

Avløpsslam i jordbruket – risiko for fosfortap

Av Anne Falk Øgaard

Anne Falk Øgaard er forsker ved Bioforsk Jord og Miljø.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 13. februar 2012.

Sammendrag

Tilførsel av avløpsslam til jordbruksarealer etter dagens regelverk gir store fosfortilførsler, i mange tilfeller mer fosfor enn det avlingene tar ut i løpet av 10 år.

Avløpsslam har en positiv effekt på jordstrukturen, spesielt i leirjord som har blitt drevet med ensidig korndyrking med lite eller ingen tilførsel av husdyrgjødsel.

Bedret jordstruktur kan minske tapet av fosforrike jordpartikler ved erosjon. På den annen side, kan tilførsel av avløpsslam gi en betydelig økning i jordpartiklenes fosforkonsentrasjon, og med dette øke risikoen for å tape fosfor til omgivelsene. En positiv struktureffekt er tidsbegrenset, og den positive struktureffekten kan avta raskere enn fosforinnholdet i jorda. Foreløpig er det mangelfull kunnskap om sumeffekten av bedret jordstruktur og høyere fosforkonsentrasjon på risiko for fosfortap.

Mye fosfor i avløpsslam

Fosfor i slam er en betydelig fosforressurs. Økonomisk drivverdige reserver av mineralsk fosfor er begrenset. Flere studier konkluderer med at disse vil være brukt opp i løpet av dette århundre (f.eks. Cordell et al. 2009). Effektiv resirkulering av fosforet bør derfor ha et større fokus enn det har i dag. Cirka 2000 tonn fosfor blir årlig rensset fra norsk avløp. Til sammenlikning er årlig norsk forbruk av fosfor i mineralgjødsel til jordbruket 8-9000 tonn. Teoretisk kan derfor fosfor i avløpsslam erstatte en betydelig andel av dagens forbruk av mineralsk fosfor.

Tilførsel av avløpsslam i norsk landbruk

I Norge resirkuleres 50-60 % av avløpsslammet til jordbruksarealer. Regelverket for bruk av avløpsslam medfører at det er hovedsakelig kornarealer som mottar slam. Det er derfor jordbruksområder i Akershus, Østfold, Buskerud og Vestfold som mottar mest slam, men bruk av slam i landbruket foregår i nesten

alle fylker fra Nord-Trøndelag og sør-
over. Rundt 30 % av slammet brukes i
grøntområder (inkl. toppdekke på av-
fallsdeponier), denne typen bruk er ut-
bredt i hele landet.

I jordbruket brukes avløpsslam først
og fremst som et jordforbedringsmiddel.
Ved ensidig korndyrking med mineral-
gjødsel får jorda tilført lite organisk ma-
teriale, og innholdet av organisk mate-
riale synker ofte på denne typen arealer.
Jordas innhold av organisk materiale er
viktig for jordstrukturen, som igjen har
betydning for plantenes mulighet til å
skaffe vann og næring, jordas infiltra-
sjonsevne for vann og jordas motstands-
dyktighet mot erosjon. En del av korn-
dyrkingsarealene er tidligere ravineom-
råder som har blitt utjevnet (bakkepla-
nering) for å muliggjøre moderne land-
bruksdrift med maskiner. Disse arealene
har ofte et lavt innhold av organisk mate-
riale, dårlig jordstruktur og derfor høy
erosjonsrisiko. Ekstra tilførsel av orga-
nisk materiale med for eksempel avløps-
slam kan være et effektivt tiltak for å
bedre jordstrukturen og dermed reduse-
re erosjon og fosfortap.

Fosfortilførsel med avløpsslam

Dagens regelverk for tilførsel av avløps-
slam til jordbruksarealer gir begrensning
basert på slammets innhold av tung-
metaller. I praksis har dette som regel
gitt en maksimal tillatt tilførsel på 2 tonn
tørrstoff (TS)/daa/10 år. Den tillatte
mengden blir gjerne tilført som en dose i
løpet av ti-års perioden. Noen rensean-
legg har nå imidlertid så lavt innhold av

tungmetaller at den doble mengden er
tillatt. Med maksimalt tillatt mengde
slam tilføres det mye organisk materiale
og næringsstoffer. To tonn slamtørrstoff
per dekar gir en tilførsel av fosfor (P) va-
rierende fra cirka 15 til 65 kg P/dekar
avhengig av hvilken slamtype som br-
kes. Til sammenligning fjerner en korn-
avling 1,5-2 kg P/dekar. Totalt fosforinn-
hold i dyrka jord ligger ofte mellom 100
og 300 kg P/dekar i matjordlaget. En
vanlig slamtilførsel kan dermed gi en be-
tydelig økning i jordas totale fosforinn-
hold. Selv uten annen fosforgjødsling vil
en som regel ikke kunne ta ut alt tilført
fosfor med avlingen i løpet av en 10-års-
periode. I tillegg kommer usikkerhet an-
gående plantetilgjengelighet av fosfor i
slammet, slik at tilførsel av avløpsslam
bare i mindre grad fører til redusert til-
førsel av fosfor med mineralgjødsel. Det
er derfor stor sannsynlighet for at en får
akkumulering av fosfor i jorda der det
tilføres avløpsslam etter dagens regel-
verk. Dette kan være negativt med hen-
syn til risiko for fosfortap til vassdrag.

Tilførsel av organisk materiale med avløpsslam

Tilførselen av organisk materiale med en
slamtilførsel på 2 tonn TS/dekar er i
størrelsesorden 600-1100 kg/dekar av-
hengig av slamtype. I jord med 5 % orga-
nisk materiale er den totale mengden
organisk materiale i matjordlaget cirka
11 tonn/daa. Det betyr at tilførsel av 2
tonn slamtørrstoff gir en tydelig økning i
jordas innhold av organisk materiale.

Plantetilgjengelig fosfor i avløpslam

Hvis fosfor i avløpsslam skal bidra til en reell resirkulering av fosfor, er det ønskelig med god plantetilgjengelighet av fosforet. På den annen side, kan god plantetilgjengelighet medføre økt risiko for tap til vassdrag, spesielt hvis slammene tilføres i de mengdene som i dag er vanlig.

Ulike metoder for rensing av avløpsvannet og slambehandling gir ulik tilgjengelighet av fosforet i slammene. I en sammenstilling av norske (f.eks. Krogstad et al., 2004) og internasjonale undersøkelser konkluderes det med følgende når det gjelder effekt av ulike rense- og slambehandlingsmetoder på plantetilgjengeligheten av fosforet (Bøen, 2010):

Avløpsrensing

- Biologisk fosforfjerning: Plantetilgjengelighet = fosfor i mineralgjødning
- Felling med jern og/eller aluminium: Plantetilgjengelighet avtar med økende innhold av jern og aluminium i slammene
- Felling med kalk: Reduserer plantetilgjengelighet mindre enn jern og aluminium

Slambehandling

- Kalk reduserer plantetilgjengelighet der det ikke er brukt jern og/eller aluminium til felling
- Kalk øker plantetilgjengelighet der det er brukt jern og/eller aluminium til felling
- Biologiske stabiliseringsmetoder har gitt varierende utslag på plantetilgjengelighet av fosfor

- Tørring reduserer plantetilgjengelighet av fosfor

Det aller meste av norsk slam er felt med jern og/eller aluminium og forventes derfor å ha en relativ lav tilgjengelighet av fosforet. Noen renseanlegg tilsetter kalk til slammene som hygieniserings- og/eller stabiliseringsmetode, og forventes å ha noe bedre tilgjengelighet av fosforet.

Effekt av tilførsel av slam på ulike fosforfraksjoner i jord. Risiko for fosfortap

Den viktigste transportmekanismen for fosfor fra jordbruksareal til vassdrag er tap av fosforholdige jordpartikler ved erosjon. Fosforkonsentrasjonen i jordvæsken er som oftest svært lav. Det aller meste av fosforet er bundet til jordpartiklene. Ved samme jordtap er det derfor risiko for økte fosfortap etter tilførsel av avløpsslam. Når jorda kommer i kontakt med mye vann som ved overflateavrenning, kan imidlertid noe partikkelbundet fosfor frigjøres. Mengden fosfor som frigjøres avhenger jordas innhold av lett tilgjengelig fosfor. Effekten av avløpsslam på jordas innhold av lett tilgjengelig fosfor er derfor også viktig i forhold til å vurdere risiko for økt fosfortap etter slamtilførsel.

I pågående feltforsøk med tre slamtyper ved to lokaliteter (Ås og Hobøl) som ble etablert i 2007 i regi av Bioforsk, undersøkes effekten av ulike slamtyper på konsentrasjonen av lett tilgjengelig fosfor i jord. Alle tre slamtypene som testes er felt med jern og aluminium. To av dem (VEAS og TAU) er tilsatt kalk

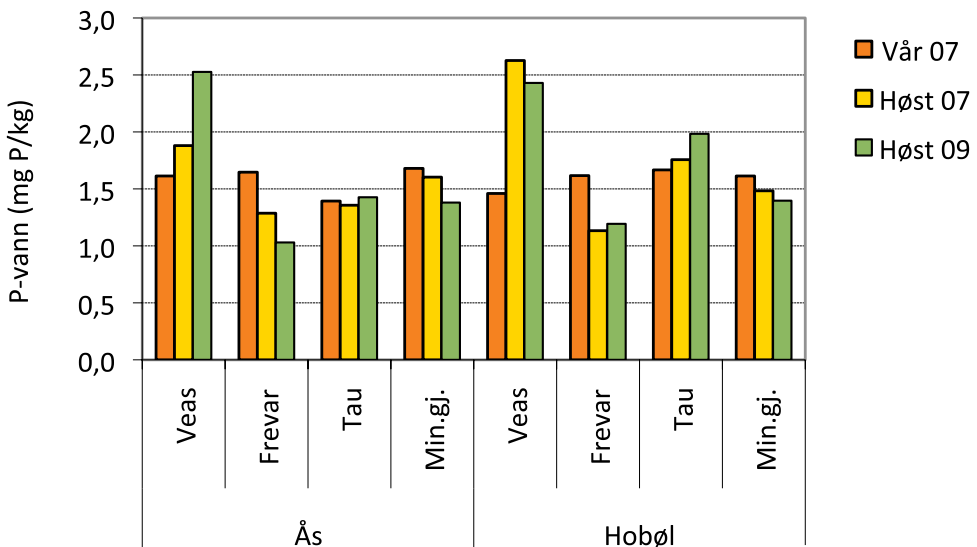
ved slambehandlingen. VEAS-slammet ga en tydelig økning i jordas konsentrasjon av vannløselig fosfor, mens FREVAR-slammet ga en nedgang i konsentrasjon av vannløselig fosfor (Fig.1). FREVAR-slammet hadde en høy konsentrasjon av jern og aluminium, noe som bidrar til å binde deler av jordas innhold av lett løselig fosfor. Tilførsel av FREVAR-slam kan dermed gi mindre løst fosfor i avrenningen, mens VEAS-slam kan gi mer løst fosfor.

Algetilgjengelighet av partikkelbundet fosfor

Siden det aller meste av fosforet i jord er bundet til partiklene, er det spørsmål om i hvilken grad partikkelbundet fosfor kan bli tilgjengelig for alger, og spesielt i

hvilken grad fosfor fra avløpsslam bidrar til å øke konsentrasjonen av algetilgjengelig fosfor i jordbruksavrenning. Ved sammenligning av jordbrukets fosforbidrag med bidrag fra andre kilder (for eksempel kloakk) er det viktig å vurdere algetilgjengeligheten av fosfor i arealavrenning. Totalfosfor i jordbruksavrenning er sannsynligvis ikke et godt mål for jordbrukets bidrag til algevekst i vassdrag. Fosfor i jord er fordelt på fraksjoner med ulik bindingsstyrke, og bare deler av fosforet frigjøres når jorda kommer ut i vann.

Forsøk har vist at under ideelle forhold for algevekst kan alger utnytte en stor andel av uorganisk partikkelbundet fosfor (Krogstad og Løvstad, 1991). Under reelle forhold vil imidlertid jordpartikler



Figur 1. Virkning av ulike typer avløpsslam og mineralgjødsel på jordas konsentrasjon av vannløselig fosfor. Vår 07 viser konsentrasjonene av vannløselig fosfor i jorda før slamtilførsel.

gi en betydelig lysbegrensning for algevekst i partikkelbelastet vann, slik at algene ikke klarer å utnytte fosforet på partiklene fullt ut før disse har sedimentert eller passert ut av vassdraget.

Vi har mangelfull kunnskap om hvordan fosfor tilført med ulike slamtyper påvirker algetilgjengeligheten av fosfor fra jord. Dette gjelder både hvordan ulike slamtyper påvirker konsentrasjonen av vannløselig fosfor i jorda og i hvilken grad algene klarer å utnytte det partikkelbundne fosforet etter slamtilførsel.

Jernbundet fosfor som har havnet i innsjøens bunnsedimenter, kan frigjøres hvis det oppstår anaerobe forhold i bunnen av innsjøen. Jern binder fosfor når det er i tre-verdig form (oksidert status), mens to-verdig jern (redusert status) ikke binder fosfor. Fosfor som blir frigjort i bunnsedimentene kan ved sirkulering av vannmassene komme opp i produksjonssonen og bidra til algevekst.

Avløpsslam som jordforbedringsmiddel

God jordstruktur i form av god aggregatstabilitet er viktig for å minimere erosjonsrisikoen ved nedbørsepisoder. Aggregatstabilitet har betydning for jordas infiltrasjonsevne for vann, og for at de minste partiklene blir holdt sammen i større aggregater, slik at de ikke så lett blir transportert med overflateavrenning. Aggregatstabiliteten avhenger av mange faktorer som jordtekstur, de fysiske og kjemiske egenskapene til jorda, jordas innhold av organisk materiale samt effekten av planterøtter, sopphyfer, jordorganismer og tilført organisk mate-

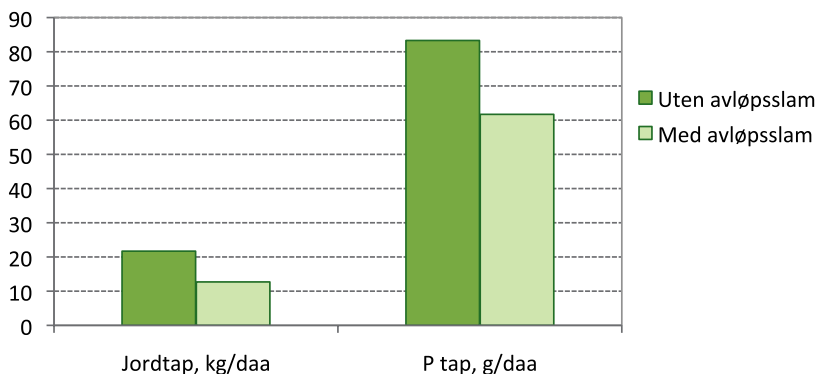
riale. Kalking kan også bidra til økt aggregatstabilitet.

Det er vist i forsøk at avløpsslam bedrer aggregatstabiliteten (f.eks. Øgaard et al. 2008), men det er usikkerhet angående hvor langvarig denne effekten er. Det er spørsmål om den positive struktureffekten blir borte før fosfortilførselen med avløpsslam er tappet ut med avlingene.

Slamtilførsel og risiko for fosfortap. Nettoeffekt av jordas fosforstatus og jordstruktur

Tilførsel av avløpsslam etter dagens forskrift medfører sannsynligvis økt fosforkonsentrasjon i jordpartiklene som tapes ved erosjon. Samtidig vil tilførsel av slam gi en mer stabil jordstruktur, noe som vil redusere erosjonsrisikoen. Det er derfor en mulighet for at mindre jordtap som følge av bedret jordstruktur kan oppveie effekten av høyere fosforkonsentrasjon i jorda, slik at fosfortapet ikke blir høyere fra arealer som har fått tilført avløpsslam. Nettoeffekten kan imidlertid endres over tid hvis den positive struktureffekten avtar raskere enn nedtappingen av tilført fosfor.

I et avrenningsforsøk på Hellerud ble det inkludert slamtilførsel (2 tonn TS/daa) i anleggsåret på ett av forsøksleddene (Lundekvam, 1997). Resultatene viser at ved lik jordarbeiding ga slamtilførsel redusert partikkel- og fosfortap i forhold til ruter uten slamtilførsel (Fig. 2). Reduksjonen i fosfortap var mindre enn reduksjonen i jordtap. Det er dess-



Figur 2. Effekt av slam på tap av jord og fosfor (P). Etter Lundekvam (1997)

verre ikke funnet opplysninger om slammet som ble brukt.

I utenlandske studier er det funnet at ved samme fosfortilførsel er det mindre risiko for tap av fosfor i avløpsslam enn av fosfor i husdyrgjødsel og mineralgjødsel (f.eks. Withers et al. 2001). Årsaken er lavere løselighet av fosforet i avløpsslam sammenlignet med fosfor i husdyrgjødsel og mineralgjødsel.

Nytt prosjekt som vil øke kunnskapen

Bioforsk har fått innvilget midler til et nytt prosjekt, «Avløpsslam til landbruksarealer – resirkulering av fosfor og mattrygghet», fra Fondet for forskningsavgift på landbruksprodukter og Forskningsmidler over jordbruksavtalen. Prosjektet skal gå i perioden 2012-2015, og vil forhåpentligvis kunne fylle ut noen av de kunnskapshullene vi har i dag når det gjelder plantetilgjengelighet av fosfor i avløpsslam og miljørisiko ved tilførsel av slam til jordbruksarealer.

Referanser

Bøen, A. 2010. Fosfor i avløpsslam – fraksjonering og plantetilgjengelighet. Bioforsk Rapport 5:62. 16 s.

Cordell, D., Drangert, J-O. & White, S: 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environmental Change Journal, doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009.

Krogstad, T. & Løvstad, Ø. 1991. Available soil phosphorus for planctonic blue-green algae in eutrophic lake water samples. Arch. Hydrobiol. 122, 117-128.

Krogstad, T., Sogn, T.A. & Asdal, Å. 2004. Resirkulering av fosfor i slam. Grønn kunnskap, Vol. 8 Nr. 7. 41 s.

Lundekvam, H. 1997. Spesialgranskinger av erosjon, avrenning, P-tap og N-tap i rutefelt og småfelt ved Institutt for jord- og vannfag. Jordforsk Rapport nr. 6/97. 69 s.

Withers, P.J.A., Clay, S.D. & Breeze, V.G. 2001. Phosphorus transfer in runoff following application of fertilizer, manure and sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 30: 180-188.

Øgaard, A.F., Grønsten, H.A., Sveistrup, T.E., Bøen, A., Kværnø, S.H. & Haraldsen, T.K. 2008. Potensielle miljøeffekter av å tilføre avløpslam til jordbruksarealer – Resultater frå to feltforsøk i korn, 1. forsøksår 2007. *Bioforsk rapport Vol.3*, nr. 59. 43 s.