

Integrerat miljö- och produktionsindex för fosfor (EPI)

Bakgrund

Av flera till delar motstående skäl är optimering av fosforhantering viktig: jordbrukets miljöpåverkan måste minska, produktiviteten måste samtidigt öka och dessutom är jordens tillgångar av fosfor (P) begränsade. En metod för att lösa denna problematik är platsanpassning av fosforgödsling. Dagens P-gödslingsrekommendationer bygger på markens P-AL-tal och den förväntade skörden. I föreliggande projekt var syftet att ta fram ett praktiskt tillämpbart integrerat miljö- och produktionsindex (EPI) i form av en modell för precisionsodlingsanpassad fosforgödslingsrekommendation. Tanken var att kombinera en riskbedömning för fosforförluster med optimal gödslingsstrategi från växtodlingssynpunkt. Dessutom var målet att applicera modellen i praktiken, dels som en beskrivning av själva tillämpningen, och dels för att undersöka om gödslingen möjligen avspeglades i förlusterna av växtnäring från aktuella fält. Som ett led i att kunna utveckla verktyg för att modellera fosforflödet på precisionsnivå, vilket skulle kunna vara användbart för detaljstyrning av åtgärder i framtiden, gjordes en begränsad test att parameterisera läckagemodellen ICECREAM (Larsson et al., 2007) med data från ett av de undersökta fälten. ICECREAM har hittills mest använts för mer översiktlig modellering av olika odlingsåtgärders påverkan på vattenflöden, erosion och förluster av fosfor via ytavrinning och utlakning genom markprofilen.

Metoder och material

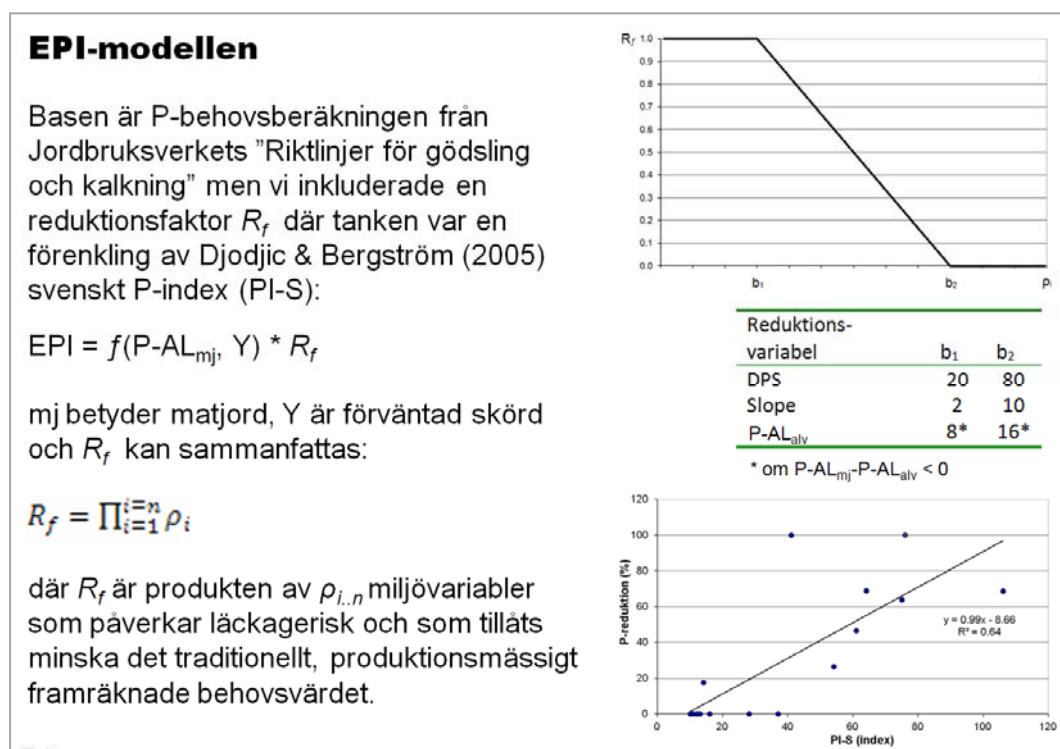
Projektet genomfördes 2007-2009. Två gårdar med höga fosforförluster och varierande förhållanden på fälten utnyttjades. Det huvudsakliga arbetet utfördes på Logården, Grästorp med struktursvag mellanlera och visst fältarbete utfördes på Hacksta gård vid Enköping med styvare lera av marint ursprung. Båda lokalerna har jordar med höga fosfortal. Logården (60 ha) har i tidigare SLF-projekt karterats med avseende på de flesta för projektet viktiga markkemiska och markfysikaliska parametrar (Roland, 2003; Stenberg et al., 2005). Gården drivs av Hushållningssällskapet i Skaraborg. Sedan 1991 bedrivs odling i tre olika odlingssystem: ekologiskt, integrerat och konventionellt. Efter en omtäckdikning 2003 leds dräneringsvattnet (inklusive ev. ytavrinningsvatten) från 16 skiften separat till 18 mätstationer där man kontinuerligt kan följa vattnets innehåll av näringsämnen samt flödesvariationen. Fokus låg på de s.k C-skiftena (integrerat, delvis plöjningsfri och konventionell odling med strikt behovsanpassade insatser), vilka inte hade gödslats med fosfor sedan 1991. Jordprovtagning utfördes 2007 på de sex utvalda skiftena (C1Ö & V samt C4-C7), där fosforgödsling skulle utföras i detta projekt (60 provpunkter, prov från två djup 0-20 cm o 40-60 cm) (Figur 2). Ler-, sand- och mullhalt samt pH, P-AL, Fe-AL och Al-AL – de senare för beräkning av DPS – (degree of phosphorus saturation, som visat sig vara korrelerad till P-förluster om hänsyn också tas till förhållandena i alven för lättare jordar (Ulén, 2007)), bestämdes på alla prover. Avrinningen från varje individuellt fält mättes från oktober 2004 (mätmetodik beskrivs i Stenberg et al., 2012). Årliga utlakningsvärden beräknas från 1 juli till 30 juni kommande år. Total-P-koncentrationen och löst reaktivt P (DRP) analyserades. Vid Hacksta analyserades Fe-AL och Al-AL på befintliga jordprover från ett tidigare SLF-projekt (Wetterlind et al., 2010). Nivån på P-läckaget mättes i två mindre observationsytor på ett

angränsande fält där det ena brukades med reducerad jordbearbetning. Resultat från Hacksta redovisas i huvudsak i Ulén et al, (2010) samt delvis i den mer omfattande projektrapporten (Söderström et al, 2012). Applikationer med ICECREAM-modellen gjordes dels som en test av modellens förmåga att beskriva förlusterna av vatten och fosfor från fältet C1V på Logården, dels som ett redskap att förklara mätningarna i termer av olika påverkande processer på fältet. Simuleringar av vatten- och P-flöden gjordes med ICECREAM-modellen och jämfördes med uppmätta värden av avrinning (mm) och förlust av DRP och partikulär fosfor (PP, d v s Tot-P – DRP) (kg ha⁻¹) för perioden 2005 – 2007.

Resultat och diskussion

EPI-modellen

Den utvecklade modellen visas i Figur 1. De variabler som användes och respektive gränsvärden för reduktionen, liksom den linjära reduktionsfunktionen, kan lätt ersättas och modifieras. Jämfört med den traditionella tabellbaserade gödslingsrekommendationen omarbetades den här till en ekvation som alltså var en funktion av P-AL i matjorden och förväntad skörd. Ska modellen kunna användas i precisionsodlingssammanhang i praktiken är det en förutsättning att de använda reduktionsvariablerna är lätta att mäta och att det går att skapa kartor över fälten som visar dess variation.

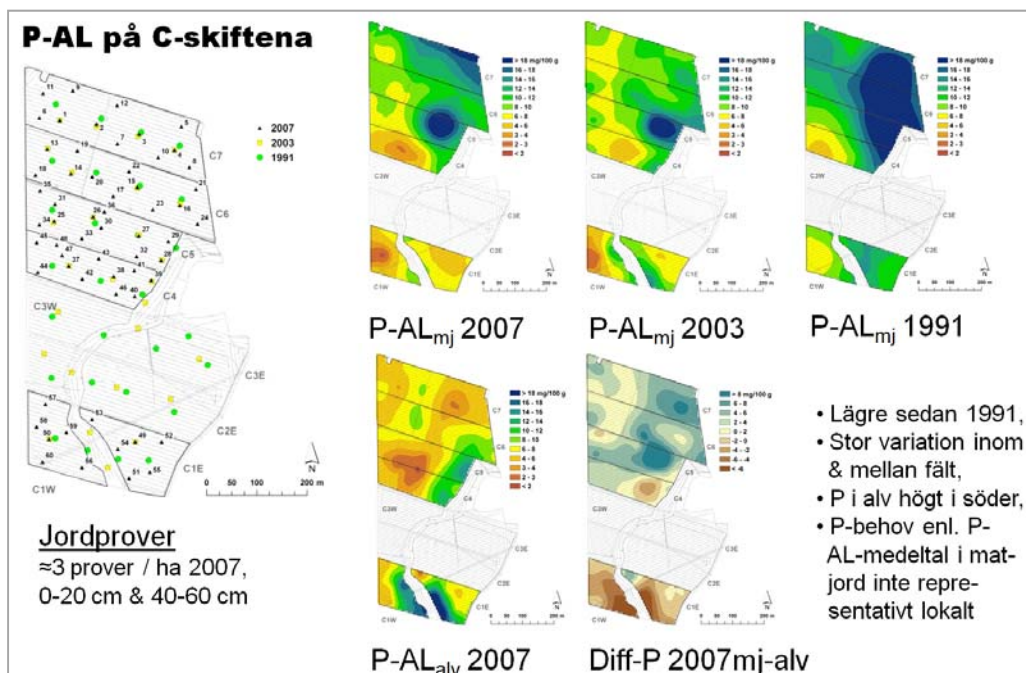


Figur 1. Beskrivning av EPI-modellen. En linjär funktion användes för reduktionsberäkningen (diagrammet överst till höger) för respektive reduktionsvariabel ($\rho_{i..n}$) (använda gränsvärden i tabellen). Diagrammet nederst till höger visar sambandet mellan P-reduktionen (R_f) och PI-S.

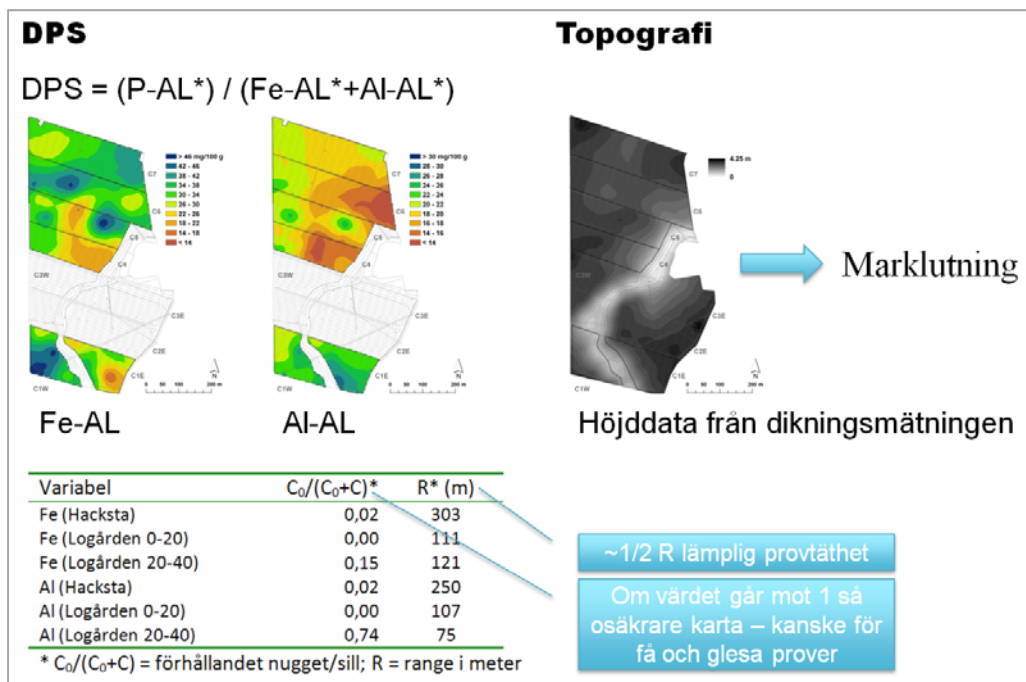
Underlag för modellen och applicering i praktiken

Jordprovtagningen som utfördes 2007, liksom tidigare utförda jordprovtagningar på C-skiftena visas i Figur 2. Dessutom visas kartor över fosforvariationen (P-AL) både i matjord

och alv 2007. Variationen i P-AL är påtaglig. Det är tydligt att gödsling baserat på medeltalet inte blir särskilt korrekt på en stor del av fälten. P-AL i alven är högre än i matjorden längst i söder (C1V & C1Ö). Att döma av kartorna har P-AL-talet sjunkit sedan 1991. Man ska komma ihåg att eftersom antalet provpunkter och var proverna togs varierar mellan åren kan det påverka kartornas utseende och möjligheten att göra en korrekt bedömning genom en visuell jämförelse. Kartor över Fe-AL och Al-AL visas i Figur 3, samt beräkningen av DPS.

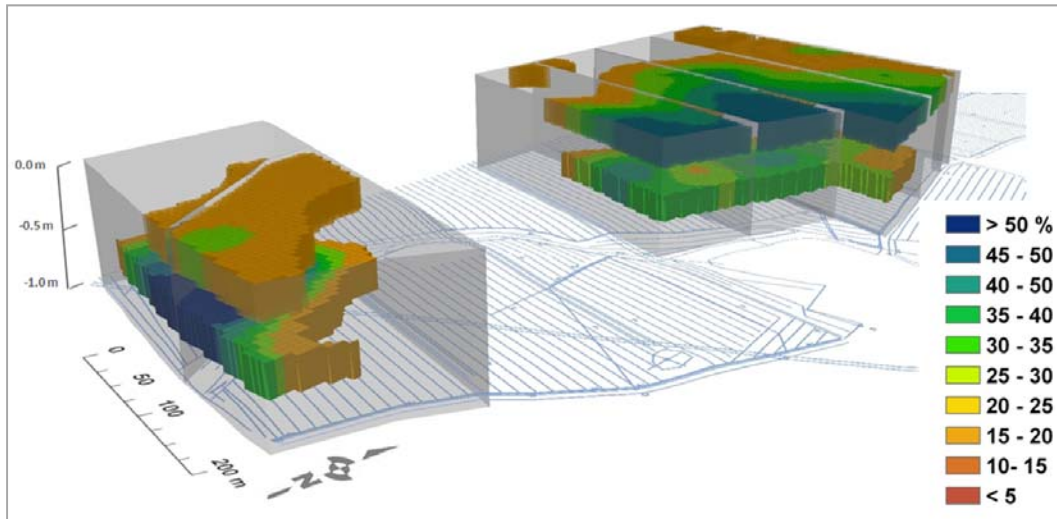


Figur 2. Provtagning på C-skiftena samt kartor över P-AL i matjord (mj) och alv.

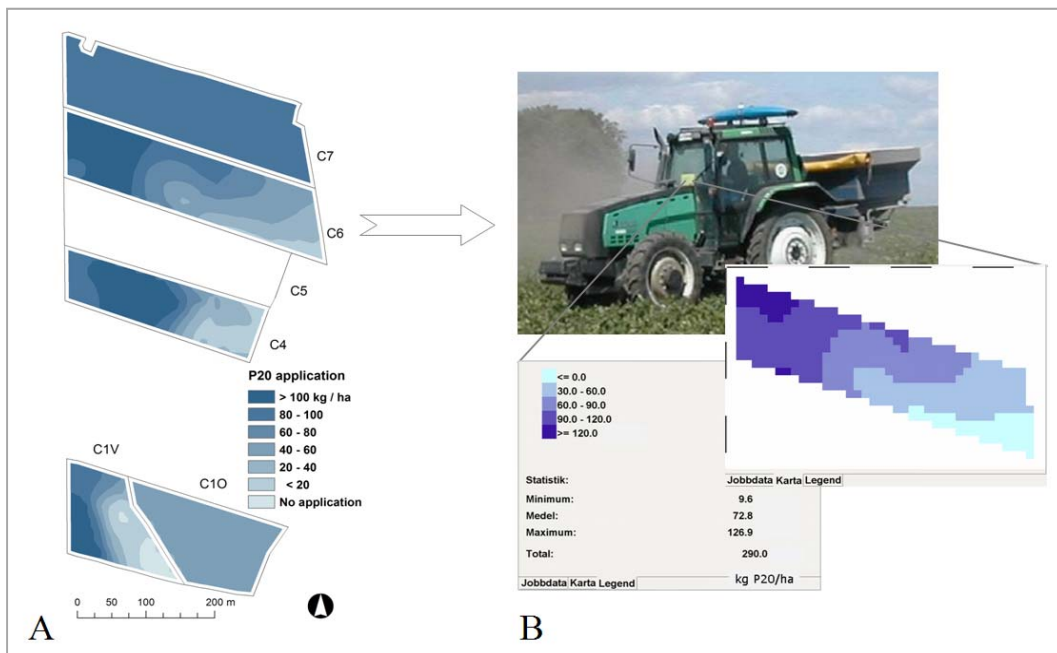


Figur 3. Fe-AL och Al-AL i matjorden samt beräkning av DPS (* indikerar molviktsbasis). Tabellen visar variogramparametrar. Den digitala höjdmodellen visas till höger.

Det är ganska stor lokal variationen av Fe och Al på Logården. Variogramparametrarna i Figur 3 indikerar att en provtäthet på 2 till 3 per ha behövs för bra kartering. Data från Hacksta visar på att ca 1 prov ha⁻¹ är tillräckligt. Den digitala höjdmodellen över Logården visas också i Figur 3. Den togs fram genom att mätningar som gjordes i samband med omtäckdikningen digitaliserades och georefererades. C-skiftena har en svacka där en kulverterad bäck passerar genom fälten. Maximala höjdskillnaden är drygt 4 m. Beräkningar av marklutning togs fram från höjdmodellen där ett lutningsvärde räknades ut för var 10:e meter.



Figur 4. DPS i matjord och alv visad i 3D i perspektiv från sydost. Voxlarnas (volymelementens) har för visualiseringens skull skalats ned till 5,0 x 5,0 x 0,2 m³ och skalan har överdivits starkt i z-led. Endast voxlar med DPS > 20 % visas (indikerar förhöjd risk för P-förluster).



Figur 5. A) P-behovskarta (som P20) 2008. En jämn giva spreds 2008-04-28 på C1Ö och C7, ingen P på C5 och precisionsspridning utfördes på resterande fält. B) Skärmdumpar från N-sensorterminalen i traktorn under precisionsgödsling på fält C6.

Alla kartdata beräknades för detta 10-metersraster, även data från alven. Således skapades en delvis tredimensionell modell över markförhållandena på C-skiftena på Logården. I Figur 3 visas DPS-modellen i 3D. Värdena följer i stora drag P-AL-kartorna (Figur 2). Men även Fe och Al påverkar DPS. På t ex skifte C4 är både Fe och Al lågt i den östra delen vilket resulterar i högt DPS trots att P-AL inte är extremt högt (klass III-IVa). Med hjälp av EPI-modellen (Figur 1) beräknades P-gödslingsbehovet för varje 10 x 10 m² yta vilket i styrfilen reducerades till 20 x 20 m² för att anpassa till spridningsutrustningen (centrifugalspridare med 24 m arbetsbredd). Gödselmedlet var P20. Digitala gödslingskartor togs fram med gratisprogrammet PrecisionWizard (Söderström, 2008). Spridningen utfördes med Yara N-sensorterminalen (exempel i Figur 5). Gödslingen genomfördes i april-maj 2007 och 2008 enligt Tabell 1.

Tabell 1. Utförd gödsling enligt EPI-modellen (VRA) och gödsling med jämn giva (UA)

Skifte	Gröda	Areal (ha)	Målskörd (ton/ha)	Medelbehov P (kg/ha)	Medelbehov P reducerad (kg/ha)	Mängd P20 (kg)	Spridning* och datum
2007							
C1V	Havre	1,76	5,0	22,1	16,5	145	VRA, 2 maj
C1Ö	Havre	2,24	5,0	16,5	-	184	UA, 16 maj
C4	Höstvete	2,52	6,5	21,3	18,9	238	VRA, 2 maj
C5	Vårvete	3,06	5,5	12,3	-	189	UA, 2 maj
2008							
C1V	Åkerböna	1,76	2,5	14,7	10,1	89	VRA, 28 apr
C1Ö	Åkerböna	2,24	2,5	9,0	-	101	UA, 28 apr
C4	Havre	2,52	5,0	16,5	14,6	184	VRA, 28 apr
C6	Höstraps	4,05	2,5	16,5	14,6	296	VRA, 28 apr
C7	Höstvete	4,17	6,5	18,0	-	375	UA, 28 apr

* VRA (*variable-rate application*) = Precisionsspridning; UA (*uniform application*) = jämn gödselgiva

Några fält gödslades med jämn giva (UA) medan andra gödslades med varierad giva (VRA) enligt EPI-modellen. På fälten med VRA-spridning kan man se att minskningen av P-givan då man följde den föreslagna reduktionen blev 12-34% (Tabell 1).

Jämförelse mellan fosforgödslade och ogödslade fält

För att få en indikation på om tillförseln av fosforgödselmedel i sig (vare sig det rörde sig om VRA eller UA) avspeglades i ökade fosforförluster gjordes en jämförelse mellan de integrerade fält som gödslats med fosfor och de som inte gödslats. Totalt gödslades nio skiften under projektperioden 2007-2009 (medelgödslingen var 14,7 kg P/ha) och lika många fält gödslades inte under samma tidsperiod.

.Vattenprovtagningen har skett flödesproportionellt, och som samlingsprover, vilket medför att de uppmätta halterna speglar flera dagar och att ett eventuellt toppflöde på så vis jämnats ut. Ett icke-parametriskt test, Mann-Whitneys U test, användes för att jämföra förlusterna av P mellan de gödslade och de ogödslade fälten. Dels gjordes jämförelsen för projektperioden 2007-2009 och dels gjordes en motsvarande jämförelse under den föregående perioden 2005-2007, då ingen gödsling utfördes på något fält.

Den enda signifikanta skillnaden som noterades var att förlusterna av Tot-P var signifikant större från de P-gödslade fälten under projektperioden (Tabell 2). För DRP kunde inga sådana skillnader noteras. Nu är det förstås många faktorer som påverkar läckaget förutom fosfortillförseln, men eftersom det ändå är flera fält som jämförs under en tidsperiod på två år, så förekommer ändå flera kombinationer av förfrukter och grödor i respektive grupp som jämförs. Men resultatet ska tolkas med försiktighet och det vore oerhört värdefullt med mätningar under en längre tidsperiod och med mer renodlade förutsättningar för att med säkerhet kunna fastställa hur de olika gödslingsstrategiernas påverkat fosforutlakningen.

I Tabell 3 finns en jämförelse i absoluta siffror. Lämpligen tittar man på medianvärdena med tanke på fördelningen av data. Tot-P låg på ca $1,1 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ under perioden 2005-2007 när ingen gödsling skedde. Motsvarande siffra för DRP var omkring $0,35 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Under perioden 2007-2009 var medianvärdet för Tot-P från de ogödslade fälten knappt $1,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ och DRP $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Tabell 2. Jämförelse av fosforförluster (värden för respektive hydrologiskt år) från gödslade (grupp a – alltså både precisionsgödsling och jämn gödsling) och ogödslade (grupp b) fält enligt Mann-Whitneys U test. Gödslingen genomfördes under perioden 2007-2009. Samma fält jämfördes även 2005-2007, då ingen gödsling gjordes

Tidsperiod	N _a	N _b	ΣRank _a	ΣRank _b	U	z	p-värde*
Tot-P kg/ha							
2005-2007	9	9	85	86	40	0,000	ns
2007-2009	9	9	111	60	15	2,207	0,0273
DRP kg/ha							
2005-2007	9	9	74	97	29	-0,971	ns
2007-2009	9	9	86	85	40	0,000	ns

* ns = ej signifikant

Tabell 3. Sammanfattande statistik av fosforförluster per år (för respektive hydrologiskt år) från gödslade (grupp a – alltså både precisionsgödsling och jämn gödsling) och ogödslade (grupp b). Gödslingen genomfördes under perioden 2007-2009. Siffror redovisas även för 2005-2007, då ingen gödsling gjordes. N = 9 i respektive grupp

Tidsperiod	Tot-P _{Medel} (kg/ha)	Tot-P _{Median} (kg/ha)	Tot-P _{Std.avv} (kg/ha)	DRP _{Medel} (kg/ha)	DRP _{Median} (kg/ha)	DRP _{Std.avv} (kg/ha)
2007-2009						
Grupp a	3,94	3,56	2,23	0,88	0,61	1,01
Grupp b	1,93	1,57	0,72	0,59	0,49	0,25
2005-2007						
Grupp a	1,43	1,24	1,13	0,33	0,29	0,13
Grupp b	1,46	1,00	1,26	0,45	0,40	0,27

De P-gödslade fältens medianläckage (Tot-P) var påtagligt högre, drygt $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$, vilket var ca $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ högre än de ogödslade fältens. Medianvärdet för DRP från de gödslade fälten låg på $0,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, dvs något högre än de ogödslade fälten, men utan signifikant skillnad jämfört med de ogödslade fälten enligt vad som redovisats ovan. Om man antar att de ökade

Figur 6. Utlakning av total P under perioden oktober 2004 – maj 2009 på skifte C1V (precisionsgödslades - VRA) respektive C1Ö (jämn medelgiva - UA). Pilarna indikerar gödslingstillfällena.

Wilcoxons teckenrangtest användes för att undersöka om det fanns en skillnad i fosforförluster mellan det delfält (C1Ö) som gödslades med en jämn fosforgiva enligt medelbehovet (UA) och den andra delen av fältet (C1V) som precisionsgödslades (VRA). Med teckenrangtestet gjordes en parvis jämförelse mellan månatliga observationer av fosforförluster dels för perioden oktober 2004 – april 2007, då ingen av fältdelarna fosforgödslades, och dels för perioden maj 2007 – juli 2009, då fosforgödsling genomfördes vid två tillfällen (Figur 6). Tabell 4 visar att varken förlusterna av Tot-P (kg ha^{-1}) eller Tot-P-koncentrationen (mg l^{-1}) enligt detta test på ett signifikant sätt skiljt sig åt mellan C1V och C1Ö under perioden oktober 2004 – april 2007. Under perioden maj 2007 – juni 2009, då fälten fosforgödslades vid två tillfällen, finns dock en signifikant skillnad mellan fälten. Det var under den perioden statistiskt sett vanligare att C1Ö som gödslades med en enhetlig medelgiva hade större förluster av Tot-P, både angivet i absoluta tal i kg ha^{-1} och uttryckt som koncentration i mg l^{-1} . När det gäller DRP fanns dessa skillnader under båda perioderna.

Tabell 4. Resultat av Wilcoxons teckenrangtest. Månadsvis jämförelse av fosforutlakning mellan C1V och C1Ö. P-gödsling utfördes maj 2007 och april 2008 (VRA på C1V och UA på C1Ö)

Tidsperiod	N	W	z	p-värde*
Tot-P kg/ha				
okt04-apr07	31	237	0,216	ns
maj07-juni09	26	98	1,968	0,0490
DRP kg/ha				
okt04-apr07	31	80	3,292	0,0010
maj07-juni09	26	60	2,933	0,0034
Konc Tot-P mg/l				
okt04-apr07	31	248	0,000	ns
maj07-juni09	26	57	3,010	0,0026
Konc DRP mg/l				
okt04-apr07	31	20	4,468	0,0000
maj07-juni09	26	46	3,289	0,0010

* ns = ej signifikant

Modellering av vatten- och P-förluster från fältet C1V, Logården

Den simulerade dagliga dynamiken stämde hyfsat med det uppmätta dräneringsflödet oavsett vilken parameterisering av jordegenskaper som användes, förutom under tre perioder. Det första tillfället är ett uppmätt pikflöde den 29-31 mars 2006 som inte kunde återges i simuleringen och inte heller motsvarades av så kraftig nederbörd. En möjlig förklaring skulle kunna vara att ett snösmältningstillfälle gett upphov till det kraftiga flödet. Det andra tillfället med dålig matchning mellan simulerat och uppmätt flöde är under vintern 2006/2007 då avrinningen kraftigt överestimeras i simuleringen. Under denna period odlades en fånggröda. I simuleringen är fånggrödan mycket svagt utvecklad med ett LAI <0,5 vilket gav en mycket låg simulerad transpiration. Detta skulle kunna förklara att mycket vatten finns kvar i marken och leder till en kraftig avrinning i simuleringen. Det tredje tillfället är under hösten 2007, efter att havre skördats, då simulerad markavdunstning fortfarande är hög. För den simulerade

perioden motsvarade transpirationen 50% och markyteavdunstningen ca 25% av nederbörden. Ytavrinningen motsvarade 1% av total avrinningen och makroporflödet mellan 52 och 62% beroende på markparameterisering.

Förlusterna av DRP överskattades i simuleringarna och framför allt under perioder då vattenförlusterna överskattades. Däremot var den simulerade förlusten av PP mycket lägre än mätvärdena för DRP, vilket gav en underskattning av TP. De simulerade P-förlusterna bestod till 70% av DRP, medan det i mätningarna endast var 20% i form av DRP. Enligt modelleringen motsvarade förluster via ytavrinning ca 2% och via makroporer ca 70% av TP. Det var framför allt parametrarna som påverkade vattnets flödesvägar som hade stor inverkan på förlusten av P. DRP förändrades i princip linjärt med förändringen av total avrinning. Förlusten av PP däremot är väldigt känslig för förändringar av erosionsskapande flöden, det vill säga ytavrinning och makroporflöde.

Hacksta

De båda dränerade skiften med 40 % ler hade samma fosforstatus i matjorden och fosforförlusterna skedde till allra största delen i partikulär form. Skillnader i transporterad fosfor från dessa ("clay in central Sweden") kan med största sannolikhet relateras till de olika bearbetningsmetoderna. För mer information se Ulen et al., 2010.

Slutsatser

Projektet har beskrivit en möjlig utveckling av dagens gödslingsrekommendationer så att faktorer som är viktiga för förluster av fosfor även inkluderas. Med DPS, marklutning och P-AL i alv gjordes en reduktionsberäkning som var väl korrelerad med det mer komplicerade PI-S. Metoden för reduktionsberäkningen är lätt att modifiera och det är även lätt att lägga till andra variabler som kan påverka fosforbehovsberäkningen. Modellen tillämpades på ett antal fält på Logården i Västergötland i form av precisionsgödsling, d v s platsanpassad gödsling på varje del av fältet. Den relativt detaljerade jordprovtagningen som gjordes visade att variationen i alla parametrar som användes var påtaglig inom fälten och att användning av medelvärdet som grund för behovsberäkningen inte blir korrekt. Reduktionsvariablerna reducerade det beräknade P-behovet med 12-34 % jämfört med den vanliga rekommendationen. Med utgångspunkt från projektets resultat är det svårt att göra en definitiv jämförelse av effekter på fosforförluster från fält som precisionsgödslats enligt modellen och de som gödslats med jämn giva. Det handlar om få fält under i sammanhanget kort tid med ganska olika förutsättningar. De statistiska jämförelser som gjordes då förhållandena renodlats så mycket som möjligt (fält C1V jmf med C1Ö), visade dock att gödslingen i sig ledde till ökade förluster av Tot-P (ca 13 % av den tillförda fosfor). Man såg ingen påverkan på förlusterna av DRP. Resultaten indikerade också att förlusterna av Tot-P från den jämna gödslingen var signifikant högre än då precisionsmodellen användes. Ett väl fungerande modellverktyg som är anpassat för att hantera enskilda fält och delar av fält vore av stort värde om man ska kunna detaljstyra åtgärder för att komma till rätta med läckage från lokala källor. Här gjordes ett försök att parameterisera ICECREAM-modellen med data från ett av fälten. Det återstår mer arbete innan det är möjligt att utnyttja modellen för simulering av förlusterna av fosfor i dess olika former på den detaljnivån. Data som insamlats i detta projekt kan bli ett värdefullt bidrag som underlag i det arbetet.

Referenser

- Djodjic, F., Bergström, L. 2005. Conditional phosphorus index as an educational tool for risk assessment and phosphorus management. *Ambio* 34: 293-297.
- ISO. 2003. Water quality – determination of orthophosphate and total phosphorus contents by flow analysis (FIA and CFA) – part 2: method by continuous flow analysis (CFA)
- Larsson, M., Persson, K., Ulén, B., Lindsjö, A., Jarvis, N.J., 2007. A dual porosity model to quantify phosphorus losses from macroporous soils. *Ecological Modelling* 205:123-134
- Roland, B. 2003. Odlingssystemets inverkan på markstrukturen och växtnäringstillståndet - en jämförande studie på Logården. SLU, Inst. för jordbruksvetenskap Skara. Examens- och seminariearbeten, nr. 11
- SIS. 2004. Swedish Standard water quality–Determination of nitrogen – Determination of bound nitrogen (TNb) following oxidation to nitrogen oxides. SIS. SSEN 12260-1.
- Stenberg, M., Ulén, B., Söderström, M., Roland, B., Delin, K., Helander, C.A. 2012. Tile drain losses of nitrogen and phosphorus from fields under integrated and organic crop rotations. A four-year study on a clay soil in southwest Sweden. *Science of the Total Environment*. 434, 79-89.
- Söderström, M. 2008. PrecisionWizard 3 – hantera precisionsodlingsdata och gör egna styrfiler till Farm Site Mate och Yara N-Sensor. Precisionsodling Sverige, POS Teknisk rapport 12. Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet. 32
- Ulen, B. 2007. A simplified risk assessment for losses of dissolved reactive phosphorus through drainage pipes from agricultural soils. *ACTA Agric. Scand. Sect. B.*, 56, 307-314.
- Ulen, B., Aronsson, H., Bechmann, M., et al., 2010. Soil tillage methods to control phosphorus loss and potential side-effects: a Scandinavian review. *Soil Use and Management* 26, 94-107.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Söderström, M. 2010. Increased sample point density in farm soil mapping by local calibration of visible and near infrared prediction models. *Geoderma*. 156, 152–160.

Publikationer i projektet

- Söderström, M., Ulén, B., Stenberg, M. 2008. A fine-tuned phosphorus strategy within fields. Ur: Rubaeck, G.H (red.) Phosphorus management in Nordic-Baltic agriculture – reconciling productivity and environmental protection. NJF Report, vol. 4, no. 4, 161-165.
- Söderström, M., Stenberg M., Blombäck, K., Ulén, B. 2012. Applicering av ett integrerat miljö- och produktionsindex för platsspecifik fosforgödsling och dess effekter på fosforläckage – en metodstudie. Publiceras i rapportserien Precisionsodling Sverige, POS Teknisk rapport. Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet (projektets utförliga slutrapport).
- Delar av insamlade data i projektet utgjorde underlag till två artiklar:
- Stenberg, M., Ulén, B., Söderström, M., Roland, B., Delin, K., Helander, C-A. 2012. Tile drain losses of nitrogen and phosphorus from fields under integrated and organic crop rotations. A four-year study on a clay soil in southwest Sweden. *Science of the Total Environment* 434, 79–89.
- Ulen, B., Aronsson, H., Bechmann, M., et al., 2010. Soil tillage methods to control phosphorus loss and potential side-effects: a Scandinavian review. *Soil Use and Management* 26, 94-107.

Övrig resultatförmedling till näringen

- Presentation, Markkarteringsrådet, Skövde, 10 juni 2007
- Presentation, Informationsdag om pågående SLF-finansierad forskning om: Ökad kunskap om och strategier för åtgärder mot fosforförluster till vattenmiljön. Arrangör ämnesgruppen Vatten inom Fälthforsk. SLU, 13 april 2010.
- Poster, NJF-seminarium 401. Phosphorus management in Nordic-Baltic agriculture, Uppsala, 22-23 sept., 2010
- Presentation, KSLA-seminariet Odlingssystem för framtiden, Logården 3 sept. 2012.
- Material och resultat från projektet har inkluderats i Precisionsodlingsmodulen (modul 16a), Greppa Nringen (www.greppa.nu)