

Institutionen för mark och miljö

Platsspecifika riktgivor för kväve

Kristin Piikki och Bo Stenberg

Innehåll

Sammanfattning	1
1. Introduktion	2
2. Studiens syfte	2
3. Genomförande, och resultat	3
4. Diskussion	9
5. Slutsatser	10
6. Förslag till förbättrade riktlinjer för kvävegödsling och vidare forskningsbehov	10
Referenser	10

Sammanfattning

Platsspecifika jordarts- och väderdata har kopplats till kvävegödslingsförsök i höstvetete (*Triticum aestivum* L., n= 100) och vårkorn (*Hordeum vulgare* L., n= 47). Det var dock inte särskilt framgångsrikt att använda platsspecifika jordarts- och väderdata i empiriska modeller för att prediktera ekonomiskt optimal kvävegiva (Nopt) på varje plats. Däremot visar resultat från projektet att man med relativt god precision (medelfel 11 kg N / ha för höstvetete och 10 kg N / ha för vårkorn vid tillämpning för nya år och platser) kan prediktera Nopt från värden för skörd i en kvävestege med två led (0 och 300 kg N / ha för höstvetete och 0 och 180 kg N / ha för korn). Det görs med hjälp av prediktionsmodeller (MARSplines) som kalibrerats med ≥ 10 års samlade försöksdata. Man skulle kunna säga att de två kväveleden karakteriserar växtplatsen med avseende på bördighet utan gödsling (nollrutan) och skördepotential utan kvävebegränsning (maxrutan). Sedan använder man den samlade kunskapsmängden i försöksdatabasen (som beskrivs matematiskt av modellen) för att prediktera Nopt. Vi föreslår att man använder sådana här enkla kvävestegar med två led i kombination med modellberäkningar som ett komplement till dagens försöksverksamhet med kvävestegar. Man skulle då kunna få värden för Nopt från ett större antal platser och på så sätt täcka in den geografiska variationen bättre, nationellt sett. Vi föreslår också vidare utveckling av strategier där lantbrukare själva lägger ut försöksrutor och uppskattar skörden med sensormätningar vid tiden för gödsling.

1. Introduktion

Jordbruket står för nästan hälften av den antropogena kvävetillförseln till våra hav (Gustafsson et al., 2001). Lord och Mitchell (1998) har visat att kvävegivor som överskrider den ekonomiskt optimala nivån (Nopt) ger ökad utlakning och Delin och Stenberg (2010) har bekräftat deras resultat under svenska förhållanden. Båda studierna visade att utlakningen inte är linjärt relaterad till mängden kväve som tillförs. Kväveläckaget visar en svag lutning i förhållande till kvävemängder för givor under optimum och en betydligt brantare ökning i förhållande till kvävetillförseln för givor över optimum. Eftersom Nopt verkar sammanfalla med ett tröskelvärde för ökat läckage, är det inte bara av ekonomiskt intresse, utan även viktigt ur miljösynpunkt, att inte överskrida Nopt. Mineralkvävegödsling orsakar också växthusgasutsläpp från jordbruksmark (Jordbruksverket, 2008)

I nuläget görs fältförsök med flera kvävegödslingsnivåer, s.k. kvävestegar, för att ta fram funktioner för grödans avkastning i förhållande till mängden tillfört kväve. Dessa kväveresponskurvor möjliggör beräkning av Nopt med hänsyn till aktuella priser på gödsel och spannmål. Man kan noggrant bestämma Nopt på den plats och för det år som försöket utförts. När man sedan ska gödsla utgår man från medelkurvor för regionen och den förväntade skördenivån samt justerar för förfrukt, mullhalt och stallgödselspridning (Albertsson, 2012), samt lantbrukarens och rådgivarens erfarenhet. Medelkurvorna baseras på flera års fältförsök. Eftersom grödans kväverespons inte är generell utan skiljer sig mellan olika platser och mellan olika år kan felet i det enskilda fallet bli stort. Syftet med projektet är därför att koppla svenska kvävegödslingsförsök till platsspecifika väder- och jordartsdata för att med hjälp av datautvinning (eng: *data mining*) ta fram modeller som kan förbättra uppskattningen av Nopt lokalt.

2. Studiens syfte

Projektets mål är att föreslå system för beslutsunderlag (prediktionsmodeller för lokalt optimal kvävegiva) samt att testa följande hypoteser. Alla jämförelser ska göras till kvävegödslingsrekommendationer från Jordbruksverket (Albertsson, 2012). Projektet arbetar med rumslig variation på mellan platser från Skåne till Svealand, alltså inte inom fält.

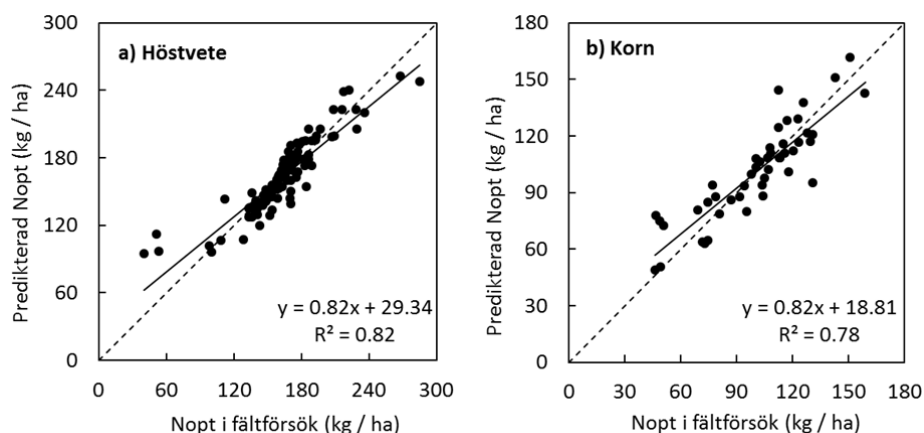
1. Den platsspecifika riktigivan förutspår ekonomiskt optimal kvävegiva mer exakt.
2. Kväveeffektiviteten kommer att förbättras genom användning av det platsspecifika beslutsunderlaget.

- Det ekonomiska resultatet kommer att förbättras genom användning av det platsspecifika beslutsunderlaget.

3. Genomförande och resultat

Här redovisas viktigaste de kunskaperna som renderats i projektet i sammanfattad form. Genomförande och resultat redovisas mer i detalj i de två lägesrapporterna (Appendix 1-2) samt i ett manuskript till en vetenskaplig tidskrift (Appendix 3).

Etthundra kvävegödslingsförsök i höstvet (*Triticum aestivum* L.) och 47 kvävegödslingsförsök i korn (*Hordeum vulgare* L.) kopplades till jordarts- och väderdata. (lerhalt, mullhalt, ett antal olika temperatursummor samt nederbörd och instrålning ackumulerad över olika tidsperioder). Fyra olika data mining-metoder tillämpades för att finna empiriska samband i datamängden, som skulle kunna användas för platsspecifik prediktion av Nopt på nya platser och för nya år, baserat på lokala förutsättningar. Studien visade dock att markdata inte nämnvärt förbättrade bestämningen av platsspecifik Nopt och att användning av väderdata fungerade dåligt i de empiriska modellerna. Det som däremot fungerade bra var att prediktera Nopt från skörd i nollrutor samt skörd vid en bestämd hög kvävegiva (300 kg N / ha för vete och 180 kg N / ha för korn). Metoden validerades genom en korsvalidering som lades upp så att det aldrig ingick försök från samma år eller samma plats (< 1 km) i valideringsdatasetet som i kalibreringen. Predikterade värden för Nopt har plottats mot Nopt bestämd i fältförsök i Figur 1. Resultaten i Figur 1 avser en priskvot mellan tillförd kväve och såld spannmål på 10. Det absoluta medelfelet i för vete är 11 kg N / ha (Tabell 1) och det absoluta medelfelet för korn var 10 kg N / ha (Tabell 2).



Figur 1. Predikterad ekonomiskt optimal kvävegiva (Nopt) plottad mot Nopt bestämd i fältförsök från korsvalidering av MARSplines-modeller.

Tre hypoteser (se ovan) testades för de två grödorna höstvet och vårkorn. Enligt projektansökan skulle hypoteserna testas för beslutsstöd baserade på väder- och klimatdata men då man redan sett att dessa Nopt-prediktioner var sämre än Jordbruksverkets riktgivor baserade på region och skördenivå testades istället hypoteserna för platsspecifika riktlinjer för kvävegödsling som bestämts från skördepotential (skörd vid 300 kg N / ha för vete och skörd vid 180 kg N / ha för korn) och markens kväveleverans (skörd utan kvävegödsling). Resultaten av hypotestestningen visas i Tabell 1-2. Lokalt bestämt Nopt är statistiskt signifikant mer rätt än dagens riktlinjer. Kväveeffektiviteten ökar dock inte signifikant, om man skulle gödsla enligt den lokalt bestämda kvävegivan men vinsten blir ökar signifikant med 100 SEK per hektar, enligt den ekonomiska modell som använts (se Appendix 1).

Tabell 1. Resultat från parvis t-test mellan platsspecifik riktgiva och dagens riktgiva för vete (Albertsson 2012). Den platsspecifika riktgivan är predikterad från skörd i nollrutor och skörd vid 300 kg N / ha. n = 99 försök (en outlier borttagen). I tabellen anges medelvärden ± standardavvikelse samt sannolikheten (P) för att skillnaden mellan den platsspecifika riktgivan och dagens riktgiva är slumpmässig variation. * = ≤ 0,05; *** ≤ 0.001.

Hypotes	Dagens riktgiva	Platsspecifik riktgiva	P
	161 ± 19kg N / ha	164 ± 33kg N / ha	
1. Det platsspecifika beslutsstödet förutspår optimal kvävegiva mer exakt.	Absolutfel = 23 ± 21 kg N / ha	Absolutfel = 11 ± 11 kg N / ha	***
2. Kväveeffektiviteten kommer att förbättras genom användning av det platsspecifika beslutsunderlaget.	Kväveeffektivitet = 87 ± 10 %	Kväveeffektivitet = 89 ± 14 %	*
3. Det ekonomiska resultatet kommer att förbättras genom användning av det platsspecifika beslutsunderlaget.	Vinst = 9,2 ± 2,8 kSEK / ha	Vinst = 9,3 ± 2,9 kSEK / ha	***

Tabell 2. Resultat från parvis t-test mellan platspecifik riktgiva och dagens riktgiva för korn (Albertsson 2012). Den platsspecifika riktgivan är predikterad från skörd i nollrutor och skörd vid 180 kg N / ha. n= 47 försök. I tabellen anges medelvärden ± standardavvikelse samt sannolikheten (P) för att skillnaden mellan den platsspecifika riktgivan och dagens riktgiva är slumpmässig variation. ns= > 0,05; **= ≤ 0.01.

Hypotes	Dagens riktgiva	Platsspecifik riktgiva	P
	93 ± 18 kg N / ha	101 ± 25kg N / ha	
1. Det platsspecifika beslutsstödet förutspår optimal kvävegiva mer exakt.	Absolutfel = 17 ± 15 kg N / ha	Absolutfel = 10 ± 8 kg N / ha	**
2. Kväveeffektiviteten kommer att förbättras genom användning av det platsspecifika beslutsunderlaget.	Kväveeffektivitet = 126 ± 20%	Kväveeffektivitet = 125 ± 35%	ns
3. Det ekonomiska resultatet kommer att förbättras genom användning av det platsspecifika beslutsunderlaget.	Vinst = 7,9 ± 3,8 kSEK / ha	Vinst = 8,0 ± 3,8kSEK / ha	**

I projektet kalibrerades modeller för Nopt-prediktion för priskvoter mellan insatsmedel och producerad spannmål från 5 till 15. De redovisas i Tabell 3-4. Eftersom valideringen gjorts på så sätt att modellerna kalibrerats med data från år och platser (> 1 km) som inte ingick i valideringsdatasetet, kan man förvänta den elnivå som anges i Tabell 3-4, när man tillämpar modellen på nya år och nya platser. Som alltid när man använder modellberäkningar måste man även göra en egen bedömning av om prediktionen är rimlig.

Tabell 3. Modeller för beräkning av ekonomiskt optimal kvävegiva (N_{opt}) baserat på skörd utan kvävegödsling (Y_0) och skörd vid gödsling med 300 kg N / ha (Y_{300}). Tabellen fortsätter på nästa sida.

Priskvot	Ekvation	Absolut medelfel (kg N / ha)
5	$N_{opt} = 246.361449$ $-0.045537 \times \max(0, Y_0 - 3102.38)$ $+0.050542 \times \max(0, Y_0 - 3960.85)$ $-0.039643 \times \max(0, Y_0 - 5313.47)$ $+0.031986 \times \max(0, Y_{300} - 9761.98)$ $-0.015034 \times \max(0, 9761.98 - Y_{300})$	15
6	$N_{opt} = 169.385937$ $-0.047411 \times \max(0, Y_0 - 3102.38)$ $+0.048968 \times \max(0, Y_0 - 3960.85)$ $-0.035444 \times \max(0, Y_0 - 5313.47)$ $+0.019824 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$	15
7	$N_{opt} = 151.914425$ $-0.043069 \times \max(0, Y_0 - 3102.38)$ $+0.042782 \times \max(0, Y_0 - 3960.85)$ $-0.032747 \times \max(0, Y_0 - 5313.47)$ $+0.053046 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.064371 \times \max(0, Y_{300} - 6558.87)$ $+0.032544 \times \max(0, Y_{300} - 7337.37)$	13
8	$N_{opt} = 155.593956$ $-0.042085 \times \max(0, Y_0 - 3102.38)$ $+0.031224 \times \max(0, Y_0 - 3960.85)$ $+0.020625 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$	12
9	$N_{opt} = 149.469556$ $-0.028208 \times \max(0, Y_0 - 2779.92)$ $+0.041918 \times \max(0, Y_0 - 4635.42)$ $-0.045772 \times \max(0, Y_0 - 5313.47)$ $+0.021456 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$	12
10	$N_{opt} = 135.160907$ $-0.055857 \times \max(0, Y_0 - 3102.38)$ $+0.041956 \times \max(0, Y_0 - 3659.85)$ $+0.029571 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.015401 \times \max(0, Y_{300} - 7597.71)$ $+0.015352 \times \max(0, Y_{300} - 9761.98)$	11
11	$N_{opt} = 126.663028$ $-0.055404 \times \max(0, Y_0 - 3102.38)$ $+0.040472 \times \max(0, Y_0 - 3659.85)$ $+0.031514 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.017424 \times \max(0, Y_{300} - 7597.71)$ $+0.014823 \times \max(0, Y_{300} - 9761.98)$	10

Tabell 3. Fortsättning från föregående sida

Priskvot	Ekvation	Absolut medelfel (kg N / ha)
12	$N_{opt} = 113.666626$ $-0.058413 \times \max(0, Y_0 - 3345.48)$ $+0.045008 \times \max(0, Y_0 - 3960.85)$ $+0.037725 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.019732 \times \max(0, Y_{300} - 7034.83)$	11
13	$N_{opt} = 73.788278$ $-0.027225 \times \max(0, Y_0 - 2623.4)$ $+0.016597 \times \max(0, Y_0 - 4635.42)$ $+0.052835 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.028768 \times \max(0, Y_{300} - 7034.83)$ $+0.007840 \times \max(0, 9761.98 - Y_{300})$	12
14	$N_{opt} = 95.454536$ $-0.022589 \times \max(0, Y_0 - 2623.4)$ $+0.056698 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.037381 \times \max(0, Y_{300} - 6558.87)$	13
15	$N_{opt} = 87.154414$ $-0.023130 \times \max(0, Y_0 - 2623.4)$ $+0.060130 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13)$ $-0.040636 \times \max(0, Y_{300} - 6558.87)$	15

Tabell 4. Modeller för beräkning av ekonomiskt optimal kvävegiva (N_{opt}) baserat på skörd utan kvävegödsling (Y_0) och skörd vid gödsling med 180 kg N / ha (Y_{180}).

Priskvot	Ekvation	Absolut medelfel (kg N / ha)
5	$N_{opt} = 88.875521$ $-0.008790 \times \max(0, Y_0 - 3860.05)$ $+0.016212 \times \max(0, 5101.1 - Y_0)$ $+0.011895 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.010707 \times \max(0, 5957 - Y_{180})$	12
6	$N_{opt} = 83.357268$ $-0.008842 \times \max(0, Y_0 - 3860.05)$ $+0.016313 \times \max(0, 5101.1 - Y_0)$ $+0.012755 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.010220 \times \max(0, 5957 - Y_{180})$	11
7	$N_{opt} = 78.966378$ $-0.008826 \times \max(0, Y_0 - 3734.59)$ $+0.016047 \times \max(0, 5101.1 - Y_0)$ $+0.013504 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.009785 \times \max(0, 5957 - Y_{180})$	10

Tabell 4. Fortsättning från föregående sida.

Priskvot	Ekvation	Absolut medelfel (kg N / ha)
8	$\text{Nopt} = 99.558890$ $-0.016799 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.019966 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.013876 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.009617 \times \max(0, 5957 - Y_{180})$	11
9	$\text{Nopt} = 94.733513$ $-0.016445 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.020934 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.014282 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.009617 \times \max(0, 5957 - Y_{180})$	11
10	$\text{Nopt} = 66.547604$ $-0.016588 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.018973 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.026882 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.015294 \times \max(0, Y_{180} - 6361)$	11
11	$\text{Nopt} = 59.352868$ $-0.016132 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.020005 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.037446 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.022470 \times \max(0, Y_{180} - 5165)$	11
12	$\text{Nopt} = 54.294377$ $-0.015490 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.021083 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.035544 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.021289 \times \max(0, Y_{180} - 5403)$	10
13	$\text{Nopt} = 49.071079$ $-0.015096 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.022108 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.036462 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.021951 \times \max(0, Y_{180} - 5403)$	10
14	$\text{Nopt} = 54.330956$ $-0.015949 \times \max(0, Y_0 - 2836.18)$ $+0.024647 \times \max(0, 2836.18 - Y_0)$ $+0.036943 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.021643 \times \max(0, Y_{180} - 5403)$	10
15	$\text{Nopt} = 40.861194$ $-0.014773 \times \max(0, Y_0 - 3364.44)$ $+0.023433 \times \max(0, 3364.44 - Y_0)$ $+0.032661 \times \max(0, Y_{180} - 3988)$ $-0.019377 \times \max(0, Y_{180} - 5957)$	10

4. Diskussion

Ekonomiskt optimal kvävegiva kan bestämmas lokalt baserat på skördepotential och markens kväveleverans. Lokalt bestämt Nopt har ett signifikant mindre fel än dagens riktlinjer, d.v.s. den är mer träffsäker. Kväveeffektiviteten blev dock inte signifikant högre om man skulle ha gödlat med modellberäknade kvävegivor. Det beror på att Jordbruksverket riktlinjer generellt ligger lägre (Tabell 3-4) och att kväveeffektiviteten minskar med ökad giva. Jämförelsen blir därför något haltande. Det är dessutom inte troligt att man i praktiken faktiskt gödskar mindre om man går efter Jordbruksverkets riktgivor, eftersom man tenderar att anpassa kvävegivan till de delar av gården där det är brist på kväve (Stenberg et al., 2009). Vinsten förbättrades vid användning av det platsspecifika beslutsunderlaget men skillnaden var inte stor (100 SEK / ha för båda grödorna).

Markdata förbättrade inte nämnvärt bestämningen av platsspecifik Nopt i nationell skala. Det utesluter inte att jordartsvariation kan vara värdefullt som beslutsunderlag för varierad kvävegödsling inom fält. Exempelvis har Bölenius et al. (2012) funnit att markfysikaliska egenskaper, främst penetrationsmotstånd, som är relaterat till ler- och mullhalt, har ett samband med den varierande skördenivån inom fält.

Det finns inte i nuläget fog för att ta fram nationella beräkningsmodeller baserade jordarts- och väderdata för platsspecifik bestämning av Nopt. Man kan förmodligen komma längre i strävan mot en mer träffsäker kvävegödsling genom att vidareutveckla och förfina diagnostiken av växande gröda. Man kan tänka sig strategier där lantbrukaren själv gör enkla försök med två kvävenivåer och uppskattar skördenivån med en optisk sensor, för att kunna anpassa kvävegivan till årets och gårdens förutsättningar. Det finns tidigare studier som visar att det finns potential att relativt väl kunna prediktera skörd från optiska mätningar (Overgaard et al., 2013; Wetterlind, 2010). Det krävs dock vidare utveckling av generella modeller för sensorbaserade skördeprognoser. Sensorbaserad skördeuppskattning skulle också anpassning av kvävegivan till inomfältvariation i skördepotential. Ett förslag på hur en lantbrukare med fallspridare rent praktiskt praktiskt skulle kunna lägga ut ett försök för att beräkna Nopt är att förskjuta ett gödslingsdrag så att hen får en remsa på fältet utan kvävegödsling och ett en dubbel kvävegiva, d v s med exempelvis med 300 respektive 180 kg N / ha. Med kastspredare får spredaren stängas under en sträcka och delar dubbelköras för att skapa de nödvändiga försöksrutorna.

Att göra modellberäkningar av Nopt utifrån enkla försök med enbart två kvävenivåer skulle kunna också kunna vara ett värdefullt komplement till att göra kvävestegar med flera kvävenivåer, för att bättre täcka in den geografiska variationen, nationellt sett.

5. Slutsatser

- Markdata förbättrade inte nämnvärt bestämningen av platsspecifik Nopt i nationell skala. Inom fält kan det inte uteslutas att jordartsvariation är användbart i beslutsunderlag för varierad kvävegödsling.
- Att använda väderdata i empiriska modeller för att prediktera Nopt var inte framgångsrikt.
- Nopt kan bestämmas lokalt baserat på skördepotential, mätt som skörd vid en hög kvävegiva, och markens kväveleverans, mätt som skörd utan kvävegödsling. Lokalt bestämd Nopt har ett signifikant mindre fel än dagens riktgivor. Vinsten blev signifikant större om man skulle ha gödslat med den modellberäknade kvävegivan men någon skillnad i kväveeffektivitet kunde inte påvisas statistiskt, troligen på grund av en generellt lägre gödslingsnivå enligt dagens riktgivor.

6. Förslag till förbättrade riktlinjer för kvävegödsling och vidare forskningsbehov

Att anlägga enkla kvävestegar med två gödselsteg skulle kunna vara ett bra komplement till de kvävegödslingsförsök med flera kvävenivåer som görs idag, för att riktgivorna på ett bättre sätt ska täcka in den geografiska variationen i grödors kväverespons. För att kunna dra full nytta av enkla kvävestegar på den egna gården behöver man satsa på utveckling av metoder för att prediktera skörd vid tiden för gödsling, exempelvis från fjärranalys eller markburna optiska sensorer.

Referenser

- Albertsson, B. (2012). Riktlinjer för gödsling och kalkning 2013. Jordbruksverket. Jordbruksinformation JO12:12. 90 sidor.
- Bölenius, E., Stenberg, B., Arvidsson, J., and Rogstrand, R. (2012). Platsspecifik snabbestämning av skördebegränsande fysikaliska markegenskaper. SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, Rapporter från jordbearbetningen, nr 122, 35 sidor.
- Delin, S., Stenberg, M. (2010). Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response in Sweden. In "5th International Nitrogen Conference 2010" (M. S. Sachdev, ed.), New Delhi, India, sidan 235,

- Gustafsson, K., Hallén, P., and Lindén, B. (2001). Kväve. I: Miljönyckeltal: Kväve, fosfor, kadmium, energi och markpackning. SLU. Uppsala. Fakta Jordbruk, nr 7.
- Jordbruksverket (2008). Minska Jordbrukets klimatpåverkan. Del 1 Introduktion och några åtgärder/styrmedel. Jordbruksverket, rapport 2008:11, 110 sidor.
- Lord, E. I., and Mitchell, R. D. J. (1998). Effect of nitrogen inputs to cereals on nitrate leaching from sandy soils. *Soil Use and Management* 14, 78-83.
- Overgaard, S. I., Isaksson, T., and Korsæth, A. (2013). Prediction of wheat yield and protein using remote sensors on plots-Part I: Assessing near infrared model robustness for year and site variations. *Journal of near Infrared Spectroscopy* 21, 117-131.
- Stenberg, M., Söderström, M., Gruvaeus, I., Bjurling, E., Gustafsson, K., Krijger, A.K., Stenberg, B., and C.G., P. (2009). Orsaker till skillnader mellan rekommenderade kvävegivor och de verkliga eller beräknat optimala i praktisk spannmålsodling – kan vi öka kväveeffektiviteten? *Växteko Rapport HS Skaraborg* 5, 59 sidor.
- Wetterlind, J. (2010). Mätningar med Yara N-senor för att skatta markens kvävelevererande förmåga. SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö, Precisionsodling och pedometri.rapport nr 4, 22 sidor.