



FOSFOROVERSKUD OG JORDENS FOSFORINDHOLD

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Fosforoverskuddet påvirker fosfortallet i jord. Ved høje fosfortal kan en nettotilførsel af fosfor på 0 ikke opretholde fosfortallet.

Fald i fosfortal ved fuld harmoni på f.eks. svinebedrifter kan skyldes store systematiske afvigelser i laboratoriernes fosfortalsbestemmelse.

Indhold

- Fosforoverskud og jordens fosforindhold
- Fosfortal og fosforoverskud på landsplan
- Hvad betyder analysesikkerheden for vurdering af udviklingen i fosfortal på bedriftsniveau
- Udvikling af fosfortal i Kvadratnettet forklaret ved dyrkningspraksis
- Fosforbalance beregnet efter faktiske tal contra normtal
- Fosfor i minkgødning
- Fosfortal på forskellige ejendomstyper
- Risiko for stigning i fosfortal og tab af fosfor ved nuværende tilførsel
- Litteratur

FOSFOROVERSKUD OG JORDENS FOSFORINDHOLD

I forbindelse med regulering af landbrugets fosforanvendelse betragtes fosforoverskuddet ofte som et nøgleparameter. Fosforoverskuddet udtrykker forskellen mellem tilført og fjernet fosfor fra marken og kan også udtrykkes som nettotilførslen. Det er meget vanskeligt at kvantificere sammenhængen mellem tilførsel af et bestemt niveau af fosfor og fosfortabet. Derfor anvendes

ofte en logik, der siger, at en overskudstilførsel af fosfor bevirker, at jordens fosforindhold stiger, og det rummer en potentiel risiko for, at fosfortabet vil stige på sigt.

Fosforoverskuddet beregnes typisk ud fra normtal. Det vil sige normtal for udskillelsen af fosfor i husdyrgødning, normtal for udbytter på forskellige jordtyper og normtal for indhold af fosfor i afgrøderne. Alle tre elementer af normtal har en betydelig variation, og derfor kan overskuddet af fosfor på den enkelte mark eller bedrift adskille sig meget fra beregninger ud fra normtal.

Fra praksis er der eksempler på at selv ved et betydeligt fosforoverskud, beregnet ud fra normtal, opleves fald i fosfortallene på bedriften. Udviklingen i fosfortal over en årrække stemmer heller ikke overens med udviklingen i fosforoverskuddet. Derfor er det spørgsmålet om en regulering, baseret på at fosforoverskuddet skal begrænses, giver miljømæssig mening. En sådan regulering kan blive en ulempe for nogle landbrug og resultere i, at nogle bedrifter får omkostninger til indkøb af ekstra fosfor i handelsgødning, fordi tilførsel af husdyrgødning begrænses.

I dette notat gives en oversigt over forskellige undersøgelser, der viser sammenhængen mellem fosforoverskud og fosfortal. Fordelingen af fosfortal på de enkelte bedriftstyper vises, og der fokuseres specielt på mink, hvor fosfor i husdyrgødning kan være svært tilgængeligt.

[Til top](#)

FOSFORTAL OG FOSFOROVERSKUD PÅ LANDSPLAN

Fosforoverskuddet gøres dels op som en markbalance i forbindelse med den årlige afrapportering af Landovervågningsoplandene¹⁰ og dels i form af en landsbalance¹. Opgørelserne bør principielt være ens, fordi der ikke sker noget tab af fosfor i stald og lagre (i modsætning til kvælstof). Derfor er der alligevel ikke fuld overensstemmelse, og generelt viser landsbalancen et overskud, der er 2-4 kg fosfor pr. ha større, end der angives for markbalancen.

Statistik over udviklingen i fosfortal kan udarbejdes på grundlag af den indsamling af resultater af jordbundsanalyser i Danmark, som SEGES hvert år indsamler fra laboratorierne, og som hvert år publiceres i Oversigt over Landsforsøgene.

På figur 1 er vist en sammenstilling af landsbalance for fosfor og udvikling i fosfortallene.

Fosforoverskuddet, vist som landsbalancen¹, har været faldende fra et niveau på 20 kg pr. ha i 1987 til 2 kg pr. ha i 2013. Det akkumulerede fosforoverskud i perioden på de 28 år er beregnet til 308 kg fosfor pr. ha.

De gennemsnitlige fosfortal på landsplan er næsten konstante i perioden. Frem til 2007 ser det umiddelbart ud som om, at fosfortallene er faldet, mens der efter 2015 er en lille stigning, hvorefter gennemsnittet har stabiliseret sig på omkring 4,1.

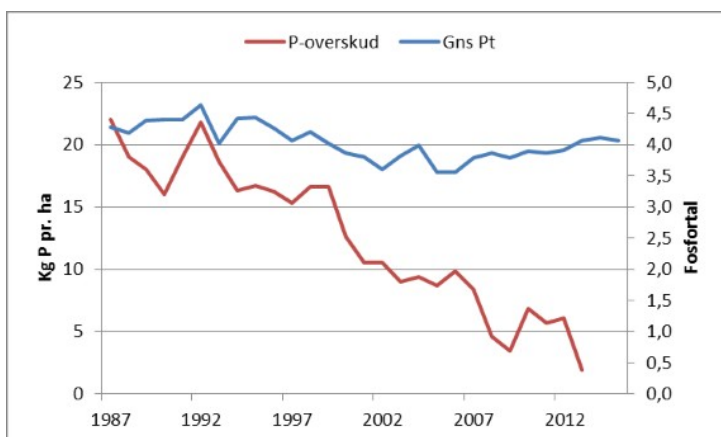
Det kan synes overraskende, at der ikke registreres en stigning i fosfortallene. En nettotilførsel på godt 300 kg fosfor til jorden i perioden vil forventes at resultere i en stigning i fosfortallet på

godt 1 enhed, idet det normalt antages, at 10-15 procent af overskuddet af fosfor ses i fosfortallet, og der skal 25 kg fosfor pr. ha til at hæve fosfortallene 1 enhed. Denne problematik er tidligere behandlet af Rubæk et. al. 2005³, hvor der blev nævnt 7 mulige forklaringer til den manglende stigning i fosfortallet på landsplan:

1. Ændringer i prøvernes repræsentativitet
2. Systematisk ændring i udtagningstidspunkt for prøver
3. Systematisk ændring i laboratoriernes resultater
4. Forskydninger mellem fosforpuljerne
5. Forskellig påvirkning af fosfor i handels- og husdyrgødning
6. Omlejring af fosfor fra overjord til underjord
7. Øget omfordeling og tab ved jordbearbejdningserosion

Siden 2007 har der været gennemført flere undersøgelser, som kan være med til at kvantificere årsagen til, at fosforoverskuddet tilsyneladende slår mindre igennem i fosfortallet end forventet.

[Til top](#)



Figur 1. Udvikling i fosforoverskud¹ og Fosfortal² i perioden 1987-2015

HVAD BETYDER ANALYSESIKKERHEDEN FOR VURDERING AF UDVIKLINGEN I FOSFORTAL PÅ BEDRIFTSNIVEAU

Kvaliteten af laboratoriernes jordbundsanalyser bliver overvåget ved hjælp af ringanalyser, hvor samme jordprøver sendes til forskellige laboratorier. Dette er nærmere beskrevet i Rubæk et. al. 2011³ og Rubæk et. al. 2015⁴. Disse rapporter er oprindeligt udarbejdet på foranledning af SEGES, der i 2009 rejste problemet overfor Miljøstyrelsen og NaturErhvervstyrelsen (daværende Plantedirektorat) om for stor systematisk variation i fosfortals analyser samt metoden til bestemmelse af tekstur i jord.

På grundlag af en statistisk bearbejdning af ringanalyser har Aarhus Universitet beregnet, at spredningen på forskellen mellem et fosfortals bestemmelse foretaget på forskellige laboratorier i forskellige år er 0,77 Pt enheder. Det betyder, at der skal være en forskel på 1,54 Pt enheder

for at man med 95 pct. sikkerhed kan sige, at resultaterne er forskellige, og at der er sket en udvikling i tallene. Derfor kan man ikke sige med sikkerhed at der, ved en udvikling i én prøve fra et fosfortal på 4,0 til 3,0 5 år efter, er et reelt fald i tallet.

Problemet forstærkes af, at spredningen på analyseresultaterne er systematisk. Det betyder, at laboratorierne kan ligge højt én analysedag og lavere en anden. Spredningen på gennemsnittet af 40 analyser er således beregnet til at være 0,60, hvilket igen betyder, at udviklingen i jordanalyser taget på 2 forskellige tidspunkter skal være minimum 1,2 Pt enheder, før end man med 95 procent sikkerhed kan sige, at der reelt er sket en ændring i fosfortallet i perioden. Dette er klart utilfredsstillende, og Miljøstyrelsen, Aarhus Universitet og SEGES arbejder nu på sammen med laboratorierne for at få nedbragt denne systematiske usikkerhed.

Den systematiske usikkerhed kan reelt være en af årsagerne til, at landmænd reelt oplever et fald i deres fosfortal, selvom normerne viser, at de reelt har overskud af fosfor i husdyrgødning i forhold til bortførslen.

UDVIKLING AF FOSFORTAL I KVADRATNETTET FORKLARET VED DYRKNINGSPRAKSIS

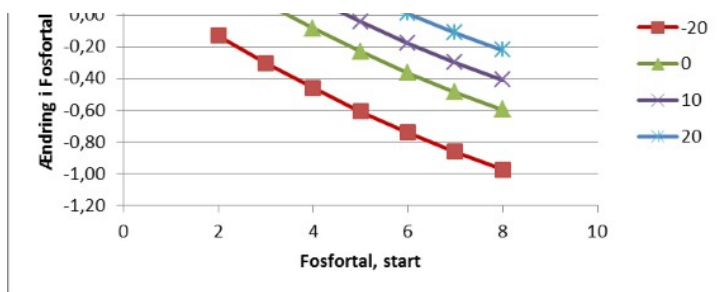
Med henblik på at afdække udviklingen i den overraskende udvikling i fosfortal på landsplan, blev der i 2008, i et samarbejde mellem Aarhus Universitet og SEGES, gennemført en analyse af udvikling i fosfortal i Kvadratnettet for nitratundersøgelser i Danmark, som blev etableret af SEGES i 1986. I 157 marker blev der målt fosfortal i 1986, 1998 og 2007. Fosfortilførsel og fosforbortførsel blev beregnet hvert år ud fra de indhentede dyrkningsoplysninger. Resultaterne foreligger i et internt notat udarbejdet af statistiker Kristian Kristensen, Aarhus Universitet⁵. Fosfortallet blev målt på Aarhus Universitet, og der må forventes en betydelig mindre variation end ovenfor beskrevet ved de kommercielle laboratorier.

I gennemsnit af de 157 marker steg fosfortallet fra 3,2 i 1986 til 3,5 i 2007, dvs. en stigning på 0,3 Pt-enheder i løbet af 21 år. Det årlige fosforoverskud blev, på basis af de indberettede dyrkningsoplysninger, beregnet til 6 kg fosfor pr. ha.

Den statistiske analyse viste også, at udgangsfosfortallet i 1986 havde betydning for udviklingen i fosfortallet. Ud fra den fundne statistiske sammenhæng på data er der i figur 2 vist, hvordan fosfortallet vil ændre sig i en 21-årig periode som funktion af fosfortallet ved periodens begyndelse og det årlige fosforoverskud. I beregningen er der forudsat, at der er samme forhold mellem indholdet af total-fosfor og fosfortal som fundet i Kvadratnettet. Sammenhængen er forskellig for jordtyper. Udviklingen i figur 2 er beregnet for JB 4 og under den antagelse, at bortførslen her er 20 kg fosfor pr. ha.

[Til top](#)





Figur 2. Udvikling af Fosfortal i en 21-årig periode som funktion af fosfortallet ved start (x-akse) og den årlige fosforbalance. Fosfor tilført i husdyrgødning. Beregnet fra statistisk model udviklet på målinger i Kvadratnettet

Ved et fosfortal ved start på 2,0 vil fosfortallet stige, med mindre fosforoverskuddet er -20 kg fosfor pr. ha, hvilket svarer til ingen tilførsel af fosfor. Ved et fosfortal på 4,0 ved start kan dette opretholdes, hvis fosforoverskuddet er 0. Omvendt vil fosfortallet falde, selvom der er fosforbalance (overskud på 0), hvis fosfortallet er over 4. For at opretholde et fosfortal på 6,0 skal der tilføres årligt et overskud af fosfor på 20 kg pr. år.

Forklaringen kan være, at der ved høje fosfortal sker en forskydning fra den letopløselige fosfor, der indgår i fosfortallet, til mere tungtopløselige fosforforbindelser, der ikke indgår i fosfortallet. Det kan også skyldes, at der sker en øget omlægning af fosfor til underjorden.

Undersøgelsen i Kvadratnettet bekræfter, at fosfortallet kun ændrer sig langsomt, og at der skal en stor nettotilførsel af fosfor til at ændre fosfortallet. Det nye i undersøgelsen er, at udviklingen i fosfortallet afhænger af udgangspunktet og for at bevare høje fosfortal, skal der ske en overskudstilførsel af fosfor. Undersøgelsen viser også, at et fosfortal på 4,0 kan bevares ved en nettotilførsel af fosfor på 0.

[Til top](#)

FOSFORBALANCE BEREGNET EFTER FAKTISKE TAL CONTRA NORMATL

Fosforudskillelsen i husdyrgødning kan variere mellem bedrifter. Fosforudskillelsen afhænger af foderets indhold af fosfor og fodereffektiviteten. SEGES, Videncentret for Svineproduktion har foretaget følgende vurdering af variation i udskillelse af fosfor fra slagtesvin⁶.

Tabel 1. Vurdering af variation i fosforudskillelse for bedrifter med slagtesvin

Pct. af besætninger	Fosforudskillelse pr. 1,4 DE/ha, kg P/ha
15	< 27
30	27-31,5
40	31,5-37
15	>37

Normtal for udskillelse af fosfor fra slagtesvin lå i 2015 på ca. 34 kg fosfor pr. ha. 15 procent af besætningerne har ifølge vurderingen en udskillelse på 7 kg fosfor under normen.

Desuden varierer bortførslen af fosfor som følge af variation i udbytter. Ved meget høje udbytter (i niveauet 90 hkg/ha i korn i gennemsnit) vil fosforbortførslen pr. ha kunne være 30 kg fosfor pr. ha. Hvis det sker på bedrifter, hvor udskillelsen af fosfor er lav, kan der forekomme en lille negativ fosforbalance selv ved tilførsel af husdyrgødning fra 1,4 DE pr. ha. Dette må dog antages kun at gælde for få bedrifter (formodentligt under 5 procent).

Det vurderes derfor at være ret usandsynligt, at der forekommer bedrifter, hvor det gennemsnitlige fosfortal på bedriften har vist betydelige fald, hvis der tilføres husdyrgødning fra 1,4 DE pr. ha. En stor del af observerede fald skyldes sandsynligvis en systematisk analyseusikkerhed hos laboratorierne. Fald kan dog forekomme, hvis udgangsfosfortallet er på et højt niveau (over 4).

[Til top](#)

FOSFOR I MINKGØDNING

Fosfor i minkgødning må antages at være hårdere bundet end i anden husdyrgødning, fordi minkfoder er baseret på fiskeaffald, hvor fosfor kan være bundet i tungtopløselige forbindelser i ben. Der foreligger en finsk undersøgelse, der dels har undersøgt tilgængeligheden af fosfor i ræve- og minkgødning og dels undersøgt udviklingen i fosforindholdet i jorden ved tilførsel af ræve- og minkgødning i en årrække ^{7,8}.

Undersøgelsen viste, at vandopløseligt fosfor i gødning fra mink og ræv kun udgør 26-28 procent af indholdet af totalfosfor sammenlignet med 78 procent i kvæggødning. Undersøgelsen bekræfter altså, at en stor del af fosforet i minkgødning er utilgængeligt på kort sigt.

Målinger af fosforindhold i 35 marker, hvor der i perioden 1970-2002 årligt blev tilført 50-100 kg fosfor pr. ha i gødning fra mink og ræv, viste en stigning i fosforindholdet ekstraheret både med vand, natriumhydrogenkarbonat (som ved dansk fosfortal), natriumhydroxyd og saltsyre ned til 40 cm's dybde på mineraljord og ned til 60 cm's dybde på organisk jord sammenlignet med tilsvarende marker, hvor der i perioden var tildelt kvæg- eller handelsgødning. Undersøgelsen viste således, at selvom en stor mængde fosfor i gødning fra ræv og mink er tungopløseligt, sker der en transport længere ned i jorden. Dette kan udgøre en risiko for øget fosfortab på sigt. Det skal noteres, at der er tilført langt større mængde fosfor end tilladt efter danske regler, og der er tale om marker med et meget højt fosforindhold.

[Til top](#)

FOSFORTAL PÅ FORSKELLIGE EJENDOMSTYPER

Det må forventes, at fosfortallene er højere på bedrifter, hvor der i de foregående år er tilført

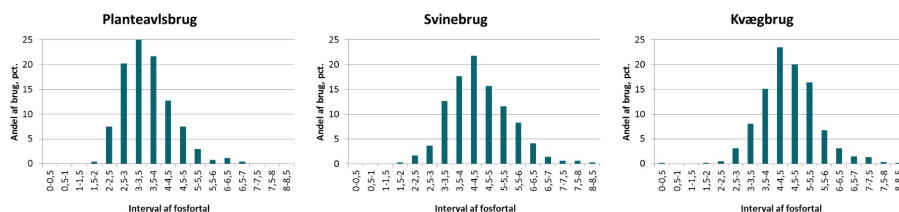
husdyrgødning. Ud fra databasen over gødningsregnskaber er der udvalgt bedrifter uden tilførsel af husdyrgødning (planteavlsbedrifter) og bedrifter med svin. For de af bedrifterne, hvor der foreligger fosfortal, er der foretaget nedenstående opgørelse.

Tabel 2. Fosfortal på forskellige bedriftstyper. Data fra SEGES 2013-2015.

	Antal brug, der indgår i statistikken	Gns. fosfortal
Planteavlsbrug (modtager ikke husdyrgødning)	268	3,1
Svinebrug over 0,8 DE/ha	312	3,9
Kvægbrug 0,8-1,7 DE/ha	309	3,9
Kvægbrug over 1,7 DE/ha	253	4,4
Pelsdyr og fjerkræbrug over 0,8 DE/ha	24	4,5

Forskellen mellem bedriftstyper følger det forventede mønster, men forskellene er mindre end forventet. I datasættet har det ikke umiddelbart været muligt at adskille pelsdyr og fjerkræ, fordi de er slået sammen i GHI-registret.

Der er en betydelig variation i det gennemsnitlige fosfortal pr. ejendom. Dette er vist for planteavls-, svine- og kvægbrug i figur 3. For kvægbrug skal man være opmærksom på, at kvægbrug med 2,3 DE pr. ha er overrepræsenteret.



Figur 3. Fordeling af brug på forskellige intervaller for Fosfortal. Data fra SEGES 2013-15.

[Til top](#)

Når fosfortallene ikke er relativt højere på husdyrbrugene, i forhold til planteavlsbrug, kan forklaringen være, at navnlig husdyrbrug har øget deres jordtilliggende i de sidste 10-30 år. Fosfortallet på erhvervede marker vil være mere afhængigt af fosfortallet på købstidspunktet end tilførslen af fosfor efter erhvervelsen, fordi fosfortallet flytter sig meget langsomt, og overskudstilførslen ved harmonireglerne de sidste 15-20 år har været begrænset.

RISIKO FOR STIGNING I FOSFORTAL OG TAB AF FOSFOR VED NUVÆRENDE TILFØRSEL

Den forventede stigning i fosfortallet ved fortsat tilførsel af husdyrgødning afhænger af den

tilførte mængde fosfor samt fosfortallet ved start. I tabel 3 er vist typiske fosforbalancer for sand- og lerjord for de forskellige husdyrtyper. Af tabellen fremgår det, at overskuddet på kvæg og svin ligger i niveauet 3 kg fosfor pr. ha op til godt 10 kg fosfor pr. ha på uvandet sandjord. For mink og fjerkræ kan overskuddet beregnes til at være op til 25 kg fosfor pr. ha på sandjord.

Tabel 3. Forskel mellem maksimal tilførsel af fosfor med husdyrgødning og bortførsel af fosfor med afgrøderne⁹

Dyretype	Fosforbalance	
	Sandjord	Lerjord
	Kg P pr. ha	
Slagtesvin	12	6
Søer + smågrise	13	7
Kvæg, stor race*1)	0	-4
Kvæg, stor race*2)	6	3
Kvæg, økologisk	0	-6
Mink	21	15
Slagtekyllinger	26	20
Økologiske høns	30	24

*1) 1,7 DE pr. ha. *2) 2,3 DE pr. ha

Hvis det antages, at jorden har et gennemsnitligt indhold af fosfor til 1 meters dybde, kan det beregnes, hvor mange år det tager for at hæve fosforindholdet i jorden med 10 procent (tabel 4).

[Til top](#)

Tabel 4. Antal år ved nuværende fosforbalance før jordens fosforindhold er steget med 10 pct. Der er regnet med et gennemsnitligt indhold af fosfor i rodzonen på 4.600 kg pr. ha.⁹

Dyretype	År før jordens fosforindhold er steget med 10 pct.	
	Sandjord	Lerjord
Slagtesvin	39	75
Søer + smågrise	36	64
Kvæg, stor race*1)	-	-
Kvæg, stor race*2)	77	150
Kvæg, økologisk	-	-
Mink	22	30
Slagtekyllinger	18	23
Økologiske høns	15	19

*1) 1,7 DE pr. ha. *2) 2,3 DE pr. ha

Beregningen viser, at for kvæg og svin varer det mellem 36 og 150 år, før indholdet forøges med 10 procent. For mink og fjerkræ varer det tilsvarende fra 15-30 år før stigningen ses.

Hvis der fokuseres på stigningen i letopløseligt fosfor, vil stigningstakten jf. ovenstående være mindre, fordi fosforet vil forskyde sig fra let- til tungtopløselige puljer. Derfor vil den miljømæssige risiko ved at fortsætte med samme fosforoverskud på husdyrbedrifterne som i dag være begrænset.

[Til top](#)

LITTERATUR

¹ Vinther E.P. og Olsen P. (2015): Næringsstofbalancer og Næringsstofoverskud i Landbruget

Vindner, P. og Olsen, P. (2015). Næringstofbalancer og næringstofoverskud i Landbruget 1993/94-2013, DCA rapport nr. 063 · Juli 2015

² Pedersen, J.P. (redaktør) (2015): Oversigt over Landsforsøgene, SEGES, 2015

³ Rubæk, H.G og Sørensen, P. (red.) (2011): Jordanalyser – kvalitet og anvendelse. DCA rapport nr. 002, december 2011

⁴ Rubæk, H.G. (Editor) (2015): Validity and analytical robustness of the Olsen P test and other agronomic soil P tests used in Northern Europe. DCA report no. 071, December 2015

⁵ Kristensen, K. (2008): Analyse af data fra kvadratnet, internt notat

⁶ Per Tybirk, pers. komm.

⁷ Uusitalo, R., Ylivainio, K., Turtola, E. (2007). Accumulation and translocation of sparingly soluble manure phosphorus in different types of soils after long-term excessive inputs. Agriculture and Food Science. Vol 16: 317-331.

⁸ Jensen, M.L. (2016): Ophobning og tilgængelighed af fosfor i gødning fra ræv og mink sammenlignet med kvæggødning. Planteavlsoorientering - 330 Oprettet: 04-05-2016

⁹ Knudsen, L. (2016): Fosfortab og fosforregulering; Planteavlsoorientering – 310, Planteinfo

¹⁰ Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Rolighed, J., Andersen, H.E., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. 2015. Landovervågningsoplande 2014. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 150 s. - [Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 164](#)