



Til Miljøstyrelsen

Vedr. bestillingen: "Notat om det nederlandske landbrugs fosforforbrug og fosfortab til overfladevand".

Miljøstyrelsen har i en bestilling dateret d. 8. februar 2018 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om ”en kort beskrivelse af landbrugets fosforforbrug og overskud i Nederlandene, herunder potentialet for tab af fosfor til overfladevand. I besvarelsen skal beskrives hvordan tab af fosfor fra dyrkningsjord til overfladevand foregår i Nederlandene, der skal indgå en beskrivelse af fosfortransportveje og fosformætning af jorden samt risiko for udvaskning. Herunder om fosfor primært tabes som opløst fosfor eller som partikulært bundet fosfor. Hvis der er kendskab til brugen af fosforvirkemidler i Nederlandene kan det indgå i besvarelsen. Afslutningsvis kan der kort sammenlignes med danske forhold.”

Nedenfor følger en besvarelse, der er udarbejdet af Seniorforsker Gitte Rubæk og Lektor Goswin Heckrath fra Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet samt Seniorforsker Hans Estrup Andersen fra Institut for Bioscience, Aarhus Universitet. Notatet er fagfællebedømt af akademisk medarbejder Finn Pilgaard Vinther fra Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet.

Besvarelsen er udarbejdet som led i ”Rammeaftale mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Miljø- og Fødevareministeriet med underliggende styrelser 2018-2021”.

Venlig hilsen

Klaus Horsted

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Klaus Horsted

Specialkonsulent

Dato 26.02.2018

Direkte tlf.: 87 15 79 75

Mobiltlf.:

E-mail:

Klaus.Horsted@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Reference: khr

Journal

Notat om det nederlandske landbrugs fosforforbrug og fosfortab til overfladevand.

Udarbejdet af Gitte Rubæk¹, Goswin Heckrath¹ og Hans Estrup Andersen²

Faglig kvalitetssikring af Finn P. Vinther¹.

¹Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

²Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Indledning

Dette notat er udarbejdet som svar på en bestilling fra Miljøstyrelsen modtaget af DCA d. 8/2-2018. Der er bedt om et kort faktisk svar med kort tidsfrist. Bestillingens ordlyd er følgende: *”Der ønskes en kort beskrivelse af landbrugets fosforforbrug og overskud i Nederlandene, herunder potentialet for tab af fosfor til overfladevand. I besvarelsen skal beskrives hvordan tab af fosfor fra dyrkningsjord til overfladevand foregår i Nederlandene, der skal indgå en beskrivelse af fosfortransportveje og fosformætning af jorden samt risiko for udvaskning. Herunder om fosfor primært tabes som opløst fosfor eller som partikulært bundet fosfor. Hvis der er kendskab til brugen af fosforvirkemidler i Nederlandene kan det indgå i besvarelsen. Afslutningsvis kan der kort sammenlignes med danske forhold”.*

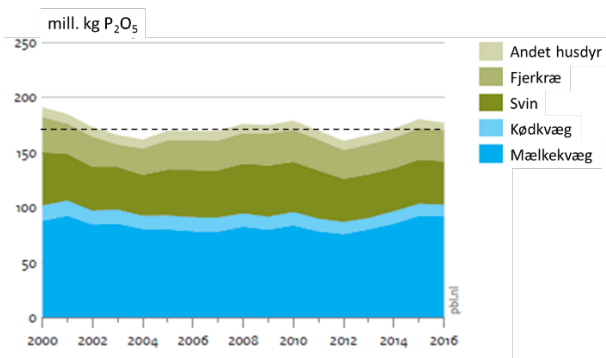
Svaret nedenfor er disponeret i fem afsnit: 1. Fosforudskillelse i husdyrproduktion og fosforudbringning på landbrugsjord i Nederlandene, 2. Jordens fosforpulje og fosformætningsgrad, 3. Fosfortilførsler til overfladevand i Nederlandene, 4. Virkemidler, 5. Afsluttende bemærkninger. Hvor det har været muligt at sammenligne til Danske forhold inden for den givne tidsramme er dette gjort i de enkelte afsnit.

VIGTIG NOTE: I Nederlandene angives til- og fraførsler af fosfor til landbrugsjorden som standard i fosfat-enheder (P_2O_5), medens vi i Danmark angiver dette som rent fosfor (P). Omregningen er: 1 kg P = 2,29 kg P_2O_5 enheder. Vær opmærksom på, at i afsnit 1 har vi gengivet en række figurer, hvor enheden er fosfat (P_2O_5) og i teksten til dette afsnit derfor primært anvender tal med denne enhed, undtagen når vi sammenligner med danske tal. I de øvrige afsnit har vi konsekvent anvendt fosfor (P) som enhed.

1. Fosfatudskillelse i husdyrproduktion og fosfatudbringning på landbrugsjord i Nederlandene

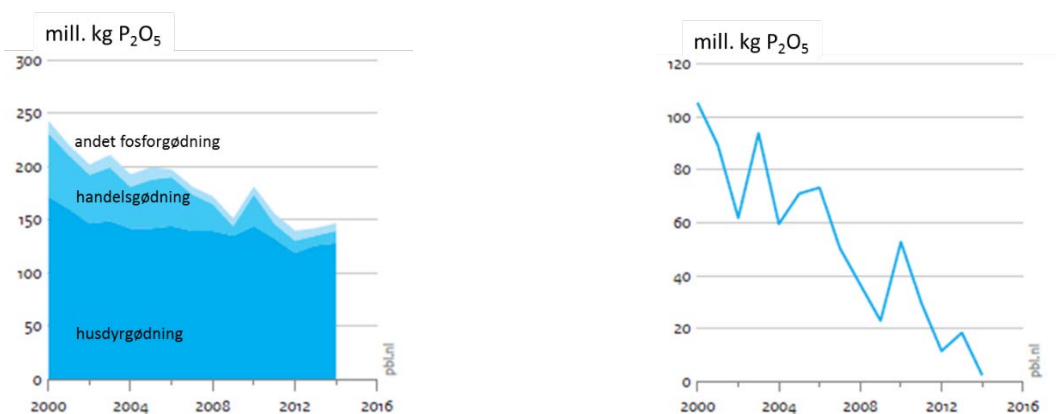
Den årlige fosfatudskillelse fra husdyrbesætninger i Nederlandene faldt fra ca. 231 mill. kg P_2O_5 i perioden 1992-1995 til ca. 170 mill. kg P_2O_5 i 2012-2014 (Velthof et al., 2017). Figur 1 viser en opgørelse over den årlige fosfatudskillelse for forskellige husdyrtyper i perioden 2000-2016 (van Grinsven og

Bleeker, 2017). I forbindelse med Nederlandenes aftale med EU-Kommissionen om undtagelser fra Nitratdirektivets krav, blev der indført et nationalt loft på fosfatudskillelse i husdyrgødning på 173 mill. kg P_2O_5 . Forskellige husdyrreguleringer blev implementeret for at sikre overholdelsen af dette, men loftet blev overskredet flere gange siden 2002 (Velthof et al., 2017), hvilket også ses i Figur 1.



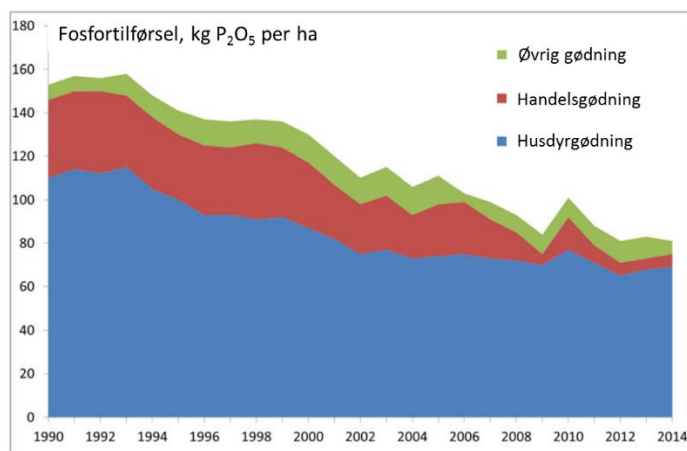
Figur 1. Fosforudskillelse fra forskellige husdyrtyper i Nederlandene mellem 2000 og 2016. Den stiplede linje viser fosforloftet på 173 mill. kg P_2O_5 . Tilpasset efter van Grinsven og Bleeker (2017) Bemesting en bodemoverschotten van stikstof en fosfaat 1991-2014,. Wageningen, Wageningen Economic Research, Report 2017-001.

Den totale fosfattilførsel til landbrugsjord i Nederlandene faldt med 40% mellem årene 2000 og 2014 til ca. 149 mill. kg P_2O_5 årligt (Figur 2). Det skyldes først og fremmest et kraftigt fald i brug af handelsgødning, hvorimod udbringning af fosfat med husdyrgødning kun faldt med ca. 20%. I samme periode faldt overskuddet af fosfat på landbrugsjord fra ca. 108 mill. kg P_2O_5 til næsten nul på landsplan (Figur 2). Det meget lave fosfatoverskud i 2014 skyldes dog især høje udbytter i dette år med stor fosfatfraførsel til følgene (van Grinsven og Bleeker, 2017).



Figur 2. Fosfattilførsel til landbrugsjord med forskellige gødningstyper i Nederlandene (venstre), og landbrugets samlede fosfatoverskud (til højre). Tilpasset efter van Grinsven og Bleeker (2017).

Fosfertilførselsrater på landbrugsjord er aftaget kraftigt i Nederlandene mellem 1990 og 2014 (Figur 3). Omregnet fra fosfat (P_2O_5) til fosfor (P) svarer det til, at der i 2014 i gennemsnit blev tilført ca. 30 og knap 3 kg P/ha med henholdsvis husdyr- og handelsgødning (Velthof et al, 2017). Tilbagegangen i fosfertilførslen skyldes en kombination af regulering vedrørende produktion og udbringning af husdyrgødning, et forbud mod anvendelse af handelsgødningsfosfat på kvægbedrifter omfattet af undtagelser under Nitratdirektivet og en markant stigning i omkostninger på handelsgødningsfosfat (Velthof et al, 2017).



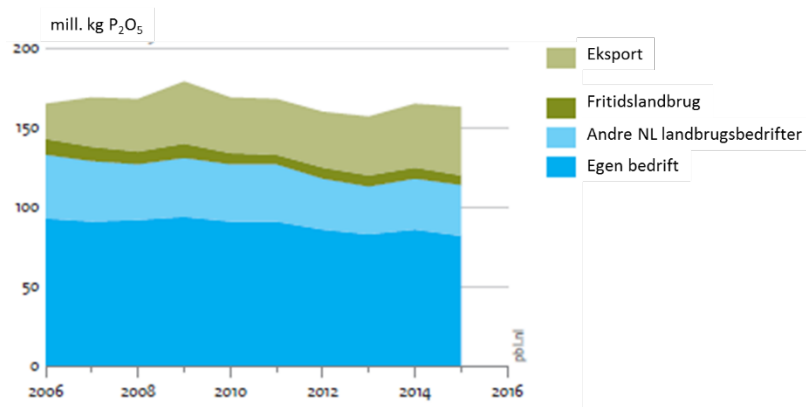
Figur 3. Fosfertilførselsrater på landbrugsjord i Nederlandene fordelt over forskellige gødningstyper, angivet som P_2O_5 . Tilpasset efter Velthof et al. (2017).

I perioden 2011-2014 har der været forholdsvis små forskelle i fosfertilførselsrater på landbrugsjord blandt forskellige bedriftstyper, men større forskelle i hvor meget fosfat der fraføres med afgrøderne, hvilket resulterer i forskelle i fosfatophobningsrater. Således var den årlige nettotilførsel i perioden (opgjort som fosfor (P)) på 2, 8 og 14 kg P/ha for henholdsvis kvægbrug, plantebrug og andre bedriftstyper (Tabel 1). Denne variation skyldes forskelle i afgrødesammensætning på bedriftstyperne og dermed hvor meget P der fjernes med afgrøderne. Der bortføres for eksempel forholdsvis meget P med intensivt dyrket græs, og intensivt dyrket græs har udgjort en stor andel af kvægbedriftenes areal i Nederlandene, som følge af krav i forbindelse med undtagelsesbestemmelser i Nitratdirektivet (Grinsven og Bleeker, 2017). Det store overskud, som ses under bedriftstypen "Andre", skyldes sandsynligvis at frilandsgartneri o.lign. indgår i denne kategori. Til sammenligning var den årlige nettotilførsel af fosfor i Danmark i 2013 på 3 kg P/ha på kvægbrug, 1 kg P/ha på plantebrug og 5 kg P/ha på svinebrug (Andersen et al., 2016).

Tabel 1. Fosfortilførsels- og ophobningsrater (kg P/ha/år) på landbrugsjord i Nederlandene i perioden 2011-2014 (efter Prins et al., 2017).

Bedriftstype	Tilførsel	Ophobning
Kvægbrug	36	2
Plantebrug	30	8
Andre,	36	14

Stramninger i nederlandsk regulering fra 2006 til 2015 har medført et fald i den tilladte årlige fosfortilførsel med husdyrgødning på landbrugsjord og en afledt stigning i mængden af fosfat der eksporteres fra husdyrgødningsbedrifter fra ca. 60 mill. kg P_2O_5 til mere end 80 mill kg P_2O_5 . En større del af husdyrgødningsproduktionen eksporteres således i dag fra den Nederlandske landbrugssektor, i 2015 ca. 41 mill. kg P_2O_5 (Figur 4). Noget husdyrgødning behandles industrielt, fx afbrænding, men den største del eksporteres til udlandet (van Grinsven og Bleeker, 2017). I 2015 i gennemsnit for Nederlandene blev halvdelen af den producerede husdyrgødning udbragt på egen bedrift, ca. 25% er solgt til andre hollandske bedrifter og 25% eksporteret fra landbrugssektoren (Figur 4).



Figur 4. Afsætning af fosfat i husdyrgødning i Nederlandene opdelt efter modtager. Tilpasset efter van Grinsven og Bleeker (2017).

2. Jordens fosforpulje og fosformætningsgrad

Ved rådgivning mht. fosforgødsning i planteproduktionen og ved regulering af fosfortilførslen anvender Nederlandene tre forskellige metoder (P_{AL} , P_{CaCl_2} og P_w) (Velthof, 2017), som igen er forskellige fra den metode vi anvender i Danmark (Olsen-P). Disse metoder måler kun på en begrænset del af jordens totale fosforindhold. For alle tre metoder er der en faldende tendens i perioden 2005 til 2015 (Velthof, 2017). Det er vanskeligt og sjældent meningsfyldt at sammenligne tal fremkommet med forskellige metoder (Jordan-Meille et al. 2012; Rubæk et al., 2015), og disse tal, som kun måles i det øverste jordlag, er utilstrækkelige til at sige noget meningsfuldt om risikoen for fosfortab.

I Nederlandene har man udviklet metoder til at estimere landbrugsjordens fosformætningsgrad og til at vurdere, hvornår fosformætningsgraden er kritisk høj (Schoumans og Chardon, 2015). Schoumans og Chardon (2015) har tilmed forsøgt at anvende disse metoder til kortlægning af områder med risiko for kritisk høje fosformætningsgrader. Følgende data indgår:

1. En opdeling af landbrugsarealet i 95 forskellige strata ud fra kendskab til jordtype og grundvandsregime.
2. For hver strata, et estimat af det gennemsnitlige højeste grundvandspejl (som bruges til at definere den kritiske dybde, hvor koncentrationen af opløst uorganisk fosfor ikke må overstige et kritisk niveau).
3. For hver strata, et estimat af det kritiske niveau for koncentrationen af opløst fosfor (estimeret ud fra fosforkoncentrationen målt i dybt grundvand).
4. For hver strata kendskab til jordtypers sorptions-parametre målt ved fosfor-sorptions/desorptionsstudier (ved hjælp af disse kan den kritiske koncentration af opløst fosfor omsættes til en kritisk mætningsgrad).
5. Et stort antal jordprofiler i hver strata (ca. 1400 i alt), hvor der er analyseret for oxalat-ekstraherbart fosfor, jern og aluminium i forskellige dybdeintervaller indtil 1,2 meters dybde til beregning af fosformætningsgraden i jordprofilen.

Denne tilgang er først udviklet til kalkfrie, sandede Nederlandske jorde. For disse har man bestemt den kritiske mætningsgrad til at være 25%. Metoden er senere udbredt til andre jordtyper, som ikke nødvendigvis har samme kritiske værdier (Schoumans og Chardon, 2015). De anvendte værdier for koncentrationen af opløst uorganisk fosfor og de tilsvarende kritiske mætningsgrader for forskellige jordtyper er angivet i tabel 2.

Tabel 2. Kritiske koncentrationer af opløst uorganisk fosfor og tilhørende kritiske fosformætningsgrader for grupper af Nederlandske jorde (efter Schoumans og Chardon, 2015).

Jordtype	Median koncentration af opløst P i dybt grundvand som anvendes til at definere den koncentration af opløst P som ikke må overstiges i den kritiske dybde (mg P/L)	Gennemsnitlig fosformætningsgrad (%)
Kalkfrie sandede jorde	0,09 (0,03-0,31)	25
Kalkfrie lerjorde	0,13 (0,09-0,34)	31(23-54)
Kalkholdige lerjorde	1,06 (0,31-1,78)	78(51-86)
Organiske jorde	0,25 (0,09-1,78)	5(1-36)
Kalkholdige sandjorde	0,34 (0,34-0,52)	23(18-37)

Schoumans og Chardon (2015) konkluderer, at deres metode gør det muligt at vurdere den potentielle risiko for at tabe fosfor via udvaskning. Ifølge deres undersøgelse har 43 % af det dyrkede areal i

Nederlandene en mætningsgrad der overstiger det specifikke kritiske niveau for den givne jordtype. De påpeger dog også at metoden kun er indikativ og behæftet med flere fejlkilder og usikkerheder. Der tages f.eks. ikke højde for frigivelse af fosfor under reducerende forhold (dvs. ved vandmætning af jorden), tab af fosfor via makroporestrømning, tilstedeværelsen af drænrør og eventuelle tab der sker via overfladisk afstrømning. Også fastsættelsen af den kritiske fosforkoncentration på grundlag af koncentrationen målt i dybt grundvand kan være problematisk.

I Danmark har vi et beskedent antal målinger af fosformætningsgrad i jordprofiler fra Kvadratnettet (Rubæk et al., 2013). Disse mætningsgrader (målt og beregnet svarende til den nederlandske metode på kalkfrie sandede jorde) fremgår af tabel 3. Vi råder p.t. ikke over data til estimering af det den kritiske dybde for disse punkter, den kritiske fosforkoncentration, som ikke bør overskrides, eller de nødvendige sorptions-parametre. Vi kan derfor ikke estimere, hvorvidt mætningsgraden i disse punkter overskrider en kritisk grænse. Der arbejdes p.t. på et studie svarende til det nederlandske studie i projektet "Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark (2017-2019)".

Tabel 3. Fosformætningsgrader bestemt i jordprøver fra landbrugsjord 1998 fra KVADRATNETTET (Rubæk et al., 2013).

Dybde (cm)	Antal observationer	Gennemsnitlig mætningsgrad (variationsbredde i parentes) %
0-25	229	32 (11-78)
25-50	226	23 (4-55)
50-75	226	15 (2-36)

Schoumans og Chardon (2015) har beregnet, hvor meget fosfor der er akkumuleret ned til 50 cm dybde i Nederlandske landbrugsjord til at være omtrent 2050 kg P/ha (eller mellem 850 og 4500 kg P pr ha ud fra 5- og 95-percentilerne). Vi antager at denne beregning er foretaget som en simpel omregning af koncentrationen af oxalatekstraherbart fosfor i mmol P/kg jord til kg P/ha ved brug af passende mål for jordens volumenvægt. Den samme beregning udført med de danske data fra de to øverste jordlag i tabel 3 og de volumenvægte, som blev anvendt i Rubæk et al. (2013), resulterer i et gennemsnitligt fosforindhold på 2400 kg P/ha, hvilket er i samme størrelsesorden, som er fundet i Nederlandene. I Rubæk et al. (2013) er der angivet to andre estimater af, hvor meget fosfor der er akkumuleret i dansk landbrugsjord, men hvor regnemoderne er væsentlig anderledes. Det ene, som er baseret på landbrugsstatistiske data om til- og fraførsler af fosfor til landbruget i perioden 1900 til 1998, lyder på 1400 kg P/ha. Det andet, som er fremkommet som differencen mellem totalfosforindholdet i henholdsvis landbrugsjorde og løvskovsjorde til 75 cm dybde, er på 2300 kg P/ha. Der er naturligvis mange usikkerheder og fejlkilder forbundet med hver af disse beregninger, men som generel betragtning tyder de på, at omfanget af fosforakkumuleringen i danske og nederlandske landbrugsjorde er af samme størrelsesorden.

3. Fosfortilførsler til overfladevand i Nederlandene

Landbrug er den vigtigste kilde til fosfortilførsel til overfladevand i Nederlandene, tabel 4. I landskaber med flad topografi som Nederlandene er den vigtigste transportvej for fosfortab til overfladevand udvaskning gennem dræn og grøfter og via overfladenært grundvand (Schoumans, 2015). I Nederlandene anses opløst uorganisk fosfor at være den dominerende fosforform, der tabes fra landbrugsarealet til overfladevand. Udvasning af opløst uorganisk fosfor til overfladevand er beregnet med modellen PLEASE på baggrund af kortlægning af jordenes fosforbindingskapacitet og fosforstatus samt hydrologisk information. Den gennemsnitlige udvasning (for både dyrkede områder og naturarealer) set over en lang tidshorizont er 0,75 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Udvasningen fra 10% af jorderne overstiger 1,7 kg P ha⁻¹ år⁻¹ (van der Salm et al., 2014). I Danmark er det samlede fosfortab fra diffuse kilder (tab via overfladen, via udvasning, via grundvand og inklusiv brinkerrosion samt bidrag fra spredt bebyggelse) for både dyrkede områder og naturarealer ca. 0,5 kg P ha⁻¹ år⁻¹ (DCE, 2016).

Tabel 4. Overordnet fosforbalance for det dyrkede areal og samlet tab til vandmiljøet Nederlandene¹ og Danmark², 2010-2013. Det dyrkede areal i 2013 er hhv. 1.848.000 ha i Nederlandene og 2.628.000 ha i Danmark.

		Nederlandene	Danmark
		mio. kg P	mio. kg P
Landbrug og gartneri	Input	67	61
	Høstet	55	52
	Overskud	12	9
Tilførsel til overfladevand	Udvasning og afstrømning fra dyrkede arealer	3,5	1,4
	Via grundvand	0,3	
	Udvasning og afstrømning fra naturarealer	0,5	
	Punktkilder	1,2	1,0
	Andet	0,1	0,1
	Samlet tilførsel	5,5	2,5

¹van Grinsven & Bleeker (2017)

²DCE (2011), DCE (2012), DCE (2013), DCE (2014), DCE (2015)

På trods af den kraftige reduktion i fosforoverskuddet (Figur 2) har der ikke siden 2010 kunnet konstateres nogen signifikant nedgang i sommer-fosforkoncentrationen i overfladevand, tabel 5. Årsagen er, at fosfor hovedsageligt tabes fra fosfor akkumuleret i jorden, ikke fra den aktuelle gødsning (van Grinsven og Bleeker, 2017). Fosforkoncentrationen i vandløb stiger typisk med stigende vandføring og er dermed højest om vinteren.

Tabel 5. Fosforkoncentration i overfladevand i landbrugsdominerede områder i Nederlandene¹ (NL, gennemsnit, sommer) og i Danmark² (DK, median, hele året).

NL – sandjordsregion	0,3 mg P l ⁻¹
NL – lerjordsregion	0,6 mg P l ⁻¹
NL – tørvejordsregion	0,6 mg P l ⁻¹
DK – alle jordtyper	0,1 mg P l ⁻¹

¹ Aflæst på figure 6 i van Grinsven og Bleeker (2017)

²DCE (2016)

4. Virkemidler.

I Nederlandene er der stort fokus på at nedbringe fosforoverskuddet og at fordele især husdyrgødningsfosfor hensigtsmæssigt, dvs. under hensyntagen til hvor meget fosfor der allerede findes i jorden (målt med deres plantetilgængelighedsmetoder). Dette fokus hænger naturligt sammen med at den dominerende fosfortabsproces er udvaskning i det lave flade landskab. Fosformætningsgraden i og tykkelsen af det jordlag, som afstrømmende vand skal passere for at nå overfladenært grundvand eller overfladevand, har derfor afgørende indflydelse på fosfortabet. Det fremgår også af van Grinsven og Bleeker (2017), at de reguleringer af fosforoverskuddet, som er implementeret, ikke kan bringe Nederlandene i nærheden af målopfyldelse i forhold til Vandrammedirektivet.

Det har ikke været muligt inden for den givne tidsramme at beskrive de fosforvirkemidler, der er taget i anvendelse i Nederlandene og hvilke der overvejes. Det står dog klart, at der er stort fokus i Nederlandene på at identificere og kvalificere yderligere virkemidler. Nederlandske forskere har således stået i spidsen for at sammenstille og beskrive potentielle virkemidler mod fosfortab i EU-regi (Schoumans et al., 2014, Schoumans et al., 2011). Også i DCA-rapporten "Nabotjek af kvælstof og fosforvirkemidler" findes der visse informationer om implementering af virkemidler i blandt andet Nederlandene (Thorsøe et al., 2017).

5. Afsluttende bemærkninger

Både i Nederlandene og i Danmark har de seneste årtiers regulering af landbruget ført til, at de gennemsnitlige nationale nettotilførsler af fosfor til landbrugsjorden er reduceret betragteligt og nærmer sig nul. I begge lande er der dog tydelige forskelle mellem forskellige regioner af landet og mellem forskellige bedriftstyper, ligesom der er forskelle i den tilgang, der gennem tiden har været anvendt til at reducere fosforoverskuddet. Det tyder ikke på, at der er væsentlige forskelle i hvor meget fosfor, der gennemsnitligt er akkumuleret i de to landes landbrugsjorde. Derimod tabes der mere fosfor pr hektar dyrket jord i Nederlandene end der gør i Danmark. Forskellen i gennemsnitlige tab skyldes uden tvivl primært forskelle i landskab og hydrologi, hvor Nederlandene har langt større arealandele, der er meget flade med overfladenært grundvand, et tæt net af drækanaler, og hvor afstrømningen derfor sker overfladenært og mere horisontalt, end det er tilfældet i Danmark.

Referencer

- Andersen, H.E., Baatrup-Pedersen, A., Blicher-Mathiesen, G., Christensen, J.P., Heckrath, G., Jensen, P.N., Vinter, F.P., Rolighed, J., Rubæk, G., Søndergaard, M. (2016). Redegørelse for udvikling i landbrugets fosforforbrug, tab og påvirkning af vandmiljøet. Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 77.
- DCE (2011). Vandmiljø og natur 2010 NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 8.
- DCE (2012). Vandmiljø og natur 2011 NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 36.
- DCE (2013). Vandmiljø og natur 2012 NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 78.
- DCE (2014). Vandmiljø og natur 2013 NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 126.
- DCE (2015). Landovervågningsoplande 2014 NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 164.
- DCE (2016). Vandløb 2015 NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 206.
- Jordan-Meille, L; Rubæk GH; Ehlert, P; Genot V; Hofman G; Goulding K; Recknagel K J; Provolo G; Barraclough P. (2012). An overview of fertiliser-P recommendations in Europe: Soil testing, calibration, and fertiliser recommendations. *Soil Use and Management* 28: 419-435.
- Prins, H; Daatselaar, CJG; de Koeijer, TJ (2017). Bemesting en bodemoverschotten van stikstof en fosfaat 1991-2014,. Wageningen, Wageningen Economic Research, Report 2017-001. 40 p.
- Rubæk, GH (ed.). (2015). Validity and analytical robustness of the Olsen soil P test and other agronomic soil P tests used in the northern Europe. DCA rapport nr 071. Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Aarhus Universitet.
- Rubæk, G., Kristensen, K., Olesen, S.E., Østergaard, H.S., Heckrath, G. (2013). Phosphorus accumulation and spatial distribution in agricultural soils in Denmark. *Geoderma*, 209-210, 241-250.
- Schoumans O.F. (2015). Phosphorus leaching from soils: process description, risk assessment and mitigation. 261 pages. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL.
- Schoumans, OF; Chardon WJ. (2015). Phosphate saturation degree ad accumulation of phosphate in various soil types in the the Netherlands. *Geoderma* 237-238:325-335.
- Schoumans, O; Chardon, W; Bechman, M; Gascuel-Oudou, C; Hofman, G; Kronvang, B; Rubæk, GH; Ulen, B; Dorioz, JM. (2014). Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: a review. *Science of the Total Environment* 468-469:1255-66.
- Schoumans, OF; Chardon, WJ; Bechmann, M; Gascuel-Oudou, C; Hofman G,; Kronvang, B; Litaor, MI; Lo Porto, A; Newell-Price, P; Rubæk, G. (2011). Mitigation options for reducing nutrient emissions from agriculture. Alterra report 2141 Wageningen: Alterra.
- Thorsøe, M.; Dalgaard, T.; Graversgaard, M. (2017). Nabotjek af kvælstof- og fosforvirkemidler. DCA rapport nr. 104. 120 sider.

Van der Salm C., D.W. Walvoort, H.T.L. Massop (2014). Landelijk beeld van de fosfaatverliezen naar het oppervlaktewater; Ein analyse met het model PLEASE. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre): Alterra-report 2565.

Van Grinsven H.J.M. & A. Bleeker, A. (2017). Evaluation of the Manure and Fertilisers Act 2016: Synthesis Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. Denne rapport findes også i en Hollandsk version som indeholder flere tabeller og figurer. Rapporterne kan downloades her: <http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/>

Velthof, G; Koeijer, T; Schröder, JJ; Timmerman, M; Hooijboer, A; RozeMeijer, J; vanBruggen, C; Groenendijk, P. (2017). Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu; Beantwoording van de ex-postvragen in hed kader van de evaluatie van de Meststoffenwet. Wageningen, Wageningen Environmental Research Report, Rapport 2782. 140 p. http://themasites.pbl.nl/evaluatie-meststoffen-wet/wp-content/uploads/WENR-rapport-2782_Totaal_LR.pdf