

Fosfor i matkjeden – hvor forsvinner fosforet?

Av Anne Bøen og Marianne Bechmann

Anne Bøen er forsker og Marianne Bechmann er forskningssjef ved Bioforsk Jord og Miljø, Ås.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 8. mars 2010.

Lite fokus på effektive fosforkretsløp

Mange års overskytende fosforgjødsling bidrar til uttømming av verdens ikke-fornybare reserver. Det meste av dette overskuddet finner vi igjen i landbruksjorda. Dagens matproduksjon har lite fokus på effektive fosforkretsløp, fosforet tapes til vann og lagres i deponier og grøntarealer.

I dag finnes ikke noe økonomisk alternativ til fosforrik malm for å dekke verdens behov for fosfor i matproduksjon. Mens nitrogen og kalium er tilgjengelig i nærmest ubegrensede mengder fra naturlige systemer, er tilgangen på fosfor langt mer begrenset. Fosfor i seg selv er et hyppig forekommende element og verdens totale fosforressurser anses som store. Økonomisk drivverdige reserver av mineralsk fosfor er derimot begrenset. Det er store usikkerheter rundt beregning av gjenværene reserver, men flere studier konkluderer med at disse

kan være brukt opp i løpet av det neste århundret (Herring og Fantel, 1993; Cordell et al., 2009). Prisen på mineralsk fosfor forventes derfor å øke etter hvert som drivverdige reserver brukes opp, det kan skje allerede i løpet av noen tiår.

En bærekraftig forvaltning bør begrense overforbruk av mineralsk fosfor, samtidig som man utnytter resirkulerbart fosfor i husdyrgjødsel, avfall og avløp. Denne artikkelen prøver å gi noen svar på hvordan Norge står i forhold til disse utfordringene. Matkjeden i Norge (produksjon – foredling/handel – konsum – avfall-/avløpsbehandling) er spesiell siden vi har en stor marin sektor. Det er mange store fosforstrømmer i marin sektor, som delvis også er forbundet med de landbaserte fosforstrømmene. Marin sektor er likevel holdt utenfor i denne beskrivelsen av fosfor i matkjeden.

Jord – det viktigste endepunktet

Fra 1950-tallet og frem til i dag har det skjedd en stadig akkumulering av fosfor i norsk landbruksjord. Forbruk av fosfor i

jordbruket økte fra 50-årene, og det nådde en topp rundt 1980. Da ble det årlig i gjennomsnitt tilført ca. 2,5 kg mer fosfor per dekar enn det som ble fjernet med avling. På begynnelsen av 1980-tallet ble man oppmerksom på at dette store fosforoverskuddet kunne ha negative konsekvenser for vannkvaliteten ved at fosfor kom på avveie og bidro til algevekst i innsjøene. Forbruket av fosfor i mineralgjødsel i Norge ble nesten halvert fra midten av 1980-tallet til begynnelsen av 1990-tallet. Følgelig ble også fosforoverskuddet redusert. I perioden 1990 til 2004 lå den på 1,3-1,5 kg P/daa/år. Dette er fortsatt betydelig når en ser det i forhold til hvor mye som fjernes med en normalavling. Overskuddet tilsvarer omtrent samme fosformengden (per daa) som det som er i en vanlig norsk kornavling.

Husdyrgjødsel og mineralgjødsel er de viktigste kildene til fosfor i planteproduksjonen. I tillegg tilføres mindre mengder med slam og avfallsbaserte produkter. Første del av 2000-tallet lå total tilførsel av fosfor til norske landbruksarealer rundt 27 000 tonn (OECD, 2008). For 2009 ser det ut som årlig tilførsel vil ligge rundt 24 – 25 000 tonn, hovedgrunnen til denne reduksjonen er endringer i gjødselanbefalinger og redusert forbruk av mineralgjødsel. Uttaket gjennom avlinger tilsvarer rundt 14 000 tonn fosfor. Av overskuddet tapes rundt 1000 tonn fosfor årlig til vassdragene. Dermed ser det ut som overskuddet som blir igjen i landbruksjorda i 2009 vil være rundt 10 000 tonn, eller ca. 1 kg P/daa/år, tabell 1.

Endepunkt for fosfor fra matkjeden	
Landbruksjord	10 – 14 000*
Vann	2000
Deponi/bygningsmasse	900
Grøntanlegg	700

* Lå rundt 14 000 tonn per år på 90-tallet og tidlig på 2000-tallet. Foreløpige bergninger for 2009 tyder på at tallet vil ligge rundt 10 000 tonn.

Tabell 1. Hva skjer med fosforet?

De nye normene for fosforgjødsling på gras, korn og oljevekster som kom i 2008 tar utgangspunkt i at man skal tilføre like mye fosfor som man tar ut gjennom avlingen. Er det mye plantetilgjengelig fosfor i jorda, skal man redusere fosforgjødslingen. Det er kun der fosforinnholdet i jorda er svært lavt at man skal tilføre mer fosfor enn avlingen tar ut. Dette utgjør en

liten del av norsk landbruksjord. Mye av norsk landbruksjord har en fosfortilstand som gjør at en bør tilføre mindre fosfor enn avlingen tar ut (Bechmann og Øgaard, 2010). Likevel tilføres norsk landbruksjord opp mot dobbelt så mye fosfor som dette. Selv om enkelte kulturer innen grønnsakproduksjon fortsatt anbefales høyere fosfordosering enn balanse-

gjødsling, er det ikke faglige grunner til at fosfortilførselen for jordbruket som helhet er så høy som nå.

Husdyrgjødsel – en problematisk kretsløpsressurs

Den skjeve fordelingen av landets husdyrproduksjon gjør at fosforoverskuddet varierer mellom ulike regioner. Overskuddet er større i regioner med høy husdyrtetthet sammenlignet med regioner med lite husdyr. I husdyrtette områder er fosfornivået i jorda mange steder så høyt at det ikke er behov for å tilføre fosfor. For en god utnyttelse av fosforressursene i husdyrgjødsel bør den tilføres på arealer hvor den kan erstatte bruk av fosfor i mineralgjødsling. I husdyrdistrikten kan det imidlertid være sparsomt med slike arealer.

Selv om de husdyrtette områdene burde være en netto eksportør av fosfor, er det likevel slik at disse områdene kan være netto importører av fosfor. Korn til kraftfôr kjøpes hovedsakelig fra de kornproduserende regionene. Korn inneholder fosfor som dermed blir flyttet fra kornregionene til husdyrregionene. I tillegg blir kraftfôr tilsatt mineralsk fosfor for å sikre at husdyras fosforbehov blir dekket. En betydelig del av fosforet i fôret blir skilt ut i gjødsling og bidrar dermed til oppbygging av fosforoverskuddet i landbruksjorda i husdyrregionene.

Vann og vassdrag som fosforresipient

Vann og vassdrag er endepunkt for fosfor som tapes fra landbruksarealer og fra

kommunalt og spredt avløp. Til sammen utgjør disse to tapsveiene drøye 2000 tonn per år. Fosfortilførsler bidrar til eutrofiering og vekst av giftige alger og har store konsekvenser for vann og vassdrag i form av redusert vannkvalitet. Fosforets algetilgjengelighet har stor betydning for effekten det har på vannkvaliteten. Den mest algetilgjengelige delen av fosforet kommer fra avløpssektoren, men også fosfor fra landbruksarealer med høyt fosforinnhold har forholdsvis høy algetilgjengelighet. Minst algetilgjengelig er fosfor som tilføres i forbindelse med erosjon. En del fosfor som tilføres vann og vassdrag vil sedimentere med partikler i innsjøene og over tid under ulike forhold bidra til økte konsentrasjoner i innsjøene.

Enkelte steder i Norge har man jobbet målrettet med fosforgjødsling i innsjøers nedbørfelt, dette gjelder bl.a. vestre delen av Vansjø i Østfold. Det har bidratt til store reduksjoner i fosforforbruket i landbruket, noe som reduserer risiko for fosforavrenning. Effekten på vannkvaliteten er imidlertid et langsiktig mål. Jordas fosforreserver er store i dette området, det vil derfor ta tid før man får klare utslag på fosfortapet fra landbruksarealene.

Avfall og avløp samler opp fosfor

Årlig havner over 6 - 7000 tonn fosfor fra matkjeden i avfall og avløp, tabell 2 (Bøen og Grønlund, 2008). Dette er fosfor fra foredling, handel og konsum av norskprodusert og importert mat. Rundt halvparten av fosforet kan relateres til konsum av mat (matavfall og ekskres-

menter), den andre halvdel til industri og handel. Av fosforet i avfall og avløp tapes ca. 1200 tonn fosfor til vann via kommunalt avløp og spredt avløp, mens rundt 5500 tonn samles inn gjennom renovasjonsordninger og via avløpsnett. 70 % av det innsamlede fosforet finner man igjen i to produkter; slam innvunnet fra avløpsbehandling og kjøttbenmel (KBM) laget av slakteriavfall. Det meste av avløpsslammet som produseres i Norge har en kvalitet som gjør at det kan tilbakeføres til jordbruksarealer eller

grøntarealer (Norsk Vann, 2003). Rundt 70 % av kjøttbenmelet er basert på lavrisikoavfall (Norsk Protein, pers.med) og kan brukes som gjødsel i matproduksjon. Det resterende kjøttbenmelet er laget av høyrisikoavfall som ihht. dagens regelverk skal ut av matkjeden. Avfall fra husholdninger, tjenesteytende næringer og annen næringsmiddelindustri inneholder også interessante mengder med fosfor, men likevel betydelig mindre fosfor enn kjøttbenmel og slam.

Kilde	Produsert	Bruksområde			
		Jordbruk	Vann	Grøntareal	Deponi/ utligjengelig
Avløp totalt	3200	900	1200	500	100
Hvorav innvunnet i slam	1800				
Slakteriavfall	1900	1100			600
Øvrig næringsmiddelavfall	500 *				
Husholdninger	600				
Tjenesteytende næringer	500				

* Tallet er basert på gjennomsnittlig fosforinnhold i organisk avfall og må betraktes som relativt usikkert.

Tabell 2. Fosfor i avløp og ulike typer avfall (tonn/år), samt viktige bruksområder for de mest fosforrike strømmene: avløp og slakteriavfall.

Matkjedens fosforkretsløp

Slik husdyrgjødsel er landbrukets viktigste kretsløpsressurs for fosfor, er organisk avfall og avløp er kretsløpsressursene fra resten av matkjeden. Fra 2006 til 2008 økte mengden fosfor i avfall og avløpsslam som ble ført tilbake til landbruksjord fra 1000 til 2000 tonn. I 2006 ble fosfor først og fremst tilbakeført med avløpsslam. Norge har lange tradisjoner

for å resirkulere avløpsslam til landbruket og rundt halvparten av fosforet i norsk slam spres på landbruksarealer. Bruk av kjøttbenmel som gjødsel har økt kraftig siden 2006. I 2008 ble 80 % av kjøttbenmelet basert på lavrisiko slakteriavfall benyttet som gjødsel, hvorav halvparten ble brukt i Norge, figur 1.



Figur 1. Bruk av kjøttbenmel som gjødsel har økt kraftig i Norge de seneste årene, det er positivt for fosforkretsløpet (Foto: Torbjørn Støren).

Tilbakeføring av avfallsfosfor til landbruksjord bør ikke i seg selv anses som resirkulering. Fosforets plantetilgjengelighet, andre produkttegenskaper, spredmengder og supplerende gjødsling med fosforholdig mineralgjødsel er alle viktige for om fosforet kan anses å gå inn i matproduksjon eller om det blir værende igjen i jorda. I konvensjonelle dyrkingssystemer der man vanligvis ville brukt mineralgjødsel, kan andelen av det tilbakeførte fosforet som erstatter fosfortilførsel med mineralgjødsel være et mål på hvor effektivt fosforet resirkuleres. Tar man utgangspunkt i gjødslingsanbefalinger for slam finner man at mellom 0 og 8 % av fosforet i slammet man anvender på landbruksjord erstatter fosfor fra mineralgjødsel (Bøen og Grønlund, 2008).

Tilsvarende beregninger for kjøttbenmel viser at 46 % av fosforet kan erstatte mineralfosfor. Det betyr at ca. 500 tonn, eller 25 % av fosforet som tilbakeføres til norske landbruksarealer med slam og avfallsbaserte produkter, kan betegnes som fosforgjødsel. Det resterende fosforet fra disse produktene kommer i tillegg til vanlig fosforgjødsel og bidrar derfor først og fremst til å øke forforinnholdet i jorda.

I tillegg til at fosfor i avfall kan brukes som gjødsel, kan det også utnyttes i fôr. Bruk av avfall som fôr er strengt regulert og lite fosfor går tilbake til matproduksjon denne veien.

Hvor forsvinner fosforet

Landbruksjorda er det viktigste endepunktet for fosfor vi tilfører matproduk-

sjonen. Det vil si at mye av det fosforet som tilføres matproduksjonen ikke følger maten ut av landbruket, men blir værende igjen som et fosforoverskudd i jorda. Dette fosforet er ikke nødvendigvis tapt. Etter som fosformengden i jorda har økt gjennom de siste tiårene, har også mengden plantetilgjengelig fosfor økt. Følger man de nye gjødselnormene for fosfor, er det gode muligheter for å ta tilbake fosfor fra jorda. Hvor stor andel av denne fosforreserven det er mulig å ta ut igjen i et intensivt jordbruksystem er derimot usikkert.

Vann, deponi og grøntanlegg representerer alle endepunkter hvor fosforet er lite tilgjengelig for å ta tilbake til matproduksjon. Til sammen utgjør disse endepunktene i overkant av 3500 tonn. Avløp og landbruksavrenning er de viktigste kildene til fosfortap til vann. Fosforet som går til deponi eller andre utilgjengelige endepunkt inkluderer høyrisikoavfall som forbrennes i sementindustri og organisk avfall som forbrennes som en del av et blandet avfall. Mye slam og matavfallskompost brukes i grøntanlegg. Siden både slam og kompost inneholder mye fosfor, vil disse kunne erstatte annen fosforgjødsling. Selv om fosforet da ikke går tilbake til matproduksjon, vil det likevel kunne bidra til å erstatte mineralisk fosfor. I grøntanlegg brukes imidlertid slam og kompost ofte i store mengder, for eksempel tilsvarende et lag på 5-10 cm, dette betyr at den totale mengden fosfor som tilføres blir svært stor. Den prosentvise andelen av fosforet i slam og kompost som kan bidra til å redusere forbruket av mineralisk fosfor vil derfor være liten for denne typen bruk.

Konklusjoner

Den norske matkjeden er i begrenset grad et fosforkretsløp. Både husdyrgjødsel, organisk avfall og avløp inneholder fosfor som delvis tilbakeføres til matproduksjon, men potensialet er stort for å effektivisere fosforkretsløpet. Det er også mulig å hente mer fosfor fra avfall og avløp tilbake til landbruket enn det man gjør i dag. Men det er både strukturelle, tekniske og agronomiske utfordringer knyttet til å effektivisere fosforkretsløpet.

Landbruksjorda er det viktigste endepunktet for fosfor i matkjeden. Med nye fosforgjødslingsnormer er det lagt et godt grunnlag for at disse fosforreservene skal utnyttes, det krever at dagens gjødslingsanbefalinger følges opp. Andre viktige endepunkter for fosforet fra matkjeden er vann, deponier, bygningsmasse og grøntarealer. Økt bevissthet om verdien av fosforressursene er nødvendig for å øke utnyttelsesgraden av fosfor i matkjeden.

Referanser

- Bechmann, M. og Øgaard, A.F. 2010. Fosforressurser. I: Korsæth, A. (red.) Bærekraftig landbruk – Utfordringer, muligheter og kunnskapsbehov. Bioforsk Fokus 5(3): 8-12.
- Bøen, A. & Grønlund, A. 2008. Phosphorus resources in waste -closing the loop? I Rubæk, G. Phosphorus management in Nordic-Baltic agriculture –reconciling productivity and environmental protection. NJF Report 4 (4): 102-106
- 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

Herring J.R. & Fantel, R.J.1993. Phosphate rock demand into the next century: Impact on world food supply. *Nonrenewable Resources* 2 (3): 226-246.

Jeng, A., Haraldsen, T.K., Grønlund, A. & Pedersen, P.A. 2004. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. *Nutrient recycling in Agroecosystems*. 76: 183-191.

Krogstad, T., Sogn, T.A., Sæbø, A. and Asdal, Å. (2004) Resirkulering av fosfor i slam. *Grønn Kunnskap* Vol.8 Nr.7. 42 s.

Norsk Vann (2003) Tungmetaller i avløpsslam, faktaark 4. <http://norskvann.no/nv/Fag-prosjekter/Andre-fagressurser/Kunnskapsbase-slam/Faktaark-om-slam/Faktaark4>

ECD (2008), *Environmental Performance of Agriculture in OECD countries since 1990*, Paris, France, www.oecd.org/tad/env/indicators