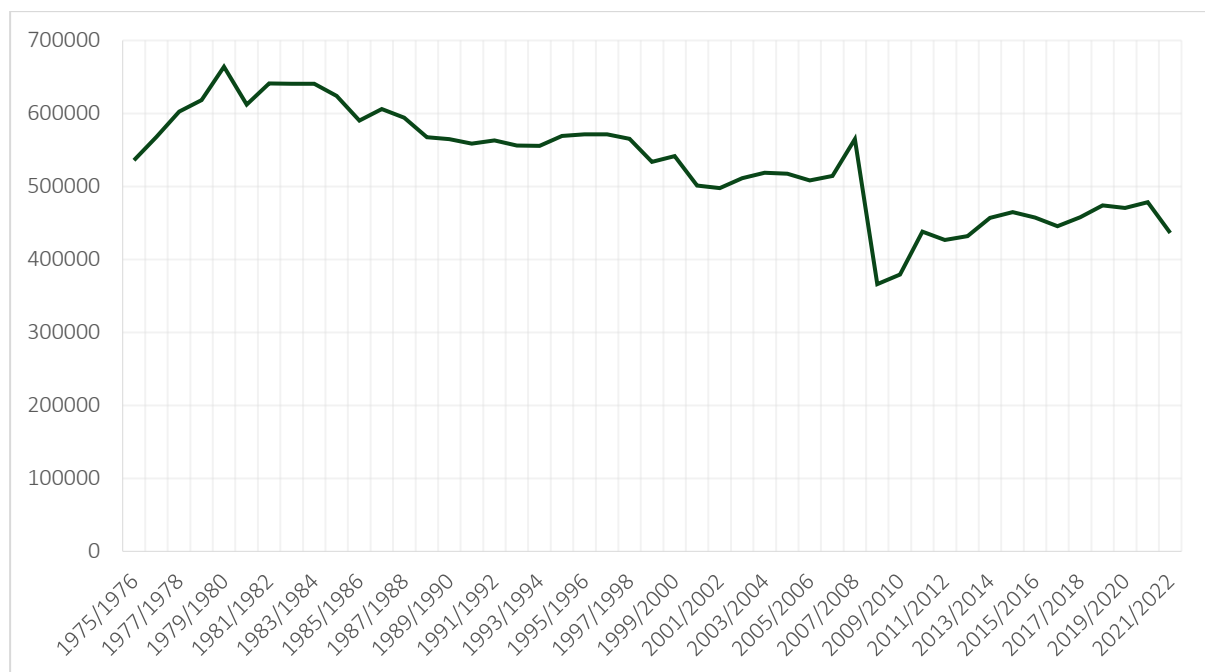
- Lavt tilbud: Det ble videre nevnt at det kan oppstå situasjoner med for lite produksjon av organiske gjødselvarer for å oppfylle et omsetningskrav. Siden kravet er formulert som en produsentandel av all gjødselomsatt, skal et krav ikke mange prosentpoeng opp før man når mange tusen tonn gjødsel basert på resirkulert fosfor som må selges. Det er ikke sikkert dagens logistikk kan håndtere dette. Som beskrevet tidligere i denne rapporten, er flere produksjonsprosesser og teknologier for organiske gjødselvarer under utvikling. Hvis et krav kommer før produksjonsprosessene er ferdig utviklet, vil man i noen tilfeller måtte importere organiske gjødselvarer for å oppfylle omsetningskravet.
- Ekstra kostnad for jordbruket: Flere sluttbrukere mente at et omsetningskrav vil påføre jordbruket utforutsette ekstrakostnader. Noen sluttbrukere nevnte at gjødselplanen har en satt standard tilpasset mineralgjødsel, ikke organiske gjødselvarer. Mulige ekstrakostnader som følge av et omsetningskrav omfatter dessuten at næringsstoffer i organiske gjødselvarer kan ha lavere plantetilgjengelighet, at det må spres større mengder gjødsel, at størrelsen på pellets kan variere, behov for ny spreder og annet.
- Intensivering av husdyrhold: Forslag til nytt gjødselregelverk inneholder ikke noe krav til spredeareal, kun tak på hvor mye fosfor man kan tilføre totalt. Siden et omsetningskrav vil innebære at kostnadene ved å ha for mye husdyrgjødsel blir lavere vil et omsetningskrav stimulere til at man ikke må redusere husdyrtallet så mye som man ellers måtte ha gjort og gjøre det mer fordelaktig å øke produksjonen sammenlignet med en situasjon hvor man ikke har et omsetningskrav (gitt at forslag til nytt gjødselregelverk blir innført). En konsekvens av et omsetningskrav vil derfor være at det blir mer lønnsomt med høy husdyrtetthet. Dette kan være i strid med politiske mål om jordbruk i hele landet.

8 NIBIO sin vurdering av egnethet, gjennomførbarhet og løsninger

8.1 Vurdering av utviklingen i gjødselmarkedet uten et omsetningskrav (nullalternativ)

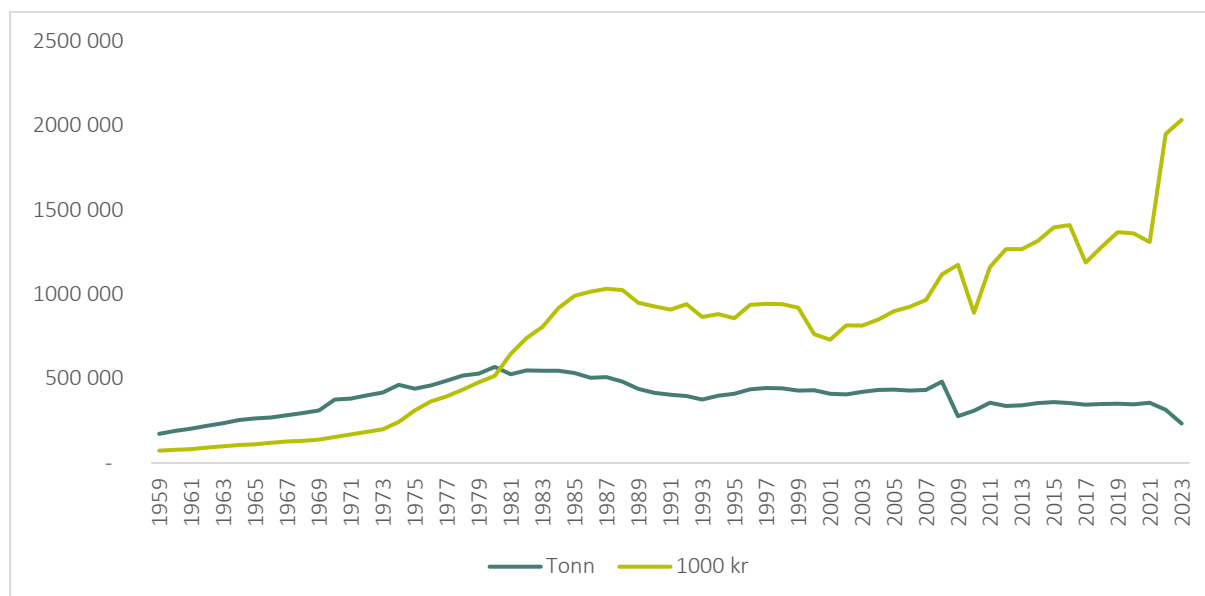
Omsetning av mineralgjødsel i Norge over tid

Historiske tall fra Mattilsynet (2024a) har siden 1975/1976 vist en relativ stabil omsetning av mineralgjødsel, med en langsom nedgang (Figur 8-1). Totalt har omsetningen falt med rundt 100.000 tonn vare i løpet av 46 år, fra sesongen 1975/1976 fram til 2021/2022. For de siste ti årene, har omsetning av mineralgjødsel holdt seg innenfor intervallet mellom 430.000 og 480.000 tonn omsatt vare per år. Selv om omsetning av mineralgjødsel på landsbasis generelt har vist en stabil trend, har det vært variasjoner i enkelte år på grunn av værforhold og prognoser. Historisk sett kan hamstring av gjødsel forekomme. For å unngå hamstring har priser blitt oppjustert (Felleskjøpet, 2021a), eller rasjonering blitt innført (DN, 2008), slik at tilgang til gjødsel for alle er sikret.



Figur 8-1. Mengde omsatt mineralgjødsel (tonn vare/år) fra sesong 1975/1976 til sesong 2021/2022 (Mattilsynet, 2024a)

Data fra totalkalkylen viser at det siden 1959 har vært relativ stabil omsetning av NPK-gjødsel i Norge per år, men at verdien (løpende pris * kvantum) har økt. Dette henger sammen med at prisen per tonn mineralgjødsel har økt, og fortsetter å øke. Den store prisøkningen rundt 2022/2023 var knyttet til internasjonale hendelser i samme tidsrom. Ettersom mengde solgt mineralgjødsel i tonn per år samtidig har gått ned, tilsvarende verdiøkningen en svært kraftig økning i pris per tonn (Figur 8-2).

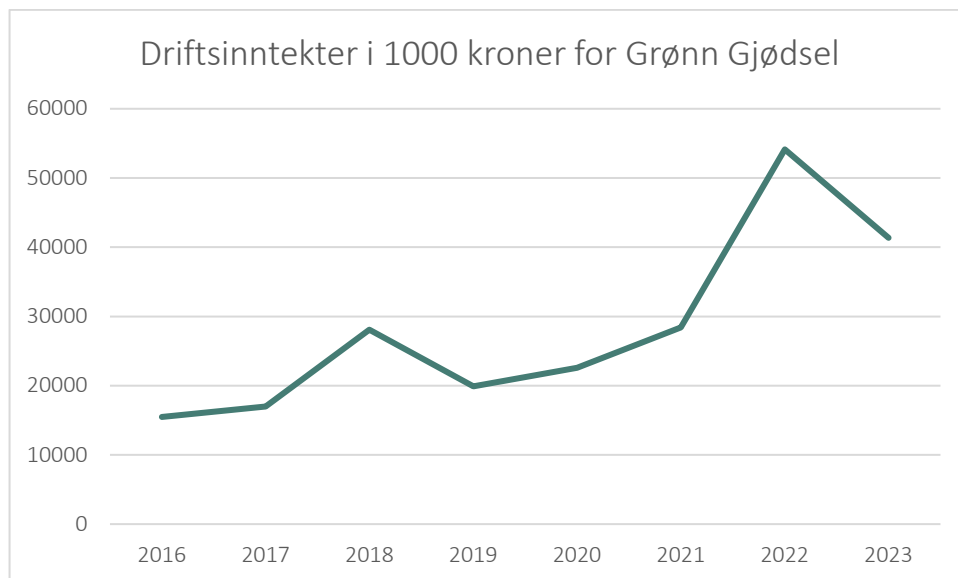


Figur 8-2. Mengde (tonn/år) og verdi (1000 kr) for NPK-gjødsel produsert i Norge. Data fra total kalkylen (NIBIO, 2024).

Omsetning av organiske gjødselvarer i Norge

Høsten 2021 startet Felleskjøpet med salg av organisk-mineralsk gjødsel til det konvensjonelle jordbruket. Ifølge Felleskjøpet sin årsrapport for 2022, økte salget av organiske gjødselvarer i 2021 til 4000 tonn/år (Felleskjøpet, 2022). Det ble samtidig omsatt 436.000 tonn vare mineralgjødsel i 2021. Det betyr at salg av organiske gjødselvarer utgjorde 0,9 % av totalmengden gjødsel som ble omsatt gjennom Felleskjøpet. I 2022 falt salget av organiske gjødselvarer gjennom Felleskjøpet med 15 % sammenlignet med året før til 3400 tonn/år. Det er sannsynlig at variasjonen mellom år i salget av organiske gjødselvarer har sammenheng med prisvariasjonen til mineralgjødsel. Ifølge årsrapporten til Felleskjøpet er organiske gjødselvarer *et viktig supplement for økologiske produsenter som har for lite husdyrgjødsel*.

Organisk og organisk-mineralsk gjødsel selges også direkte fra produsent, som for eksempel gjennom bedriften Grønn Gjødsel. Ifølge regnskapstall for de siste fem årene har Grønn Gjødsel hatt en konstant økning i driftsinntekter, altså salg av varer og tjenester (Figur 8-3). I et intervju med Grønn Gjødsel som Felleskjøpet publiserte i desember 2021, fremkommer det at det er spesielt unge bønder som i økende grad etterspør gjødselvarer fra Grønn Gjødsel (Felleskjøpet, 2021b). Ifølge Grønn Gjødsel har også økt fokus og kunnskap om blant annet miljø, mikroliv og jordhelse bidratt til økning.



Figur 8-3. Oversikt over driftsinntekter (kr/år) for Grønn Gjødning i perioden 2016-2023 (proff.no, 2024)

I begynnelsen av 2024 gikk Yara inn på eiersiden til Grønn Gjødning (Yara, 2024). Denne satsningen har ført til at Yara nå tilbyr organiske gjødselvarer også i Norge. Yara har tidligere investert i Ecolan i Finland (2021) og i Agribios i Italia (2023) for å styrke sin posisjon i markedet for organiske gjødselvarer. Yara har også gjennom sitt posisjonsnotat «Our Position on Organic Farming» annonsert et økt fokus på organiske gjødselvarer og resirkulering av næringsstoffer som fosfor (Yara, 2022).

Etterspørselen etter organiske gjødselvarer påvirkes av flere faktorer. Mengde gjødning som tilføres vil variere ut fra næringsbehovet til den aktuelle veksten og jordas evne til å bidra med næringsstoffer. Det er derfor viktig at det finnes et bredt sortiment også av organiske gjødselvarer som kan konkurrere med de mest solgte mineralgjødseltypene. Det kan forventes at produsentene fremover vil jobbe med produktutvikling, og at sortimentet med organiske gjødselvarer vil bli større over tid.

Organiske gjødselvarer må også kunne konkurrere med mineralgjødselprodukter med hensyn til pris. Per i dag kan pelletert organisk-mineralsk gjødning Hybrid N 20-4-8 fra Grønn Gjødning kjøpes til 5,25 kr per kg. Til sammenligning var gjennomsnittsprisen per kg for sum all NPK gjødning i totalkalkylen (NIBIO, 2024) på 6,18 kr per kg i 2022 og 8,70 kr per kg i 2023. For bonden vil prisen per kg plantetilgjengelig nitrogen i produktet være styrende, siden nitrogen er det plantenæringsstoffet som er viktigst for å sikre gode avlinger. Organiske og organisk-mineralske gjødselvarer vil også inneholde noe nitrogen som ikke er direkte plantetilgjengelig det året gjødselen tilføres.

Internasjonal pris og salg av fosforholdig gjødning over tid

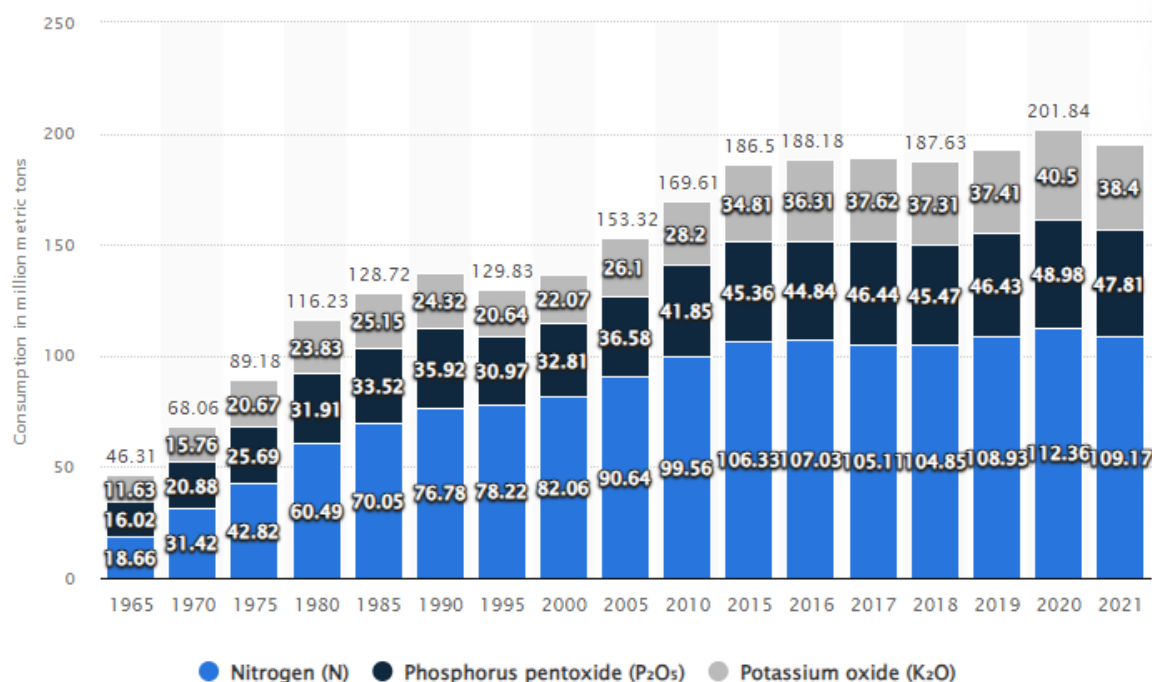
Gjødselpriser blir påvirket av en rekke faktorer. Internasjonale hendelser som krig, spekulasjoner i råvaremarkedet og finanskriser har bidratt til økte gjødselpriser. Hendelser knyttet direkte til matindustrien påvirker også prisene, for eksempel tørke, flom, reguleringer og politiske mål.

Internasjonalt har prisen på fosforholdige gjødselprodukter hatt en variabel utvikling. Figur 8-4 viser internasjonal månedlig pris for DAP (diammoniumfosfat) gjødning som US dollar per 1000 kilo. I grafen er det to tydelige topper, en i 2008 (råvareboom og finanskrisen) og en i 2022 (Russlands invasjon av Ukraina). Mens perioden før 2008 var preget av prisstabilitet, var perioden mellom 2008 og 2022 preget av volatilitet med variasjon mellom 250 og 600 US dollar per 1000 kilo.



Figur 8-4. Internasjonal månedlig pris for DAP (diammoniumfosfat) gjødsel som US dollar/1000 kilo (Indexmundi, 2024)

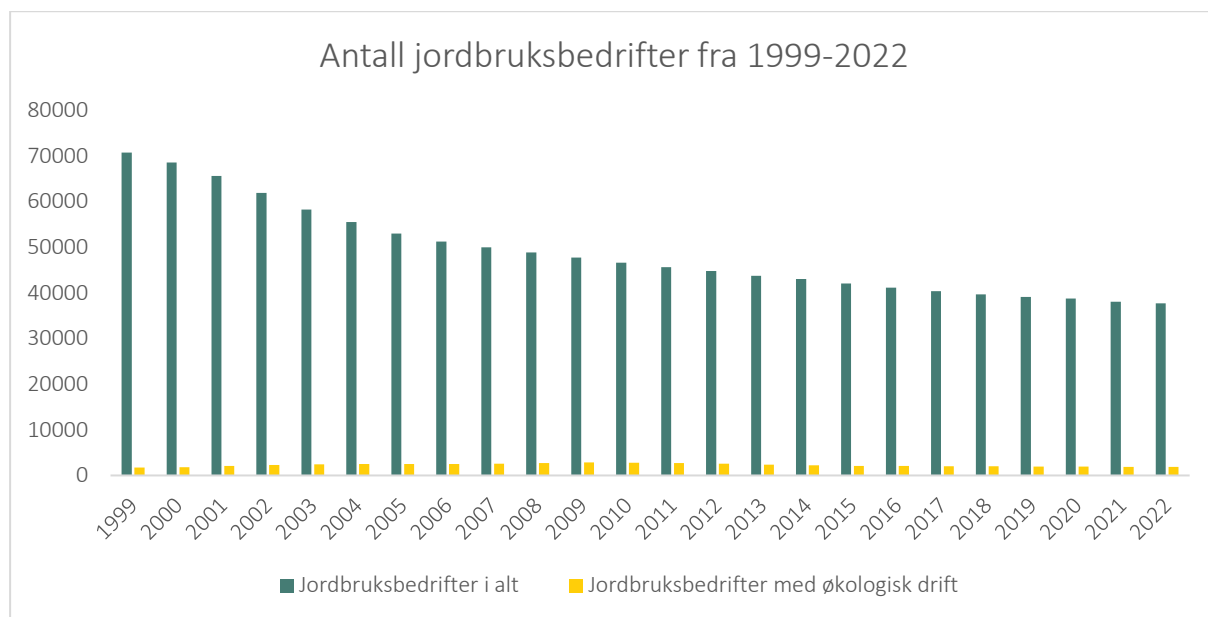
Figur 8-5 viser en tydelig økning av internasjonalt gjødselkonsum mellom 1965 og 2015. Etter 2015 har mengden internasjonalt gjødselkonsum holdt seg relativt stabil med mindre svingninger mellom 186,5 og 201,84 millioner tonn/år. En sammenligning av de ulike næringsstoffene viser at konsum av nitrogen er størst, og har utgjort hovedandelen av sammensetningen for gjødselkonsumet over tid.



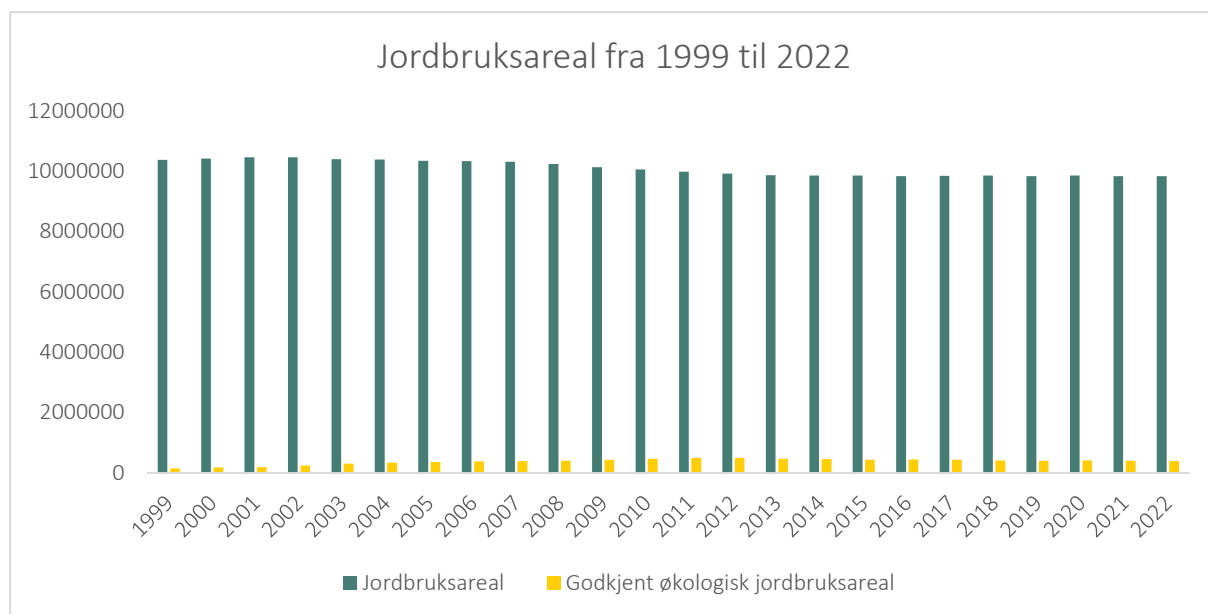
Figur 8-5. Internasjonalt konsum av gjødsel, fordelt på næringsstoffer (million tonn/år) (Statista, 2024)

Bruk av organiske gjødselvarer i økologisk og konvensjonelt jordbruk

Omsatt organiske gjødselvarer blir i dag i all hovedsak brukt av økologiske jordbruksprodusenter. Det er strenge krav knyttet til økologisk produksjon, og i økologiforskriften (2022) blir det fastsatt gjødselvarer som kan bli anvendt i økologisk drift. Antall jordbruksbedrifter i Norge med økologisk drift utgjorde rundt 5 % av totalt antall jordbruksbedrifter i 2022 (Figur 8-6). Antallet har vært relativt stabilt siden 1999. Figur 8-7 viser at økologisk jordbruksareal utgjorde rundt 4 % av totalt jordbruksareal i Norge i 2022. Også denne andelen har holdt seg relativt stabil over tid.



Figur 8-6. Antall jordbruksbedrifter per år i perioden mellom 1999 og 2022 (SSB, 2024b)



Figur 8-7. Jordbruksareal per år i perioden mellom 1999 og 2022 (SSB, 2024c)

For å kunne utgjøre en vesentlig markedsandel, må organiske gjødselvarer tilpasses behovene til det konvensjonelle jordbruket. Dette innebærer å konkurrere med mineralgjødsel, blant annet innen plantetilgjengelighet, næringsstoffsammensetning, lagrings- og transportegenskaper, forurensningsnivå, spreddeegenskaper og pris. Teknologi knyttet til produksjon av organiske gjødselvarer utvikler seg over tid (se kapittel 3.2), og organiske gjødselvarer med konkurransedyktige egenskaper vil utvikle seg tilsvarende. Store investeringer fra Yara i organisk gjødselproduksjon og økt omsetning av organiske gjødselvarer produsert av f.eks. Grønn Gjødsel også til det konvensjonelle jordbruket tyder på at slik utvikling av gjødselvarer med konkurransedyktige egenskaper allerede er på gang.

Den naturlige utviklingen i gjødselmarkedet

Dyrere mineralgjødsel og problematikken ved utvinning av fosfor fra fosfatstein, peker på et mulig markedsrom for organiske gjødselvarer. Álvarez Salas m.fl. (2024) bekrefter i en fersk oversiktsartikkel at den aktuelle økonomiske situasjonen med høye markedspriser for mineralgjødsel og endringer i EU-gjødselregelverket tyder på en unik mulighet for vekst i markedet for organiske gjødselvarer, forutsatt tilstrekkelig høy produktkvalitet. Yara har en betydelig markedsandel i verdenssammenheng, og kontrollerer mye av gjødseletilgangen til mange land, inkludert Norge. Yara sine investeringer de siste årene kan tyde på økt satsning på produksjon av organiske gjødselvarer i tiden framover.

Dersom prisen på konvensjonell mineralgjødsel basert på fosfatstein skulle øke som en følge av endrede rammebetingelser, vil den naturlige utviklingen i gjødselmarkedet føre til høyere etterspørsel etter organiske gjødselvarer. Utviklingen forutsetter at det eksisterer reelle substitusjonsvarer med konkurransedyktige egenskaper. Hybridgjødsel er et eksempel på at produktutvikling har ført til økt etterspørsel etter resirkulert fosfor. Substitusjonsstyrken til gjødselvarer med resirkulert fosfor vil øke ytterligere, særlig hvis teknologisk utvikling etter hvert vil gjøre det mulig å fremstille mineralgjødsel med resirkulert fosfor til konkurransedyktige priser.

Oppsummering

1. Konsum av mineralgjødsel er relativt stabilt, og har holdt seg innenfor et smalt intervall de siste fem årene.
2. Prisen på mineralgjødsel er volatil, og endrer seg på grunn av mange ulike eksterne faktorer.
3. Kvantum gjødsel produsert har holdt seg stabilt over lang tid.
4. Teknologier for produksjonen av organiske gjødselvarer er under utvikling. Produktutvikling vil gjøre det lettere å bruke organiske gjødselvarer med hensyn til praktiske vurderinger (f.eks. mindre pellets, bedre spredningsegenskaper og høyere plantetilgjengelighet).
5. Produktutvikling forventes over tid å skape organiske gjødselvarer som kan konkurrere bedre med mineralgjødsel i markedet.
6. Store investeringer fra Yara i organisk gjødselproduksjon de siste årene peker i retning av en økning i produksjon av organiske gjødselvarer.
7. Mulige prisendringer og eksterne sjokk i det internasjonale markedet (f.eks. krig, år med dårlig avling og finanskriser) kan føre til at etterspørselen etter mineralgjødsel går ned til fordel for organiske gjødselvarer. Effekt av hamstring av gjødsel vil også påvirke tilbud og etterspørsel.

8.2 Vurdering av egnethet

I oppdraget fra LMD defineres egnethet som *hvorvidt et krav er egnet for å nå formålene, med å skaffe et marked for resirkulert fosfor, avlaste overskudd, redusere forurensning og sørge for bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs.*

Basert på intervjuene som ble gjennomført som del av dette oppdraget, konkluderer vi med at aktører fra hele verdikjeden generelt ser et behov for å øke bruken av resirkulert fosfor. Det er likevel usikkerhet blant næringsaktørene omkring hvordan et eventuelt omsetningskrav skal implementeres, og om det i hele tatt vil fungere i praksis.

8.2.1 Egnethet til å avlaste nasjonale fosforoverskudd

Et av formålene med denne utredningen har vært å klarlegge hvorvidt et omsetningskrav er egnet for å avlaste regionale fosforoverskudd. I kapittel 2 har vi vist at Norge disponerer store mengder organiske fosforkilder. I intervjuene har det kommet frem at regionale fosforoverskudd ikke kan settes lik med råvaretilgang som er nødvendig til produksjon av organiske gjødselvarer. Generelt sett er det enighet om at det er viktig å kartlegge tilgjengelige råvarekilder og kostnadene forbundet med å lage organiske gjødselvarer basert på disse, og at det må være tydelige krav til kvalitet og opprinnelse av resirkulert fosfor tiltenkt produksjon av organiske gjødselvarer.

Det kan ta noe tid å bygge opp tilstrekkelig produksjonskapasitet for organiske gjødselvarer og å utvikle produkter som er egnet til å erstatte mineralgjødsel som følge av teknologi- og logistikkutfordringer. Flere aktører har for eksempel gitt uttrykk for at teknologien for å produsere tørre gjødselvarer basert på flytende bioest er umoden (kapittel 7). Generelt gjelder at jo mer lik egenskapene til mineralgjødsel med tanke på balanse av næringsstoffer, plantetilgjengelighet og spredeegenskaper, jo dyrere og mer teknologisk utfordrende er det å produsere gjødselvarer med resirkulert fosfor.

Potensielle råvarer

Forskjellige råvarer kan ha forskjellige utfordringer og fordeler, og det kan være nødvendig å utnytte en kombinasjon av ulike fosforkilder i produksjonen av organiske gjødselvarer for å oppfylle et potensielt omsetningskrav.

Beregningene i kapittel 2 viser at husdyrgjødsel utgjør en stor andel av de organiske fosforkildene i alle regioner. Denne kvantifiseringen tar imidlertid ikke hensyn til hvor mye fosfor i husdyrgjødsel som blir effektivt resirkulert med dagens jordbrukspraksis og beregningene viser dermed ikke hvor mye husdyrgjødsel som er tilgjengelig for produksjon av kommersielle gjødselvarer. På regionnivå er det bare i Rogaland det er overskudd av husdyrgjødsel i forhold til jordbruksareal. Beregningen tar heller ikke hensyn til utviklingstrender i husdyrproduksjonen i ulike fylker, som for eksempel at det har vært en jamn nedgang i husdyrproduksjonen i Nord-Norge de siste åra.

Plantetilgjengeligheten til fosfor i storfe- og svinegjødsel er vanligvis god (kapittel 3.3.1), men uten videre forbehandling som mekanisk separering (kapittel 3.1.2) er det utfordringer knyttet til transport av husdyrgjødsel på grunn av høyt vanninnhold. Det er derfor en fordel om ubehandlet husdyrgjødsel resirkuleres lokalt. Organiske gjødselvarer basert på storfe- og svinegjødsel med relativt høyt tørrstoffinnhold kan derimot transporteres over lengre avstander og dermed bidra til å oppfylle et omsetningskrav.

I dag er det hovedsakelig fjørfegjødsel som blir brukt i produksjonen av pelleterte organiske gjødselvarer, siden fjørfegjødsel inneholder mindre vann enn ikke-separert storfe- og svinegjødsel. Det kan derfor forventes at det i første omgang vil være mest aktuelt å transportere fjørfegjødsel mellom overskudds- og underskudsregioner. Å flytte på fjørfegjødsel for å utligne fosforoverskuddet (kapittel 2.4) vil imidlertid ikke være tilstrekkelig for å avlaste overskuddet i regioner med både overskudd av husdyrgjødsel og andre kilder som fiskeslam, som i Rogaland. Nasjonalt utgjør fjørfegjødsel ca. 1680 tonn fosfor per år, noe som tilsvarer 15 % av fosforet i husdyrgjødsel som blir oppsamlet eller som blir igjen på innmarksbeite (gjennomsnitt for 2017-2019; Las Heras Hernández m.fl., upublisert).

Avløpsslam er den nest største organiske fosforkilden på nasjonalt nivå, og mengden er forventet å øke med nytt avløpsdirektiv, særlig i Vestland (kapittel 2.3). I intervjuene ble det uttrykt noe skepsis mot bruk av avløpsslam som råvare for produksjon av organiske gjødselvarer, både på grunn av lav plantetilgjengelighet til fosfor og usikkerhet rundt uønskede stoffer. Gjødselvarer med avløpsslam har dessuten strengere regler med hensyn til hvilke vekster det kan brukes til. Det er også usikkerhet knyttet til fremtidige EU-reguleringer og deres innvirkning på bruk og behandling av avløpsslam. For

eksempel i Sverige ble det i 2020 publisert en statlig offentlig utredning som foreslo et prinsippforbud mot spredning av avløpsslam (Holmgren m.fl., 2020).

Matavfall er en annen potensiell råvare for produksjon av organiske gjødselvarer, men det er utfordringer knyttet til variabel kvalitet. Spesielt plastrester kan være et problem siden matavfall fra husholdninger mange steder kildesorteres i plastposer, og matavfall fra næringslivet som regel blir levert i plastemballasjen (kapittel 5.5). Rensing av plast og andre uønskede materialer før matavfall kan brukes i gjødselproduksjon, er en ekstra kostnad for de som skal håndtere avfallet, som også påpekt av flere aktører (kapittel 7). Noen aktører uttrykker bekymring for at mangelfull håndtering vil kunne føre til «lekkasje» av matavfall til andre land med bedre vilkår. Mye matavfall går til biogassproduksjon som krever at bioresten blir tatt hånd om. Flere aktører mener at det er behov for teknologiutvikling og kompetansebygging i denne sektoren (kapittel 7). I likhet med storfe- og svinegjødsel må biorest avvannes for å kunne bli transportert over lengre avstander.

Det er stort potensial for å utnytte fiskeslam fra oppdrettsnæringen som gjødsel, særlig om sjøbasert oppdrett også møter krav til oppsamling av fiskeslam (kapittel 2.2). Det er likevel utfordringer knyttet til avvanning og transport. Dessuten er plantetilgjengeligheten til fosfor i fiskeslam fra settefiskanlegg lav, mens det mangler kunnskap om fosforkvaliteten til matfiskeslam (kapittel 3.3.1). Flere aktører ga i intervjuene uttrykk for usikkerhet knyttet til innhold av risikostoffer i fiskeslam (kapittel 7). I dag er det bare en liten del av fosforet fra oppdrettsnæringen som samles opp og resirkuleres. Som omtalt i kapittel 2.2, vil om lag 5100 tonn fosfor per år i teorien kunne bli tilgjengelig som fiskeslam, dvs. omtrent 32 % av totalt 16.000 tonn fosfor som årlig tapes fra dagens produksjon. Om andelen fiskeslam som samles opp øker mye, vil det neppe være mulig at alt skal tilføres norsk matproduksjon, også fordi mye av føret til oppdrettsfisken er importert. Allerede i dag eksporteres en del av fosforet med fiskeslam og fiskeensilasje fra oppdrettsnæringen.

Import og eksport som følge av prisforskjeller

Aktørene mener at prisene på gjødselvarer i Norge er knyttet til gassprisen i Europa, og at Norge som et lite land opererer i et stort konkurransepreget marked. Dette henger sammen med muligheten for eksport og import av organiske gjødselvarer. Ved konkurransepregede markeder innebærer det også et mer utbredt etterspørselsgrunnlag og produksjon fra flere ulike produsenter.

Dersom importerte gjødselvarer er billigere enn innenlandskproduserte varer, kan det skje at forhandlere importerer fra utlandet for å kunne oppfylle omsetningskravet. Dette avhenger imidlertid av prisforholdet mellom importerte gjødselvarer og innenlandsk produserte gjødselvarer basert på organiske fosforkilder. Større konkurranse i utlandet gir mulighet for lavere innkjøpspris. Et nasjonalt fosforoverskudd vil kun avlastes dersom norske råvarer brukes til å oppfylle omsetningskrav. Dersom utenlandske råvarer eller gjødselprodukter brukes, vil dette ikke avlaste fosforoverskuddet. Myndighetene har i liten grad mulighet til å regulere dette, da en slik regulering vil oppfattes som konkurransevridende. Samtidig vil en eventuell ny gjødselbrukforskrift med tak på total fosfortilførsel kunne tvinge fram utvikling av organiske gjødselvarer i Norge. Husdyrprodusenter med gjødseloverskudd kan alternativt tilpasse husdyrtallet til arealbehovet.

Det kan være mer lønnsomt for produsenter av organiske gjødselvarer å selge produktene sine i andre land hvis etterspørselen er høyere der. Ettersom det eksporteres organiske gjødselvarer fra Norge i dag, kan det antas at betalingsvillighet for noen gjødselvarer er høyere i enkelte andre land enn i Norge, blant annet fordi tilførsel av organisk materiale er viktigere i andre land, som f.eks. Vietnam..

Ifølge Mattilsynet⁶ kan en gårdbruker fritt importere mineralgjødsel til eget bruk. Det eneste kravet er at bonden registrerer produktet som omsetning av gjødselvarer i Mattilsynets skjematjenester. Det skal bare foretas en registrering per produkt én gang uavhengig av antall innførsler av det samme

⁶ Personlig kommunikasjon med L. Wang, 27.5.2024

produktet senere. Dersom gjødselvarer er CE-merket etter EUs gjødselvareforordning (kapittel 4.2), skal ikke produktet registreres, men bonden må registrere seg som importør av EU-gjødselvarer. Om denne ordningen ikke endres, kan en økning i prisen på mineralgjødsel innenlands føre til økt import av mineralgjødsel fra gårdbrukere.

Om et omsetningskrav innfris ved import av organiske gjødselvarer, vil ikke et omsetningskrav være egna til å redusere nasjonale fosforoverskudd, fordi man da tilfører fosfor til landet, istedenfor å omfordele og resirkulere innenlands.

Produksjon av gjødselvarer i områder som ikke har fosforoverskudd

Forhandlerleddet vil ønske å oppfylle et omsetningskrav på billigst mulig måte. Det kan for eksempel være billigere å utvikle produkter som ikke innebærer mye transport. En mulighet kan derfor være at det blir utviklet gjødselvarer basert på husdyrgjødsel og andre fosforkilder i områder som ikke har et fosforoverskudd. Dette vil ikke bidra til å avlaste nasjonale fosforoverskudd. Dette avhenger imidlertid av transportkostnader og hvor mye gjødselprodusentene må betale for (eller får betalt for) husdyrgjødsel og annet organisk avfall i ulike regioner.

8.2.2 Egnethet til å etablere et marked for resirkulert fosfor

Det har vært et formål med denne utredningen å vurdere hvorvidt et krav er egnet til å skaffe et marked for resirkulert fosfor. Markedspotensialet for gjødselvarer basert på resirkulert fosfor er et komplekst område hvor mange variabler og faktorer må vurderes.

Priser påvirker etterspørsel etter organiske gjødselvarer

Pris er et nøkkelement i diskusjonen om resirkulert fosfor. Adielsson og Bækkeslått (2023) fant at konkurransedyktig pris på alternativer til mineralgjødsel er den viktigste faktoren som kan bidra til at bønder på Østlandet reduserer bruken av mineralgjødsel betydelig. Videre ble det funnet at det er viktig for bøndene at avlingene blir opprettholdt eller forbedret ved bruk av alternativer til mineralgjødsel og at konsekvensen av redusert næringstilgang er større for grønnsaksbønder enn for en kornbonde. Årsaken til det siste er at kornbønder kun risikerer å få en lavere avling og eventuelt at kornet ved lavt proteininnhold kun kvalifiserer som fôr og ikke som mat. For grønnsaksprodusenter derimot går næringsmangel utover kvaliteten på grønnsakene og dermed muligheten til å oppfylle strenge kvalitetskrav fra grossistene. Oppnås ikke disse kvalitetskriteriene vil ikke grønnsakene være omsettbare.

Om forhandlere får solgt organiske gjødselvarer, avhenger blant annet av prisen på mineralsk fosfor, etterspørselen fra landbruket og nivået på et omsetningskrav. Også aktørene som ble intervjuet som del av denne utredningen uttrykker en generell oppfatning om at prisene må være noe lavere enn for mineralgjødsel for at bønder skal velge organiske gjødselvarer fremfor mineralgjødsel (kapittel 7).

Det er i utgangspunktet grunn til å anta at gjødselforhandlere vil tilby produsentene betingelser som gjør at de vil selge gjennom forhandlerleddet. Forhandlere fortalte at marginene for salg av gjødsel er veldig små (kapittel 7.1), og dette vil derfor tilsi at de ikke kan senke prisen på organiske gjødselvarer uten lavere innkjøpspris. For å innfri et omsetningskrav er det derfor mest sannsynlig at forhandlerne må øke prisen på mineralgjødsel. En av de største aktørene i gjødselmarkedet er samvirke-eid av gårdbrukere, og dette kan innebære at aktøren ikke står like fritt til å øke eller senke prisene på varene som andre forhandlere kan. Å øke prisen på mineralgjødsel for å «subsidiere» en lavere pris på organiske gjødselvarer, vil overføre kostnadene til gårdbrukerne som kjøper mineralgjødsel.

Prisen på gjødselvarer er også knyttet til prosesseringskostnadene hos produsentene, og høyere kostnader hos produsenter vil føre til høyere priser for sluttbrukere. Behov for å holde prosesseringskostnadene nede ser så langt ut til å ha gått på bekostning av utvikling av organiske gjødselvarer med god og forutsigbar plantetilgjengelighet til fosfor og nitrogen (kapittel 3.3).

Betydningen av produktkvaliteten til organiske gjødselvarer for vellykket implementering av et omsetningskrav er nærmere diskutert i kapittel 8.4.1.

Tilbud av organiske gjødselvarer

I dag er det forbudt å deponere biologisk nedbrytbart avfall (avfallsforskriften, § 9-4.)⁷. Dette forbudet innebærer at det er aktører med fosforoverskudd (husdyrprodusenter med gjødseloverskudd som ikke kan avsettes lokalt, fiskeoppdrettere og alle som mottar og behandler avløpssvann og matavfall) som må finne måter å resirkulere fosfor i organisk avfall på. Dette kan enten løses ved at aktører med fosforoverskudd selv utvikler produkter som kan omsettes i markedet, eller at de betaler andre aktører for å ta imot organisk avfall for resirkulering. Eventuelt kan aktører med fosforoverskudd få betalt for å levere organisk avfall til gjødselprodusenter.

Ved innføring av ny gjødselbrukforskrift vil mulighetene til å kunne spre fosfor i avløpsslam, matavfall og restråstoffer fra oppdrettsnæringen lokalt i fylker som for eksempel Vestland bli sterkt redusert som følge av tak på hvor mye fosfor som kan tilføres jordbruksjord per arealenhet (kapittel 2.4). Videre vil et fosfortak, som foreslått i ny gjødselbrukforskrift, innebære at jordbruket i Rogaland får en betydelig mengde husdyrgjødsel som ikke kan spres på jordbruksjord i eget fylke. En eventuell innføring av ny gjødselbrukforskrift vil, gitt at det er teknologisk mulig, derfor tvinge aktører med fosforoverskudd til selv å utvikle og produsere organiske gjødselvarer som kan transporteres over lengre avstander, eller til samarbeid med andre aktører som kan gjøre dette. Alternativt må de gjøre tilpasninger i produksjonen sin som f.eks. å tilpasse husdyrtallet til arealbehovene. Dette vil skje uavhengig av et omsetningskrav. Et omsetningskrav vil imidlertid bidra til at kostnadene ved å gjøre organiske gjødselvarer konkurransedyktige i større grad bæres av sluttbrukere.

Det er videre ikke sikkert at det er mest lønnsomt å utvikle og produsere organiske gjødselvarer til det norske markedet. I dag eksporteres det for eksempel organiske gjødselvarer basert på blant annet avløpsslam og fiskeslam til Vietnam siden betalingsvilligheten er større der enn i Norge.

Etterspørsel

I vurderingen av hvorvidt et omsetningskrav er egnet til å skaffe et marked for resirkulert fosfor er det dessuten viktig å ta hensyn til ulike brukerbehov. Et omsetningskrav vil påvirke ulike grupper av bønder på ulike måter. For eksempel kan bønder som har overskudd av husdyrgjødsel, som ikke kan avsettes lokalt, se på et omsetningskrav som en mulig løsning på deres problem, mens gårdbrukere som ikke har et fosforoverskudd ikke nødvendigvis ser samme behov for å ta imot gjødselvarer basert på andre regioners overskuddsproblem.

Selv om forhandleren har et krav om å selge gjødselvarer basert på resirkulert fosfor, vil det ikke være krav om at bonden må kjøpe det. Gårdbrukere er bekymret for praktiske ulemper med bruk av organiske gjødselvarer, noe som kan påvirke valget av gjødseltype. Dette kan inkludere faktorer som produktets spredeegenskaper og kvalitet i tillegg til kostnader, og hvor lett det er å bruke. I intervjuene nevnte flere forhandlere at det er en forutsetning at organiske gjødselvarer må være praktiske å bruke (kapittel 7.1). Også sortimentet for organiske gjødselvarer må omfatte mange forskjellige produkter i henhold til diverse behov i jordbruket, og være tilpasset etterspørselen i markedet.

Internasjonale forhold

Flere aktører mener det er viktig å ta hensyn til internasjonale forhold, inkludert hvordan EU-reguleringer kan påvirke gjødselmarkedet. Et felles omsetningskrav innenfor EU ville kunne bidra til at flere ressurser brukes til å utvikle teknologier og innovasjoner som kan resultere i bedre produkter

⁷ Det er imidlertid unntak for avløpsslam som ikke tilfredsstiller kvalitetskravene for gjødselvarer.

og lavere produksjonskostnader. Noen aktører mener derfor at det er uheldig å innføre et omsetningskrav bare for norske forhandlere.

8.2.3 Egnethet til å bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs

Et omsetningskrav vil neppe være nødvendig for å få til en bedre utnyttelse av fosfor. I dag er det forbudt å deponere organisk avfall og spredning på jordbruksarealer er ofte den billigste måten å avhende organisk avfall på. Ved innføring av tak på hvor mye fosfor som kan tilføres jordbruksarealer totalt, som er foreslått i utkast til ny gjødselbrukforskrift, vil det dermed tvinge seg fram at aktører med fosforoverskudd må produsere konkurransedyktige organiske gjødselvarer eller at de må samarbeide med andre aktører om dette. Husdyrprodusenter med gjødseloverskudd kan alternativt tilpasse husdyrtallet til tillatt spredemengde.

I utkast til ny gjødselbrukforskrift er det ikke foreslått arealkrav til husdyrprodusenter. Uten en slik bestemmelse vil et omsetningskrav bidra til å opprettholde høy husdyrtetthet i områder med fosforoverskudd. Det kan dermed argumenteres for at et omsetningskrav vil motvirke lokal sirkulering av fosfor. Prinsippet om sammenheng mellom dyr og jord er viktig i norsk landbrukspolitik. Systemer som vil kunne stimulere til borttransport av husdyrgjødseloverskudd, som et omsetningskrav, vil sørge for at denne sammenhengen ytterligere svekkes.

8.2.4 Egnethet til å redusere fosforforurensning

Det har også vært et formål med denne utredningen å vurdere hvorvidt et omsetningskrav er egnet til å redusere fosforforurensning.

Som nærmere forklart i kapittel 1.2.1, er fosfortap til vassdrag bestemt av jordas fosforinnhold, overflateavrenning og erosjon. Et omsetningskrav for resirkulert fosfor er derfor ikke i seg selv et virkemiddel som er egnet til å redusere forurensning, men må sees i sammenheng med foreslått gjødselbrukforskrift som vil gi en begrensning på hvor mye fosfor som kan tilføres et jordbruksareal (LMD, 2024) og dagens RMP-tilskudd for å redusere avrenning til vann.

8.2.5 Oppsummering

Gitt innfrielse av en rekke forutsetninger kan et omsetningskrav stimulere til å skape et marked for resirkulert fosfor og avlaste fosforoverskudd. Det er imidlertid flere usikkerhetsmomenter knyttet til disse forutsetningene. For det første kan et omsetningskrav innfris med importerte gjødselvarer dersom disse er billigere eller bedre enn nasjonalt produserte produkter. Dette vil ikke bidra til å avlaste nasjonale fosforoverskudd, fordi man da innfører fosfor til landet. For det andre kan et omsetningskrav føre til at gårdbrukere selv importerer mineralgjødsel dersom et omsetningskrav fører til høyere priser på mineralgjødsel hos forhandlere med et omsetningskrav. For det tredje kan teknologiske og økonomiske utfordringer føre til at det, i alle fall på kort sikt, er vanskelig å produsere nok organiske gjødselvarer som er egna til å erstatte mineralgjødsel. For det fjerde er det usikkert om forhandlerleddet klarer å innfri et omsetningskrav siden de ikke direkte kan påvirke hva som blir produsert og siden de kun gjennom pris og reklame kan påvirke hva kundene kjøper.

Det kan stilles spørsmål ved om et omsetningskrav er nødvendig for å *sørge for bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs*. En eventuell innføring av ny gjødselbrukforskrift, med tak på tilførsel av totalfosfor per arealenhet i kombinasjon med dagens forbud mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall, vil i områder med fosforoverskudd tvinge fram økt avsetning av overskuddsfosfor og økt produksjon av organiske gjødselvarer. Husdyrprodusenter med overskuddsgjødsel kan alternativt redusere husdyrantallet. Ved et omsetningskrav er det forhandleren som må sørge for avsetning for organiske gjødselvarer, mens uten et omsetningskrav er det aktører med fosforoverskudd som må sørge for avsetning på overskuddsfosfor. Et omsetningskrav vil først og fremst bidra til en omfordeling av kostnader fra aktører med fosforoverskudd til forhandlerleddet og videre til deres

landbrukskunder. Videre vil et omsetningskrav muliggjøre at dyreantallet i husdyrtette områder kan opprettholdes og også økes ytterligere. På denne måten vil et omsetningskrav bidra til å frikoble dyrehold og jordbruksareal, i tillegg til at det bryter med «forurensar betaler»-prinsippet. Å stille krav om at en må ha et nærliggende areal til å spre husdyrgjødsel på og/eller at tilgangen på spredeareal vektlegges mer i forvaltninga av husdyrproduksjonen kan motvirke dette. I forslag til ny gjødselbrukforskrift er det imidlertid ingen slike krav.

8.3 Vurdering av gjennomførbarhet

Gjennomførbarhet handler både om utforming av regelverk, transaksjonskostnader, dvs. samlede kostnader ved å gjennomføre et omsetningskrav, og om det er mulig å innfri et omsetningskrav for forhandlerne. Gjennomførbarhet handler også om hvordan etterlevelsen av regelverket kan sikres og kontrolleres.

Når det gjelder utforming av regelverk, vil vellykket implementering av et omsetningskrav kreve en klar definisjon av hvilke gjødselvarer med resirkulert fosfor som omfattes, og hvem kravene stilles til. Det er behov for tydelig og presis regulering, med enighet om hva som utgjør gyldig dokumentasjon og hvilke standarder som skal følges. Se kapittel 8.4 for en utfyllende vurdering av muligheter for utforming og løsninger.

Når det gjelder transaksjonskostnader, er det grunn til å tro at disse vil være lave for gjødselprodusenter siden et omsetningskrav ikke vil innebære nye transaksjoner for dem. Myndighetene må kontrollere at omsetningskravet overholdes, men transaksjonskostnadene her er likevel forventet å være relativt lave siden kravet er knyttet til gjødselvarer som handles i markedet. Avhengig av nivået på et omsetningskrav vil imidlertid transaksjonskostnadene for forhandlerleddet være betydelige. Disse kostnadene kan evt. veltes over på sluttbruker. Dersom organiske fosforkilder enklere kunne brukes som råstoff i produksjon av ordinær mineralgjødsel, ville det være enklere for forhandlerleddet å innfri et omsetningskrav. Uten denne muligheten blir det vanskeligere for forhandlerleddet siden de ikke direkte kan påvirke hva som blir produsert og siden de kun kan påvirke hva kundene kjøper gjennom pris og reklame. Forhandlerleddet vil dermed måtte bruke betydelige ressurser på å innfri et omsetningskrav og det kan være usikkert om de klarer å innfri et omsetningskrav.

8.4 Vurdering av utforming og løsninger

I dette underkapitlet er det gjort en vurdering av hvordan et omsetningskrav kan utformes for å avlaste fosforoverskudd, dersom det skal gjennomføres.

8.4.1 Hvilke gjødselprodukter skal et omsetningskrav omfatte?

Gjødselvarer underlagt ny gjødselwareforskrift

Målene med omsetningskrav er, i tillegg til kostnadsomfordeling, å erstatte fosfor i mineralgjødsel med resirkulert fosfor, og muliggjøre borttransport av fosforoverskudd. Omsetningskravet må dermed ha en innretning som bidrar til utvikling og produksjon av gjødselvarer med resirkulert fosfor som lett kan transporteres for salg i regioner uten fosforoverskudd.

Det kan være naturlig at et eventuelt omsetningskrav avgrenses til gjødselvarer underlagt virkeområdet til ny gjødselwareforskrift (Mattilsynet, 2024b). Ved å følge samme grensedragning som i gjødselregelverket vil grensedragningen for omsetningskravet kunne være kjent for aktørene. De gjødselwarene som på denne måten trekkes inn, vil underlegges nødvendig kvalitetssikring, f.eks. hygienisering, øvre grenseverdier for tungmetaller, og deklarerings. Virksomhetene som trekkes inn vil kunne domineres av profesjonelle aktører som allerede innehar kapasitet, rutiner og

dokumentasjonssystemer som gjør dem i stand til å følge opp et omsetningskrav, og som kan lette myndighetenes arbeid med kontroll.

Omsetning av ubehandlet husdyrgjødsel innen fylkesgrensene skjer allerede i stor utstrekning, og vil med strammere fosforgrense i gjødselbrukforskrift bli både nødvendig og enda mer vanlig (Mattilsynet, 2024b). Siden slik omfordeling foregår i stor utstrekning og er ønskelig, er det ingen markedssvikt som trenger politikkutvikling. I utkastet til ny gjødselwareforskrift er det foreslått at omfordeling av ubehandlet husdyrgjødsel bare blir omfattet av gjødselbrukforskriften (LMD, 2024), ikke av kvalitetskrav etter gjødselwareforskriften. Ubehandlet husdyrgjødsel kan ikke krysse fylkesgrensen i henhold til kravene i animaliebiproduktforskriften (Animaliebiproduktforskriften, 2016), og dessuten er det av miljø- og kostnadmessige hensyn begrenset hvor langt ubehandlet svine- og storfe-gjødsel kan transporteres. Omsetning av ubehandlet husdyrgjødsel synes derfor ikke å kunne oppfylle hensikten med et omsetningskrav. Husdyrgjødsel som behandles i biogassanlegg for omfordeling til andres plantedyrking og mekanisk separert husdyrgjødsel vil være underlagt virkeområdet til ny gjødselwareforskrift, og omsetning av fast fase etter separering av husdyrgjødsel kan være relevant for å oppfylle et omsetningskrav.

Også ubehandlet biorest, for eksempel basert på matavfall, er per definisjon en gjødselware (Mattilsynet, 2024b). I praksis synes heller ikke flytende biorest å kunne oppfylle hensikten i et omsetningskrav, både fordi det i dag mange steder allerede finnes etablerte markeder for dette og et omsetningskrav derfor vil gi ekstra administrative kostnader. Dessuten må biorest avvannes for å kunne bli transportert over lengre avstander.

Produktkvalitet og krav til plantetilgjengelighet

For bøndene er det ikke bare pris som er viktig for valg av gjødselprodukt. I intervjuene gikk det fram at de ønsket organiske gjødselvarer som fungerer minst like godt som mineralgjødsel (se kapittel 7.3). Dette gjelder både fysiske egenskaper som kvalitet av pellets, spredeegenskaper, plantetilgjengelighet av næringsstoffene og lavt innhold av uønskede stoffer.

Sammenlignet med omsetningskrav for biodrivstoff er gjennomførbarheten av et omsetningskrav for resirkulert fosfor mer komplisert og usikker. Mens det er vanlig praksis å blande biodrivstoff i annet drivstoff for å oppfylle omsetningskravet, er det mange tekniske utfordringer med å blande resirkulert fosfor inn i mineralgjødsel (se kapittel 3.5).

Med en begrensning på hvor mye fosfor som kan tilføres et areal i ny gjødselbrukforskrift, blir det viktig at også organiske gjødselvarer inneholder fosfor med en god plantetilgjengelighet. Med ny gjødselbrukforskrift kan lav plantetilgjengelighet av fosforet i liten grad kompenseres ved å tilføre en større gjødselmengde. Et eventuelt omsetningskrav bør derfor kombineres med krav til gjødselwarene som omsettes, særlig plantetilgjengelighet. Forslag til gjødselwareforskrift (Mattilsynet, 2024b) inneholder foreløpig ikke et slikt krav.

For å sikre at gjødselvarer med resirkulert fosfor har en tilfredsstillende kvalitet sett fra brukernes ståsted, bør det stilles krav til at produkter med utilstrekkelig løselighet av fosforet behandles med metoder som øker løseligheten. Typisk vil det være gjødselråvarer som fiskeslam og kjøttbeinmel som gir redusert plantetilgjengelighet av gjødselproduktet på grunn av innhold av stabile kalsiumfosfater (se kapittel 3.3.1). Siden avløpsslam har flere bruksbegrensninger, vil det sannsynligvis bli en lite prioritert råvare med den forventede økningen av andre typer råvarer (se kapittel 2). Ved eventuell bruk av avløpsslam som råvare i gjødselvarer bør det stilles krav til plantetilgjengelighet av fosforet, selv om det fortsatt blir mulig å bruke avløpsslam som jordforbedringsmiddel uten krav til plantetilgjengelighet av fosforet. Et krav om løselighet av fosforet vil fremme reell resirkulering av fosfor i organiske fosforkilder.

Gjødselprodusentene ønsker å holde produksjonskostnadene lavest mulig for å kunne tilby gjødselvarer med konkurransedyktig pris. Pris blir spesielt viktig i det konvensjonelle markedet, siden

produktene må konkurrere mot mineralgjødning. Produsenter kan derfor være tilbakeholdne med å inkludere fordyrende prosesser i produksjonen. Et krav til plantetilgjengelighet av fosfor i gjødselvarer vil tvinge fram utvikling av produksjonsprosesser som sikrer tilstrekkelig plantetilgjengelighet av fosforet. Det kan også skje at gjødselprodusenter unngår å ta inn råvarer med utilstrekkelig løselighet av fosforet. Det vil da antagelig tvinge fram en behandling av råvaren hos avfallsprodusenten.

For å hjelpe gjødselprodusenter med å utvikle produksjonsprosesser som sikrer tilstrekkelig plantetilgjengelighet av fosforet, kan støtte til teknologiutvikling og investeringer være et mulig virkemiddel (se kapittel 9.2.6).

8.4.2 Hvem skal et omsetningskrav gjelde for?

Sluttbruker – kun landbruk eller også andre sluttbrukere?

Et viktig spørsmål er hvem et omsetningskrav skal gjelde for. Aktuelle forhandlere er de som selger gjødselvarer. Spørsmålet er om forhandlere som selger til det private hagemarkedet, eller andre kundegrupper også skal inkluderes i målgruppen for et omsetningskrav eller om det kun skal gjelde for forhandlere til landbruket. Den samme forhandleren kan ha ulike kundegrupper og segmenter, for eksempel bønder og gartnere som etterspør forskjellige varer. Et argument for at et omsetningskrav skal gjelde for alle forhandlere av gjødselvarer er likebehandling, og at markedet for gjødselvarer basert på resirkulert fosfor blir større. Privatmarkedet har ofte større betalingsevne enn gårdbrukere, og det kan derfor være enklere å innfri et omsetningskrav hos disse kundegruppene. Det er imidlertid noen utfordringer med at blandingsprodukter som plantejord tilsatt gjødning kan gjøre rapporteringen vanskelig. Om omsetningskravet også skal gjelde forhandlere som dagligvarebutikker, som selger noe plantenæring må også avklares.

Regional differensiering

Intensjonen med et eventuelt omsetningskrav er blant annet å stimulere til fosfortransport fra overskuddsregioner til regioner med fosforunderskudd. Det overordnede er at forhandlere i områder med underskudd av fosfor som for eksempel kornområdene må ta i bruk organiske gjødselvarer produsert med fosforkilder fra andre områder i Norge med overskudd. Ved utforming kan det derfor være viktig å ta stilling til om et omsetningskrav bør ta hensyn til ulike behov i ulike deler av landet, og være regionalt differensiert.

Følgende punkter kan være viktige for en regional differensiering av et omsetningskrav:

- 1) Regionalt differensierte omsetningskrav for ulike deler av landet vil kunne stimulere for fosfortransport fra husdyrtette områder (lavere omsetningskrav) til kornområder (høyere omsetningskrav). Dette betinger at underskuddsområdene ikke importerer resirkulert fosfor fra utlandet.
- 2) Rene planteprodusenter har mer behov for organisk materiale og dermed muligens også større betalingsvilje for organiske gjødselvarer. Det er imidlertid usikkert hvor mye større betalingsvilje de har.
- 3) Det kan være grunn til å anta at det i første omgang hovedsakelig vil bli utviklet gjødselvarer basert på organiske fosforkilder for vekster med store arealer som har behov for fosfor og organisk materiale, siden inntjeningen vil være størst på disse produktene. Det vil i praksis si kornproduksjon. Det vil derfor sannsynlig i første omgang utvikles færre gjødselvarer basert på organiske fosforkilder til andre vekster enn korn.
- 4) For noen vekster som for eksempel grønnsaker er det strenge kvalitetskrav fra kjøper og avlingene har stor økonomisk verdi. Disse dyrkerne vil derfor trolig være mer tilbakeholdne med å kjøpe gjødselvarer med usikker kvalitet og effekt. I regioner med for eksempel mye grønnsaksproduksjon kan det derfor være vanskeligere å innfri et nasjonalt omsetningskrav.

- 5) I regioner som er dominert av husdyrproduksjon og i tillegg har vekster med stor økonomisk verdi, og spesifikke fosforkrav som grønnsaker kan det være utfordrende å få solgt nok organiske gjødselvarer (jamfør punkt 3 og 4 ovenfor). I områder som Rogaland vil de fleste husdyrprodusenter komme til å kjøpe lite fosforgjødsel av forhandlere, men grønnsaksprodusentene vil likevel være avhengig av handelsgjødsel med høyt innhold av lettøselig fosfor og kjent gjødseleffekt, som kan være vanskelig å tilfredsstille med organiske gjødselvarer. Det kan derfor være en utfordring for forhandlere i for eksempel Rogaland å få solgt nok gjødsel basert på organiske fosforkilder.
- 6) I områder med lav omsetning av mineralgjødsel, som for eksempel Finnmark er man mer sårbar for individuelle variasjoner i preferansene til kundegrunnlaget.

En utfordring med regional differensiering av et omsetningskrav er at det krever en sterk styring, basert på omfattende reguleringer for å oppfylle hensikten. Om det differensierer for mye i forhold til reell etterspørsel i ulike regioner, kan regional differensiering føre til høyere priser på mineralgjødsel i noen regioner enn i andre. Det igjen kan føre til at gårdbrukere i regioner med høyere omsetningskrav kjøper gjødsel i regioner med lavere omsetningskrav og lavere gjødselpriser, eller at de importerer selv fra utlandet. Kostnaden ved å transportere gjødsel vil ha effekt på om disse mulighetene blir realisert.

Det kan også oppstå grenseoverskridende salg, hvor forhandleren heller flytter salget sitt bort fra grensen fastsatt av et regionalt differensiert omsetningskrav. Om det er snakk om et omsetningskrav på konsernnivå, kan dette gjøres ved å flytte hoveddelen av gjødselsortimentet til en butikk som ligger i kommunen ved siden av. Man kan også basere seg på bestillinger, og sende fra varehus i områder som ikke er omfattet av omsetningskravet.

Det er også viktig å poengtere at lavere etterspørsel etter fosforgjødsel i noen områder (f.eks. Rogaland) er, isolert sett, ikke et argument for regionale tilpasninger av et omsetningskrav. Ved innføring av nytt gjødselregelverk vil totalomsetningen av fosforholdig gjødsel per arealenhet være lavere i områder med stor husdyrtetthet, siden disse vil få dekket en stor andel av fosforbehovet sitt gjennom husdyrgjødsel. Det indikerer at husdyrtette områder totalt sett vil måtte selge mindre gjødsel basert på resirkulert fosfor per dekar enn kornområdene. Det betyr at det ikke nødvendigvis er et problem at det vil være vanskeligere å få solgt organiske gjødselvarer i husdyrtette områder, fordi også den totale mengden som forhandlerne må selge vil være mindre enn i for eksempel kornområdene.

Om regional differensiering av et omsetningskrav er hensiktsmessig vil også være avhengig av om et krav på forhandlerleddet rettes mot hvert enkelt utsalgsted eller hele konsernet. Å rette omsetningskravet til konsernnivået gir en fleksibel løsning som gjør at konsernet kan selge mest organisk gjødsel i de områdene som har størst etterspørsel. Forhandlere som kun er lokalisert i deler av landet med lav etterspørsel etter organiske gjødselvarer har imidlertid ikke den samme fleksibiliteten, og det kan derfor, avhengig av nivået på kravet, være vanskelig å innfri et nasjonalt omsetningskrav. For disse forhandlerne vil det derfor være mest rettferdig om et omsetningskrav tilpasses regionale variasjoner for å sikre likebehandling. Alternativt bør man knytte et nasjonalt omsetningskravet til hvert enkelt utsalgsted for å sikre likebehandling. Det kan dessuten være en mulighet å gjennomføre et nasjonalt omsetningskrav på konsernnivå, men åpne for nedjustering av omsetningskravet for bedrifter med få utsalgsteder etter søknad.

8.4.3 Nivå for omsetningskrav

Beregningene våre (kapittel 2.4) viser at en begrensning av maksimalt tillatt fosfortilførsel per arealenhet allerede ved ikrafttredelse av nytt gjødselregelverk vil gi et fosforoverskudd som tilsvarer 17 % av dagens mineralfosforbruk i kornområdene på Østlandet (Oslo/Viken, Innlandet, og Vestfold og Telemark). Beregningen forutsetter dagens mineralfosforbruk i husdyrregionene som vil få overskuddet. Ti år frem i tid, i 2030/2035, vil fosforoverskuddet i husdyrregionene tilsvare ca. 50 % av dagens mineralfosforbruk i kornområdene på Østlandet (Oslo/Viken, Innlandet, og Vestfold og

Telemark), selv uten mineralfosforbruk i husdyrregionene (Agder, Rogaland, Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark). Faktisk fosforoverskudd vil derfor være større, avhengig av hvor mye mineralfosfor husdyrregionene fortsatt vil bruke etter at nytt gjødselregelverk er på plass. Også lokalt innad i et fylke kan fosforoverskuddet være større enn gjennomsnittlig overskudd på fylkes(region)nivå. Ved skeivfordelinger innad i regioner vil markedsbehovet for resirkulert fosfor være større enn det som framgår av beregnet gjennomsnitt på regionnivå.

Blant produsentene som ble intervjuet, var det ulike oppfatninger av ved hvilket nivå (prosentsats) et eventuelt omsetningskrav bør settes. Gjennomgående var det fokus på hva som ble ansett som realistisk i forhold til dagens produksjon og omsetning. Det ble også etterspurte en langsiktig opptrappingsplan av prosentsatsen, heller enn et høyt krav for tidlig. Det må undersøkes om det er realistisk med en dobling, eller tredobling av dagens omsetning. Flere produsenter etterspurte også en langsiktig plan, hvor man startet med å identifisere og ta for seg dagens verdikjede, med fokus på hvor mye organisk gjødsel som faktisk kan produseres.

Blant forhandlere som ble intervjuet ble det nevnt at det var vanskelig å se for seg en praktisk utforming og implementering av et omsetningskrav, og følgelig også hvilket nivå omsetningskravet skulle ligge på. Som beskrevet i kapittelet om resultatene fra intervjuene (kapittel 7), ble det nevnt flere muligheter for unngåelse av kravet. Det nevnes også av flere forhandlere at omsetningskravet ikke ville fungert for dem i praksis, ettersom medeier-prinsippet fører til forskjellig sortiment i ulike butikker. Det blir også nevnt regionale forskjeller som ikke ville blitt tatt hensyn til av et omsetningskrav uten regional differensiering.

Flere sluttbrukere som ble intervjuet var bekymret for at jo høyere et omsetningskrav er, desto større vil kostnadsoverveltingen bli på bøndene. Dette er en reell utfordring, ettersom forhandlerne sin første prioritet vil være å oppfylle kravet.

8.4.4 Kontroll og rammevilkår

For at et omsetningskrav skal oppfylles, må det være et tilstrekkelig kontrollregime på plass som hensyntar målene med kravet.

Erfaringer fra andre omsetningskrav er at lovverket vokser og utvikler seg over tid (se kapittel 6). Justeringer kan omfatte innføring av ulike delkrav, unntak og endring av prosentnivå for kravet. Et omsetningskrav som starter med en lav prosentsats gir mer rom for å kunne utøve kontroll, ettersom det ikke fører til store endringer hos forhandlerleddet. Det er også ønskelig at det ikke blir for store endringer i verdikjeden, da store endringer raskt kan bli uoversiktlig.

Kontrollmuligheten og kontrollkostnadene vil avhenge av utformingen av et eventuelt omsetningskrav, for eksempel hvilke produkter som skal kunne oppfylle et krav og om kravet skal gjelde på konsernnivå eller på utsalgsnivå. Det vil gjøre det lettere å kontrollere et omsetningskrav hvis det begrenses til varer som faller inn under den foreslåtte gjødselvarerforskriften (Mattilsynet, 2024b). Dette vil også redusere kontrollkostnadene.

For å sikre at det ikke blir importert betydelige mengder resirkulert fosfor, er det viktig at rammevilkårene i Norge er minst like gode som i nærliggende land for produksjon av organiske gjødselvarer. Dette kan inkludere alt fra støtte til produktutvikling gjennom offentlige forskningsmidler til endringer i lovgivning og avgiftssystemer. Flere av de som har blitt intervjuet har påpekt at rammevilkårene for blant annet biogassproduksjon er dårligere i Norge enn i nabolandene. Aktørene i verdikjeden må også få tid til å tilpasse seg omsetningskravet. Dette er spesielt viktig for produsentene, som nå får et større marked for sine varer. Hvis prosentandelen på kravet er for stort, og forhandlere oppretter importavtaler med utlandet, vil innenlands produsenter trolig miste sin inngang til markedet. Her kan det over tid oppstå inngangsbarrierer.

For at et omsetningskrav skal fungere etter intensjonen, er det dessuten viktig at gårdbrukerne ikke har mulighet til å kjøpe mineralgjødelse andre steder enn hos forhandlere som omfattes av kravet. I dag kan en gårdbruker ifølge Mattilsynet fritt importere mineralgjødelse til eget bruk⁸. Det eneste kravet er at bonden registrerer dette som omsetning av gjødselvarer i Mattilsynets skjematjenester. Om denne ordningen ikke endres, kan en eventuell økning i prisen på mineralgjødelse føre til økt import av mineralgjødelse direkte til gårdbrukere.

Det blir også eksportert organiske gjødselvarer fra Norge til utlandet. Et omsetningskrav må ta høyde for både eksport- og importvirkninger, med mindre det blir satt tilleggskrav eller begrensninger på utenlandshandel som er i tråd med EU-konkurransereguleringen. Hvis det er mer lønnsomt å importere og eksportere organiske gjødselvarer, når man ikke målene om omfordeling innenlands.

8.4.5 Andre hensyn

For å sikre kvaliteten på organiske gjødselvarer og dermed også etterspørselen, er det viktig med standardiserte produkt- og kvalitetskrav for råvarene som inngår i gjødselproduksjon. Videre kan det være fornuftig med virkemidler som sikrer transparens over hvor det er tilgang på råvarer, f.eks. i form av en markeds plass for råvarer.

8.5 Kvalitativ vurdering av virkninger og kostnader for berørte aktører

Et omsetningskrav vil påvirke aktørene i verdikjeden ulikt.

Aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter

Aktører med fosforoverskudd og produsenter av organiske gjødselvarer er de som vil tjene mest på et omsetningskrav, ettersom kravet direkte øker etterspørselen etter råvarene og produktene de ønsker å få avsalet. Det er usikkerhet omkring prissettingen av varene, for eksempel om produsenter kan omsette for høyere pris til forhandlere etter et krav er innført.

Produsenter av mineralgjødelse kan potensielt tape på et omsetningskrav siden de vil få solgt mindre av varene sine. Dette kan imidlertid endres om de også begynner å produsere gjødselvarer basert på organiske fosforkilder.

Forhandlere

Et omsetningskrav vil føre til ekstrakostnader for forhandlere. Grunnen til dette ligger i at forhandlerne selv må løse ut dette kravet. Ekstrakostnadene kan komme til uttrykk i forbindelse med markedsføring, kontrollkostnader og salg av ulønnsomme produkter. For å kompensere for ekstrakostnadene, er det mest økonomisk lønnsomt å øke prisen på gjødselvarene. Forhandlere har også muligheter til å innfri kravet ved import av billigere gjødselvarer enn norske produsenter kan levere.

Dersom et omsetningskrav skal gjelde per utsalgsted, kan det føre til at noen utsalgsteder blir mer skadelidende enn andre. Forhandlere som ligger i områder med forventet liten/ingen etterspørsel etter organiske gjødselvarer vil oppleve omsetningskravet som en større byrde enn forhandlere i områder med større etterspørsel. Om omsetningskravet skal gjelde på foretaksnivå, vil foretak med få utsalgsteder som ligger i lite gunstige regioner bli skadelidende.

⁸ Personlig kommunikasjon med L. Wang, 27.5.2024

Sluttbrukere

Ekstrakostnaden påført forhandlerleddet vil mest trolig overføres til sluttbrukere, i hovedsak gårdbrukere, i form av høyere produktpriser. Sluttbrukere med behov for fosforgjødsel er derfor de som vil tape mest på et omsetningskrav.

Gjødselvarer er dessuten en heterogen vare. Bønder kjøper ikke én type gjødselware, men heller den gjødselwaren som passer for produksjonen. Dette varierer med sesong, planteproduksjon, tilgjengelige næringsstoffer i jorda og geografisk plassering. Uansett hva bonden etterspør, kan det bli kostnadsoverføring. Om det ikke eksisterer en organisk gjødselware som substituerer mineralgjødselslaget for bonden, så blir de fortsatt tilført ekstrakostnaden igjennom en mulig høyere pris på mineralgjødsel som følge av omsetningskravet. Dersom et omsetningskrav bidrar til lavere priser på organiske gjødselvarer som kan brukes i økologisk landbruk, kan det være en fordel for økologiske produsenter. Det er imidlertid ikke alle organiske gjødselvarer som kan brukes i økologisk landbruk. Dette gjelder for eksempel gjødsel basert på fiskeslam (se kapittel 4).

Et omsetningskrav kan få ulike virkninger for ulike type gårdbrukere og regioner. Ved innføring av nytt gjødselregelverk kan et omsetningskrav muliggjøre opprettholdelsen av minimum samme nivå på husdyrproduksjon i områder med overskudd av husdyrgjødsel på grunn av systematisert borttransport av fosforoverskuddet. For andre gårdbrukere enn husdyrprodusenter med overskuddsgjødsel som ikke kan avlastes lokalt, vil et omsetningskrav føre til økte kostnader.

8.6 Effekter på landbrukspolitiske målsettinger

Et omsetningskrav vil kunne få konsekvenser for den landbrukspolitiske målsettingen om «landbruk i hele landet» ved at det vil muliggjøre en ytterligere intensivering av husdyrproduksjonen i de områdene som allerede har stor husdyrtetthet. En sluttbruker som ble intervjuet var særlig kritisk til trenden med at det blir mindre fjørfeproduksjon i Østfold og mer i Rogaland (kapittel 7.3).⁹ Allerede i tidligere undersøkelser uttrykte ulike aktører, som regionale miljøorganisasjoner og tillitsvalgte i faglagene i jordbruket, skepsis til at organiske gjødselvarer basert på husdyrgjødsel kan føre til at man løsriver husdyrproduksjonen fra arealressursene på gården og muliggjør mer intensiv husdyrproduksjon (Kvakkestad m.fl., 2023). Intensiv husdyrproduksjon kan også være uheldig for smittepress. Å stille krav om at en må ha et fysisk nærliggende areal til å spre husdyrgjødsel på og/eller at tilgangen på spredeareal vektlegges mer i forvaltninga av husdyrproduksjonen kan motvirke dette. I forslag til ny gjødselbrukforskrift er det imidlertid ingen slike krav.

⁹ Statistikken over andelen slaktekylling i ulike fylker i perioden 2000-2023 viser at andelen av slaktekylling har økt fra 11 % til 27 % i Rogaland, fra 19 % til 38 % i Trøndelag og godt ned fra 26 % til 13 % i Østfold (Statistisk sentralbyrå, 2024d). For Østfold går tidsserien bare fram til 2019 som følge av fylkessammenslåinger.

9 Vurdering av andre løsninger

LMD har også bestilt en kortfattet tilleggsvurdering av andre virkemidler som kan bidra til å *skaffe et marked for resirkulert fosfor, avlaste overskudd, redusere forurensning og sørge for bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs*. Formålet med dette kapittelet er å svare ut denne bestillingen.

9.1 Teori om virkemidler

Virkemidler kan deles inn i juridiske, økonomiske og informasjonsvirkemidler samt normbyggende virkemidler (Vatn, 2005). Disse virkemidlene kan endre insentiver, informasjon og preferanser (Vatn, 2005). Mens informasjons- og holdningsendrende virkemidler endrer informasjon og preferanser, er hensikten med juridiske og økonomiske virkemidler ofte å endre insentiver. En viktig fordel med juridiske virkemidler som forbud, påbud og minstekrav er at usikkerheten knyttet til måloppnåelse reduseres, sammenlignet med økonomiske virkemidler som avgift og tilskudd.

Økonomiske virkemidler vil i de fleste tilfeller være kostnadseffektive. Dette er fordi et økonomisk virkemiddel vil tillate mer fleksibilitet i aktørenes tilpassing, noe som medfører at aktørene kan tilpasse seg reguleringen på den måten som er billigst. En avgift på mineralsk fosfor vil for eksempel være mer kostnadseffektivt enn et krav om at en viss andel av fosforet som gårdbrukeren bruker, skal være resirkulert fosfor, siden gårdbrukeren ved en avgift kan gjøre en kost-nytte vurdering av å kjøpe mineralsk fosfor med en avgift, mens dette ikke er tilfelle ved et krav. Det er imidlertid viktig å se kostnadseffektivitet opp mot andre hensyn som aksept, legitimitet og fordelingsvirkninger.

Et grunnleggende prinsipp i økonomisk teori er at en avgift eller tilskudd som er ment for korrigerende av en negativ eksternalitet¹⁰, er mest effektiv dersom den knyttes direkte til eksternaliteten. Dette kan for eksempel være knyttet til miljøskade fra fosfor som slippes ut i vassdrag ved produksjon, eller igjennom annen aktivitet. Dette må imidlertid veies opp mot såkalte transaksjonskostnader, som er de samlede utgiftene ved å gjennomføre en transaksjon. I eksempelet over blir transaksjonskostnaden å måle fosforutslipp til vann fra ulike kilder og undersøke skade på økosystemet.

Informasjons- og normbyggende virkemidler kan være viktige tillegg til juridiske og økonomiske virkemidler og de kan også brukes som selvstendige politiske virkemidler. Ved utformingen av virkemidler er det ønskelig at de er målrettet, og at de er gjennomførbare.

9.2 Vurdering av andre virkemidler som kan avlaste fosforoverskudd

Det er gjort en kortfattet vurdering av andre virkemidler. Tabell 9-1 gir en oversikt over ulike virkemidler som kan være aktuelle for ulike deler av verdikjeden. De mest realistiske virkemidlene er uthevet i tabellen og nærmere forklart og vurdert under. De uthevede virkemidlene er valgt med tanke på gjennomførbarhet og egnethet.

¹⁰ Eksternaliteter er effekter (positive eller negative) en aktør påfører andre, men som aktøren ikke tar hensyn til. Eksempler kan være lokal luftforurensning fra vedfyring (negativ eksternalitet) eller positive landskapseffekter fra ivaretagelse av gamle bygninger.

Tabell 9-1. Oversikt over alternative løsninger for å avlaste fosforoverskudd og sørge for bedre utnyttelse av fosfor. De mest realistiske virkemidlene er uthevet og forklart under (henvisning til kapittel gitt i tabellen).

Virkemidler	Aktører med fosforoverskudd ²	Gjødselprodusenter	Forhandlere	Gårdbrukere
Tilskudd¹	- Investeringsstilskudd til teknologi for å resirkulere fosfor - Tilskudd til aktører med fosforoverskudd for videreføring av resirkulert fosfor til bruk i landbruket	- Tilskudd til produktutvikling (9.2.6) - Tilskudd for å bruke resirkulert fosfor som innsatsfaktor	Tilskudd for salg av resirkulert fosfor	Tilskudd for sluttbrukere som kjøper resirkulert fosfor (9.2.1 og 9.2.3)
Avgift¹	Avgift på fosfor som går inn i produksjoner (f.eks. fôr til husdyr og oppdrettsfisk)	- Avgift på mineralfosfor som en innsatsfaktor - Innførselsavgift på mineralfosfor	Avgift ved omsetning av fosforholdig mineralgjødsel (9.2.2 og 9.2.3)	Avgift ved kjøp av gjødsel med mineralfosfor
Omsettbare kvoter¹		Importkvote for mineralfosfor	Kvote for hvor mye mineralfosfor som kan omsettes	Kvote for hvor mye mineralfosfor hver gårdbruker kan bruke
Juridiske virkemidler	- Ingen nye virkemidler/deponiforbud (9.2.4)	- En produsentandel av totalt produsert gjødsel må inneholde resirkulert fosfor - Krav til plante-tilgjengelighet (9.2.5) - Mindre strengt reglement rundt produksjon/forbruk av gjødsel	(- Omsetningskrav) - Mer fleksibelt omsetningskrav med kvotehandel	Krav om at en viss andel av fosfor som brukes/kjøpes skal være resirkulert
Informasjons-/holdningsvirkemidler	Tydeligere signaler om samarbeid mellom ulike aktører	Tydeligere signaler om samarbeid mellom produsenter av resirkulert fosfor og mineralgjødselprodusenter	- Markedsføring, priskampanjer, samarbeid mellom forhandlere og produsenter - Merkeordning	Informasjons- og holdningskampanjer (9.2.7)

¹ Økonomiske virkemidler

² Husdyrprodusenter med gjødseloverskudd som ikke kan avsettes lokalt, fiskeoppdrettere og alle som mottar og behandler avløpsvann og matavfall

9.2.1 Tilskudd for sluttbrukere som kjøper resirkulert fosfor

Egnethet

Et tilskudd ved kjøp av gjødselvarer med resirkulert fosfor vil stimulere til økt etterspørsel etter organiske gjødselvarer. Det kan være viktig å ikke sette tilskuddet så høyt at ordningen fører til unødvendig høyt bruk av fosforgjødsel totalt sett. Et tak på tilført fosfor per arealenhet vil imidlertid motvirke dette. Siden man ikke kjenner kostnadene og målsetningene til gårdbrukeren, kan effekten på etterspørselen av organiske gjødselvarer være usikker. Tilskuddssatsene kan imidlertid justeres for at myndighetene skal oppnå ønsket effekt.

Det vil ikke være mulig å begrense tilskuddet til innenlands produsert gjødsel. På samme måte som for et omsetningskrav vil det derfor være utfordringer med at et tilskudd kan resultere i import av resirkulert fosfor, i stedet for omfordeling fra overskudds- til underskuddsregioner i Norge.

Fleksibilitet og kostnadseffektivitet

Tilskuddet kan justeres med satser ut fra målsettingen. Den største fordelen med et slikt tilskudd er at det fungerer regionalt. På slik måte kan man rette tilskuddet mer mot omfordeling av fosforressursene innenlands, ved å gi støtte til sluttbrukere innenlands som kjøper resirkulert fosfor. Man unngår et krav på forhandlerleddet, samtidig som det likevel stimuleres til økt etterspørsel. Dermed er det ikke like stort behov for sterke kontrollvirkemidler, som ved innføring av et omsetningskrav.

En slik ordning vil være kostnadseffektiv, fordi den gir bonden fleksibilitet i bruken av organiske gjødselvarer og mineralgjødsel.

Gjennomførbarhet

En mulighet er å legge et slikt tilskudd til RMP-ordningen (regionalt miljøprogram i landbruket). RMP-tilskudd er en ordning som allerede er godt etablert, og er designet til å ta hensyn til regionale forskjeller i jordbruket. I intervjuene ble RMP-tilskudd foreslått som et alternativ til et omsetningskrav av flere aktører (kapitel 7.2). Ulempe med å knytte et tilskudd til RMP er at et slikt tilskudd vil være lite forutsigbart for produsenter av organiske gjødselvarer siden det kan variere fra år til år.

Transaksjonskostnadene ved denne ordningen vil være lave, siden tilskuddet kyttes til en vare som allerede omsettes i markedet (se Vatn m.fl., 2002b).

Fordelingsvirkninger

- Aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter: Aktører med fosforoverskudd vil oppleve økt etterspørsel etter organisk avfall og produsenter av organiske gjødselvarer vil oppleve større etterspørsel etter sine gjødselprodukter. Produsenter av mineralgjødsel vil oppleve lavere etterspørsel.
- Forhandlere: Forhandlerleddet vil få økt etterspørsel etter organiske gjødselvarer uten noen konsekvenser eller kostnader for dem.
- Sluttbrukere: Et tilskudd stimulerer til økt etterspørsel etter organiske gjødselvarer fra sluttbrukeren sin side. Enkelte av intervjuobjektene påpekte at dersom et eventuelt tilskudd skulle knyttes til RMP-ordningen, så vil dette gå på bekostning av andre RMP-tilskudd, dersom det ikke kommer friske midler inn. Flere utrykte også skepsis til at et RMP-tilskudd skal løse utfordringer for andre bransjer som f.eks. for oppdrettsnæringen.
- Staten/forvaltning: Et tilskudd vil innebære kostnader for staten/forvaltningen. Det er også en egen kostnad i å forvalte ordningen.

9.2.2 Avgift ved omsetning av fosforholdig mineralgjødsel

En avgift kan legges på fosforholdig mineralgjødsel. Dette vil gi organiske gjødselvarer et konkurransefortrinn. Denne avgiften er mest naturlig å sette på forhandlerleddet ut fra kontrollhensyn, da årsrapporter og lagerstyring allerede godt dokumenterer omsetning av mineralgjødsel.

Egnethet

En avgift på fosforholdig mineralgjødsel vil bedre prisforholdet og markedssituasjonen knyttet til omsetningen av organisk gjødsel. Den direkte effekten av en avgift er at mineralgjødsel blir dyrere, men samtidig vil alternativverdien av organiske gjødselvarer styrkes. På samme måte som for et tilskudd, kan effekten på bruken av organiske gjødselvarer være usikker, men avgiften kan justeres slik at myndighetene oppnår ønsket effekt. På samme måte som for et omsetningskrav, kan man ikke hindre import av organiske gjødselvarer for å motvirke ekstrakostnadene fra en avgift.

Fleksibilitet og kostnadseffektivitet

En avgift kan styres ved å øke eller senke proSENTSatsen. Det er også mulig å innføre avgiften regionalt, for å fordele organiske gjødselvarer mer effektivt på tvers av regioner. Sammenlignet med for eksempel en mengdebegrensning på fosforholdig mineralgjødsel per gårdbruker, vil en avgift gi rom for at sluttbrukerne selv kan foreta en avveining om de vil kjøpe mineralgjødsel eller organiske gjødselvarer, og virkemidlet vil derfor være kostnadseffektivt.

Gjennomførbarhet

En avgift er en ekstra kostnad som blir påført kjøpere av mineralgjødsel, noe som oppleves som negativt. Transaksjonskostnadene ved denne ordningen vil være lave siden avgiften kyttes til en vare som allerede omsettes i markedet.

Fordelingsvirkninger

- Aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter: En avgift vil stimulere til redusert etterspørsel etter fosforholdig mineralgjødsel, og derfor indirekte øke etterspørselen etter organisk avfall og organiske gjødselvarer. Det blir derfor en favorisering av produsenter som produserer organiske gjødselvarer.
- Forhandlere: Forhandlerleddet vil få en ekstra kostnad på grunn av avgiften. Det kan også oppstå mindre etterspørsel etter gjødsel generelt, avhengig av i hvor stor grad organiske fosforkilder kan substituere dagens mineralgjødsel.
- Sluttbrukere: En avgift vil innebære at gårdbrukerne får høyere gjødselkostnader og/eller at de kjøper organisk gjødsel med andre bruksegenskaper enn mineralgjødsel. En avgift innebærer dermed at de må bære kostnadene ved å omfordele fosfor, på lik måte som det et omsetningskrav vil føre til.
- Staten/forvaltning: En avgift fører til en inntekt for stat og forvaltning. Derimot er det egne administrasjonshensyn som må godtgjøres, da et avgiftssystem ikke fungerer av seg selv.

Tidligere erfaringer

Vatn m.fl. (2002a) studerte prosessen rundt innføringen av en mineralgjødselavgift i Norge på 1990-tallet. Deres studie indikerer at selv om avgiften var på en vare, tolket bøndene den mer som en straff enn som en endring i økonomiske insentiver, og de protesterte sterkt mot forslaget. En tilsvarende avgift på plantevernmidler førte ikke til slike reaksjoner fra landbruket. Mens mineralgjødsel ble ansett som bra og nødvendig i produksjonen ved å gjøre jorda mer fruktbar, ble bruken av plantevernmidler oppfattet negativt av bøndene. Det kan derfor være viktig å innføre virkemidler som «spiller på lag med» hva de som blir regulert oppfatter som fornuftig og riktig.

9.2.3 Pigou-skatt - «feebate» system

Ved å sette en avgift på fosforholdig mineralgjødsel, kan man bruke inntekten generert av avgiften til å subsidiere et tilskudd til sluttbrukere som kjøper organiske gjødselvarer (pigou-skatt – «feebate» system). Dette blir et selv-finansierende system som kan skifte salget over fra mineralgjødsel til organiske gjødselvarer.

Egnethet

Et slikt «dobbelvirkemiddel» vil ha en svært inngripende effekt i markedet, hvor man både stimulerer tilbud og etterspørsel samtidig. Kun sett ut ifra måloppnåelse vil et slikt virkemiddel være vellykket: Virkemiddelet vil føre til et stort skifte i gjødselomsetningen, fra mineralgjødsel til gjødsel basert på organiske fosforkilder.

Fleksibilitet og kostnadseffektivitet

Et system som innebærer både avgift og tilskudd har ikke et stort slingsrom for å oppnå ønsket effekt. Justerer man tilskuddet for høyt, kan en avgift samtidig raskt stimulere til utilsiktet import. Justerer man avgiften for høyt, kan det bli svært høye kostnader som overføres til sluttbrukeren uten tilstrekkelig kompensasjon gjennom tilskuddet. En for høy avgift kan også innebære at man lager gjødselprodukter fra husdyrgjødsel i områder som ikke har et fosforoverskudd.

Gjennomførbarhet

Vanlig bruk av en Pigou-skatt er å sette det på produksjonsleddet, noe som ikke er mulig i dette tilfellet. Virkemidler som tar for seg en avgift og tilskudd samtidig kan lett føre til utilsiktede konsekvenser. Slike virkemidler krever varsom justering med prøving og feiling.

Administrasjonskostnaden vil være noe høyere enn for tilskudd og avgift alene, siden det er to forskjellige ordninger som skal kombineres og man skal sørge for at avgiftene brukes til tilskudd. På samme måte som for de andre ordninger, vil man ikke kunne hindre import av organiske gjødselvarer.

Fordelingsvirkninger

- Aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter: Produsenter vil merke skifter i både etterspørsel og tilbud i markedet. Produsenter av fosforholdig mineralgjødsel vil kunne få mindre salg av produktene sine. Ellers er det ingen direkte kostnader som blir påført produsentene. Produsenter av organiske gjødselvarer vil få økt etterspørsel etter sine produkter.
- Forhandlere: Forhandler vil også merke et skifte i tilbud og etterspørsel, og må tilpasse seg dette. Avgiften som blir pålagt forhandlerleddet vil bli overført til sluttbrukeren, noe som krever ytterligere subsidiering for å motvirke.
- Sluttbrukere: Sluttbrukere som kanskje ikke får substituttprodukter for sin produksjon (f.eks. grønnsaksprodusenter), vil bli hardt rammet av et slikt virkemiddel. Siden systemet skal gå i null (avgiften skal brukes til å gi tilskuddet), vil virkemidlet innebære at kundene får gjødsel med andre kvaliteter til samme pris som de tidligere betalte for mineralgjødsel.
- Staten/forvaltning: Dette virkemidlet innebærer omfattende administrasjonskostnader, samt at inntektene fra avgiften ikke går direkte til staten, men til å subsidiere et tilskudd. Det blir derfor en netto-negativ virkning i forvaltningssammenheng.

9.2.4 Ingen nye virkemidler

Flere av aktørene som ble intervjuet pekte på at det er de som produserer avfallsressursene som bør sørge for resirkulering av disse ressursene. Allerede i dag er det ikke tillatt å deponere organisk avfall, og et fosfortak som er foreslått i ny gjødselbrukforskrift vil bety at aktører med fosforoverskudd må utvikle gjødselvarer som kan fraktes over lengre avstander eller samarbeid med andre aktører som kan gjøre dette. Alternativt at de må redusere avfallsmengden ved for eksempel å tilpasse husdyrproduksjonen til arealressursene. Havbruk som ikke foregår i lukka anlegg, har imidlertid ikke krav om resirkulering av fosfor.

Egnethet

Dagens forbud mot deponering av organisk avfall medfører at aktører med fosforoverskudd må finne avsetning for avfallsressursene sine nasjonalt eller internasjonalt. Ved en eventuell innføring av nytt gjødselregelverk, med tak på hvor mye fosfor som kan tilføres jordbruksareal totalt, vil det bli vanskeligere for aktører med fosforoverskudd som for eksempel oppdrettsnæringen å få avsatt organiske fosforkilder til landbruket lokalt. Kombinasjonen av et deponiforbud og et tak på hvor mye fosfor som kan tilføres jordbruksjord vil derfor bidra til at aktører med fosforoverskudd, må utvikle

organiske gjødselvarer som kan transporteres til jordbruksområder som kan bruke disse produktene eller samarbeid med andre aktører som kan gjøre dette. Alternativt kan aktører med fosforoverskudd som for eksempel husdyrprodusenter med overskuddsgjødsel gjøre tilpasninger i produksjonen som å redusere antall kraftfôrkrevende husdyr.

Det kan oppstå ulike kreative løsninger hos aktører med fosforoverskudd og det kan være en mulighet å utrede videre om det vil være nødvendig med andre virkemidler som sikrer at det blir utviklet konkurransedyktige organiske gjødselvarer. Myndighetene har imidlertid allerede erfaring med å kontrollere at bruk av husdyrgjødsel og annet organisk avfall foregår innenfor regelverket.

En konsekvens av å basere seg på dagens deponiforbud kan være at resirkulert fosfor heller vil bli eksportert ut av landet i stedet for at det blir omsatt i Norge. Denne eksporten har imidlertid ingen negativ effekt på den globale forvaltninga av fosfor. Å basere seg på dagens deponiforbud vil imidlertid ikke bidra til økt import av organiske fosforkilder, slik som mange av de andre ordningene kan.

En mulig innvending mot at et deponiforbud vil sørge for bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs er at et deponiforbud ikke sikrer at de organiske fosforkildene vil bli brukt i landbruket. Omtrent 90 % av etterspørselen etter fosfor gjelder imidlertid matproduksjon (Smil, 2000 a,b) og det er derfor få alternative anvendelsesområder.

Gjennomførbarhet

Siden ordningen med deponiforbud ikke nødvendigvis vil innebære noen nye virkemidler, vil gjennomførbarheten være god. Myndighetene vil imidlertid måtte bruke en del ressurser på å kontrollere at deponiforbudet blir fulgt.

Fordelingsvirkninger

Sammenlignet med et omsetningskrav vil 'ingen nye virkemidler' ha en annen fordelingsvirkning. Et omsetningskrav vil være en ulempe for forhandlere og deres landbrukskunder, og en fordel for aktører med fosforoverskudd. Mens 'ingen nye virkemidler' vil innebære at aktører med fosforoverskudd må ta kostnadene med å utvikle konkurransedyktige produkter fra avfallet sitt, vil et omsetningskrav innebære at det er forhandlerne og deres landbrukskunder som må ta kostnadene.

9.2.5 Krav til plantetilgjengelighet

Produktkvalitet er et viktig kriterium for at organiske gjødselvarer blir valgt fremfor mineralgjødsel. I intervjuene gikk det fram at bøndene ønsket organiske gjødselvarer som fungerer like godt som mineralgjødsel (se kapittel 7.3). Dette gjelder både fysiske egenskaper (f.eks. kvalitet av pellets), plantetilgjengelighet av næringsstoffene og lavt innhold av uønskede stoffer. Sammenlignet med mineralgjødsel kreves det en høyere tilførsel av organiske gjødselvarer for å oppnå samme gjødseleffekt, ettersom totalt næringsstoffinnhold og plantetilgjengelighet kan være lavere enn i mineralgjødsel. Det bør derfor stilles kvalitetskrav til varene som skal tilbys i markedet med bakgrunn i bøndenes forventninger. Krav om en viss andel plantetilgjengelighet vil gjøre produktene mer effektive og attraktive, og vil være viktig etter innføring av et tak på hvor mye fosfor som kan tilføres per arealenhet totalt, siden lav plantetilgjengelighet av fosforet da ikke alltid kan kompenseres fullt ut ved å øke fosfortilførselen. Dette kan være et uavhengig virkemiddel eller et virkemiddel som kombineres med andre virkemidler.

Egnethet

Dette kravet vil føre til at produsenter av organiske gjødselvarer ikke kan bruke «annenrangs»-råvarer i sin produksjon. Kravet vil også stimulere til teknologisk utvikling av produkter med høy plantetilgjengelighet av fosfor.

Gjennomførbarhet

Dette virkemidlet vil kreve en forskriftsendring som gir hjemmel for å innføre produktkrav til organiske gjødselvarer. Det er grunn til å forvente at transaksjonskostnadene vil være lave.

Fordelingsvirkninger

- Aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter: Et slikt krav er inngripende for produsenter av organiske gjødselvarer. Dette ville endre måten de produserer varene sine på, og det vil bli påført en ekstra kostnad.
- Forhandler: For forhandleren kan et slikt krav innebære at kvaliteten på produktene bedres.
- Sluttbrukere: For sluttbrukerne vil et strengere krav over tid innebære bedre produkter på markedet, da det stimulerer til økt produktutvikling. Hvis det blir mer kostnader knyttet til produksjonen, vil derimot dette bli overført til sluttbrukeren i form av høyere priser på organiske gjødselvarer, noe som kan stimulere til økt bruk av mineralgjødsel.
- Staten/forvaltning: En slik ordning vil trolig ikke innebære store administrative kostnader. Produktkrav er allerede innført, så justering av ordlyden eller tillegg i krav er hverken arbeids- eller tidskrevende.

9.2.6 Investeringstilskudd til gjødselprodusenter for å utvikle gode gjødselvarer

Egnethet

Kvaliteten og prisen på organiske gjødselvarer er viktig for etterspørselen etter slike produkter. Det er ofte slik at jo mer lik egenskapene til mineralgjødsel de er med tanke på balanse av næringsstoffer, plantetilgjengelighet av fosfor og spreddeegenskaper, jo dyrere og mer teknologisk utfordrende er det å produsere gjødselvarer med resirkulert fosfor. Videre er for eksempel teknologien for å lage transporterbare produkter fra biorest umoden. Et investeringstilskudd til utvikling av organiske gjødselvarer kan bidra til å løse disse utfordringene og dermed øke etterspørselen ved å gi bedre kvalitet på produktene og muligens lavere priser.

Treffsikkerheten med et slikt virkemiddel på avlastinga av fosforoverskuddet er usikker. For det første er det usikkert i hvor stor grad det bidrar til bedre gjødselvarer og for det andre er priseffekten usikker.

Fleksibilitet og kostnadseffektivitet

Et investeringstilskudd vil være fleksibelt, og for gjødselprodusenter vil det være kostnadseffektivt.

Gjennomførbarhet

En slik tilskuddsordning vil innebære en del transaksjonskostnader i forbindelse med tildeling av tilskudd.

Fordelingsvirkninger

En slik ordning innebærer at det er staten som bærer deler av kostnadene ved å gjenvinne fosfor fra organisk avfall. Det vil dermed være en fordel for aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter som tar i bruk organiske fosforkilder. Om gjødselvarene som utvikles kan brukes i økologisk landbruk kan det være fordelaktig for gjødselprodusentene.

9.2.7 Informasjons- og holdningskampanjer

Etterspørsel etter varer forutsetter at det er tilstrekkelig med informasjon tilgjengelig for forbrukeren. Informasjons- og holdningskampanjer kan styrke etterspørselen etter organiske gjødselvarer, ved å vise at de er tilgjengelig for salg, fortelle om kvaliteten til produktene, mulige positive tilleggseffekter på jordhelse og appellere til samfunns- og miljøansvar.

Egnethet

Etterspørselen etter organiske gjødselvarer baserer seg på at mulige kunder vet om at produktene eksisterer. Det er kontinuerlig produktutvikling innenfor organiske gjødselvarer, og informasjons- og holdningskampanjer om nye produkter som ikke tidligere har vært tilgjengelig i markedet kan appellere til sluttbrukere med spesifikke behov. Et slikt virkemiddel er imidlertid ikke særlig treffsikkert.

Fleksibilitet og kostnadseffektivitet

Informasjons- og holdningskampanjer er veldig fleksible ved at de kan utformes fritt etter kundegruppe, vare og region.

Gjennomførbarhet

Dette virkemidlet kan ha stor nytteverdi, og kan stimulere til etterspørselsvirkninger i markedet. Det oppleves ikke like «invasivt» sammenlignet med andre virkemidler. Informasjonskampanjer kan også gjennomføres i tillegg til andre virkemidler. Virkemidlet vil ha lave transaksjonskostnader.

Fordelingsvirkninger

- Aktører med fosforoverskudd og gjødselprodusenter: Produsenter av organiske gjødselvarer vil kunne få økt etterspørsel etter deres produkter gjennom økt bevissthet og promotering og aktører med fosforoverskudd kan dermed få økt etterspørsel etter avfallet sitt. For produsenter av mineralgjødsel kan informasjonskampanjer oppleves negativt.
- Forhandlere: For forhandlerleddet er et subsidiert informasjonsprogram positivt. Virkemidlet vil også stimulere til økt varesortiment, som øker fleksibiliteten til hver enkelt butikk.
- Sluttbrukere: For sluttbruker er informasjonskampanjer lite inngripende, og stimulerer kun til økt bevissthet og kunnskap. Det kan også være positivt for sluttbrukere som har ønsket å bruke mer organiske gjødselvarer i sin produksjon, men har hatt for lite informasjon til beslutningstaking.
- Staten/forvaltning: En informasjonskampanje innebærer en kostnad for stat og forvaltning.

9.3 Sammenligning av andre virkemidler med omsetningskrav

Tabell 9-2 gir en oversikt over egnethet, gjennomførbarhet, kostnadseffektivitet og fleksibilitet ved de ulike virkemidlene som er vurdert ovenfor.

Egnethet

Både et tilskudd, en avgift og en Pigou-skatt kan bidra til økt etterspørsel etter organiske gjødselvarer og dermed bidra til å avlaste fosforoverskudd.

En utfordring med både et tilskudd, en avgift og en Pigou-skatt er imidlertid at de kan føre til at forhandlere importerer organiske gjødselvarer i stedet for at man bruker innenlandske organiske fosforkilder til gjødselproduksjon. Dette gjelder også for et omsetningskrav. Dersom et omsetningskrav resulterer i økte priser på mineralgjødsel for sluttbruker, kan det stimulere til at

gårdbrukere selv importerer mineralgjødning. Dette vil imidlertid ikke være et problem ved avgift og tilskudd. Ved avgift vil all import omfattes, og det vil dermed ikke påvirke andelen som blir importert fra enkeltbrukere. Heller ikke et tilskudd vil føre til økt import av mineralgjødning fra gårdbrukere. Videre er både tilskudd og avgift velkjente virkemidler, og kan derfor være mer forutsigbare enn et omsetningskrav hvor innblanding er teknisk utfordrende.

Som nevnt tidligere vil det imidlertid ikke være nødvendig med avgift, tilskudd eller et omsetningskrav for å sørge for *bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs*. Gitt at det ikke er lov å deponere organisk avfall vil norske aktører med fosforoverskudd trolig bli tvunget til å lage konkurransedyktige organiske gjødselvarer for det nasjonale eller internasjonale markedet (eller samarbeide med andre aktører om dette), uavhengig av et omsetningskrav. Det kan imidlertid muligens være nødvendig med tilleggsvirkemidler for å hindre kreative løsninger. Ved å ikke innføre noen nye virkemidler og basere seg på et deponiforbud bidrar man til at kostnadene ved å behandle avfallet og resirkulere fosfor blir internalisert. Det vil si at de som produserer avfallet må ta hensyn til kostnadene med å resirkulere avfallet når de planlegger sin produksjon. Dette kan bidra til at for eksempel husdyrproduksjonen blir mer spredt utover hele landet og ikke ytterligere konsentrert slik det for eksempel har skjedd med fjørfe de siste årene.

Krav til plantetilgjengelighet vil være fornuftige å gjennomføre for å sikre at de produktene som selges er produkter som gårdbrukere blir fornøyd med. Dette vil være særlig viktig dersom det kommer tak på hvor mye fosfor man kan tilføre jorda totalt. Informasjonsvirkemidler kan også være viktig for at gårdbrukere skal få mer informasjon om produkter med organisk fosfor.

Gjennomførbarhet

Det er grunn til å forvente at transaksjonskostnadene vil være lave for de fleste av virkemidlene, med unntak av Pigou-skatt. Ved et omsetningskrav vil transaksjonskostnadene for myndigheten være lave, mens de vil være ganske betydelige for forhandleren siden de må bruke ressurser på at de treffer rett på omsetningskravet.

Kostnadseffektivitet og fleksibilitet

Både tilskudd og avgift vil være kostnadseffektive siden aktørene kan tilpasse seg reguleringen på den måten som er billigst. Det er i motsetning til absolutte krav. For sluttbrukerne vil et omsetningskrav være kostnadseffektivt siden de kan gjøre en nytte-kostnadsvurdering, i motsetning til at de for eksempel får et krav om at en bestemt andel av fosforet de kjøper skal være fra organiske fosforkilder. For forhandleren vil imidlertid ikke et omsetningskrav være kostnadseffektivt, med mindre det er omsettbart.

Fordelingsvirkninger

De ulike ordningen i har ulike fordelingsvirkninger. Et omsetningskrav innebærer at forhandlerleddet og gårdbrukere som ikke har overskudd av fosfor må bære deler av kostnadene ved å gjenvinne fosfor fra andre sine organiske fosforkilder, inkludert husdyrgjødsel. En avgift innebærer at gårdbrukere som ikke har overskudd av fosfor må bære deler av kostnadene. Et tilskudd til kjøp av organiske gjødselvarer og produktutvikling innebærer at staten må bære deler av kostnadene. Dagens deponiforbud innebærer at de som skaper avfallet må betale for å resirkulere det.

Informasjonsvirkemidler og investeringstilskudd innebærer at staten bærer deler av kostnaden for å omfordele fosfor, mens et krav til plantetilgjengelighet vil påføre gjødselprodusentene økte kostnader. Et slikt krav kan imidlertid bidra til økt etterspørsel.

Tabell 9-2. Sammenligning av egnethet, gjennomførbarhet, kostnadseffektivitet og fleksibilitet ved ulike virkemidler for å avlaste fosforoverskudd og sørge for bedre utnyttelse av fosfor.

Ordning	Egnethet	Gjennomførbarhet (transaksjonskostnader)	Fordelingsevirkninger
Omsetningskrav	- Usikker treffsikkerhet siden det er usikkert om forhandlerleddet klarer å innfri - Kan resultere i import av organiske gjødselvarer - Mange utilsiktede konsekvenser	- Lave transaksjonskostnader for myndighetene - Høye transaksjonskostnader for forhandlere	Forhandlerleddet og gårdbrukere (som ikke har gjødseloverskudd) vil bære hoveddelen av kostnadene ved å resirkulere fosfor fra organisk avfall
Tilskudd til kjøp av resirkulert fosfor	- Middels treffsikkerhet - Kan resultere i import av organiske gjødselvarer	Lave transaksjonskostnader	Myndighetene vil bære hoveddelen av kostnadene ved å gjenvinne fosfor fra organisk avfall
Avgift på omsetning av fosforholdig mineralgjødsel	- Middels treffsikkerhet - Kan resultere i import av organiske gjødselvarer	Lave transaksjonskostnader	Gårdbrukere (som ikke har gjødseloverskudd) vil bære hoveddelen av kostnadene ved å gjenvinne fosfor fra organisk avfall
Pigou-skatt – «feebate system»	- Meget god treffsikkerhet hvis gjort riktig - Kan resultere i import av mineralfosfor - Veldig inngripende for forhandler	Høye transaksjonskostnader	Gårdbrukere (som ikke har gjødseloverskudd) vil bære hoveddelen av kostnadene ved å gjenvinne fosfor fra organisk avfall, men byrden er mindre enn ved en ren avgift
Ingen virkemidler/dagens deponiforbud	- Treffsikkert, men kan kreve en del kontroll - Vil ikke føre til import av organisk gjødsel	Middels transaksjonskostnader	Aktører med fosforoverskudd som bærer kostnaden ved å gjenvinne fosfor fra eget organisk avfall
Krav til plantetilgjengelighet	- Usikker treffsikkerhet, men viktig for å øke etterspørselen	Lave transaksjonskostnader	Økte kostnader for produsenter av gjødsel, men samtidig også mulighet for økt etterspørsel
Investeringstilskudd til gjødselprodusenter for å utvikle gode gjødselvarer	- Usikker treffsikkerhet - Kan bidra til økt etterspørsel gjennom økt produktkvalitet og muligens lavere priser	Middels transaksjonskostnader	Myndighetene som bærer deler av kostnadene ved å gjenvinne fosfor fra organisk avfall
Informasjons- og holdningskampanjer	- Meget usikker treffsikkerhet	Lave transaksjonskostnader	<u>Dersom</u> det resulterer i økt forbruk av organisk gjødsel, kan det være en fordel for produsenter av organisk gjødsel og ulempe for produsenter av mineralgjødsel

10 Sammendrag og konklusjoner

NIBIO har på oppdrag fra LMD utredet hvorvidt et omsetningskrav for resirkulert fosfor er egnet for å nå formålene, med å skaffe et marked for resirkulert fosfor, avlaste overskudd, redusere forurensning og sørge for bedre utnyttelse av fosfor som en begrenset ressurs. Det er også gjort en kortfattet vurdering av andre virkemidler som kan bidra til dette.

Fosforkilder og mengder

I kapittel 2.2 og 2.3 viser vi at Norge disponerer store mengder organiske fosforkilder, og husdyrgjødsel er den største av de organiske fosforkildene i alle regioner. Andre organiske fosforkilder av betydning er avløpsslam > matavfall > fiskeslam og fiskeensilasje. Totalmengden fosfor i organiske kilder er forventet å øke i løpet av de neste ti årene, pga. strengere oppsamlingskrav for avløpsslam, matavfall og fiskeslam, og forventet vekst i havbruksnæringen.

Nytt gjødselregelverk vil sette grenser for maksimalt tillatt fosfortilførsel per arealenhet. Grensene er lavere enn det som i dag er tillatt å tilføre med husdyrgjødsel. I kapittel 2.4 er fosforoverskuddet i ulike regioner vurdert opp mot grensene i høringsutkastet til gjødselbrukforskrift (20. mars 2024). I Rogaland vil husdyrgjødsel alene gi et fosforoverskudd allerede ved ikrafttredelse av nytt gjødselregelverk. I de andre regionene gir ikke husdyrgjødsel alene et overskudd, heller ikke i fremtiden, men organiske fosforkilder fra oppdrettsnæringen (fiskeslam og fiskeensilasje) og avløpsslam vil bidra til at det blir et fosforoverskudd også i flere andre regioner. Overskuddet av organiske fosforkilder i husdyrregionene (Agder, Rogaland, Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark) blir, åtte år etter ikrafttredelse av gjødselregelverket, beregnet til å tilsvare ca. 50 % av dagens mineralfosforbruk i kornområdene på Østlandet (Oslo/Viken, Innlandet, og Vestfold og Telemark). Denne beregningen er et usikkert estimat, og underestimerer antagelig det totale fosforoverskuddet.

Rapporten inkluderer ikke gårdsbalanser for fosfor, men beregner overskudd bare ut ifra faktiske tilgjengelige fosformengder, foreslått maksimalt tillatt fosfortilførsel per dekar i gjødselbrukforskrift og tilgjengelig jordbruksareal.

Gjødselvarer med resirkulert fosfor

Det finnes ulike teknologier til produksjon av gjødselvarer basert på resirkulert fosfor.

Teknologisk enklest og billigst er å produsere organiske gjødselvarer ved avvanning/tørking og pelletering (kapittel 3.2 og 3.3). Det er en fordel at organiske gjødselvarer ikke medfører et like høyt investeringsbehov for teknologi som mineralgjødsel med resirkulert fosfor. Dessuten inneholder organiske gjødselvarer en del organisk karbon som kan ha positive effekter på jordkvalitet. Ulempene med organiske gjødselvarer er at de i noen tilfeller kan ha lavere og/eller mer variabel plantetilgjengelighet for fosfor og nitrogen sammenlignet med dagens mineralske gjødselprodukter, ubalanserte forhold mellom næringsstoffer og plantenes behov, mulig manglende kompatibilitet med gjødselspredere for mineralgjødsel, og at det må brukes større mengder enn ved bruk av mineralgjødsel. Generelt er det behov for videre produktutvikling av organiske gjødselvarer, og mange organiske fosforkilder må sees på som mulige råvarer i produksjon av organisk gjødsel, heller enn fullverdige gjødselprodukter.

Kapittel 3.4 og 3.5 gir en oversikt over teknologiske muligheter for å fremstille mineralgjødsel med resirkulert fosfor. Utfordringene med dette er et høyt investeringsbehov for teknologi og dermed høye kostnader.

I kapittel 5 gir vi en oversikt over uønskede stoffer i ulike fosforkilder. All gjødsel inneholder tungmetaller, men type og konsentrasjoner varierer mellom opphavsmaterialer. Angående forekomst

av organiske forurensninger er det store kunnskapshull. Det kan ikke utelukkes at organiske gjødselvarer inneholder hittil ikke analyserte forurensninger i nivåer som kan medføre skade på mennesker eller miljø. Både avløpsslam og matavfall kan inneholde plast. Av organiske fosforkilder har husdyrgjødsel størst aksept blant brukere, mens produkter med avløpsslam har lavest aksept.

Omsetningskrav for resirkulert fosfor – resultater fra intervjuer

I perioden desember 2023 til januar 2024 gjennomførte vi 26 semi-strukturerte intervjuer med aktører i hele verdikjeden for gjødsel: Forhandlere, gjødselprodusenter, sluttbrukere (gårdbrukere), landbruksrådgivningen, offentlige myndigheter, og andre aktører herunder innenfor transport og teknologi.

Resultater fra intervjuene er beskrevet i kapittel 7. Det er enighet blant aktørene i hele verdikjeden om at det er et generelt behov for å øke bruken av resirkulert fosfor. Av positive effekter fra økt bruk av resirkulert fosfor er følgende nevnt:

- Bærekraft og miljøhensyn: Resirkulering av fosfor er essensielt for bærekraft, da det kan bidra til mindre forurensning og bedre ressursbruk. Dette er spesielt viktig gitt fosfatsteins begrensede tilgjengelighet og potensialet for fremtidig knapphet.
- Jordhelse: Bruk av organisk gjødsel kan forbedre jordhelsen og potensielt øke avlingene over tid. Dette er spesielt relevant i områder med ensidig planteproduksjon uten husdyrhold. Flere produsenter av gjødselvarer bemerket at yngre bønder er spesielt opptatt av jordhelse.
- Fra avfall til resirkulering: Resirkulering kan skape verdi for næringsstoffer som ellers ville vært avfall, noe som gir incentiver for å bruke slike ressurser. Enkelte produsenter bemerket at et økt fokus på resirkulert fosfor kan lede til økt etterspørsel og dermed høyere økonomisk verdi for organisk gjødsel.
- Produktutvikling: Økt fokus på resirkulert fosfor kan også bidra til utvikling av nye, bærekraftige produkter og utvidelse av produktporteføljene til produsenter og forhandlere.

Det er likevel stor usikkerhet om et omsetningskrav vil være et hensiktsmessig virkemiddel for å oppnå økt resirkulering av fosfor. Intervjuobjektene er svært usikre på hvordan et omsetningskrav kan implementeres, og hvordan det vil fungere i praksis, spesielt med hensyn til måloppnåelse, kostnader, markedskonkurranse og håndheving. Utdrag fra intervjuene er gjengitt nedenfor:

- Import: Flere som ble intervjuet blant både forhandlere og sluttbrukere nevnte muligheten for at et omsetningskrav vil kunne bli oppfylt ved import. Forhandlere vil kunne importere organiske gjødselvarer billig fra hele Europa, og selge akkurat nok til å oppfylle omsetningskravet. Dette vil i praksis ikke bidra til å avlaste det nasjonale fosforoverskuddet.
- Unngåelse av kravet: Det ble også advart om at et omsetningskrav vil kunne bli unngått ved interne avtaler eller lignende, f.eks. ved «fiktive» salg frem og tilbake mellom aktører.
- Lav etterspørsel: Flere produsenter antok at det vil kunne oppstå en situasjon der forhandlere ikke fikk solgt nok organisk gjødsel til å oppfylle omsetningskravet, ettersom organisk gjødsel ikke er like etterspurt som mineralgjødsel. Marginene for salg av gjødsel er små, og det er begrenset hvor mye forhandlere kan senke prisen til organisk gjødsel for å stimulere til økt etterspørsel.
- Lavt tilbud: Det ble videre nevnt at det kan oppstå situasjoner med for lite produksjon av organisk gjødsel for å oppfylle et omsetningskrav. Siden et krav vil bli formulert som en produsentandel av all gjødselfosfor omsatt, skal et krav ikke mange prosentpoeng opp før man når mange tusen tonn gjødsel basert på resirkulert fosfor som må selges. Det er ikke sikkert dagens logistikk kan håndtere dette.

- **Intensivering av husdyrhold:** En utilsiktet konsekvens av et omsetningskrav kan være at det kan bli enklere og mer fordelaktig å ha områder med høy husdyrtetthet, ved å gjøre det enklere å flytte gjødsel fra disse områdene. Dette kan være i strid med politiske mål om jordbruk i hele landet.

Resultatene fra intervjuene inngår i NIBIOs vurdering av et omsetningskrav for resirkulert fosfor lagt på forhandlerleddet med tanke på egnethet og gjennomførbarhet.

NIBIO sin vurdering av egnethet og gjennomførbarhet av et omsetningskrav

Tanken bak et omsetningskrav er at det skal øke salget av gjødselvarer med resirkulert fosfor og dermed stimulere til å avlaste fosforoverskudd og skape et marked for resirkulert fosfor.

Sammenlignet med omsetningskravet for biodrivstoff, vil imidlertid gjennomførbarheten av et omsetningskrav for resirkulert fosfor være mer komplisert og usikker. Mens biodrivstoff kan blandes i fossilt drivstoff, er innblanding av resirkulert fosfor i mineralgjødsel teknisk utfordrende med de produksjonsmetodene for mineralgjødsel som brukes i Norge, og kostbart (kapittel 3.4 og 3.5). Uten denne muligheten kan forhandlerleddet ikke direkte påvirke produksjonen og kan dermed kun påvirke kundenes valg gjennom pris og reklame. Forhandlerleddet vil dermed måtte bruke betydelige ressurser på å innfri et omsetningskrav. Gjødsel består dessuten av mange ulike produkter, med ulike formål. Det blir derfor vanskelig å sammenligne et omsetningskrav på drivstoff med et omsetningskrav på gjødsel.

Egnetheten og gjennomførbarheten av et omsetningskrav forutsetter at forhandlerleddet får tilgang til egnede gjødselvarer med resirkulert fosfor (kapittel 8.2.1). Dette vil igjen avhenge av nivået på omsetningskravet og tilgjengelig teknologi for å produsere gjødsel med resirkulert fosfor. Flere av de vi har intervjuet har for eksempel pekt på at teknologien for å utvikle organiske gjødselvarer fra biorester som kan transporteres over lange avstander er umoden. I kapittel 8.2.1 viser vi at regionale fosforoverskudd ikke nødvendigvis kan settes lik med råvaretilgang til produksjon av organiske gjødselprodukter, bl.a. på grunn av teknologiske utfordringer. Ved begrenset tilgang på nasjonale gjødselvarer, kan det være en utfordring at forhandlere i stedet importerer gjødselvarer fra utlandet gitt at disse er billigere og/eller har bedre kvalitet. I dette tilfellet vil et omsetningskrav ikke avlaste fosforoverskuddet i Norge. Det kan også være en mulighet for at forhandlerleddet velger å selge organiske gjødselvarer produsert fra husdyrgjødsel fra områder som ikke har overskudd av fosfor. Dette avhenger av kostnadene med å utvikle og transportere organisk gjødsel.

Pris og kvalitet er et nøkkelement i diskusjonen om etableringen av et marked for resirkulert fosfor (kapittel 8.2.2). Sluttbrukere krever at produktene skal være minst like gode som mineralgjødselprodukter og at tilgang og kvalitet er forutsigbar. Det stilles også krav til at de ikke er dyrere enn eksisterende produkter, eller mer krevende å anvende. Mineralgjødsel med resirkulert fosfor er betydelig dyrere å produsere enn konvensjonell mineralgjødsel. For organiske gjødselvarer er prisforskjellen til konvensjonell mineralgjødsel mindre, men plantetilgjengeligheten til næringsstoffene kan være noe dårligere og det kreves større volum enn ved mineralgjødsel. Med dagens teknologi og produksjonskostnader vil man derfor forvente at forhandleren må kjøpe organisk gjødselvarer som ikke er konkurransedyktige på pris og/eller kvalitet. For å oppfylle omsetningskravet må forhandlerne derfor selge produkter med resirkulert fosfor med tap eller øke prisen på mineralgjødsel for å «subsidiere» produkter med resirkulert fosfor og gjøre mineralgjødsel mindre konkurransedyktig. Ifølge forhandlerne er marginene i gjødselmarkedet små og en økning i prisen på mineralgjødsel vil derfor være det mest sannsynlige. Et omsetningskrav ville dermed overføre kostnadene fra aktører med fosforoverskudd til gårdbrukerne som benytter seg av fosforholdig mineralgjødsel og ikke forårsaker et fosforoverskudd. Dersom prisøkningen er betydelig (noe som kan bli tilfellet ved et høyt omsetningskrav), kan det også føre til at gårdbrukerne selv importerer billigere mineralgjødsel fra utlandet med mindre dette blir forbudt. Dessuten kan det være at samvirke-eide forhandlere ikke like fritt kan øke eller senke priser på varer som andre forhandlere kan.

I kapittel 8.2.3 diskuterer vi at et omsetningskrav bidrar til at husdyrproduksjonen blir løsrevet fra arealressursene på gården, og muliggjør mer intensiv husdyrproduksjon og ytterligere konsentrasjon av husdyrproduksjonen. Dette vil få konsekvenser for den landbrukspolitiske målsetningen om landbruk i hele landet og matberedskap. Denne frikoblingen kan unngås ved å kreve et visst arealgrunnlag for husdyrholdet i gjødselregelverket.

Ovenfor har vi konkludert med at dersom forhandlerleddet klarer å innfri kravet og dersom et omsetningskrav ikke resulterer i økt import, kan et omsetningskrav stimulere til å skape et marked for resirkulert fosfor og avlaste fosforoverskudd. Et omsetningskrav vil imidlertid neppe være nødvendig for bedre utnyttelse av fosfor som begrenset ressurs. En eventuell innføring av ny gjødselbrukforskrift med tak på tilførsel av fosfor per arealenhet i kombinasjon med dagens forbud mot deponering av organisk avfall vil mest sannsynlig tvinge fram økt produksjon av gjødselvarer med resirkulert fosfor og/eller tilpasninger i produksjonen som reduksjon av husdyr i områder med fosforoverskudd som følge av husdyrproduksjonen. Ved et omsetningskrav er det forhandleren som må sørge for avsetning for gjødselvarer med resirkulert fosfor, mens uten et omsetningskrav er det aktører med fosforoverskudd som må sørge for avsetning på resirkulert fosfor eller de må samarbeide med andre om dette. Innføring av et omsetningskrav vil bidra til at kostnadene blir lavere for dem som forårsaker overskuddet, mens de som ikke bidrar til overskuddsproblemet får høyere kostnader. Det bryter dermed med prinsippet om at «forurenser betaler». Et omsetningskrav vil også stimulere til mer intensiv husdyrproduksjon ved at det bidrar til frikobling mellom husdyr og jordbruksareal, med de følger det vil få for den landbrukspolitiske målsetningen om landbruk i hele landet.

NIBIO sin vurdering av utforming og løsninger, gitt innføring av omsetningskrav

Dersom et omsetningskrav skal innføres er det viktig å vurdere punktene under:

- Det kan være naturlig at et eventuelt omsetningskrav avgrenses til gjødselvarer underlagt virkeområdet foreslått i høringsutkastet til ny gjødselvarerforskrift (kapittel 8.4.1). Disse gjødselvarer vil være underlagt nødvendig kvalitetssikring som hygienisering, øvre grenseverdier for tungmetaller og varedeklarasjon. Berørte virksomheter vil domineres av profesjonelle aktører som allerede innehar kapasitet, rutiner og dokumentasjonssystemer som kan lette myndighetenes arbeid med kontroll. Dette vil hindre kreative løsninger ved for eksempel «fiktive» salg av husdyrgjødsel frem og tilbake mellom aktører.
- I kapittel 8.4.2 diskuteres det om et eventuelt omsetningskrav skal gjelde for alle kundegrupper inkludert det private hagemarkedet og gartnerbransjen i tillegg til landbruket. Ved utforming er det dessuten viktig å ta stilling til om et omsetningskrav bør være regionalt differensiert. Fordelen med regional differensiering er at kravet kan tilpasses regionale variasjoner i etterspørsel, mens en ulempe kan være at det er vanskelig å treffe rett og gårdbrukere kan da komme til å kjøpe på tvers av regioner.
- Et viktig spørsmål er om et eventuelt omsetningskrav skal gjelde for hvert enkelt utsalgsted eller om det skal gjelde på konsernnivå. Fordelen med å ha det på konsernnivå, særlig dersom det ikke skal være regionalt differensiert, er at konsernet da kan tilpasse salget sitt av organisk gjødselvarer etter variasjoner i etterspørselen ved ulike utsalgsteder. Dette kan imidlertid være urettferdig for foretak som har få eller kun ett utsalgsted, særlig ved et likt omsetningskrav for hele landet. En mulighet kan være at disse foretakene kan søke om nedjustering dersom foretaket har få utsalgsteder og disse ligger i områder med lavere etterspørsel enn landsgjennomsnittet.
- Nivået på et eventuelt omsetningskrav må være realistisk og i så fall ha en lav prosentandel ved innføring som kan økes når det finnes konkurransedyktige og etterspurte organiske gjødselvarer på markedet (8.4.3).

Kvalitativ vurdering av virkninger og kostnader for berørte aktører av et omsetningskrav

Et omsetningskrav vil påvirke aktørene i verdikjeden ulikt, som diskutert i kapittel 8.5.

Aktører med fosforoverskudd som ikke kan få avsetning på overskuddsfosforet sitt lokalt og produsentene av organiske gjødselvarer vil ha størst fordeler av et omsetningskrav. Det skyldes at kravet direkte stimulerer til økt etterspørsel etter gjødselvarer fremstilt av organiske fosforkilder. Produsenter av mineralgjødsel kan tape på et omsetningskrav.

For forhandlere vil et omsetningskrav føre til ekstra kostnader siden de må få solgt varer som det i dag ikke er tilstrekkelig etterspørsel etter. For å kompensere for dette, vil forhandlerne mest sannsynlig øke prisen på mineralgjødsel for å «subsidiere» en lavere pris på organiske gjødselvarer og vil dermed overføre kostnadene til gårdbrukerne som kjøper mineralgjødsel. Forhandlere har også muligheter til å innfri kravet ved import.

Den ekstra kostnaden påført forhandlerleddet vil med stor sannsynlighet overføres til sluttbrukere. Omsetningskravet vil derfor føre til at gårdbrukere som ikke har et fosforoverskudd vil få økte gjødselkostnader. For husdyrprodusenter med gjødseloverskudd og andre aktører med fosforoverskudd vil det derimot bli enklere å få avsetning på overskuddet sitt. Ved innføring av ny gjødselbrukforskrift vil et omsetningskrav derfor gjøre det mindre sannsynlig at dyreantallet i husdyrtette områder må reduseres. Tvert imot vil husdyrprodusenter med gjødseloverskudd med et omsetningskrav, og uten arealkrav for husdyrproduksjon, kunne fortsette å øke produksjonen sin (kapittel 8.6). For økologiske produsenter som kjøper organiske gjødselvarer kan et omsetningskrav bidra til å redusere gjødselkostnadene. Dette avhenger imidlertid av at de gjødselvarene som blir billigere kan brukes av økologiske produsenter. Det er også grunn til å tro at prisene på organiske gjødselvarer vil gå ned over tid når teknologien blir bedre og volumene større.

Gjødselvarer er heterogene produkter hvor sammensetningen avhenger av hva som etterspørres. Det kjøpes gjerne ikke bare én type gjødselvarer, men heller en kombinasjon av flere gjødselvarer slik at gjødslingen kan tilpasses jord og vekst. Om det ikke eksisterer organiske gjødselvarer som kan substituere spesifikke mineralgjødselprodukter, så vil det gjennom et omsetningskrav oppstå en ekstrakostnad for gjødselkjøpere fordi prisen på mineralgjødsel øker.

Vurdering av andre løsninger

Det er gjort en kortfattet vurdering av andre virkemidler som kan bidra til å redusere kostnadene for aktører med fosforoverskudd ved en eventuell innføring av ny gjødselbrukforskrift. Virkemidlene som er vurdert inkluderer tilskudd til kjøp av organiske gjødselvarer for gårdbrukere, avgift på omsetning av fosforholdig mineralgjødsel, Pigou-skatt - «feebate» system, investeringstilskudd til gjødselprodusenter, og informasjons- og holdningskampanjer. Andre løsninger som er vurdert er ingen innføring av nye virkemidler og krav til plantetilgjengelighet av næringsstoffer.

Det er fordeler og ulemper med alle virkemidlene som er vurdert. I likhet med et fungerende omsetningskrav vil tilskudd til kjøp, avgifter og en Pigou-skatt være egnet til å avlaste fosforoverskudd. Det er en utfordring for alle disse ordningene at de kan resultere i at forhandlere importerer organiske gjødselvarer fra utlandet, og dermed ikke avlaster nasjonale fosforoverskudd. Mens et omsetningskrav kan føre til at gårdbrukere selv vil importere mineralgjødsel dersom den blir dyrere hos forhandler, er ikke dette en utfordring ved tilskudd, avgift eller Pigou-skatt. Effekten av informasjons- og holdningskampanjer på avlastning av nasjonale fosforoverskudd og bedre utnyttelse av fosfor er usikker, men kan være viktig i kombinasjon med andre virkemidler for å øke kunnskapen om organiske gjødselvarer og for å endre holdninger. Effekten av et investeringstilskudd er også usikker, men kan være nyttig for å bidra til økt produktkvalitet. Gjennomførbarheten varierer med de ulike virkemidlene. Transaksjonskostnadene (kostnader med å gjennomføre virkemidlet) vil være lave for tilskudd og avgift siden virkemidlene er knyttet til varer som omsettes i markedet.

Transaksjonskostnadene ved holdnings- og informasjonskampanjer vil være lave, mens de vil være høyere for et investeringstilskudd.

Mens virkemidlene vurdert ovenfor bidrar til å redusere kostnadene for aktører med fosforoverskudd, vil ingen nye virkemidler, som nevnt ovenfor, innebære at det er aktører med fosforoverskudd som må sørge for avsetning på resirkulert fosfor siden det i dag er forbudt å deponere biologisk nedbrytbart avfall. Alternativt kan aktører med fosforoverskudd som ikke kan avsettes lokalt gjøre tilpasninger i produksjonen sin ved for eksempel å redusere antall kraftfôrkrevende husdyr.

Uavhengig av andre virkemidler for å øke omsetningen av organisk fosfor, vil krav til plantetilgjengelighet av fosfor i organiske gjødselvarer være et virkemiddel som vil være fornuftig å innføre siden det da hindres at det tilføres mer fosfor enn nødvendig. Dette vil også være viktig for å øke etterspørselen etter organiske gjødselvarer siden et eventuelt tak på fosfor som kan tilføres jordbruksarealer totalt gjør plantetilgjengelighet enda viktigere.

Overordnet vurdering av fordelingsvirkninger til ulike virkemidler

Når det gjelder fordelingsvirkninger og hvem som skal dekke kostnadene med å resirkulere fosfor fra organisk avfall og utvikle konkurransedyktige produkter er det tre ulike hovedalternativer:

- 1) At gårdbrukere som ikke har overskudd av fosfor og forhandlerleddet må dekke hoveddelen av kostnadene. Det vil være tilfelle ved et omsetningskrav og en avgift på mineralgjødsel.
- 2) At staten dekker kostnadene. Det vil være tilfelle ved et tilskudd.
- 3) At de som produserer de organiske avfallsressursene alene må bære kostnadene. Det vil være tilfelle ved dagens deponiforbud.

Ved å velge alternativ 3 bidrar man til at kostnadene ved å behandle avfallet og resirkulere fosfor blir internalisert ved at de som produserer avfallet må ta hensyn til kostnadene med å resirkulere avfallet når de planlegger produksjonen sin. Dette kan bidra til at husdyrproduksjonen blir mer spredt utover hele landet og ikke ytterligere konsentrert.

Litteraturreferanser

- Accinelli, C., Koskinen, W. C., Becker, J. M., Sadowsky, M. J. (2007). Environmental fate of two sulfonamide antimicrobial agents in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2677-2682. <https://doi.org/10.1021/jf063709>
- Adielsson, S.L., Bækkeslått. V.S. (2023). *Klimatiltak i norsk landbruk: En statistisk analyse av hvordan ulike faktorer påvirker bruken av kunstgjødsel*. [Masteroppgave]. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).
- Ali, A.M., Nesse, A.S., Eich-Greatorex, S., Sogn, T.A., Aanrud, S.G., Bunæs, J.A.A., Lyche, J.L., & Kallenborn, R. (2019). Organic contaminants of emerging concern in Norwegian digestates from biogas production. *Environmental Science-Processes & Impacts*, 21(9), 1498-1508. <https://doi.org/10.1039/c9em00175a>
- Almvik, M., Stuveseth, K., Berg, H.E., Senneset, G.V., Vartdal, E.A., Alsbirij, M. (2024). *Funn av rester av plantevernmidler i organiske gjødselvarer i 2023. Overvåknings- og kartleggingsprogram* (NIBIO Rapport 10(67)). NIBIO.
- Alvarenga, E., Øgaard, A.F., Vråle, L. (2017). Effect of anaerobic digestion and liming on plant availability of phosphorus in iron- and aluminium-precipitated sewage sludge from primary wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 75(7), 1743-1752.
- Álvarez Salas, M., Sica, P., Rydgård, M., Sitzmann, T.J., Nyang'au, J.O., El Mahdi, J., Moshkin, E., de Castro e Silva, H.L., Chrysanthopoulos, S., Kopp, C., Wali, K., Zireeni, Y., Ural-Janssen, A., El Hajj Hassan, S., Kebalo, L.F., Chadwick, D., Jensen, L.S. (2024). Current challenges on the widespread adoption of new bio-based fertilizers: insights to move forward toward more circular food systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1386680. doi: 10.3389/fsufs.2024.1386680
- Animaliebiproduktforskriften (2016). *Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum* (FOR-2016-09-14-1064). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-14-1064>
- Avfallsforskriften (2004). *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall* (FOR-2004-06-01-930). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930>
- Bechmann, M., Deelstra, J. (Red.) (2013). *Agriculture and Environment – Long Term Monitoring in Norway*. Akademika Publishing, Trondheim.
- 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)). NIBIO.
- Bergkvist, P., Jarvis, N., Berggren, D., Carlgren, K. (2003). Long-term effects of sewage sludge applications on soil properties, cadmium availability and distribution in arable soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 97(1-3), 167-179. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00121-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00121-X)
- Blytt, L.D. (2007). *Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07* (NORVAR-rapport 157-2007). NORVAR.
- Blytt, L.D., Bruskeland, A. B., Stang, P. (2013). *Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam - Resultater fra undersøkelsen i 2012/13* (Norsk Vann Rapport 198-2013). Norsk Vann.
- Blytt, L.D., Stang, P. (2018). *Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. - Resultater fra undersøkelsen i 2017/18* (Norsk Vann Rapport 242-2018). Norsk Vann.
- Brod, E., Henriksen, T. M., Ornsrud, R., Eggen, T. (2023). Quality of fish sludge as fertiliser to spring cereals: Nitrogen effects and environmental pollutants. *Science of the Total Environment*, 875, 162541. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162541>
- Brod, E., Øgaard, A.F., Hansen, E., Wragg, D., Haraldsen, T.K., Krogstad, T. (2015a). Waste products as alternative phosphorus fertilisers part I: inorganic P species affect fertilisation effects depending on soil pH. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103, 167-185.
- Brod, E., Øgaard, A.F., Haraldsen, T.K., Krogstad, T. (2015b). Waste products as alternative phosphorus fertilisers part II: predicting P fertilisation effects by chemical extraction. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103, 187-199.
- Brod, E., Øgaard, A.F. (2021). *Fosforeffekt av organisk avfall*. (NIBIO Rapport 7(30)). NIBIO.
- Brod, E., Øgaard, A.F., Müller-Stöver, D.S., Rubæk, G.H. (2022). Considering inorganic P binding in bio-based products improves prediction of their P fertilizer value. *Science of the Total Environment*, 836, 155590.
- Brod, E., Øgaard, A.F. (2023). *Fiskeslam fra smolt- og postsmoltproduksjon som gjødsel. Vurdering av kjemiske analyser (2010 – 2023)*. (NIBIO Rapport 9(123)). NIBIO.

- Bruun, S., Harmer, S.L., Bekiaris, G., Christel, W., Zuin, L., Hu, Y., Jensen, L.S., Lombi, E. (2017). The effect of different pyrolysis temperatures on the speciation and availability in soil of P in biochar produced from the solid fraction of manure. *Chemosphere*, 169, 377-386.
- Calabrese, S., Hess-Erga, O.-K., Dale, T., Rosten, T. (2024). Recapturing sludge from Atlantic salmon production in closed containment systems in the sea. *VANN*, 1, 3-13.
- Camilleri-Rumbau, M.S., Briceño, K., Søtoft, L.F., Christensen, K.V., Roda-Serrat, M.C., Errico, M. (2021). Treatment of Manure and Digestate Liquid Fractions Using Membranes: Opportunities and Challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 3107.
- Chardon, W.J., Oenema, O., Castilho, P., Vriesema, R., Japenga, J., Blaauw, D. (1997). Organic phosphorus in solutions and leachates from soils treated with animal slurries. *Journal of Environmental Quality*, 26, 372-378.
- Choi, Y.J., Lee, L.S. (2017). Aerobic Soil Biodegradation of Bisphenol (BPA) Alternatives Bisphenol S and Bisphenol AF Compared to BPA. *Environmental Science & Technology*, 51(23), 13698-13704. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03889>
- Christel, W., Bruun, S., Magid, J., Kwapinski, W., Jensen, L.S. (2016). Pig slurry acidification, separation technology and thermal conversion affect phosphorus availability in soil amended with the derived solid fractions, chars or ashes. *Plant and Soil*, 401, 93-107.
- Christensen, M.L., Christensen, K.V., Sommer, S.G. (2013). Solid-liquid separation of animal slurry. I Sommer, S.G., Christensen, M.L., Schmidt, T. og Jensen, L.S. (Red.), *Animal manure recycling: Treatment and management* (1. utg., s. 105-130). John Wiley & Sons.
- Corona, F., Hidalgo, D., Martín-Marroquín, J.M., Antolín, G. (2021). Study of the influence of the reaction parameters on nutrients recovering from digestate by struvite crystallisation. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 24362-24374.
- Coutris, C., Gulden, K.T. (2023, 12. mars). *Nedbrytbar plast kan redusere plastforsøpling*. NIBIO. <https://nibio.no/nyheter/nedbrytbar-plast-kan-reducere-plastforsopling?locationfilter=true>
- Daugstad, K., Kristoffersen, A.Ø., Nesheim, L. (2012). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel* (Bioforsk rapport 7(24)). Bioforsk.
- Deng, L., Dhar, B.R. (2023). Phosphorus recovery from wastewater via calcium phosphate precipitation: A critical review of methods, progress, and insights. *Chemosphere*, 330, 138685.
- DN (2008, 5. februar). *Rasjonering på kunstgjødsel*. <https://www.dn.no/samfunn/rasjonering-pa-kunstgjodsel/1-1-2059259>
- EBB (2024, 22. mai). *EU Biofuels Mandates*. European Biodiesel Board. <https://ebb-eu.org/eu-biodiesel-mandates/>
- ECDC, EFSA, EMA. (2021). *Third joint inter-agency report on integrated analysis of consumption of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-producing animals in the EU/EEA: JIACRA III 2016-2018*. (1831-4732 (Electronic)) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34221148>
- Eklind, Y., Beck-Friis, B., Bengtsson, S., Ejlerthsson, J., Kirchmann, H., Mathisen, B., Nordkvist, E., Sonesson, U., Svernnson, B.H., Torstenson, L. (1997). Chemical characterization of source-separated organic household wastes. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 27, 167-178.
- ESPP (2022). *Consultation: Nutrients – Action plan for better management*. European Sustainable Phosphorus Platform. https://www.phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP%20input%20EU%20INMAP%20consultation%208_8_22.pdf
- Estoppey, N., Castro, G., Slinde, G.A., Hansen, C.B., Loseth, M.E., Krahn, K.M., Demmer, V., Svenni, J., Tran, T.T., Asimakopoulos, A.G., Arp, H.P.H., Cornelissen, G. (2024). Exposure assessment of plastics, phthalate plasticizers and their transformation products in diverse bio-based fertilizers. *Science of the Total Environment*, 918, 170501. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170501>
- EU (1069/2009). *Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation)*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02009R1069-20191214>
- EU (142/2011). *Commission Regulation (EU) No 142/2011 of 25 February 2011 implementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the*

- border under that Directive. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0142-20231214>
- EU (2014/0297). *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee Of The Regions on the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0297>
- EU (2018/848). *Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0848-20230221>
- EU (2019/1009). *Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R1009-20230316>
- EU (COM/2019/640). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The European Green Deal*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
- EU (COM/2020/98). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- Fagerheim, A.B. (2020). *The reduction potential of plastics and microplastics in biofertilizer*. [Masteroppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Felleskjøpet (2021a, 2. juni). *Økning i Fullgjødselprisene*. <https://www.felleskjopet.no/bonde/artikler/nyheter/oekning-i-fullgjoadselsprisene/>
- Felleskjøpet (2021b, 10. desember). *Organisk gjødsel med enda bedre brukeregenskaper*. <https://www.felleskjopet.no/alle-artikler/alle-artikler-fra-samvirke/organisk-gjoedsel-med-enda-bedre-brukeregenskaper/>
- Felleskjøpet (2022). *Årsrapport 2022*. https://www.felleskjopet.no/globalassets/media/dokumenter/arsrapport_felleskjoeper_2022.pdf
- FHI (2024, 1. februar). *Bruk av legemidler i fiskeoppdrett, 2001 – 2022*. Folkehelseinstituttet og NMBU veterinærhøgskolen. <https://www.fhi.no/he/legemiddelbruk/fisk/bruk-av-legemidler-i-fiskeoppdrett/#bde-nye-og-historiske-tall>
- FIPR (2024, 15. mars). *Phosphogypsum Stacks*. Florida Industrial and Phosphate Research Institute <https://fipr.floridapoly.edu/about-us/phosphate-primer/phosphogypsum-stacks.php>
- Forskrift om handel med gjødsel og kalkingsmidler mv. (2003). *Forskrift om handel med gjødsel og kalkingsmidler mv.* (FOR-2003-07-04-1053). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-1063>
- Forskrift om organisk gjødsel (2003). *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav* (FOR-2003-07-04-951). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>
- Frankki, S., Sternbeck, J. (2013). *Förekomst av föroreningar i olika avlopp- och avfallsfraktioner som är relevanta för fosforåterföring*. (WSP rapport 10170845). WSP Group.
- Ghirardini, A., Grillini, V., Verlicchi, P. (2020). A review of the occurrence of selected micropollutants and microorganisms in different raw and treated manure - Environmental risk due to antibiotics after application to soil. *Science of the Total Environment*, 707. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136118>
- Govasmark, E., Stäb, J., Holen, B., Hoornstra, D., Nesbakk, T., Salkinoja-Salonen, M. (2011). Chemical and microbiological hazards associated with recycling of anaerobic digested residue intended for agricultural use. *Waste Management*, 31(12), 2577-2583. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.07.025>
- Gravert, T.K.O., Vuaille, J., Magid, J., Hansen, M. (2021). Non-target analysis of organic waste amended agricultural soils: Characterization of added organic pollution. *Chemosphere*, 280, 130582. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130582>
- Gysin, A., Lycke, D., Wirtel, S. (2018). The Pearl® and WASSTRIP® processes (Canada). I C. Schaum (Red.), *Phosphorus: Polluter and Resource of the Future – Removal and Recovery from Wastewater* (s. 359-365). International Water Association.

- Halland, A., Bjugan, M., Dombu, S.V., Haukås, T., Bonesmo, H. (2022). *Foretaksøkonomiske konsekvenser av forslag til endringer i gjødselregelverk. Disaggregerte analyser basert på data fra Driftsgranskinger i jord-og skogbruk* (NIBIO Rapport 8(47)). NIBIO.
- Hamilton, H.A., Brod, E., Hanserud, O.S., Gracey, E.O., Vestrum, M.I., Bøen, A., Steinhoff, F.S., Müller, D.B., Brattebø, H. (2016). Investigating Cross-Sectoral Synergies through Integrated Aquaculture, Fisheries, and Agriculture Phosphorus Assessments: A Case Study of Norway. *Journal of Industrial Ecology*, 20(4), 667-1001.
- Hamilton, H., Brod, E., Hanserud, O., Müller, D.B., Brattebø, H., Haraldsen, T.K. (2017). Recycling potential of secondary phosphorus resources as assessed by integrating substance flow analysis and plant-availability. *Science of the Total Environment*, 575, 1546-1555.
- Hamner, K., Kirchmann, H. (2015). Trace element concentrations in cereal grain of long-term field trials with organic fertilizer in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103(3), 347-358.
<https://doi.org/10.1007/s10705-015-9749-7>
- Henninge L.B., Blytt, L.D. (2023). *Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam – Resultater fra undersøkelsen i 2022/23*. (Norsk Vann Rapport nr. 283/2023). Norsk Vann.
- Henriksen, T., Kristoffersen, A.Ø., Øgaard, A.F., Brod, E. (2023). *Organiske avfallsprodukt som gjødsel. Bestemmelse av nitrogenerneffekten*. (NIBIO Rapport 9(72)). NIBIO.
- Hörsing, M. (2018). *Avløpsslam på åkermark - vad behöver vi veta om oönskade organiska ämnen?* (Svenskt Vatten Utveckling rapport nr. 2018-4). Svenskt Vatten AB.
- Holmgren, G., Larsson, F.K., Johansson, M.H., Hammar, I.L. (2020). *Hållbar slamhantering. Betänkande av Utredningen om en giftfri och cirkulär återföring av fosfor från avløpsslam*. (SOU 2020:3). Statens offentliga utredningar.
- Huygens, D., García-Guiterrez, P., Orveillon, G., Schillaci, C., Delre, A., Orgiazzi, A., Wojda, P., Tonini, D., Egle, L., Jones, A., Pistocchi, A., Lugato, E. (2022). *Screening risk assessment of organic pollutants and environmental impacts from sewage sludge management - Study to support policy development on the Sewage Sludge Directive (86/278/EEC)* (JRC129690). doi:10.2760/541579.
- Indexmundi (2024, 21. mars). *DAP fertilizer Monthly Price - US Dollars per Metric Ton*.
<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=dap-fertilizer&months=240>
- Jensen, L.S. (2013). Animal manure residue upgrading and nutrient recovery in biofertilisers. I Sommer, S.G., Christensen, M.L., Schmidt, T. og Jensen, L.S. (Red.), *Animal manure recycling: Treatment and management* (1. utg., s. 271-294). John Wiley & Sons.
- Joner, E., Coutris, C., Rivier, P.-A. (2019, 18. mars). *Identifisering og kvantifisering av mikroplast og uønskede stoffer*. NIBIO. <https://nibio.no/prosjekter/baerekraftig-resirkulering-av-organiske-avfallsressurser-i-fremtidens-biooekonomi/arbeidspakke-3/arbeidspakke-3-identifisering-og-kvantifisering-av-mikroplast?locationfilter=true>
- Joner, E., Rivier, P.-A., Coutris, C. (2020). *Plast i jord*. (NIBIO POP 6(26)). NIBIO.
- Kärman, A., Wang, T., Kallenborn, R., Langseter, A. M., M., G.S., Ræder, E. M., Lyche, J. L., Yeoung, L., Chen, F., Eriksson, U., Aro, R., Fredriksson, F. (2019). *PFASs in the Nordic environment. Screening of poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and extractable organic fluorine (EOF) in the Nordic environment*. (TemaNord 2019:515). Nordic Council of Ministers.
- Khalaf, N., Leahy, J.J., Kwapinski, W. (2023). Phosphorus recovery from hydrothermal carbonization of organic waste: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 98(10), 2365-2377.
- Kodesova, R., Kocarek, M., Klement, A., Golovko, O., Koba, O., Fer, M., Nikodem, A., Vondrackova, L., Jaksik, O., Grabic, R. (2016). An analysis of the dissipation of pharmaceuticals under thirteen different soil conditions. *Science of the Total Environment*, 544, 369-381.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.085>
- Koopmans, G.F., Chardon, W.J., McDowell, R.W. (2007). Phosphorus movement and speciation in a sandy soil profile after long-Term animal manure applications. *Journal of Environmental Quality*, 36, 305-315.
- Kratz, S., Schick, J., Schnug, E. (2016). Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany. *Science of the Total Environment*, 542 (Part B), 1013-1019.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.046>
- Kratz, S., Vogel, C., Adam, C. (2019). Agronomic performance of P recycling fertilizers and methods to predict it: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 115, 1-39.
- Krogstad, T., Sogn, T.A., Sæbø, A. Asdal Å. (2004). Resirkulering av fosfor i slam. *Grønn kunnskap* 8(7), 41 s.

- Kvakkestad, V., Brod, E., Helgesen, H., Flø, B.E., Hanserud, O. (2023). Circulation of nutrients through bio-based fertilizer products: perspectives from farmers, suppliers, and civil society. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 7, 1239353.
- Las Heras Hernández, M. m.fl. (upublisert). Farm-level MFA of the agricultural phosphorus cycle in Norway: informing resource efficiency strategies at different regional scales.
- Landbruksdirektoratet (2024, 12. juni). *Regionalt miljøtilskudd i jordbruket (RMP)*. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/ordninger-for-jordbruk/regionalt-miljotilskudd-rmb>
- Lee, H., Tevlin, A.G., Mabury, S. A., Mabury, S. A. (2014). Fate of polyfluoroalkyl phosphate diesters and their metabolites in biosolids-applied soil: biodegradation and plant uptake in greenhouse and field experiments. *Environmental Science & Technology*, 48(1), 340-349. <https://doi.org/10.1021/es403949z>
- Liu, H., Hu, G., Basar, I.A., Li, J., Lyczko, N., Nzihou, A., Eskicioglu, C. (2021). Phosphorus recovery from municipal sludge-derived ash and hydrochar through wet-chemical technology: A review towards sustainable waste management. *Chemical Engineering Journal*, 417, 129300.
- Liu, J., Bechmann, M., Eggstad, H.O., Øgaard, A.F. (2023). Twenty years of catchment monitoring highlights the predominant role of long-term phosphorus balances and soil phosphorus status in affecting phosphorus loss in livestock-intensive regions. *Science of Total Environment*, 898, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165470>
- LMD (2024, 20. mars). Revidert gjødselregelverk – høring av forslag til ny forskrift om lagring og bruk av gjødsel mv. (gjødselbrukforskriften). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/revidert-gjodselregelverk-horing-av-forslag-til-ny-forskrift-om-lagring-og-bruk-av-gjodsel-mv.-gjodselbrukforskriften/id3030198/?expand=horingsnotater>
- Lusher, A.L., Hurley, R., Vogelsang, C., Nizzetto, L., Olsen, M. (2017). *Mapping microplastics in sludge*. (NIVA rapport 7215-2017). NIVA.
- Mackay, J.E., Cavagnaro, T.R., Jakobsen, I., Macdonald, L.M., Grønlund, M., Thomsen, T.B., Müller-Stöver, D.S. (2017). Evaluation of phosphorus in thermally converted sewage sludge: P pools and availability to wheat. *Plant Soil*, 418, 307-317.
- Magid, J., Pedersen, K. E., Hansen, M., Cedergreen, N., Brandt, K.K. (2020). Comparative assessment of the risks associated with use of manure and sewage sludge in Danish agriculture. I: D. Sparks, D. (Red.), *Advances in Agronomy* vol 164, s. 289-334. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.06.006>
- Mattilsynet (2023). *Risikovurdering av helse- og miljøfarlige stoffer i avløpsslam brukt som gjødselvarer - skjebne og effekter i matkjeden og miljøet i Norge*. Brev til Vitenskapskomiteen for mat og miljø.
- Mattilsynet (2024a, 4. mars). Omsetningsstatistikk mineralgjødsel. <https://www.mattilsynet.no/planter-og-dyrking/gjodsel-jord-og-dyrkingsmedier/omsetningsstatistikk-mineralgjodsel>
- Mattilsynet (2024b, 7. juni). *Høring ny gjødselvarerforskrift*. <https://hoering.mattilsynet.no/Hoering/2963?utkast=ebe1ceec-4661-4854-b901-352671682c7d>
- McKinnon, K., Løes, A.-K., Almvik, M. (2021). *Gjødsel med rester av herbicid: Effekt av kloparyalid på oppsplanter* (NORSØK Rapport 6(6)). NORSØK.
- Miljødirektoratet. (2023, 15. mars). *Biodrivstoff i Norge*. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/transport/biodrivstoff/>
- Miljøstatus (2024a, 18. mars). *Den norske prioritetslista*. Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/om-prioriterte-miljogifter/>
- Miljøstatus (2024b, 27. februar). *Dioksiner og furaner*. Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/dioksiner/>
- Miljøstatus (2024c, 20. mars). *Klorparafiner (SCCP og MCCP)*. Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/klorerte-parafiner-sccp-og-mccp/>
- Miljøstatus (2024d, 20. mars). *Perfluorerte stoffer (PFOS, PFOA og andre PFAS-er)*. Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/perfluorerte-stoffer-pfos-pfoa-og-andre-pfas-er/>
- Miljøstatus (2024e, 18. mars). *Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)*. Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/polysykliske-aromatiske-hydrokarboner-pah/>
- Möller, K., Müller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*, 12(3), 242-257.

- Müller, D.B., Las Heras Hernández, M., Pandit, A.V., Øgaard, A.F., Reitan, K.I. (2024). *Towards A Circular Phosphorus Economy in Norway*. (Technical Report. NTNU Open). NTNU.
- Myhre, M.S. (2022). *Restråstoffanalyser 2020-2022: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff fra norsk fiskeri- og havbruksnæring*. (SINTEF rapport 2022:00893). SINTEF.
- Møller, H., Arnøy, S., Modahl, I.S., Morken, J., Briseid, T., Hanssen, O.J., Sørby, I. (2012). *Miljønytte og verdikjedeøkonomi ved biogassproduksjon, fase II. Matavfall og husdyrgjødsel*. (OR.34.12). Østfoldforskning.
- Nanzer, S., Oberson, A., Huthwelker, T., Eggenberger, U., Frossard, E. (2014). The molecular environment of phosphorus in sewage sludge ash: Implications for bioavailability. *Journal of Environmental Quality*, 43, 1050-1060.
- Nedland, K.T., Paulsrud, B. (2002). Innholdet av organiske miljøgifter i norsk avløpsslam har sunket betydelig de siste fem årene. *VANN*, 3, 228-236.
- Nesse, A.S. (2024). *Novel organic contaminants in recycled organic waste and their fate in a mushroom production system*. [Doktorgradsavhandling]. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU).
- NIBIO (2024, 21. mars). *Totalkalkylen – statistikk. Gruppenavn – Handelsgjødsel og kalk*. <https://www.nibio.no/tjenester/totalkalkylen-statistikk?locationfilter=true#groups/2220/51897>
- NORM/NORM-VET. (2023). *Usage of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in Norway*. ISSN: 1890-9965.
- Norwaste (2023, 15. mars). *Bransjens biogasstatistikk 2022*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2MzMjJkYTETNGU1NyooZmIzLTkxYTktNTYoYjQ4MWZkNTk2IiwidCI6IjU2NjNkNmEyLWM2NGYtNGVhZio5YjhjLWVmM2Y5NTkwYWU2NyJ9&pageName=ReportSection>
- OECD (2024, 15. mars). *Agri-environmental indicators: Nutrients: Phosphorus balance*. OECD database of agri-environmental indicators <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=79765#>
- Oliver, J.P., Gooch, C.A., Lansing, S., Schueler, J., Hurst, J.J., Sassoubre, L., Crossette, E.M., Aga, D.S. (2020). Invited review: Fate of antibiotic residues, antibiotic-resistant bacteria, and antibiotic resistance genes in US dairy manure management systems. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1051-1071. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16778>
- Pandit, A.V., Dittrich, N., Strand, A.V., Lozach, L., Las Heras Hernández, M., Reitan, K.I., Müller, D.B. (2023). Circular economy for aquatic food systems: insights from a multiscale phosphorus flow analysis in Norway. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1248984>
- Paulsrud, B., Sjølander, I., Eggen, T., Dombu, S.V., Øgaard, A.F., Hanserud, O.S. (2023). *Nasjonal strategi for behandling og disponering av avløpsslam*. (Norsk Vann Rapport 277/2023). Norsk Vann.
- Pedersen, K.E., Brandt, K.K., Hansen, M., Cedergren, N., Magid, J. (2019). *Assessment of risks related to agricultural use of sewage sludge, pig and cattle slurry*. Universitet i København. <https://orgprints.org/37490/>
- Peirce, C.A.E., Smernik, R.J., McBeath, T.M. (2013). Phosphorus availability in chicken manure is lower with increased stockpiling period, despite a larger orthophosphate content. *Plant and Soil*, 373, 359-372.
- Petersen, S.O., Henriksen, K., Mortensen, G.K., Krogh, P.H., Brandt, K.K., Sørensen, J., Madsen, T., Petersen, J., Grøn, C. (2003). Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. *Soil and Tillage Research*, 72(2), 139-152. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00084-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00084-9)
- Persson, T., Rueda-Ayala, V. (2022). Phosphorus retention and agronomic efficiency of refined manure-based digestate – A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 993043.
- proff.no (2024, 21. mars). *Grønn Gjødsel AS. Proff – The Business Finder*. <https://www.proff.no/selskap/gr%C3%B8nn-gj%C3%B8dsel-as/rakkestad/produsenter/IGGIGSSo16D>
- Produktforskriften (2004). *Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter* (FOR-2024-03-18-509). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922>
- Riley, H., Westbye, P.O., Kvamme, J. (1999). Tap av næringsstoff ved bruk av husdyr- og mineralgjødsel på morenejord og sandjord – Undersøkelser i Særheimlysimeteret 1992-1997. *Grønn forskning*, 10(99)
- Schoumans, O.F., Rulkans, W.H., Oenema, O., Ehlert, P.A.I. (2010). Phosphorus recovery from animal manure – Technical opportunities and agro-economical perspectives. *Alterra report*, 2158, 111 s.
- Sele, V., Ali, A., Liland, N., Lundebye, A.-K., Tibon, J., Araujo, P., Sindre, H., Nilsen, H., Hagemann, A., Belghit, I. (2024). Characterization of nutrients and contaminants in fish sludge from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) production sites – A future resource. *Journal of Environmental Management*, 360, 121103.

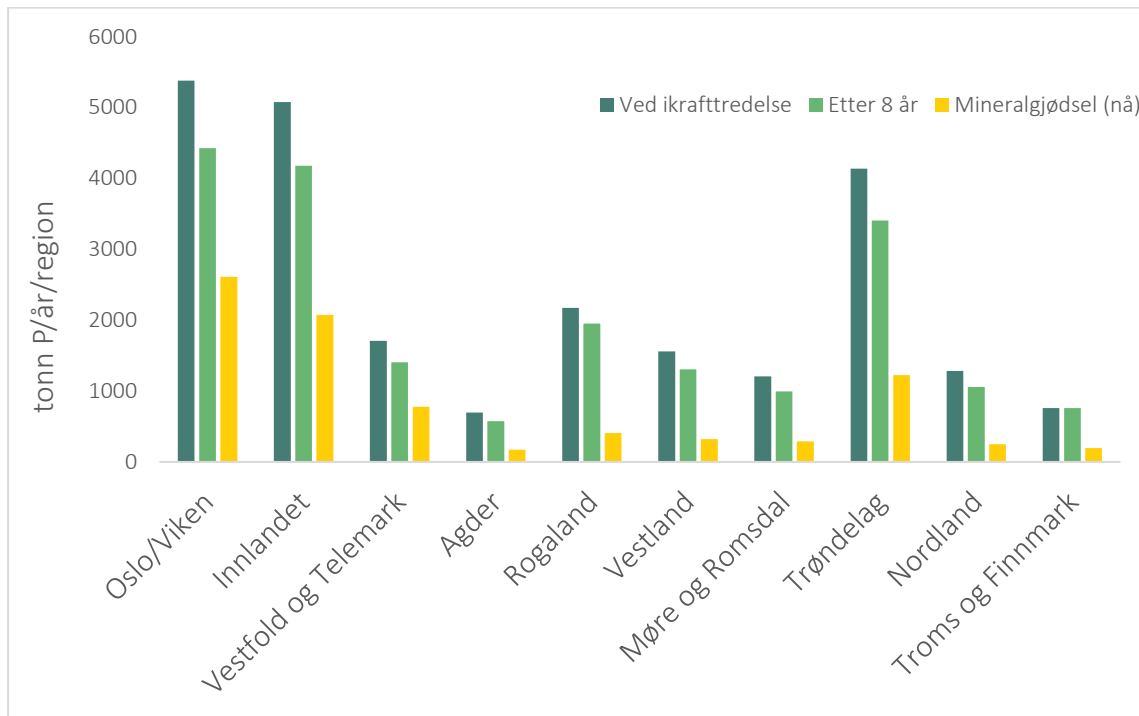
- Sharpley, A.N. (1995). Dependence of runoff phosphorus on extractable soil phosphorus. *Journal of Environmental Quality*, 24, 920-926.
- Sharpley, A., Moyer, B. (2000). Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality*, 29(5), 1462-1469.
- Sinaj, S., Traore, O., Frossard, E. (2002). Effect of compost and soil properties on the availability of compost phosphate for white clover (*Trifolium repens* L.). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62, 89-102.
- Smil, V., (2000a). Feeding the World: A Challenge for the 21st Century. The MIT Press, Cambridge.
- Smil, V., (2000b). Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 53-88.
- Solheim, A.L., Haande, S., Dillinger, B., Persson, J., Skjelbred, B., Mjelde, M. (2022). *Eutrofiering av norske innsjøer. Tilstand og trender*. (NIVA-Rapport 7744-2022). NIVA.
- Spiller, M., Muys, M., Vlaeminck, S.E. (2019). Sustainable multifunctional fertilizer -combining bio-coatings, probiotics and struvite for phosphorus and iron supply Deliverable 1.4 Recommendations for struvite producers to make their product suitable for use as phosphorous source in fertilisers. Doi: 10.13140/RG.2.2.23468.21127
- SSB (2023a, 14. desember). *Kommunalt avløp. 05279: Disponering av avløpsslam (F) 2002 – 2022*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/05279>
- SSB (2023b, 13. desember). *Befolkning. 11342: Areal og befolkning i kommuner, fylker og hele landet (K) 2007 – 2024*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/11342>
- SSB (2023c, 8. desember). *Nasjonale befolkningsframskrivninger. 13600: Framskrevet folkemengde 1. januar, etter kjønn og alder, i 9 alternativer (K) 2022 – 2050*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/13600>
- SSB (2024a, 23. januar). *Kommunalt avløp. 05314: Tungmetall-innhold i avløpsslam (mg/kg tørrstoff) 1993 - 2022*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/05314/>
- SSB (2024b, 21. februar). *Gardsbruk, jordbruksareal og husdyr. 05988: Jordbruksbedrifter, etter brukartype (F) 1999 – 2023*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/05988/>
- SSB (2024c, 21. februar). *Gardsbruk, jordbruksareal og husdyr. 12661: Jordbruksbedrifter med økologisk drift, godkjent økologisk jordbruksareal og jordbruksareal under omlegging til økologisk drift (karens) (F) 1995 – 2023*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/12661/>
- SSB (2024d, 30. august). *Gardsbruk, jordbruksareal og husdyr. 11507: Husdyr, etter statistikkvariabel, region, husdyrslag og år*. Statistikkbanken. <https://www.ssb.no/statbank/table/11507/tableViewLayout1/>
- Statista (2023a, 15. mars). *Reserves of phosphate rock worldwide in 2022, by country*. <https://www.statista.com/statistics/681747/phosphate-rock-reserves-by-country/>
- Statista (2023b, 15. mars). *Phosphate rock production worldwide in 2022, by country*. <https://www.statista.com/statistics/681617/phosphate-rock-production-by-country/>
- Statista (2024, 21. mars). *Global consumption of agricultural fertilizer from 1965 to 2021, by nutrient*. <https://www.statista.com/statistics/438967/fertilizer-consumption-globally-by-nutrient/>
- Syversen, F., Lyng, K.-A., Amland, E.N., Bjørnerud, S., Callewaert, P., Prestrud, K. (2018). *Utsortering og material-gjenvinning av biologisk avfall og plastavfall – Utredning av konsekvenser av forslag til forskrift for avfall fra husholdninger og liknende avfall fra næringslivet (2017/12503)*. (Mepex rapport). Mepex.
- Sævarsson, T., Krogstad, T., Bechmann, M., Øgaard, A.F. (2014). Ny kunnskap om fosfortap gjennom nedvasking. *Bondevennen* 40/2014, 36-37.
- Tarragó, E., Sciarria, T.P., Rusalleda, M., Colprim, J., Balaguer, M.D., Adani, F., Puig, S. (2018). Effect of suspended solids and its role on struvite formation from digested manure. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 93(9), 2758-2765.
- Thompson, J.T., Robey, N.M., Tolaymat, T.M., Bowden, J.A., Solo-Gabriele, H.M., Townsend, T.G. (2023). Underestimation of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Biosolids: Precursor Transformation During Conventional Treatment. *Environmental Science & Technology*, 57(9), 3825-3832. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06189>
- Uhlen, G. (1988). Surface runoff losses of phosphorus and other nutrient elements from fertilized grassland. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 3, 47-55.
- Van den Berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haes, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., Peterson, R.E. (2006). The 2005 World Health Organization reevaluation of human and

- mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological sciences*, 93(2), 223-241.
- Vanotti, M., Szogi, A. (2009). Technology for recovery of phosphorus from animal wastewater through calcium phosphate precipitation. I Ashley, K., Mavinic, D., Koch, F. (Red.) *International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams* (s. 459-468)
- Vaneeckhaute, C., Zeleke, A.T., Tack, F.M., Meers, E. (2017). Comparative evaluation of pre-treatment methods to enhance phosphorus release from digestate. *Waste and biomass valorization*, 8, 659-667.
- Vatn, A., Krogh, E., Gundersen F., Vedeld, P. (2002a). Environmental taxes and politics: the dispute over nitrogen taxes in agriculture. *Environmental Policy Journal*, 12, 224-40.
- Vatn, A., Kvakkestad, V., Rørstad, P.K. (2002b). Policies for Multifunctional Agriculture: The Trade-off between Transaction Costs and Precision. (NLH rapport 23). Norges Landbrukshøgskole.
- Vatn, A. (2005). *Institutions and the environment*. Edgard Elgar.
- Veterinærkatalogen (2024, 6. mai). *ATC-register*. <https://www.felleskatalogen.no/medisin-vet/atc-register/>
- VKM, Bernhoft, A., Amundsen, C.E., Källqvist, T., Rudi, K., Sogn, T., Yazdankhan, S., Ørnsrud, R. (2014). *Zinc and copper in pig and poultry production - fate and effects in the food chain and the environment*. (VKM Rapport 2014:28). VKM.
- VKM, Eggen, T., Amlund, H., Barneveld, R., Bernhoft, A., Bloem, E., Eriksen, G.S., Flem, B., Källqvist, T., Sverdrup, L., Trapp, S., Øgaard, A.F., Fæste, C.K., Lock, E.-J., Ringø, E., Steinshamn, H., Ørnsrud, R., Krogdahl, Å. (2022). *Risk assessment of potentially toxic elements (heavy metals and arsenic) in soil and fertiliser products - fate and effects in the food chain and the environment in Norway. Scientific opinion of the Panel on Animal Feed of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment*. (VKM Rapport 2022:09). VKM.
- VKM, Eggen, T., Amlund, H., Bernhoft, A., Eklo, O.M., Eriksen, G.S., Flem, B., Källqvist, T., Singh, B.R., Steinnes, E., Trapp, S., Øgaard, A.F., Fæste, C.K., Lock, E.-J., Nesse, L., Ringø, E., Steinshamn, H., Ørnsrud, R., Krogdahl, Å. (2019). *Risk assessment of cadmium in mineral fertilisers - fate and effects in the food chain and the environment in Norway. Scientific Opinion of the Panel on Animal Feed of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment*. (VKM Rapport 2019:07). VKM.
- VKM, Eriksen, G.S., Amundsen, C.E., Bernhoft, A., Eggen, T., Grave, K., Halling-Sørensen, B., Källqvist, T., Sogn, T., Sverdrup, L. (2009). *Risk assessment of contaminants in sewage sludge applied on Norwegian soils*. (VKM Rapport 2009:30). VKM.
- Yara (2022). *Our position on organic farming*. <https://www.yara.com/nb-no/syssiteassets2/sustainability/position-papers/position-paper-on-organic-farming.pdf/>
- Yara (2024, 11. januar). *Yara styrker satsingen på organiske gjødselprodukter med investering i Grønn Gjødsel*. <https://www.yara.no/nyheter-og-media/nyheter-og-pressemedlinger/arkiv/2024/gronn-gjodsel/>
- Yli-Halla, M., Hartikainen, H., Ekholm, P., Turtola, E., Puustinen, M., Kallio, K. (1995). Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56, 53-62.
- Øgaard, A.F. (1996). Effect of fresh and composted cattle manure on phosphate retention in soil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section-B – Soil & Plant Science*, 46, 98-105.
- Øgaard, A.F., Kristoffersen, A.Ø., Pedersen, R. (2012). *Fosforgjødsling – betydning for fosforkonsentrasjon i jord og tap til vann*. (Bioforsk Rapport 7(147)). Bioforsk.
- Øgaard, A.F., Kristoffersen, A.Ø., Bechmann, M. (2016). *Utrekning av forslag til forskriftskrav om tillatt spredemengde av fosfor i jordbruket*. (NIBIO Rapport 2 (131)). NIBIO.
- Øgaard, A.F., Brod E. (2016). Efficient phosphorus cycling in food production: Predicting phosphorus fertilization effects of sludge from chemical wastewater treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(24), 4821-4829.
- Økologiforskriften (2022). *Forskrift om økologisk produksjon og merking av økologiske landbruksprodukter, akvakulturprodukter, næringsmidler og fôr m.m.* (FOR-2022-06-11-1171). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2022-06-11-1171>

Vedlegg

Vedlegg 1: Metode for beregning av fosforoverskudd i ulike regioner

For å vurdere størrelsen av fosforoverskuddene i de ulike regionene, sammenlignet vi fosformengdene vist i kapittel 2.3 med to nivåer av tillatt fosfortilførsel for hver region (Figur V1). Fosfornivåene ble valgt med utgangspunkt i høringsutkastet til ny gjødselbrukforskrift (LMD, 2024) og tilsvarer forslagene til maksimalt tillatt fosfortilførsel per dekar (kg fosfor/dekar) i de ulike regionene «ved ikrafttredelse» og «etter 8 år» (Tabell V1).



Figur V1. To nivåer av totalt tillatt fosfortilførsel («ved ikrafttredelse» og «etter 8 år») for hver region sammenlignet med dagens mineralgjødselbruk i jordbruket

Tabell V1. Maksimalt tillatt fosfortilførsel per dekar (kg fosfor/dekar) i de ulike regionene «ved ikrafttredelse», «etter 4 år», «etter 8 år» og på innmarksbeite (LMD, 2024)

Region	Ved ikrafttredelse ^a	Etter 4 år	Etter 8 år ^b	Innmarksbeite ^c
Oslo/Viken	2,8	2,5	2,3	2
Innlandet	2,8	2,5	2,3	2
Vestfold og Telemark	2,8	2,5	2,3	2
Agder	2,8	2,5	2,3	2
Rogaland	3,1	3,0	2,7	2
Vestland	2,8	2,5	2,3	2
Møre og Romsdal	2,8	2,5	2,3	2
Trøndelag	2,8	2,5	2,3	2
Nordland	2,8	2,5	2,3	2
Troms og Finnmark	2,5	2,5	2,5	2

^a brukt til beregning av totalt tillatt fosfortilførsel (tonn fosfor/år/region) «ved ikrafttredelse»

^b brukt til beregning av totalt tillatt fosfortilførsel (tonn fosfor/år/region) «etter 8 år»

^c brukt til beregning av totalt tillatt fosfortilførsel (tonn fosfor/år/region) «ved ikrafttredelse» og «etter 8 år»

Beregning av tillatt fosfortilførsel per region

Beregning av totalt tillatt fosfortilførsel (tonn fosfor/år/region) «ved ikrafttredelse», hvor **a** og **c** for hver region er oppgitt i Tabell V1 og **d** er oppgitt i Tabell V2:

Totalt tillatt fosfortilførsel =

$$\left[a \frac{kg P}{daa} \times \text{fulldyrket og overflatedyrket areal} \left(\frac{daa}{region} \right) + c \frac{kg P}{daa} \times d \times \text{areal innmarksbeite} \left(\frac{daa}{region} \right) \right] / 1000$$

Beregning av totalt tillatt fosfortilførsel (tonn fosfor/år/region) «etter 8 år», hvor **b** og **c** for hver region er oppgitt i Tabell V1:

Totalt tillatt fosfortilførsel =

$$\left[b \frac{kg P}{daa} \times \text{fulldyrket og overflatedyrket areal} \left(\frac{daa}{region} \right) + c \frac{kg P}{daa} \times d \times \text{areal innmarksbeite} \left(\frac{daa}{region} \right) \right] / 1000$$

Tabell V2. Type jordbruksareal i hver region (SSB, 2023)

Region	Fulldyrket jord og overflatedyrket eng	Innmarksbeite		
		Totalt areal	Andel av totalt jordbruksareal i drift	Antatt andel innmarksbeite godkjent som spredeareal ^d
	1000 dekar	1000 dekar	%	%
Oslo/Viken	1915	117	6	10
Innlandet	1799	221	11	10
Vestfold og Telemark	609	35	5	10
Agder	245	61	20	10
Rogaland	563	440	44	49
Vestland	509	305	37	22
Møre og Romsdal	425	81	16	10
Trøndelag	1466	174	11	10
Nordland	452	92	17	10
Troms og Finnmark	301	34	10	10

^d fratrukket 15 % som estimat for andel berg, stein mv.¹; brukt til beregning av totalt tillatt fosfortilførsel (tonn fosfor/år/region) «ved ikrafttredelse» og «etter 8 år»

Kommentarer:

Antall dekar jordbruksareal av de ulike arealtypene i hver region er vist i Tabell V2. Faktisk andel innmarksbeite som er godkjent som spredeareal i de ulike regionene er ukjent siden godkjenningen håndteres på kommunenivå uten videre rapportering. Derfor er estimatene for de ulike regionene oppgitt i basert på SSBs gjødselundersøkelse som ble gjennomført i 2018 (SSB, 2020). Vi antok at andelen innmarksbeite som er godkjent som spredeareal samsvarer med areal innmarksbeite som ble gjødslet minst én gang med husdyrgjødsel etter korreksjon for berg, stein mv. tilsvarende 15 % ². Vi spesifiserer videre at vi i beregningen av tillatte fosfortilførsler per region ikke tok hensyn til at enkelte

¹ Personlig kommunikasjon med N. Dimby 6.3.2024

² Personlig kommunikasjon med N. Dimby 6.3.2024

gårder vil kunne velge å dokumentere balanse gjødsling istedenfor å følge de generelle fosforgrensene vist i Tabell V1, i henhold til utkast til ny gjødselbrukforskrift (LMD, 2024).

Beregning av fosforoverskuddet

Fosforoverskuddet (tonn fosfor/år/region) i de ulike regionene ble beregnet som:

$$\text{Fosforoverskudd} = \sum \text{fosforkilder} - \text{totalt tillatt fosfortilførsel ("ved ikrafttredelse" eller "etter 8 år")}$$

Negative verdier viser at det er plass til mer fosfor i regionen, mens positive verdier viser at det er et fosforoverskudd i regionen.

Kommentarer:

Vi spesifiserer at vi i vurderingen av fosforoverskuddene ikke tok hensyn til faktisk behov for fosforgjødsel i hver region, siden vi ikke foretok en korreksjon basert på jordanalyser (P-AL) og avlingens fosforbehov. Gjennomsnittlig faktisk behov for fosforgjødsel i hver region kan derfor være lavere enn beregnet tillatt fosfortilførsel per region. I kapittel 1.2 er det gitt en innføring i forurensingsproblematikk ved overgjødsling med fosfor.

Vi spesifiserer videre at det ikke er tillatt å spre avløpsslam i eng og på grønnsaksareal, og at vi har antatt at markedene for avløpsslam i grøntsektoren er mettet. Mye av avløpsslammet vil derfor måtte bli transportert ut av husdyrregionene. Ifølge høringsutkastet til ny gjødselbrukforskrift (LMD, 2024), vil det være tillatt å tilføre høyere totalfosformengder med avløpsslam (25 kg fosfor/dekar) enn med andre gjødseltyper. Mengden plantetilgjengelig fosfor må likevel ikke overstige maksimalt tillatte fosfortilførsler per dekar (Tabell V1). Vi har ikke tatt hensyn til unntakene som vil gjelde for bruk av avløpsslam i vurderingen av fosforoverskuddet i ulike regioner.

Referanser

LMD (2024, 20. mars) Revidert gjødselregelverk – høring av forslag til ny forskrift om lagring og bruk av gjødsel mv. (gjødselbrukforskriften). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/revidert-gjodselregelverk-horing-av-forslag-til-ny-forskrift-om-lagring-og-bruk-av-gjodsel-mv.-gjodselbrukforskriften/id3030198/?expand=horingsnotater>

SSB (2020) Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2018. Metodebeskrivelse og resultater fra en utvalgsbasert undersøkelse (rapport 2020/9). Statistisk sentralbyrå

SSB (2023, 8. desember) Statistikkbanken. 11506: Jordbruksareal (dekar), etter region, statistikkvariabel, år og vekst. <https://www.ssb.no/statbank/table/11506>

Vedlegg 2: Intervjuguider

Intervjuguide A – Gjødseprodusenter, salg, teknologi, avfall og transport

Introduksjon

Vi har et oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet til å utrede et eventuelt omsetningskrav for sekundærfosfor, der en bestemt andel av fosforet i alt av gjødsevarer solgt av forhandler må ha opprinnelse fra sekundære kilder, enten de er gjenvunnet eller ved direkte tilføring av organiske materialer, med formål å delvis erstatte import og bruk av mineralsk fosfor (og å resirkulere en større andel av fosfor). NIBIO skal utrede egnethet, konsekvenser, gjennomførbarhet og løsninger for krav om en minimumsandel gjenvunnet fosfor ved salg av fosforholdig gjødse.

Organiske produkter er alle gjødseprodukter som inneholder karbon/organisk materiale, f.eks. biorest, husdyrgjødse, avløpsslam, fiskeslam. De fleste organiske gjødseprodukter inneholder for lite nitrogen sammenlignet med fosfor. Derfor kombinerer noen produsenter ubalanserte organiske gjødseprodukter med mineralske gjødsekomponenter, for å produsere hybridgjødse (i.e. hybrid av organisk og mineralsk gjødse) mer i samsvar med plantenes behov.

Egnethet

Hva tenker du om at en gitt andel av all gjødse som blir solgt skal ha opprinnelse fra sekundære kilder?

Vil et omsetningskrav bidra til å erstatte mineralfosfor med sekundærfosfor?

Om det ikke blir innført et omsetningskrav for sekundærfosfor, hvordan tror du markedet for fosforgjødse, gjødse og fosfor vil utvikle seg i framtiden?

Konsekvenser

Hva slags effekter kan et slikt omsetningskrav for sekundærfosfor, som gjelder gjødseforhandlere, ha for norsk landbruk, ulike produksjoner og regioner? (Klargjøre at det som utredes kun gjelder forhandlere).

Hva slags konsekvenser kan et omsetningskrav ha for følgende:

- Produsenter av sekundærfosfor
- Husdyrprodusenter, oppdrettsnæringen, matavfall, avløpsvann
- De som produserer organiske/hybride gjødseprodukter
- Produsenter av mineralgjødse med primærfosfor (f.eks. Yara)
- Forhandlere av gjødse (f.eks. Felleskjøpet)
- Planteprodusenter
- Kostnader til gjødse
- Husdyrprodusenter
- Spesifikt de som ikke oppfyller krav til spredeareal

- Plassering av ulike produksjoner i Norge
- Andre aktører du tror blir påvirket?

Hvordan blir kostnadene ved et omsetningskrav trolig fordelt blant aktører i verdikjeden?

Betalingsvillighet for produkter med sekundærfosfor (organiske produkter og hybrid produkter) kontra primærfosfor.

- Plantetilgjengelighet
- Usikkerhet om næringsinnhold

Muligheter for kryss-subsidiering? Det vil si at prisene på gjødsel med primærfosfor øker for å kunne ta lavere priser på gjødsel med sekundærfosfor.

Gjennomførbarhet

(Kun gjødselprodusenter, teknologileverandører):

Vi vil høre litt om faktorer som påvirker gjennomføring av et omsetningskrav, fra sekundærfosforkilder, hvilke ulike typer produkter lages, kvalitet og kontroll, og gjødseleffekt.

Hvilke av fosforstrømmene anser dere som mest attraktiv i gjødselproduksjon?

Hvilke gjødselprodukter produserer dere/tenker dere å produsere med sekundærfosfor?

Hva slags sekundærfosforkilder brukes (avløpsvann, gjødsel, fiskerester, osv)?

Hva er noen av kvalitetskravene til materialet? (Partikkelstørrelse, renhet, konsistente resultater)

Kan det forventes at disse kvalitetsnormer kan tilfredsstilles? Hva må forbedres for å sikre at kvalitetsnormer kan tilfredsstilles?

Er det noen miljørisiko man må ta hensyn til ved å bruke materialet i gjødselproduksjon, eller ved endelig bruk av produktet i felt?

Kan du fortelle litt om teknologi som må brukes for å forbedre materialet til bruk som gjødsel (inkl. gjenvinning)? Er teknologien under utvikling/kan det forbedres?

Hvordan skaffer man materialet til bruk?

Hva slags transportkostnader inngår?

Kan materialet skaffes til en pris som gjør det lønnsomt å lage gjødsel fra det?

Transport og avfall

Ved et omsetningskrav og/eller en endring i gjødselforskriften blir det evt. mer transport av gjødsel, fiskerester, organisk avfall osv. Hva slags logistikkendringer kunne det medføre? (Lønnsomhet, forbedring av materialer før transport)

Er det forskjellige tidspunkt gjennom året der transport av gjødsel er høyest? Krasjer det med andre logistikk hensyn hvis mengden øker (ved gjødselforskriftsendring eller omsetningskrav)?

Hvilke produkter produseres per i dag med sekundærfosfor? Hva slags sekundærfosforkilder er mest aktuelle (avløpsvann, gjødsel, fiskerester, osv.)?

Er det noen miljørisiko man må ta hensyn til ved å produsere produktet? Er det spesielle miljøhensyn eller miljørisiko ved bruk av produktet?

Kan du fortelle litt om teknologi som må brukes for å forbedre materialet til bruk som gjødsel (inkl. gjenvinning)? Er teknologien under utvikling? Hva kan forbedres med prosessen?

Salgsleddet og gjødselprodukter

Hvordan vil det være å skaffe marked for gjenvunnet fosfor ved et evt. omsetningskrav?

(Organisk / hybrid gjødsel): Hva slags pris trengs for organisk/hybrid gjødselproduktene for å få et økonomisk overskudd?

Klarer produktene å konkurrere med mineralgjødsel som inneholder primær fosfor (for konvensjonelle gårdbrukere)? Herunder:

- Gjødsleffekten eller plantetilgjengelighet av fosfor
- Pris
- Gjødselspredning på jorden – arbeidsmengde, pris, forskjell i utstyr

Løsninger/alternativer

Hvor høy kan et omsetningskrav være? 10%, 20%, hva er realistisk?

Er det hensiktsmessig med krav rettet mot forhandlere? Om det viser seg vanskelig å gjennomføre omsetningskrav i salgsleddet, ser du for deg andre muligheter for å gjennomføre et omsetningskrav?

Hvordan mener du at et omsetningskrav bør utformes?

Selv om dette ikke er et innblandingskrav, kunne innblanding spille en rolle i oppfylging av et omsetningskrav?

Intervjuguide B – Stat, forvaltning, rådgivning

Introduksjon

Vi har et oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet til å utrede et eventuelt omsetningskrav for sekundærfosfor, der en bestemt andel av fosforet i alt av gjødselvarer solgt av forhandler må ha opprinnelse fra sekundære kilder, enten de er gjenvunnet eller ved direkte tilføring av organiske materialer, med formål å delvis erstatte import og bruk av mineralsk fosfor (og å resirkulere en større andel av fosfor). NIBIO skal utrede egnethet, konsekvenser, gjennomførbarhet og løsninger for krav om en minimumsandel gjenvunnet fosfor ved salg av fosforholdig gjødsel.

Organiske produkter er alle gjødselprodukter som inneholder karbon/organisk materiale, f.eks. biorest, husdyrgjødsel, avløpsslam, fiskeslam. De fleste organiske gjødselprodukter inneholder for lite N sammenlignet med P. Derfor kombinerer noen produsenter ubalanserte organiske gjødselprodukter med mineralske gjødselkomponenter, for å produsere hybridgjødsel (i.e. hybrid av organisk og mineralsk gjødsel) mer i samsvar med plantenes behov.

Egnethet

Hva tenker du om at en gitt andel av all gjødsel som blir solgt skal ha opprinnelse fra sekundære kilder?

Vil et omsetningskrav bidra til å erstatte mineralfosfor med sekundærfosfor?

Om det ikke blir innført et omsetningskrav for sekundærfosfor, hvordan tror du markedet for fosforgjødsel, gjødsel og fosfor vil utvikle seg i framtiden?

Konsekvenser

Hva slags effekter kan et slikt omsetningskrav for sekundærfosfor, som gjelder gjødselforhandlere, ha for norsk landbruk, ulike produksjoner og regioner? (Klargjøre at det som utredes kun gjelder forhandlere).

Hva slags konsekvenser kan et omsetningskrav ha for?

- Produsenter av sekundærfosfor
- Husdyrprodusenter, oppdrettsnæringen, matavfall, avløpsvann
- De som produserer organiske/hybride gjødselprodukter
- Produsenter av mineralgjødsel med primærfosfor (f.eks. Yara)
- Forhandlere av gjødsel (f.eks. Felleskjøpet)
- Planteprodusenter
- Kostnader til gjødsel
- Husdyrprodusenter
- Spesifikt de som ikke oppfyller krav til spredeareal
- Plassering av ulike produksjoner i Norge
- Andre aktører du tror blir påvirket?

Hvordan blir kostnadene ved et omsetningskrav trolig fordelt blant aktører i verdikjeden?

Betalingsvillighet for produkter med sekundærfosfor (organiske produkter og hybrid produkter) kontra primærfosfor.

- Plantetilgjengelighet
- Usikkerhet om næringsinnhold

Muligheter for kryss-subsidiering? Det vil si at prisene på gjødsel med primærfosfor øker for å kunne ta lavere priser på gjødsel med sekundærfosfor.

Gjennomførbarhet

Vi vil høre litt om faktorer som påvirker gjennomføring av et omsetningskrav.

- Muligheter for å kontrollere et omsetningskrav og omgåelse av omsetningskravet
- Kontrollkostnader
- Hva om det er usikkerhet om gjødseleffekt av næringsstoffer i produktene?
- Håndtering av miljørisiko ved bruk av resirkulert gjødselprodukter/resirkulert fosfor (tungmetaller, organiske miljøgifter, medisinrester)?

Løsninger/alternativer

Er det hensiktsmessig med krav rettet mot forhandlere? Om det viser seg vanskelig å gjennomføre omsetningskrav i salgsleddet, ser du for deg andre muligheter for å gjennomføre et omsetningskrav?

Hvordan mener du at et omsetningskrav bør utformes?

Mens vi ikke utreder et innblandingskrav, kunne innblanding spille en rolle i oppfylling av et omsetningskrav?

Intervjuguide C – Landbruksorganisasjoner, faglag, brukere

Introduksjon

Vi har et oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet til å utrede et eventuelt omsetningskrav for sekundærfosfor, der en bestemt andel av fosforet i alt av gjødselvarer solgt av forhandler må ha opprinnelse fra sekundære kilder, enten de er gjenvunnet eller ved direkte tilføring av organiske materialer, med formål å delvis erstatte import og bruk av mineralsk fosfor (og å resirkulere en større andel av fosfor). NIBIO skal utrede egnethet, konsekvenser, gjennomførbarhet og løsninger for krav om en minimumsandel gjenvunnet fosfor ved salg av fosforholdig gjødsel.

Organiske produkter er alle gjødselprodukter som inneholder karbon/organisk materiale, f.eks. biorest, husdyrgjødsel, avløpsslam, fiskeslam. De fleste organiske gjødselprodukter inneholder for lite N sammenlignet med P. Derfor kombinerer noen produsenter ubalanserte organiske gjødselprodukter med mineralske gjødselkomponenter, for å produsere hybridgjødsel (i.e. hybrid av organisk og mineralsk gjødsel) mer i samsvar med plantenes behov.

Egnethet

Hva tenker du om at en gitt andel av all gjødsel som blir solgt skal ha opprinnelse fra sekundære kilder?

Vil et omsetningskrav bidra til å erstatte mineralfosfor med sekundærfosfor?

Om det ikke blir innført et omsetningskrav for sekundærfosfor, hvordan tror du markedet for fosforgjødsel, gjødsel og fosfor vil utvikle seg i framtiden?

Konsekvenser

Hva slags effekter kan et slikt omsetningskrav for sekundærfosfor, som gjelder gjødselforhandlere, ha for norsk landbruk, ulike produksjoner og regioner? (Klargjøre at det som utredes kun gjelder forhandlere).

Hva slags konsekvenser kan et omsetningskrav ha for?

- Produsenter av sekundærfosfor
- Husdyrprodusenter, oppdrettsnæringen, matavfall, avløpsvann
- De som produserer organiske/hybride gjødselprodukter
- Produsenter av mineralgjødsel med primærfosfor (f.eks. Yara)
- Forhandlere av gjødsel (f.eks. Felleskjøpet)
- Planteprodusenter
- Kostnader til gjødsel
- Husdyrprodusenter
- Spesifikt de som ikke oppfyller krav til spredeareal
- Plassering av ulike produksjoner i Norge
- Andre aktører du tror blir påvirket?

Hvordan blir kostnadene ved et omsetningskrav trolig fordelt blant aktører i verdikjeden?

Betalingsvillighet for produkter med sekundærfosfor (organiske produkter og hybrid produkter) kontra primærfosfor.

- Plantetilgjengelighet
- Usikkerhet om næringsinnhold

Muligheter for kryss-subsidiering? Det vil si at prisene på gjødsel med primærfosfor øker for å kunne ta lavere priser på gjødsel med sekundærfosfor.

Gjennomførbarhet

Vi vil høre litt om faktorer som påvirker gjennomføring av et omsetningskrav.

- Muligheter for å kontrollere et omsetningskrav og omgåelse av omsetningskravet
- Kontrollkostnader
- Hva om det er usikkerhet om gjødseffekt av næringsstoffer i produktene?
- Håndtering av miljørisiko ved bruk av resirkulert gjødselprodukter/resirkulert fosfor (tungmetaller, organiske miljøgifter, medisinrester)?

Løsninger/alternativer

Er det hensiktsmessig med krav rettet mot forhandlere? Om det viser seg vanskelig å gjennomføre omsetningskrav i salgsleddet, ser du for deg andre muligheter for å gjennomføre et omsetningskrav?

Hvordan mener du at et omsetningskrav bør utformes?

Mens vi ikke utreder et innblandingskrav, kunne innblanding spille en rolle i oppfylling av et omsetningskrav?

Vedlegg 3: Metode for analyse av intervjuer

Tabell V3. Andel koder knyttet til overordnet tematikk (egnethet, gjennomførbarhet og konsekvenser) i intervjuene for hver aktørgruppe

	Annet	Forhandler	Myndigheter	Produsent	Rådgivning	Sluttbruker
Egnethet	13 %	26 %	22 %	23 %	33 %	21 %
Gjennomføring	74 %	61 %	59 %	65 %	48 %	67 %
Konsekvenser	13 %	12 %	19 %	11 %	18 %	13 %

Tabell V4. Andel koder knyttet til enkelte emner innenfor overordnet tematikk (egnethet, gjennomførbarhet og konsekvenser) i intervjuene for hver aktørgruppe

Emne/tematikk	Annet	Forhandler	Myndigheter	Produsent	Rådgivning	Sluttbruker
1 : Egnethet	4,7 %	9,8 %	3,7 %	6,4 %	6,1 %	3,8 %
2 : Alternativer	2,7 %	3,4 %	2,8 %	3,8 %	6,1 %	2,6 %
3 : Biogass	0,7 %	0,0 %	7,4 %	1,5 %	3,0 %	5,1 %
4 : Etterspørsel	1,4 %	6,3 %	3,7 %	5,3 %	9,1 %	2,6 %
5 : Fordeler med mer bruk resirkulert fosfor	2,0 %	2,3 %	1,9 %	2,6 %	0,0 %	2,6 %
6 : Jordhelse	0,0 %	0,6 %	1,9 %	1,9 %	3,0 %	3,8 %
7 : Konkurranse	0,0 %	2,9 %	0,0 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %
8 : Lagring	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,8 %	3,0 %	0,0 %
9 : Miljø	0,7 %	1,1 %	0,9 %	0,8 %	3,0 %	0,0 %
10 : Gjennomførbarhet	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
11 : Ansvar	0,0 %	1,1 %	0,9 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %
12 : Bruksområder	2,0 %	3,4 %	0,0 %	2,6 %	0,0 %	0,0 %
13 : Gjødelsvareforskriften	1,4 %	0,6 %	0,9 %	1,1 %	0,0 %	2,6 %
14 : Internasjonale forhold	3,4 %	4,6 %	1,9 %	1,9 %	3,0 %	3,8 %
15 : Logistikk	11,5 %	1,7 %	1,9 %	1,5 %	6,1 %	3,8 %
16 : Lønnsomhet	2,7 %	2,9 %	1,9 %	1,9 %	3,0 %	0,0 %
17 : Marked	4,1 %	1,7 %	10,2 %	3,8 %	3,0 %	14,1 %
18 : Næringsinnhold	2,7 %	2,3 %	7,4 %	5,6 %	6,1 %	2,6 %
19 : Omfang	2,0 %	2,3 %	3,7 %	5,3 %	3,0 %	2,6 %
20 : Omstilling	0,7 %	2,3 %	0,9 %	0,0 %	3,0 %	0,0 %
21 : Priser	1,4 %	2,3 %	2,8 %	0,4 %	3,0 %	5,1 %
22 : Produkter	0,0 %	2,3 %	3,7 %	3,4 %	0,0 %	2,6 %
23 : Prosessering	4,7 %	5,2 %	4,6 %	8,6 %	3,0 %	5,1 %
24 : Teknologi	6,8 %	0,6 %	0,9 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %
25 : Rapportering	4,7 %	1,1 %	0,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
26 : Produktregistrering	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
27 : Sporbarhet	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
28 : Regelverk	3,4 %	1,1 %	2,8 %	4,5 %	0,0 %	3,8 %
29 : Oppfølging regelverk	0,7 %	3,4 %	1,9 %	1,1 %	0,0 %	0,0 %
30 : Tilgang produkter marked	2,0 %	2,3 %	0,0 %	1,1 %	0,0 %	0,0 %
31 : Tilgang råvarer	6,1 %	5,7 %	2,8 %	8,6 %	9,1 %	10,3 %
32 : Fiskeslam	6,8 %	0,0 %	0,9 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %
33 : Transparens	0,7 %	0,6 %	0,0 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %
34 : Verdikjeden	3,4 %	7,5 %	3,7 %	6,0 %	3,0 %	3,8 %
35 : Virkemidler	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
36 : Kryssubsidiering	0,0 %	1,7 %	1,9 %	0,0 %	0,0 %	1,3 %
37 : Rammevilkår	2,0 %	1,1 %	0,0 %	2,6 %	0,0 %	1,3 %
38 : Tilskudd	0,0 %	3,4 %	2,8 %	1,9 %	3,0 %	3,8 %
39 : Konsekvenser	2,7 %	4,0 %	5,6 %	0,8 %	0,0 %	1,3 %
40 : Begrensinger	3,4 %	0,0 %	1,9 %	1,9 %	3,0 %	2,6 %

Emne/tematikk	Annet	Forhandler	Myndigheter	Produsent	Rådgivning	Sluttbruker
41 : Tungmetaller	1,4 %	0,6 %	1,9 %	1,1 %	3,0 %	2,6 %
42 : Effekt	0,0 %	1,1 %	0,9 %	0,4 %	0,0 %	1,3 %
43 : Kostnadsfordeling	5,4 %	5,7 %	5,6 %	5,6 %	12,1 %	3,8 %
44 : Utfordringer	0,0 %	0,6 %	2,8 %	1,5 %	0,0 %	1,3 %

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

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

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

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