

## Höstraps och ärter i växtföljden

- metoder att minimera en ökad risk för kväveutlakning



Lena Engström, Börje Lindén, Helena Aronsson  
och Maria Stenberg

**Precisionsodling**  
**2008:5**  
**Skara**

ISBN 978-91-85911-88-2 (tryck)  
ISBN 978-91-85911-89-9 (pdf)



## Förord

I projektet ingick två treåriga fältförsök, 2004-2006 och 2005-2007, som utfördes av försökspatrullen på Skaraborgsläns Hushållningssällskap. Inom detta projekt gjordes även ett examensarbete av Ola Sixtensson (Sixtensson, O., 2006. Kväve i mark och gröda från sådd till skörd vid odling av höstraps (*Brassica napus* L.). SLU, Inst. för markvetenskap, Avd. för precisionsodling. Examensarbete nr. 2). Projektet finansierades genom anslag av Stiftelsen Lantbruksforskning, Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning.

Skara i november 2008

Författarna

## Innehållsförteckning

Förord .....	1
Innehållsförteckning .....	2
Sammanfattning.....	3
Inledning.....	4
Material och metoder.....	5
Försöksplats och försöksplan .....	5
Utlakningsstudier.....	7
Mineralkväve i marken.....	7
Grödornas kväveupptag och skörd .....	7
Bladavfall under växtsäsongen.....	8
Statistisk analys och beräkningar .....	8
Resultat och diskussion .....	8
Temperatur och nederbörd .....	8
Mineralkväve i marken från sådd av höstraps till tidig vår .....	9
Kväveinnehåll i ogräs och gröda på senhösten efter sådd av höstraps.....	10
Mineralkväve i marken under växtsäsongen .....	11
Skörd av havre, ärter och höstraps.....	12
Kväveutlakning efter sådd av höstraps.....	13
Kväveupptag i fånggrödor och höstvetete på senhösten efter skörd av höstraps och ärter .	17
Mineralkväve i marken från skörd av förfrukterna till skörd av efterföljande vete .....	17
Skörd av höst- och vårvete .....	19
Kväveutlakning efter skörd av höstraps, ärter och havre .....	20
Slutsatser.....	26
Referenser.....	26

## Sammanfattning

I såväl konventionell som ekologisk odling är det angeläget att ta tillvara höstrapsens och ärternas fördelar, men samtidigt är det angeläget att odlingen av dessa grödor inte ökar kväveförlusterna. Frågan är i vilken utsträckning tilltagande kväveminalisering efter höstraps och ärter och ofullständigt utnyttjande av gödselkväve för höstrapsens del är orsaker till den ökade risken för kväveutlakning. Här undersökte vi orsakerna till ökade risker för kväveutlakning vid odling av höstraps och ärter i jämförelse med stråsäd. Syftet var också att utveckla metoder som minskar förlusterna samtidigt som kväveförlusterna förbättras. Projektet utfördes i två försöksytor med sugceller på en sandjord i Västergötland, 2004-2006 och 2005-2007.

Kväveutlakning mättes med hjälp av sugceller dels två höst- och vinterperioder efter sådd av höstraps och dels två vinterperioder efter skörd av höstraps, ärter och havre i en efterkommande höst- eller vårvetegröda. I försöken studerades hur höstgödning till rapsen med 30 eller 60 kg N/ha samt olika kvävegivor på våren (0-200 kg N/ha) påverkade kväveutlakningen. Fånggröda som metod för att minska utlakningen efter odling av raps och ärter studerades också, liksom direktsådd av höstete efter raps. Höstrapsen (Kronos och Calypso) som såddes den 18 och 25 augusti (försök 1 respektive 2) hade tagit upp 47 och 75 kg N/ha i led gödslade med 30 respektive 60 kg N/ha fram till senhösten i båda försöken. Mineralkväve i marken på senhösten var samma i de två leden, ca. 30 kg N/ha vilket kan anses som lågt på denna plats där med stallgödsel tidigare ingått i växtföljden. Det tyder på att höstrapsen tagit upp både gödselkväve och tillgängligt markkväve inför vintern oavsett gödselgiva. Kväveutlakningen under vinterperioden blev också lika oavsett om kvävegivan var 30 eller 60 kg N/ha vid sådd.

På grund av höstrapsens effektiva kväveupptag minskade kväveutlakningen under vinterperioden med 40 % (14 kg N/ha) i jämförelse med led där jordbearbetning gjordes vid samma tidpunkt som där höstrapsen såddes och ingen gröda fanns. Detta visar på betydelsen av att ha en gröda som kan ta upp tillräckligt med kväve under hösten efter att jorden bearbetats och sedan följs av en vinter som är mild och med avrinning främst i oktober-januari som 2004/2005.

Kväveutlakningen under vinterperioden efter skörden av höstrapsen, ärterna och havren, då höstvetet odlades, blev 18 – 32 kg N/ha större än under den föregående vinterperioden med höstrapsgrödan. Liksom andra undersökningar visar detta, att det är under vinterhalvåret efter höstraps och ärter som den största utlakningsrisken föreligger. Orsaken till detta är främst större mängder mineralkväve i marken vid rapsens och ärternas mognad än efter stråsäd men också att höstvetet har sämre förmåga än höstraps att ta upp kväve på hösten. Det höstvetet som odlades året efter höstrapsen innehöll på senhösten i försök 1 och 2 i medeltal 15 respektive 9 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna, vilket var helt otillräckligt för att påtagligt minska kväveutlakningen. Anledningen är uppenbarligen att det vid odling av höstraps och ärter blir ökad kväveminalisering under sensommaren genom frigörelse av kväve från lättnedbrytbara växtrester såsom rötter, blad och blomblad efter höstraps och ärter. Efter ärter beror de större kvävemängderna i marken vid skörd även på att denna kvävefixerande baljväxt inte utnyttjar tillgängligt mineralkväve i marken lika effektivt som t.ex. havre och höstraps.

I båda försöken medförde en överoptimal kvävegiva på 200 kg N/ha till höstraps den största utlakningen i efterföljande höstvetete oavsett om vintern var kall som 2005/2006 (frusen mark från december till mars och största avrinning i mars-april) eller mild som 2006/2007 (med största avrinningen i oktober-januari). Kväveutlakningen var 20 och 49 kg N/ha mer än efter havre och 25 och 27 kg N/ha mer än efter höstraps gödslad med 150 kg N/ha på våren. Därmed är den viktigaste åtgärden för att minska kväveutlakningsrisken efter höstraps att inte gödsla mer än till grödans behov.

Ökad kväveutlakning skedde efter höstraps som gödslats optimalt (150 kg N/ha), jämfört med efter havre, efter en mild vinter (+22 kg N/ha) med avrinning på hösten, men inte en kallare vinter med avrinningen på våren. Ökad risk för kväveutlakning efter ärter fanns både en kall (+7 kg N/ha) och en mild vinter (+18 kg N/ha).

Fånggrödor efter ärter (fram till sen höstplöjning och sen vårvetete) och fånggröda efter höstraps (fram till sådd av höstvetete i september) samt direktsådd av höstvetete efter höstraps minskade utlakningen med 24, 20 och 12 % (vilket motsvarade 14, 12 respektive 8 kg N/ha) under den milda vintern då avrinningen skedde på hösten, men hade ingen effekt vintern med avrinning på våren. Minskningen i kväveutlakning gav ingen ökad kväveefferverkan i efterföljande höst- eller vårvetete och skörden påverkades inte av dessa åtgärder. Den kalla vintern med avrinning på våren efter snösmältning gav fånggrödor och direktsådd ingen minskning av kväveutlakningen. Höstvetetet som direktsåddes det året blev däremot dåligt etablerat och orsakade lika mycket utlakning som efter ärter och höstraps som gödslats med 200 kg N/ha.

## Inledning

Kväveutlakningens storlek och åtgärder för minskning av denna har ingående studerats här i landet vad gäller stråsäd, medan de mindre arealerna av höstraps och ärter uppenbarligen har gjort att dessa grödors inverkan på kväveförlusterna föga beaktats. Vissa studier tyder på att kväveutlakningen är större under den höst och vinter som följer efter sådd av höstraps (Hessel et al., 1998) medan andra tyder på att detta gäller under vinterhalvåret efter rapskörden (Sieling & Christen, 1999; Knudsen et al., 2000). Förklaringen till ökad utlakning efter sådd av höstraps var i det nämnda fallet ett litet kväveupptag på grund av sen sådd av rapsgrödan i kombination med kvävegödslning i samband med sådd. Härtill kommer anhopning av mineral- N i marken orsakad av den tidiga jordbearbetningen, som görs i samband med sådd och som stimulerar kväve mineraliseringen. Andra undersökningar pekar i motsats här till på höstrapsens stora kväveupptagningsförmåga under hösten efter sådden och därigenom minskade kväveförluster. Ökad kväveutlakning efter skörd av höstraps kan förklaras dels av att en större anhopning av mineralkväve i marken vid skörd och under hösten uppkommer på grund av tidig mognad och tidigt avslutat kväveupptag och dels av mineralisering av rötter och lättnedbrytbara växtrester som fallit till marken under växtsäsongen (Dejoux et al., 1999; Engström et al., 2000). När det gäller ärter, tyder olika slag av studier på ökad kväve mineralisering redan under hösten och vintern efter deras skörd och därmed större kväveutlakningsrisk (Lindén, 1984; Knudsen et al., 2000, Engström & Lindén, 2008).

Höstraps och andra oljeväxter samt baljväxter är emellertid grödor med gott förfruktvärde, dels genom deras välkända, patologiskt sanerande effekter i stråsädesdominerade växtföljder och dels genom förbättrad kväveefferverkan i jämförelse med stråsäd. Inom

den ekologiska odlingen är inte bara baljväxter såsom ärter utan även höstraps viktiga grödor för kraftfoderförsörjningen med hänsyn till kravet på ökad andel hemmaproduce-rat foder och förbudet inom EU mot användning av hexanextraherade produkter från olje- och fettindustrin som kraftfoder. I såväl konventionell som ekologisk odling är det därför viktigt att ta tillvara höstrapsens och ärternas fördelar, men samtidigt är det ange-läget att odlingen av dessa grödor inte ökar kväveförlusterna. Frågan är i vilken ut-sträckning tilltagande kvävemineralisering efter höstraps och ärter och ofullständigt utnyttjande av gödselkväve för höstrapsens del är orsaker till den större kväveutlak-ningsrisken.

Det gäller att utveckla odlingsmetoder, som bl.a. medverkar till att kväve som minerali-serats efter dessa grödor inte anhopas i marken under hösten utan binds eller förblir bundet i organisk substans och att kvävemineraliseringen i större utsträckning styrs mot den efterföljande växtsäsongen, då den nya grödan bäst kan utnyttja det frigjorda kvä- vet. För att nå dithän måste man emellertid skapa ökad kännedom om de faktorer och processer som leder till kvävefrigörelse vid odling av dessa grödor och hur tillgängligt kväve utnyttjas av dem. När det gäller höstraps i konventionell odling, är det även vik- tigt att belysa samband mellan kvävegödslingsnivåer och -utlakning vilket inte har stu- derats här i landet.

För att närmare undersöka orsakerna till ökade risker för ökad kväveutlakning vid od- ling av höstraps och ärter i jämförelse med stråsådd och utveckla metoder (odling av fånggrödor och direktsådd), som minskar förlusterna och därmed bättre tar tillvara deras kväveföretverkan, genomfördes två försök på ytor med sugceller på en sandjord i Väster- götland, 2004-2006 och 2005-2007.

## Material och metoder

### Försöksplats och försöksplan

Två treåriga försök genomfördes på en sandjord på Götala egendom, Skara, Västergöt- land 2004-2006 (försök 1) och 2005-2007 (försök 2). Matjorden (0-20 cm djup) hade på hösten 2004 ett kalium- och fosfortillstånd motsvarande P-AL-klass IV och K-AL-klass III (tabell 1). Jordarten i skiktet 0-30 cm var mullhaltig lerig moig sand, på 30-60 cm djup lerig sand och för 60-90 cm djup lerig sand.

Tabell 1. Kemisk sammansättning i matjorden

Djup (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Mullhalt (%)	mg/100g lufttorr jord			
			P-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg
0-20	6,4	2,6	11,7	14,1	6,2	2,27

Försöken utgjordes av randomiserade blockförsök med tre block och en rutstorlek om 6x30 m, samt med ledvisa grödor och behandlingar enligt tabell 2. Varje försök grund- gödslades med 50 kg P-20 per ha och 60 kg kaliumsulfat per ha vid sådden av höstraps år 1. För att få god etablering utfördes konventionell jordbearbetning och såbäddsbered- ning innefattande två stubbearbetningar följt av plöjning, två harvningar och sådd av samtliga grödor med Rapidsåmaskin. Höstraps (*Brassica napus* L.) av typen hybridrap- såddes 18 och 25 augusti (Kronos 4 kg/ha och Calypso 6,5 kg/ha) i försök 1 respektive

2 i fem av de åtta leden (led D-I) och gödslades med 30 kg N/ha i led D och 60 kg N/ha i led E-I i samband med sådden. Marken i leden med försökets vårsådda grödor, led A, B och C, stubbearbetades två gånger i augusti i försök 1 samtidigt som leden där höstraps skulle sås men ingen sådan stubbearbetning gjordes i led A-C i försök 2. På våren därefter genomfördes plöjning och harvning innan havre (Freddy, led A) och ärter (Brutus 2005 och Faust 2006, led B-C) i april, 13/4-2005 och 24/4 2006 i försök 1 resp. 2. Engelskt rajgräs (*Lolium perenne* L.) och italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum* Lam.) såddes (8 och 9 kg/ha) utan nedmyllning som fånggröda i höstrapsen (led D) 4 och 24 april samt i ärter (led C) 6 maj och 24 april i försök 1 resp. försök 2. Kvävegödsling gjordes på våren vid sådd med 100 kg N/ha till havre och till höstrapsen tillfördes 0, 100, 150 och 200 kg N/ha i led E, F, G respektive H. I led D och I tillfördes 150 kg N/ha.

Tabell 2. Försöksplan för de två utlakningsförsöken 2004-2206 respektive 2005-2007

Led	År 1	År 2	År 3 (delning av rutorna)
A	Höstvete	Havre, 100 kg N/ha	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
B	Höstvete	Foderärter, utan N-gödsling	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
C	Höstvete	Foderärter + fånggröda insådd i ärterna, utan N-gödsling	Vårvete, 0 kg N/ha    Vårvete, 100 kg N/ha
D	Höstvete + sådd av höstraps 30 kg N/ha till rapsen <sup>a</sup>	Höstraps, 150 kg N/ha*, fånggröda insådd i rapsen, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
E	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps, 0 kg N/ha <sup>b</sup> , konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
F	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 100 kg N/ha*, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
G	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 150 kg N/ha*, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
H	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 200 kg N/ha*, konventionell sådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha
I	Höstvete + sådd av höstraps 60 kg N/ha till rapsen <sup>b</sup>	Höstraps 150 kg N/ha*, direktsådd av höstvete	Höstvete, 0 kg N/ha    Höstvete, 100 kg N/ha

a) 15 kg S/ha i kieserit, b) svavelsalpeter. \*) Kvävet uppdelades på två kvävegivor: en tidig giva (60 kg N/ha, svavelsalpeter) och en sen, varierad giva (kalksalpeter) med tidsfördelning enligt gällande rekommendationer.

På hösten år 2 plöjdes marken i mitten av september (15/9-2005 och 20/9-2006) för sådd av höstvete (Harnesk 19/9-05 och Olivin 18/9-06). Även ledet med fånggröda efter höstraps (D) plöjdes och såddes då, men fånggrödan i ett av ärtleden (led C) fick stå kvar till senhösten, då marken plöjdes (1/11-05 och 2/11-06). Avsikten var här att så vårvete (Triso 24/4-06 och Vinjett 30/3-07) för att efterlikna tillvägagångssätt inom ekologisk odling.

År 3, då höstvete (vårvete i led C) odlades, uppdelades området utanför sugcellerna i rutorna (se nedan) i två delar: en småruta utan kvävegödsling för att renodlat bestämma kväveefterverkan och en småruta med tillförsel av en måttlig kvävegiva (100 kg N/ha), så att tydliga skördeutslag av de olika behandlingarna skulle erhållas. Området med



sugceller gödslades med 100 kg N/ha i alla led. Ogräs- och insektsbekämpning gjordes enligt gällande rekommendationer för området. Lufttemperatur- och nederbördsdata erhöles från en närliggande klimatstation vid Lanna försöksstation, Saleby, Lidköping.

### *Utlakningsstudier*

Utlakningen studerades med hjälp av sugcellsteknik (Djurhuus, 1990 och 1992). Dessa sugceller var nedgrävda på 80 cm djup på tre olika platser längs med en diagonal linje inom en 10 m lång delruta i en ytterdel av varje ruta. Provtagning för bestämning av NO<sub>3</sub>-N-halt i markvätskan skedde varannan vecka under perioder med avrinning. Ett undertryck applicerades i sugcellerna, varefter provtagning av markvätskan gjordes efter 24 timmar. Avrinningsperioden bestämdes genom att regelbundet följa grundvattennivån i täckdiketsbrunnar i anslutning till försöksplatsen. Utlakningsstudierna påbörjades på hösten år 1 i samband med sådden av höstrapsen och pågick fram t.o.m. skörden av vetet det tredje året. Kväeutlakning beräknades utifrån uppmätta kvävekoncentrationer i markvattnet i försöken och avrunna vattenmängder i ett närliggande utlakningsförsök vid Fotegården, Vinninga, Lidköping.

### *Mineralkväve i marken*

Bestämningar av mineralkväveförråden i marken (0-90 cm) gjordes vid sådd av höstrapsen och på senhösten år 1, tidigt på våren, vid 2 tillfällen under växtsäsongen, vid skörd (av höstraps, ärter och havre), på senhösten år 2, tidigt på våren år 3 och vid skörd av efterföljande höstvetete. Kväveprofilprover för bestämning av mängden mineralkväve togs rutvis på djupen 0-30 cm (8 stick per ruta) samt 30-60 och 60-90 cm (6 stick per ruta). Jordproven slogs ihop till ett samlingsprov för respektive djup och ruta och förvarades frysta. De maldes i fruset tillstånd och därefter extraherades 100 g jord med 250 ml 2 M KCl och analyserades med avseende på mineralkväve (nitrat- och ammoniumkväve) med en spektrofotometer, AutoAnalyzer TRAACS 800 enligt Mulvaney (1996).

### *Grödornas kväveupptag och skörd*

På senhösten i början av november och tidigt på våren (samtidigt med jordprovtagningarna) samt vid fullmognad provtogs det ovanjordiska växtmaterialet av höstrapsen för bestämning av ts-produktion och kväveupptag. Fånggrödorna provtogs vid respektive huvudgrödans mognad och före nedplöjning på hösten för att belysa tillväxt och upptag av kväve som annars kunnat gå förlorat. För bestämning av kväveefterverkan i höstvetete och vårvetete provtogs grödan vid skördemognad, DC90 (Zadoks et al., 1974). Grödprovtagningarna gjordes genom klippning vid markytan av två ytor om 0,25 m<sup>2</sup> per ruta, varefter materialet torkades i torkskåp vid 55°C. Totalkväveinnehållet bestämdes genom att malda växtprover genomgick en förbränningsprocess och analyserades med en LECO (LECO<sup>®</sup> CNS-2000, Carbon, Nitrogen and Sulfur Analyzer).

För bestämning av fröskörd av höstraps, ärter och havre tröskades 22 m<sup>2</sup> rutvis och 1000 g togs ut för bestämning av totalkvävehalt och oljehalt. Havre och ärt analyserades med avseende på kvävehalt med Nära Infraröd Transmittans (NIT) (Infratech 1240) och höstrapsfrö analyserades med avseende på oljehalt enligt Troëng och total-N elementaranalys enligt Dumas. Skörden av höst- och vårvetete i båda gödslingsleden (0 kg N/ha och 100 kg N/ha) bestämdes genom att 20-22 m<sup>2</sup> tröskades rutvis och kväveinnehållet i skörden bestämdes som för havre och ärt.

### *Bladavfall under växtsäsongen*

På en yta av 1,0 m<sup>2</sup> i varje ruta i led G (höstraps, 150 kg N/ha på våren) lades ett finmaskigt plastnät (maskor: 3 x 2 mm) ut i beståndet på markytan på våren. Rapsplantorna trädde sedan genom hål som gjorts i nätet, så att ett naturligt rapsbestånd växte över näten. Alla avfallna blad samlades veckovis in och vägdes från det att bladen började falla till dess att bladavfallet upphört (från begynnande blomning till skörd). Den avfallna bladmassans innehåll av kväve och organiskt kol bestämdes enligt samma metod som för grödprover, se ovan. Resultaten för 2005 finns presenterade i ett examensarbete (Sixtensson, 2006). Inga resultat finns för 2006, då fröskidor och frön hade drösat till marken vid andra provtagningen efter ett angrepp av skidgallmyggan, varför fortsatta provtagningar avbröts.

### *Statistisk analys och beräkningar*

Statistisk bearbetning av resultaten utfördes med hjälp av programmet MINITAB där variansanalys (GLM med Tukeys test) gjordes för att bestämma signifikanta skillnader.

För bestämning av optimal kvävegiva till höstrapsen antogs att förhållandet mellan fröskörd och kvävegiva bäst efterliknas av kurvan för en tredjegrads ekvation. För att bestämma den ekonomiskt optimala kvävegivan i försöket anpassades avkastningskurvan till skörderesultaten i försöken med hjälp av ett tredjegrads polynom:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3.$$

I denna ekvation avser  $y$  fröskörd (kg ha<sup>-1</sup>),  $x$  är kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>) och  $a$ ,  $b$ ,  $c$  och  $d$  är konstanter som räknats fram med hjälp av regressionsanalys (i Excel). Genom att multiplicera ekvationen med rapsfröpriset erhöles en ekvation för skördevärdet. Genom derivering av denna ekvation, erhöles ett uttryck ( $b + 2cx + 3dx^2$ ) som belyste värdeökningen ( $y^1$ ) vid ökad kvävegödsling:  $y^1 = kr$  per kg rapsfrö. Ekonomiskt optimum sammanfaller med den punkt på kurvan för skördevärdet där denna värdeökning ( $y^1$ ) är lika stor som gödslingskostnaden (kr per kg N). Detta innebär att vid ekonomiskt optimum är kostnaden för det sist tillförda kilot kväve lika stor som skördeökningens värde.

För beräkningarna användes priskvot 5 som avser kvoten av ett kvävepris (t.e.x. 10 el. 15 kr per kg) och ett rapsfröpris på 2 el. 3 kr per kilo, d.v.s.  $10/2 = 5$  eller  $15/3 = 5$ . En priskvot på 5 innebär att en ökning av kvävegivan med ett kilo kräver en ökning i skörd på 5 kg frö för att betala kostnaden för insatsen i form av kväve. När man på skördekurvan har nått denna punkt har man också nått ekonomiskt optimum.

## **Resultat och diskussion**

### *Temperatur och nederbörd*

Den första hösten och vintern 2004/2005, efter sådd av höstraps i försök 1, var delvis mildare än normalt (september, december och januari), men därefter blev det något kallare från februari till juni (tabell 3). Nederbörden blev normal under samma period förutom i juni och juli, då den var över det normala med 44 resp. 41 mm. Efter en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober blev vintern 2005/2006 mycket kallare än normalt med

minusgrader från 20 december till 27 mars och med ett snötäcke som låg fram till slutet på mars. Nederbörden var under det normala under hösten och fram till och med januari och översteg det normala i april och maj med 19 resp. 21 mm. År 2006/2007 var det under hösten och fram till och med januari mildare än vanligt, varefter temperaturerna blev normala. Nederbörden höll sig över det normala med 28-83 mm i augusti, oktober, december, januari, juni och juli.

*Tabell 3. Månadsmedelvärden för lufttemperatur och månadsnederbörd under de agrohydrologiska åren 2004/2005 - 2006/2007 samt normalvärden (1961-1990) för lufttemperatur och nederbörd på Lanna försöksstation, Lidköping*

	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul
Lufttemperatur (°C)												
2004/2005	17,0	12,0	6,8	1,1	2,1	1,0	-1,7	-1,4	6,0	9,9	12,8	16,6
2005/2006	15,6	11,6	7,8	4,8	-0,1	-4,3	-3,8	-5,9	4,9	11,1	15,2	18,9
2006/2007	16,8	14,8	9,9	5,3	4,5	1,3	-1,6	4,1	7,5	10,3	15,5	15,2
1961-1990	14,9	11	7,1	2,1	-1,4	-3,1	-3,4	-0,3	4,4	10,6	14,7	15,7
Nederbörd (mm)												
2004/2005	61	55	62	58	18	37	14	18	23	56	96	104
2005/2006	47	14	56	40	18	21	23	29	49	62	35	33
2006/2007	96	23	101	49	67	80	19	48	26	63	95	146
1961-1990	62	65	61	56	39	37	24	29	30	41	51	63

#### *Mineralkväve i marken från sådd av höstraps till tidig vår*

Trots höstvete som förfrukt fanns det stora mängder mineralkväve i marken i alla led vid tiden för sådden av höstraps i båda försöken (tabell 4). Detta kan förklaras av att försöken låg på en djurgård där stallgödsel regelbundet tillförts grödorna i växtföljden (dock ej de tre närmaste åren innan starten av försöket). I leden med höstraps minskade mineralkväve under hösten med mer än 50 %, och mängderna på senhösten blev 26 och 13 kg N/ha mindre i försök 1 resp. 2 än med de led där ingen gröda fanns. Dessa hade stubbearbetats under hösten i försök 1 men var orörda i försök 2. Där höstraps växte kan markprofilen anses vara ganska väl tömd på senhösten, då endast ca 30 kg N/ha återfanns i marken vid denna tidpunkt. Från senhöst till tidig vår förblev mängderna kväve oförändrade i de osådda leden men ökade i leden med höstraps till samma nivå som i de osådda. De olika kvävegödslingarna till höstrapsen (30 och 60 kg N/ha) påverkade inte mängderna mineralkväve på senhösten eller under tidig vår.

Tabell 4. Mineralkväve i marken (0-90 cm djup) vid tre tillfällen från sådd av höstraps till tidig vår. Endast rutvis provtagning och statistisk analys 17 november 2005 och 12 april 2006.

Led	Behandling första hösten (år1)	Mineralkväve i marken (kg N/ha)		
		vid sådd	senhöst	vår
<i>Försök 1</i>				
ABC	stubbearbetning 12/8 (osått)	18-aug-04 106	08-nov-04 55	01-apr-05 54
D	höstraps (30 kg N/ha)	117	28	48
EFGH	höstraps (60 kg N/ha)	91	30	51
<i>Försök 2</i>				
ABC	obearbetad stubb (osått)	23-aug-05 64	17-nov-05 46 <sup>a</sup>	12-apr-06 53
D	höstraps (30 kg N/ha)	72	34 <sup>b</sup>	41
EFGH	höstraps (60 kg N/ha)	68	32 <sup>b</sup>	50
	<i>p</i> -värde*		0,006	0,55

\* *p*-värdet är beräknat för respektive försök och tidpunkt.

#### *Kväveinnehåll i ogräs och gröda på senhösten efter sådd av höstraps*

Den höstraps som vid sådden gödslades med 60 jämfört med 30 kg N/ha tog fram till senhösten i båda försöken upp ca 28 kg N/ha mer kväve, vilket var signifikant mer i försök 1 (tabell 5). Detta påverkade tydligen inte mineralkvävet i marken, som var lika i dessa led (tabell 4). Detta tyder på att allt gödselkväve tagits upp av rapsgrödan. Den ovanjordiska biomassan minskade över vintern med ca 1 ton i båda kvävegödslingsleden. Förluster av kväve från bladen över vintern, genom nedvissning av bladmassa på grund av frost, kan beräknas utifrån försök 1 till 25 kg och 23 kg N/ha i leden med 30 resp. 60 kg N/ha som kvävegiva på hösten. Detta innebar att den höstraps som fått den högre kvävegivan på hösten även på våren innehöll mer kväve.

Båda försöken visar på bladförlusten över vinter som motsvarar i kvävemängd ökningen i mineralkväve från senhöst till tidig vår (tabell 4) och kan troligtvis vara orsaken. Den höga kvävehalten i bladmassan hos rapsen tyder på att kvävet måste ha varit lättmineraliserat vilket de större mineralkväveförråden på våren tyder på. Andra studier har visat att höstrapsen förlorar biomassa över vintern motsvarande 15-28 kg N/ha (Augustinusson, 1987; Holmes, 1980) vilket stämmer väl med resultaten i denna undersökningen. Dejoux et al. (2000) visade att ca. 40 % av det som förloras under vintern återabsorberas av grödan, 20 % immobiliseras och resten avgår som N<sub>2</sub>O alternativt läcker ut som NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vid mycket nederbörd.

Tabell 5. Mängd biomassa och kväveinnehåll i höstrapsens ovanjordiska växtdelar (led D-I) samt i ogräs och grodd spillsäd (led A-C) på senhöst år 1 och tidig vår år 2. Led A-C stubbearbetades 12/8 2004 och lämnades som stubb fram till vårsådd 2005.

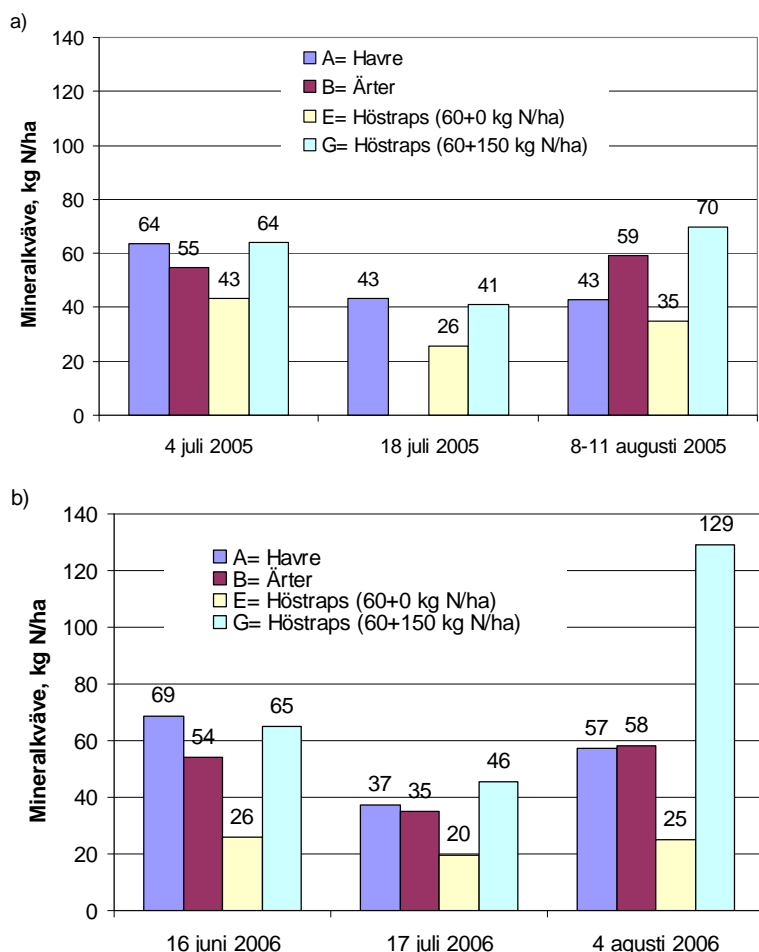
Led	Senhöst			Tidig vår		
	Biomassa kg ts/ha	Kväve i gröda kg N/ha	N-halt % av ts	Biomassa kg ts/ha	Kväve i gröda kg N/ha	N-halt % av ts
<i>Försök 1</i>		05-nov-04			30-mar-05	
ABC = jordbearbetat och osått	192	8 <sup>a</sup>	4,0	-	-	-
D = Höstraps, 30 kg N/ha	1520	47 <sup>b</sup>	3,1	509	22	4,3
EFGHI = Höstraps, 60 kg N/ha	2070	74 <sup>c</sup>	3,6	1117	51	4,6
<i>p</i> -värde		0,000			0,06	
<i>Försök 2</i>		11-nov-05				
ABC = ej bearbetad stubb	370	14 <sup>a</sup>	3,7	-	-	-
D = Höstraps, 30 kg N/ha	1390	47 <sup>b</sup>	3,2	-	-	-
EFGHI = Höstraps, 60 kg N/ha	1720	75 <sup>b</sup>	4,2	-	-	-
<i>p</i> -värde		0,006				

\* *p*-värdet är beräknat för respektive försök.

### Mineralkväve i marken under växtsäsongen

I led A med havre, där drygt 50 kg N/ha fanns före sådden 2005 och 2006, medförde kvävegödsling på våren, att kvävemängderna i marken var stora i juni och i början av juli och därmed ännu ofullständigt utnyttjade. Därefter minskade de till ett lägsta värde, som uppgick till 43 kg N/ha i juli – augusti 2005 då kväveupptagningen troligtvis avslutats. I ärtledet (B) minskade mineralkvävemängderna 2006 till ett lägsta värde i mitten av juli, varefter kväve mineraliseringsstillskottet uppenbarligen ökade kväveförrådet igen. I början av augusti återfanns båda åren närmare 60 kg N/ha. Liknande ökning, med mer mineralkväve vid ärternas mognad än vid odling av stråsäd, fastställdes av Lindén (1984). För havren blev de återstående, outnyttjade mineralkvävemängderna större än i andra undersökningar (Aronsson et al., 2006).

I led E och G med höstraps fastställdes de minsta mineralkvävemängderna i mitten på juli under båda åren, med lägst värde (i medeltal drygt 20 kg N/ha) i E (utan kvävegödsling på våren). I led G återstod båda åren drygt 40 kg N/ha vid denna tidpunkt. Fram till i början av augusti ökade mineralkväveförråden igen. I det ögödslade ledet återfanns då emellertid mindre mineralkväve (ca 30 kg N/ha) än efter havre och ärter. I led G (150 kg N/ha på våren) hade det skett en betydande anhopning av mineraliserat kväve, till i genomsnitt 100 kg N/ha. Störst mängd mineralkväve i led G (129 kg N/ha) fastställdes i försök 2, där angrepp av skidgallmygga skett. Angreppet skulle kunna vara en orsak till de större mängderna kväve i marken vid skörd 2006 än 2005. Den angripna grödan slutade troligen sitt kväveupptag något tidigare och större mängder lättnedbrytbara växtrester föll till marken på grund av angreppet än i grödan 2005.



Figur 1. Mineralkväveförrådets förändringar (kg N/ha, 0-90 cm djup) i marken vid odling av höstraps, ärter och havre under växetsäsongen 2005 (a) och 2006 (b).

### Skörd av havre, ärter och höstraps

Den fånggröda som såtts in i ärterna påverkade i medeltal inte skörden negativt (jämför led B och C) i de två försöken (tabell 6). Även insädd av fånggröda i höstraps (led D) inverkar inte på skördenivån jämfört med led G och I utan fånggröda. Den låga raps-skörden i försök 2 kan förklaras av att höstrapsen angripits av skidgallmygga vilket orsakade fröförluster på grund av att baljorna sprack upp innan skörd. Angreppet bedömdes vara jämnt över hela försöket och därmed borde skillnaderna i skördesiffrorna mellan leden vara rättvisande. I båda försöken erhöles inga signifikanta skillnader i fröskörd mellan leden med kvävegivor från 100 till 200 kg N/ha, men i led E (ogödslat) var skörden signifikant lägre än i övriga led. Råfettsskörden i försök 2 visade samma tendenser på samma sätt som fröskörden. I försök 1 var dock råfettsskörden högst i leden med 150 kg N/ha (D, G och I), vilket också blev den framräknade optimala kvävegivnan för höstrapsen detta år. Eftersom skörden i försök 2 påverkades av angreppet av skidgallmygga beräknades inte optimal kvävegivna som i försök 1 utan bedömdes utifrån skördesiffrorna ligga mellan 100 och 150 kg N/ha.

Den större kvävegödslingen vid sådd (i led G och I jämfört med led D) gav inga effekter på fröskörd eller råfettsskörd i något av försöken. Men höstrapsledet med den lägre kvä-

vegivan vid sådd hade jämfört med den högre (jämför led D och G) större kväveeffektivitet i båda försöken (tabell 6) och var därmed det led som gav bäst ekonomi.

Tabell 6. Ledvisa medelvärden av kärn- och fröskörd, råfettskörd, oljehalt, kväveeffektivitet (kväveinnehållet i fröskörd i % av kvävegiva) och kväveinnehåll i höstvetete eller fånggröda på senhösten

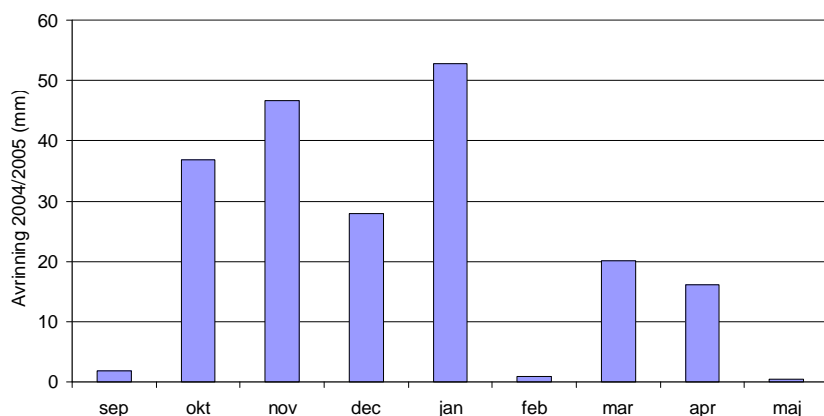
Led	Gröda	Gödsling kg N/ha	Fröskörd		Råfettskörd kg/ha	Oljehalt % av ts	N-effektiv. %
			kg ts/ha	kg N/ha			
<i>Försök 1</i>							
A	Havre	100	4810	97			97
B	Ärt	0	3680	145			
C	Ärt + fg*	0	4220	162			
	<i>p</i> -värde**		0,13				
D	Höstraps + fg*	30+150	3640 <sup>a</sup>	124	1610 <sup>a</sup>	44	69
E	Höstraps	60+0	2030 <sup>b</sup>	55	1020 <sup>b</sup>	50	92
F	Höstraps	60+100	3110 <sup>a</sup>	96	1460 <sup>ab</sup>	47	60
G	Höstraps	60+150	3640 <sup>a</sup>	129	1610 <sup>a</sup>	44	61
H	Höstraps	60+200	3480 <sup>a</sup>	133	1440 <sup>ab</sup>	41	51
I	Höstraps	60+150	3480 <sup>a</sup>	123	1500 <sup>a</sup>	43	59
	<i>p</i> -värde**		0,000		0,000		
<i>Försök 2</i>							
A	Havre	100	5980	135			135
B	Ärt	0	2930	99			
C	Ärt + fg*	0	2770	90			
	<i>p</i> -värde**		0,58				
D	Höstraps + fg*	30+150	2130 <sup>a</sup>	86	960 <sup>a</sup>	45	48
E	Höstraps	60+0	1210 <sup>b</sup>	44	570 <sup>b</sup>	47	73
F	Höstraps	60+100	1850 <sup>a</sup>	76	830 <sup>a</sup>	45	48
G	Höstraps	60+150	1960 <sup>a</sup>	81	880 <sup>a</sup>	45	39
H	Höstraps	60+200	1980 <sup>a</sup>	86	860 <sup>a</sup>	43	33
I	Höstraps	60+150	2100 <sup>a</sup>	89	930 <sup>a</sup>	44	42
	<i>p</i> -värde**		0,000		0,000		

\*fg = fånggröda. \*\**p*-värdet är beräknat för respektive gröda.

### Kväveutlakning efter sådd av höstraps

Under året 2004/2005 i försök 1 antas den huvudsakliga avrinningen (hämtad från Fotegården) ha skett, från och med oktober 2004 till och med januari under vinterhalvåret 2005 (figur 2). För hela avrinningsperioden (sep - maj) utlakades totalt 14 kg nitratkväve per ha mer från den mark som enbart stubbearbetades i augusti (led A-C), och som inte hade någon växande gröda under höst och vinter, i jämförelse med mark som såtts med höstraps (led D-I, tabell 7). Det betyder att höstrapsgrödan minskade kväveutlakningen med 40 % jämfört med en tidig jordbearbetning i augusti. Den största utlakningen skedde i november, men december och januari bidrog tillsammans med lika mycket. Vid månadsvis jämförelse av leden fastställdes för december, januari och februari signifikanta skillnader i kväveutlakningen mellan de stubbearbetade leden (A-C) och leden med höstraps (D-I). För summan av kväveutlakningen för hela avrinningsperioden fanns en tendens till skillnad mellan dessa led.

Nitratkvävekoncentrationen i markvätskan på 80 cm djup steg i de led där enbart stubbearbetning gjorts, från 5 till 25-30 mg/l vatten under hösten, men i övriga led ökade den från 5 till 10-15 mg/l vatten (figur 2). Signifikant högre kvävekoncentrationer fanns i något av leden utan gröda (led A-C) jämfört med ett eller flera led med höstraps (led D-I) vid fem provtagningsstillfällen (2/12 – 19/1, figur 3). Höstgödsling av rapsen med 30 eller 60 kg N/ha tycks inte ha påverkat kvävekoncentrationerna i marken eller kväveutlakningen då inga skillnader uppkom mellan leden med höstraps.



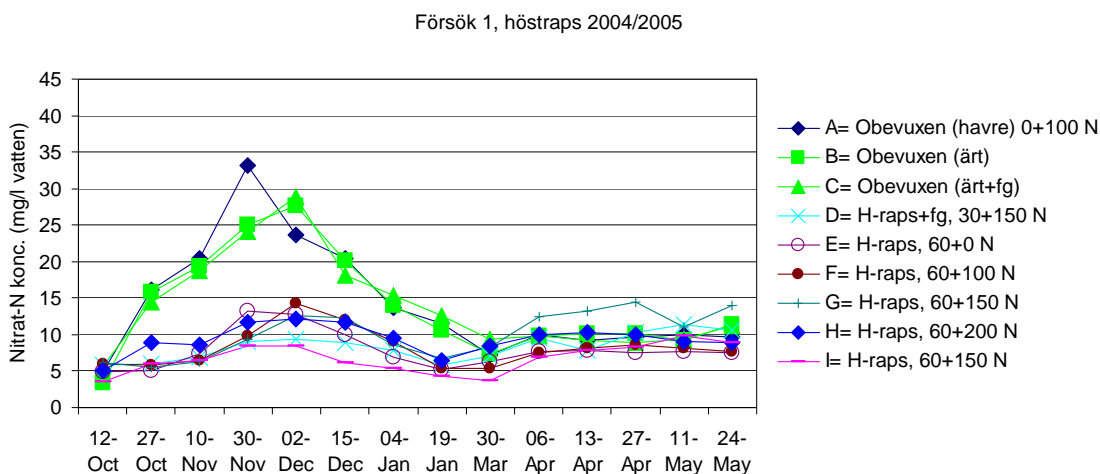
Figur 2. Avrinning september- maj 2004/2005 från sandjord vid Fotegården, totalt 214 mm.

Tabell 7. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 1 (september-juni 2004/2005). Sådd av höstraps i led D-I och enbart stubbearbetning i led A-C i augusti 2004. Havre och ärter såddes våren 2005 i led A-C

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	<i>p</i> -värde*
Månad										
sep	0,1	0,1	0,1	4,4	2,6	5,2	5,5	3,8	3,2	
okt	5,3	5,2	4,9	2,2	1,9	2,2	2,1	3,0	2,1	
nov	13,6	10,8	10,4	3,9	5,3	4,1	3,9	5,0	3,7	
dec	6,3 <sup>ab</sup>	6,6 <sup>ab</sup>	6,7 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	3,2 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>b</sup>	3,2 <sup>b</sup>	3,3 <sup>ab</sup>	2,1 <sup>ab</sup>	0,009
jan	6,8 <sup>ab</sup>	6,7 <sup>ab</sup>	7,5 <sup>a</sup>	3,7 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>	4,0 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	4,4 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,001
feb	0,1 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,0 <sup>b</sup>	0,1 <sup>b</sup>	0,1 <sup>ab</sup>	0,0 <sup>ab</sup>	0,041
mar	1,6	1,6	2,0	1,4	1,2	1,1	1,6	1,6	0,8	
apr	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	2,0	1,6	1,1	
maj	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
jun	1,0	1,2	1,2	1,1	0,8	0,8	1,5	1,0	1,0	
Summa	35 <sup>ab</sup>	33 <sup>ab</sup>	33 <sup>a</sup>	20 <sup>b</sup>	19 <sup>ab</sup>	21 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>	23 <sup>ab</sup>	16 <sup>ab</sup>	0,06

\* *p*-värdet är beräknat månadsvis.

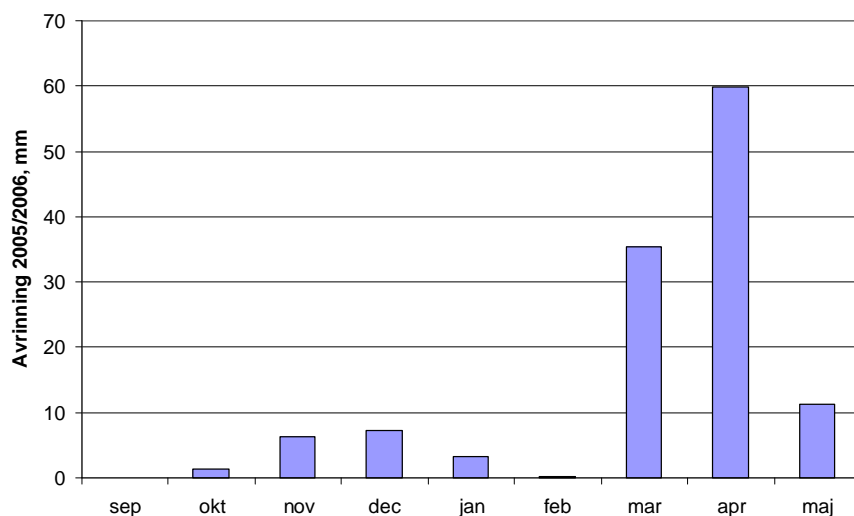




Figur 3. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 1, 2004/2005.

Under året 2005/2006 i försök 2 skedde den huvudsakliga avrinningen (uppmätt på Fotegården) och kväveutlakningen i mars och april, eftersom nederbörden var lägre än normalt under hösten och marken var frusen från december till slutet av mars (figur 4). Kväveutlakningen under denna period tycktes inte påverkas av om höstraps såtts eller att marken var en obearbetad stubbåker som lämnats hösten 2005, då inga skillnader fanns mellan leden (tabell 8). Inga säkra skillnader fanns ej heller mellan leden i summan av kväveutlakningen för hela avrinningsperioden ( $p=0,72$ ) eller månadsvis kväveutlakning. Slutsatsen kan dras att 30 eller 60 kg N/ha vid sådd till rapsen inte hade någon inverkan på kväveutlakningen detta år, precis som i försök 1.

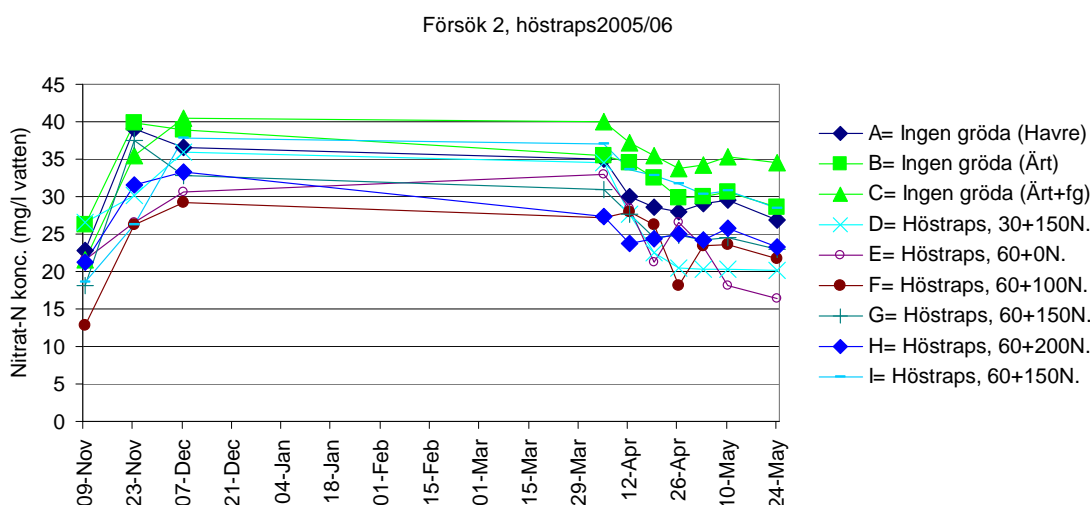
Kvävekoncentrationen i markvätskan på 80 cm djup ökade från 20 till 30-40 mg/l under hösten, men när avrinningen började i mars, sjönk den från 30-40 till 20-25 mg/l vatten vid sista provtagningen 24/5 (figur 5). Kvävekoncentrationerna i led A-C låg högre än de flesta led med raps (led D-I), men inga signifikanta skillnader erhöles under avrinningsperioden.



Figur 4. Avrinning september – maj 2005/2006 från sandjord på Fotegården, totalt 130 mm.

Tabell 8. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 2 (september-juni 2005/2006). Sådd av höstraps i led D-I och ingen stubbearbetning eller sådd i led A-C i augusti 2005. Havre och ärter såddes våren 2006 i led A-C.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	p-värde
Månad										
sep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
okt	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	
nov	1,6	1,8	1,5	1,7	1,4	0,9	1,3	1,4	1,3	
dec	2,6	2,8	2,9	2,6	2,2	2,1	2,4	2,4	2,7	
jan	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0	0,9	1,1	1,0	1,2	
feb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	
mar	12,4	12,6	14,1	12,2	11,6	9,6	11,0	9,7	13,1	
apr	19,6	21,0	23,2	18,1	18,0	16,3	17,5	15,6	21,3	
maj	2,8	2,9	3,5	2,0	1,9	2,3	2,4	2,4	2,9	
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summa	41	43	47	38	37	32	36	33	43	0,72



Figur 5. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 2, 2005/2006.

I försök 2 (2005/2006) var skillnaderna mindre mellan leden med och utan höstrapsgröda med avseende på kvävekoncentrationer, mineralkväve i marken på senhösten och kväveutlakning än i försök 1 (2004/2005). Anledningen var säkerligen att det inte stubbearbetades i försök 2 (orörd stubbåker till vårplöjningen inför vårsådden) och att ogräs och spillsäd växte till där och tog upp 75 % mer kväve under hösten än i försök 1, där dessa led stubbearbetades tidigt (tabell 5). Trots detta var kvävekoncentrationerna under hela avrinningsperioden på en högre nivå i försök 2 än i 1. Den generellt högre kvävekoncentrationen på hösten 2005, trots att rapsen hade tagit upp lika mycket kväve och mineralkvävemängderna i marken var lika stora som i försök 1 2004, kan troligtvis förklaras av att nederbörden som kom efter en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober, orsakade kraftigt ökad kväve mineralisering i den återfuktade jorden. När sedan avrinnningen började i mars och blev som störst i mars och april låg kvävekoncentrationerna

kvar på en hög nivå, eftersom markkvävet inte utlakats under hösten utan fanns kvar under den kalla vintern. Högre kvävekoncentrationer tidigt på våren efter en kall vinter (2005/2006) jämfört med en mild vinter (2004/2005), vilket var fallet i denna studie, överensstämmer även med andra studier där man funnit mer mineralkväve i marken tidigt på våren efter en lång vinter med tjälad mark på grund av att kväveutlakningen under höst och vinter därigenom hämmades (Lindén, 1981)

Studien visade att den totala kväveutlakningen för hela avrinningsperioden (32-47 kg N/ha) blev större under den kallare vintern 2005/2006, trots att marken var tjälad långvarigt. Huvuddelen av avrinningen skedde då i mars och april. Under den mildare vintern 2004/2005 med en utlakning på 16-35 kg N/ha ägde den största avrinningen rum i perioden oktober-januari då det generellt anses vara större risk för kväveutlakning. Generellt högre kvävekoncentrationer i marken under avrinningsperioden 2005/2006 (130 mm) än för 2004/2005 (241 mm) tycks vara den främsta orsaken till den större kväveutlakningen då avrinningen var mindre.

Under den milda hösten och vinterperioden 2004/2005, med avrinningsperiod från oktober till januari (försök 1), var kvävekoncentrationerna i markvätskan under hösten och den totala kväveutlakningen på lägre nivåer i leden med höstraps, som tog upp N, jämfört med leden utan gröda. Kvävekoncentrationen i markvätskan höll sig under det av EU satta gränsvärdet på 10 mg NO<sub>3</sub>-N/l för dricksvatten där det växte höstraps. Ett större kväveupptag än 47 kg N/ha av höstrapsen på senhösten (75 kg N/ha) orsakat av den större kvävegivan till höstrapsen vid sådden (60 istället för 30 kg N/ha) påverkade inte mineral-N i marken på senhösten, kvävekoncentrationer eller kväveutlakning. Detta tyder på att höstrapsen tog upp och utnyttjade lika mycket markkväve oavsett de tillförda kvävegivorna.

Resultaten från leden där enbart jordbearbetning gjorts vid tiden för rapsådden tyder på att tidig jordbearbetning stimulerar kväveminerialiseringen i marken och ger därmed upphov till större mineralkvävemängder i marken på senhösten och större kväveutlakning. Sås däremot en höstrapsgröda kan denna ta upp det kväve som bildats. En minskning på 14 kg N/ha i kväveutlakning tack vare rapsgrödan fastställdes i försök 1. Liknande resultat med höstraps redovisas i ett utlakningsförsök vid Lönnstorp i Skåne av Aronsson & Torstensson (2003).

### *Kväveupptag i fånggrödor och höstvetet på senhösten efter skörd av höstraps och ärter*

Fånggrödan efter ärtled C hade tagit upp 30 kg N/ha fram till i början på november i båda försöken vilket kan jämföras med 15 och 9 kg N/ha som höstvetet tagit upp under samma period i försök 1 resp. 2. Fånggrödan i led D efter höstraps innehöll 19 kg N/ha när den plöjdes ner 15 september inför höstvetesådden (endast data för försök 1).

### *Mineralkväve i marken från skörd av förfrukterna till skörd av efterföljande vete*

Vid skörd av förfrukterna höstraps, ärter och havre fanns minst mineralkväve efter ogödslad höstraps (led E), och sedan ökade mineralkväve med kvävegödslingsnivå till höstrapsen i båda försöken (tabell 9). Efter ärter med fånggröda fanns 17 och 13 kg N/ha mindre mineralkväve i försök 1 resp. 2 än utan fånggröda, vilket var på samma nivå (i försök 1) eller under (i försök 2) som efter havre. På senhösten fanns större

mängder mineralkväve i alla led med höstvetete där höstrapsen gödslats med 200 kg N/ha (led H) än i övriga led i båda försöken. I led I där direktsådd gjordes av höstvetetet fanns i försök 1 mer mineralkväve än i övriga leden med jämförbara kvävegödslingar till höstrapsen. Troligtvis kan den dåliga etablering av höstvetetet i led I (85 % av planttätheten i övriga led) förklara den större mängden kväve i marken. I försök 2 var etableringen av höstvetete i led I lika god som i övriga led och där var också mineralkväve på senhösten samma som i led med motsvarande kvävegiva till höstrapsen (led D och G).

Tabell 9. Mineralkväve i marken vid fyra tillfällen, från skörd av förfrukterna höstraps, ärter och havre till skörd av efterföljande höst- och vårvetete (i ogödslade led, 0N, och gödslade med 100 kg N/ha, 100N), d.s. = direktsådd av höstvetete.

Led	Gröda	Plöjning efter skörd	Gröda	Mineralkväve, (kg N/ha)				
				Vid skörd av förfrukterna	På sen- hösten	På våren	Vid skörd av höst- och vårvetete	
				0N			100N	
Försök 1				8-11/08/05	18/11/05	21/04/06	07/08/06	
A	havre	15/9	höstvetete	43 <sup>ad</sup>	57	49	35	35 <sup>ab</sup>
B	ärt	15/9	höstvetete	59 <sup>acd</sup>	54	52	29	41 <sup>ab</sup>
C	ärt + fg.*	1/11	vårvetete	42 <sup>ad</sup>	38	53	36	62 <sup>c</sup>
D	höstraps+fg.*	15/9	höstvetete	64 <sup>a</sup>	59	51	38	37 <sup>b</sup>
E	höstraps	15/9	höstvetete	35 <sup>d</sup>	45	61	32	39 <sup>bc</sup>
F	höstraps	15/9	höstvetete	54 <sup>a</sup>	48	49	31	38 <sup>b</sup>
G	höstraps	15/9	höstvetete	70 <sup>a</sup>	62	60	36	37 <sup>b</sup>
H	höstraps	15/9	höstvetete	103 <sup>b</sup>	80	62	35	43 <sup>bc</sup>
I	höstraps	19/9	höstvetete	79 <sup>bc</sup>	86	71	44	52 <sup>bc</sup>
<i>p</i> -värde**				0,000	-	0,20	0,06	0,02
Försök 2				04/08/06	06/11/06	28/03/07	30/07/07	
A	havre	20/9	höstvetete	57	47 <sup>a</sup>	32	20	21
B	ärt	20/9	höstvetete	58	47 <sup>a</sup>	44	17	17
C	ärt + fg.*	2/11	vårvetete	45	30 <sup>b</sup>	42	19	21
D	höstraps+fg.*	20/9	höstvetete	60	56 <sup>ac</sup>	26	21	19
E	höstraps	20/9	höstvetete	25	40 <sup>ab</sup>	25	18	18
F	höstraps	20/9	höstvetete	32	43 <sup>ab</sup>	31	18	17
G	höstraps	20/9	höstvetete	129	55 <sup>ac</sup>	27	19	19
H	höstraps	20/9	höstvetete	142	71 <sup>c</sup>	29	19	18
I	höstraps	18/9	höstvetete	45	53 <sup>a</sup>	31	20	20
<i>p</i> -värde**				0,21	0,000	0,14	0,36	0,58

\*fg = fånggröda. \*\**p*-värdet är beräknat för respektive försök och tidpunkt.

På våren blev mineralkväve mängderna i marken större efter den kalla vintern 2005/2006 (försök 1) än den milda vintern 2006/2007 (försök 2), men utjämnat mellan leden i båda försöken. Vid skörd av höst- och vårvetetet i försök 2, som hade den huvudsakliga utlakningen på hösten året innan, var mineralkväve på låga nivåer och utjämnade mellan leden. I försök 1, där utlakningen skedde på våren efter den kallare vintern, fanns precis som på våren mer mineralkväve kvar vid skörd än i försök 2 och skillnader rådde mellan leden. Vid skörd av vårvetetet blev mineralkväve signifikant högre efter ärter med fånggröda än utan fånggröda. Möjligtvis kan en fördröjd kväve-mineralisering orsakad av den sena plöjningen i led C i kombination med en kall vinter, då kväve-

ralisering bör ha varit nedsatt, vara anledningen till detta. I leden med höstraps som förfrukt fanns fortfarande något mer kväve i marken i ledet med det dåligt etablerade direktsådda höstvetet. Kvävegödslingen till vetet (0N och 100N) hade ingen inverkan på mineralkväve vid skörd 2006/2007 i försök 2, medan kvävegivan 100 kg N/ha medförde större mängder outnyttjat mineralkväve 2005/2006 i försök 1.

### Skörd av höst- och vårmete

I försök 1 avkastade höstmete efter höstraps (led D-I) i medeltal 420 och 780 kg/ha mer än efter havre i ogödslat (0N) resp. gödslat led (100N) men inga signifikanta skillnader fanns i skörd mellan de olika leden A-I. Merskördarna varierade från 240 till 710 (stdav. 177) i icke kvävegödslande led och från 220 till 1170 kg/ha (stdav. 367) i kvävegödslande led. Efter ärter (led B) blev merskörden i höstmete 350 och 340 kg/ha i ogödslat resp. gödslat led jämfört med efter havre. Proteinhalten var högre i vårmete för både ogödslat och gödslat led. I försök 2 var merskördarna efter höstraps, i jämförelse med havre som förfrukt, i medeltal 590 och 260 kg/ha i ogödslat resp. gödslat led och varierade från 440 till 710 kg/ha (stdav. 113) och 40-530 kg/ha (stdav. 203) för resp. led. Höstveteskördarna i ogödslande led var signifikant högre (i medeltal 700 kg/ha) efter raps i led D, F och G än efter havre och ärter (led A-C) men inga skillnader fanns i gödslande led. Efter ärter avkastade höstmete 70 kg/ha mindre och 320 kg/ha mer jämfört med efter havre i ogödslat resp. gödslat led. Proteinhalten i vårmete var högre än i höstmete i båda leden.

Någon effekt på skörden av höstmete av olika kvävegivor till höstraps samt höstraps och ärter med och utan fånggröda erhöles inte i något av försöken. Det fanns dock en tendens till stigande höstveteskördar efter ökande kvävegivor till höstrapsen i leden utan kväve till höstvetet. Detta gäller båda försöken men effekten uteblev i det kvävegödslande höstvetet. Inga signifikanta skillnader fanns mellan direktsådd höstmete och övriga jämförbara led (D och G) i något av försöken trots en sämre etablering och till synes 700 - 800 kg/ha lägre skörd i försök 1.

Det fanns inga skillnader i vetets kväveeffterverkan (i 0N-led) i de olika leden A-I i försök 1. I försök 2 var kväveeffterverkan signifikant större i led med vårmete efter ärter och fånggröda (C) än med höstmete efter ärter (B), och tre av leden med höstraps som förfrukt (E, G och H) vilket främst berodde på högre proteinhalt i vårmetet. Direktsådden tycktes inte haft någon effekt på kväveeffterverkan trots att det innebar minskad jordbearbetning på hösten och därmed minskad risk för kväveutlakning.

Merskördarna av höstmete efter höstraps och ärter var något lägre än vad som erhöles i nio försök i Skåne 2000-2004 där merskörden i medeltal för stigande kvävegivor (0-240 kg N/ha) till höstmete var 1000 kg/ha och vid optimal kvävegiva 700 kg/ha (Engström & Lindén, 2008). De låga merskördarna i höstmete efter höstraps kan möjligtvis förklaras av att den naturliga kvävemineraliseringen var stor på denna plats (pga. stallgödsel i växtföljden under en längre tid) och suddade ut effekten av förfrukterna. I ovan nämnda studie blev merskördarna efter ärter dubbelt så stor som i denna undersökning. Lägre ärtskördar i försöken på Götala i Västergötland jämfört med försöken i Skåne, kan vara en delförklaring till en sämre efterverkan i höstmete. Större utlakning efter höstraps och ärter jämfört med efter havre den milda vintern 2006/2007 än den kallare vintern 2005/2006 bidrog troligtvis till de lägre merskördarna det året.

Bättre kväveutnyttjande under efterföljande växtsäsong till följd av minskad kväveutlakning (se nästa avsnitt) syntes ej i det efterföljande höstvetet efter fånggröda och höstraps eller efter direktsådd av höstvete efter höstraps. Minskningen var troligtvis inte tillräckligt stor för att påverka den kväveefferverkan som förfrukterna och den troligen naturligt stora mineraliseringen på platsen redan bidrog till.

Tabell 10. Effekt av olika förfrukter och behandlingar innan sådd på skörd och protein av höst- och vårvete i försök 1 (2006) och försök 2 (2007). Höstvete gödslades med 0 kg N/ha (0N) och 100 kg N/ha (100N). d.s. = direktsådd av höstvete.

Led	Gröda	Plöjning	Gröda	Skörd 0N			Skörd 100N	
				15 % vh	protein %	kg N/ha i	15 % vh	protein %
	år 2	efter skörd	år 3	kg/ha	av ts	gröda	kg/ha	av ts
Försök 1								
A	havre	15/9	höstvete	4120	9 <sup>a</sup>	61	6310	11 <sup>a</sup>
B	ärt	15/9	höstvete	4470	9 <sup>a</sup>	53	6650	12 <sup>a</sup>
C	ärt + fg.*	1/11	vårvete	3900	12 <sup>b</sup>	72	5080	15 <sup>b</sup>
D	höstraps+fg.*	15/9	höstvete	4390	9 <sup>a</sup>	59	7390	10 <sup>a</sup>
E	höstraps	15/9	höstvete	4540	9 <sup>a</sup>	56	7480	11 <sup>a</sup>
F	höstraps	15/9	höstvete	4470	9 <sup>a</sup>	57	6950	11 <sup>a</sup>
G	höstraps	15/9	höstvete	4650	9 <sup>a</sup>	63	7290	11 <sup>a</sup>
H	höstraps	15/9	höstvete	4830	9 <sup>a</sup>	69	6870	11 <sup>a</sup>
I	höstraps	d.s. 19/9	höstvete	4360	9 <sup>a</sup>	65	6520	12 <sup>a</sup>
<i>p</i> -värde**				0,91	0,006	0,46	0,29	0,001
Försök 2								
A	havre	20/9	höstvete	3280 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	79 <sup>ab</sup>	6540 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
B	ärt	20/9	höstvete	3210 <sup>a</sup>	10 <sup>ab</sup>	65 <sup>a</sup>	6860 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
C	ärt + fg.*	2/11	vårvete	3230 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	90 <sup>b</sup>	4040 <sup>b</sup>	14 <sup>b</sup>
D	höstraps+fg.*	20/9	höstvete	3990 <sup>b</sup>	10 <sup>ab</sup>	79 <sup>ab</sup>	7030 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
E	höstraps	20/9	höstvete	3720 <sup>ab</sup>	10 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>	7070 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
F	höstraps	20/9	höstvete	3960 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	76 <sup>ab</sup>	6730 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
G	höstraps	20/9	höstvete	3940 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	73 <sup>a</sup>	6720 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>
H	höstraps	20/9	höstvete	3860 <sup>ab</sup>	10 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	6580 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
I	höstraps	d.s. 18/9	höstvete	3750 <sup>ab</sup>	11 <sup>ab</sup>	79 <sup>ab</sup>	6660 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
<i>p</i> -värde**				0,009	0,005	0,002	0,001	0,000

\*fg = fånggröda. \*\**p*-värdet är beräknat för respektive försök.

### Kväveutlakning efter skörd av höstraps, ärter och havre

I försök 1, efter sådd av höstvete 2005, skedde den huvudsakliga kväveutlakningen i mars och april 2006 (tabell 11). Hösten föregicks av en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober och marken var tjälad från mitten på december till slutet av mars. Inga skillnader fanns mellan leden i den totala kväveutlakningen för hela avrinningsperioden september - juni. En tendens fanns till att utlakningen var 26 kg N/ha större vid odling av höstvete efter höstraps som gödslats med 200 kg N/ha (led H) än efter ogödslad höstraps (led E). I ledet med det dåligt etablerad höstvetet efter direktsådd och efter höstraps (led I) och i vårvete efter ärter (led C) var utlakningen på liknande nivåer som i led H, 21 respektive 19 kg N/ha större än i led E, men ej signifikant större. I övriga led med höstvete efter höstraps som gödslats med 150 kg N/ha eller mindre, blev utlakningen mindre eller lika stor som i ledet med höstvete efter havre. Resultaten visade inte på minskad

kväveutlakning med fånggrödor på hösten efter höstraps eller ärter när avrinningen skedde i mars-april som detta år.

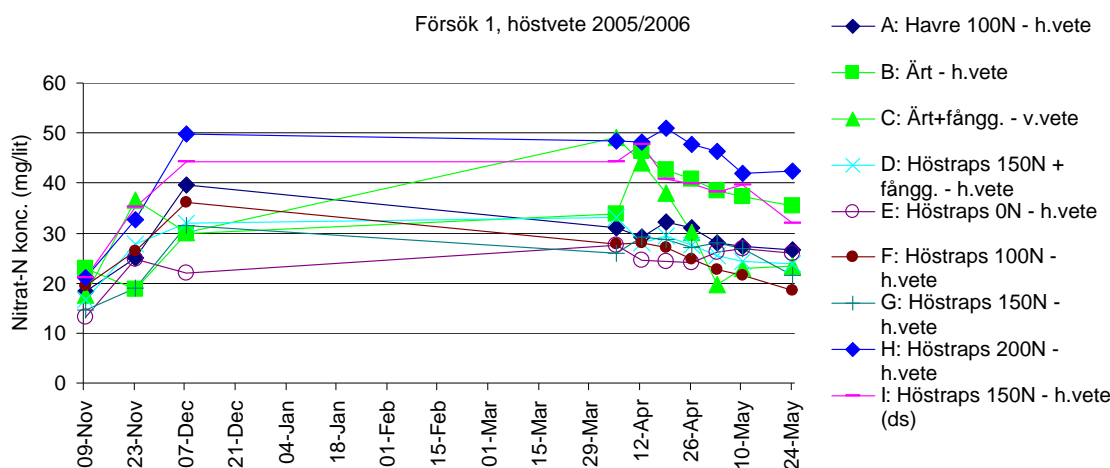
Månadsvis fanns skillnader i januari då kväveutlakningen var högre i höstvetet efter höstraps som gödslats med 200 kg N/ha (led H) än efter ogödslad höstraps (led E) samt i maj mellan F (100 kg N/ha) och H.

Kvävekonzentrationen i markvätskan ökade från 15-20 till 20-50 mg/l vatten under hösten, från 9 november då avrinning och provtagning började och fram till 7 december. Efter ett avbrott, då marken var tjälad och ingen avrinning skedde, låg koncentrationerna fortfarande på denna nivå när avrinningen började (figur 6). Under den korta period som avrinning förekom under hösten (november-december) var kvävekonzentrationen vid provtagningen 7 december signifikant högre ( $p=0,04$ ) i ledet med höstvetet efter höstraps som gödslats med 200 kg N/ha än efter ogödslad höstraps. Även led I med dåligt etablerad höstvetet hade vid denna tidpunkt högre koncentrationer än övriga led (ej signifikanta skillnader). Under april och maj hade led H, I och led med ärter (B och C) som förfrukt högre nitrathalter än övriga led, Signifikant högre koncentrationer fanns endast i led H jämfört med led E 26 april och jämfört med led F 3-24 maj.

Tabell 11. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 1 (september-juni 2005/2006). Höstvetet sått i alla led hösten 2005 utom C som plöjdes i november och vårvete såddes på våren 2006.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	<i>p</i> -värde*
Månad										
sep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
okt	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	
nov	1,2	1,4	1,3	1,2	0,9	1,3	1,0	1,4	1,5	
dec	2,8	2,2	2,2	2,3	1,6	2,6	2,2	3,6	3,2	
jan	1,2 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,2 <sup>ab</sup>	1,1 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>a</sup>	1,1 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	1,6 <sup>b</sup>	1,5 <sup>ab</sup>	0,04
feb	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	
mar	11,1	11,9	17,1	11,7	9,7	9,9	9,2	17,1	15,6	
apr	18,6	24,1	27,0	18,6	15,9	16,8	16,7	29,6	27,2	
maj	2,7 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	2,5 <sup>ab</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,4 <sup>ab</sup>	4,4 <sup>b</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	0,02
jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summa	38	45	51	38	32	34	33	58	53	0,10

\* *p*-värdet är beräknat månadsvis.



Figur 6. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 1, 2005/2006. H.vete (ds) = direktsådd av höstvetete.

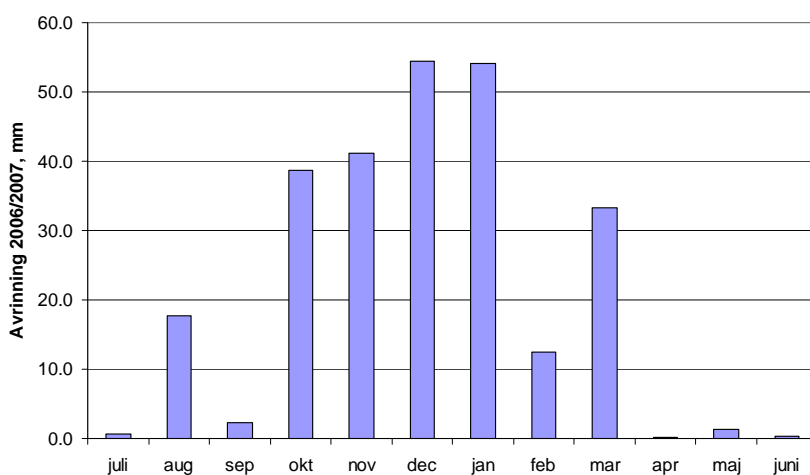
Efter att höstvetete såtts i försök 2, 2006, var nederbörden över det normala på hösten (oktober, december, januari och mars) och vintern mild. Den största avrinningen skedde under perioden oktober – januari men även i mars 2007 förekom kraftig avrinning (figur 7). Den största totala utlakningen för perioden uppkom i ledet med höstvetete efter höstraps (94 kg N/ha) som gödslats med 200 kg N/ha (led H). Detta var 27 kg N/ha mer än i ledet med höstvetete efter optimalt gödslad höstraps (led G), 59 kg N/ha mer än efter ogödslad höstraps (led E) och 49 kg N/ha mer än efter havre som förfrukt till höstvetete. Höstraps med lägre kvävegivor (100 och 150 kg N/ha i led F resp. G) som förfrukt till höstvetete orsakade 11 respektive 22 kg N/ha större kväveutlakning än med havre som förfrukt medan ärter (led B) som förfrukt medförde 18 kg N/ha större utlakning än efter havre. Minst utlakning uppkom i ledet med höstvetete efter ogödslad höstraps (led E). I medeltal var utlakningen högre i efterföljande vete denna milda vintern (51, 62 och 65 kg N/ha efter havre, ärter resp. höstraps) jämfört med den kallare vintern (35, 45 och 38 kg N/ha efter havre, ärter resp. höstraps).

Fånggrödan efter höstraps (led D) minskade utlakningen med 12 kg N/ha i efterföljande höstvetete jämfört med efter höstraps utan fånggröda (led G). Direktsådd av höstvetete efter höstraps (led I) minskade utlakningen med 8 kg N/ha jämfört med konventionellt sådd höstvetete (led G) men skillnaderna var inte signifikanta (tabell 12). Fånggröda efter ärter (kombinerat med sen plöjning och vårvete) minskade kväveutlakningen med 14 kg N/ha jämfört med höstvetete sått direkt efter ärter (jämför led B och C) men skillnaderna var inte signifikanta.

Nitratkvävekoncentrationen i markvätskan på 80 cm djup vid första provtagningen i slutet av oktober varierade i leden från 8 till 55 mg/l vatten och var 32 mg/l vatten i höstvetete efter havre. Lägst var koncentrationen efter höstraps som gödslats med 0 kg N/ha och högst efter höstraps som fått 200 kg N/ha. Nitralhalten ökade under hösten i alla led (främst i H och B) men sjönk i januari till 23 mg/l vatten eller mindre i alla led utom i led H som då låg på 35 mg/l vatten. Ärtar som förfrukt till höstvetete orsakade inga signifikant högre kvävekoncentrationer i markvätskan jämfört med havre som förfrukt, men en tendens fanns ( $p=0,14$ ) att den var högre i början på december.



Med höstraps som förfrukt (med kvävegiva 200 kg/ha) var kvävekonzentrationen signifikant högre än efter havre vid alla provtagningstillfällen från oktober till april. För övriga led med höstraps som förfrukt var koncentrationen signifikant högre endast i mitten på december (led I) och i mitten på januari (led D och G). I ledet med fånggröda efter höstraps (led D) och direktsådd av höstvetete (led I) låg kvävekonzentrationerna på till synes lägre nivåer (figur 8) under hösten fram till december än efter höstraps utan fånggröda och med samma kvävegiva (led G) men skillnaderna var inte signifikant lägre. I ledet med fånggröda efter ärter och sen höstplöjning (led C) minskade koncentrationen av kväve i markvätskan under hela hösten (oktober – december) från 35 till 8 mg/l vatten till skillnad från led B, där höstvetete såtts direkt efter ärter. I led B ökade kvävekonzentrationen från oktober till sista november från 35 till 54 mg/l vatten varefter den sjönk till 17 mg/l vatten i slutet på december. Skillnaden mellan led B och C var som störst i slutet på november (25 mg/l vatten) men inga signifikanta skillnader erhöles mellan leden.

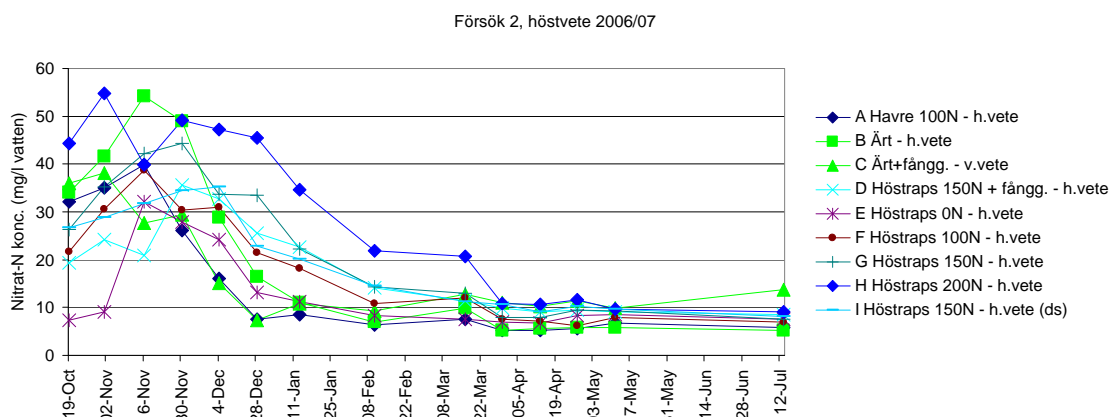


Figur 7. Avrinning under perioden juli - juni 2006/2007 från sandjord på Fotegården, totalt 238 mm.

Tabell 12. Nitratkväveutlakning (kg N/ha) månadsvis i försök 2 (augusti-juni 2006/2007). Höstvetete sått i alla led hösten 2006 utom C som plöjdes i november och vårvete såddes på våren 2007.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H	I	p-värde
Månad										
aug	5.7 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>ac</sup>	1.3 <sup>c</sup>	3.8 <sup>ac</sup>	4.7 <sup>abc</sup>	7.9 <sup>b</sup>	4.8 <sup>abc</sup>	0,001
sep	0.7 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>ab</sup>	0.4 <sup>ac</sup>	0.2 <sup>c</sup>	0.5 <sup>ac</sup>	0.6 <sup>abc</sup>	1.0 <sup>d</sup>	0.6 <sup>abc</sup>	0,001
okt	13.3 <sup>abd</sup>	15.4 <sup>abd</sup>	14.5 <sup>abd</sup>	8.9 <sup>ac</sup>	3.5 <sup>c</sup>	11.0 <sup>bc</sup>	12.8 <sup>bc</sup>	20.1 <sup>d</sup>	11.0 <sup>bcd</sup>	0,000
nov	14.4 <sup>abc</sup>	19.9 <sup>ac</sup>	13.0 <sup>abc</sup>	10.5 <sup>b</sup>	9.5 <sup>b</sup>	13.9 <sup>abc</sup>	16.6 <sup>abc</sup>	19.5 <sup>c</sup>	12.9 <sup>abc</sup>	0,004
dec	9.2 <sup>ab</sup>	16.8 <sup>b</sup>	9.1 <sup>ab</sup>	17.6 <sup>ab</sup>	12.8 <sup>ab</sup>	16.1 <sup>ab</sup>	19.2 <sup>bc</sup>	25.8 <sup>c</sup>	18.3 <sup>bc</sup>	0,000
jan	4.4 <sup>ac</sup>	5.7 <sup>c</sup>	5.6 <sup>c</sup>	11.5 <sup>bc</sup>	5.8 <sup>ac</sup>	9.2 <sup>ac</sup>	11.6 <sup>bc</sup>	17.8 <sup>b</sup>	10.4 <sup>c</sup>	0,000
feb	0.8 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.4 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>b</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	0,005
mar	2.4 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>b</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	0,006
apr	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0,005
maj	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>a</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	0,05
jun	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0.0 <sup>ab</sup>	0,05
Summa	45 <sup>ad</sup>	63 <sup>ac</sup>	48 <sup>acd</sup>	55 <sup>acd</sup>	35 <sup>d</sup>	56 <sup>acd</sup>	67 <sup>c</sup>	94 <sup>b</sup>	59 <sup>acd</sup>	0,000

\* p-värdet är beräknat månadsvis.



Figur 8. Nitratkvävekoncentrationer i markvätskan på 80 cm djup i försök 2, 2006/2007 (h.vete (ds)= direktsådd av höstvete).

I båda försöken blev kväveutlakningen i medeltal (led D-I) större i leden med vete efter höstraps och efter ärter (led B) än efter sådd av höstraps, 18 och 25 kg N/ha större 2005/2006 och 32 och 30 kg N/ha större 2006/2007. Detta visar liksom andra undersökningar att det är under året med den efterföljande grödan efter dessa förfrukter som den största utlakningsrisken finns (Aronsson & Torstensson, 2003)

Den för led A-I i medeltal större kväveutlakningen vid odling av efterföljande vete under den milda vintern (58 kg N/ha) jämfört med den kallare vintern (42 kg N/ha) kan förklaras av främst större avrinning (238 resp. 130 mm) eftersom kvävekoncentrationerna låg på liknande nivåer. Skillnaden var 16 kg N/ha. Detta kan jämföras med att utlakningen den kallare vintern efter sådd av höstraps var 17 kg N/ha större än under den milda vintern, vilket främst högre kvävekoncentrationer var orsaken till, eftersom avrinningen var högre, 214 resp. 130 mm. Detta visar att en vinter med tjälad mark från december till mars inte nödvändigtvis medför en lägre kväveutlakning än en mild vinter, vilket ofta antas.

Det gemensamma för båda vintrarna och de två försöken var att den högsta kvävegivan (200 kg N/ha) till höstraps orsakade den största utlakningen i efterföljande höstvete, 25 respektive 27 kg N/ha mer än efter höstraps gödslad med 150 kg N/ha. Detta berodde uppenbarligen på att gödslingen översteg grödans behov av kväve (överoptimal). Ökade mängder mineralkväve i marken efter skörd och på senhösten samt ökad kväveutlakning vid odling av efterkommande gröda där kvävegivor har överstigit grödans behov har även andra studier visat (Sieling et al., 1996; Lindén et al., 2006)

Effekten av övriga led med höstraps med lägre kvävegivor (led D-I) och ärter (led B) på kväveutlakningen vid odling av efterföljande höstvete i jämförelse med havre som förfrukt (led A) varierade däremot mellan de två olika vintrarna. Resultaten visade 0 och 7 kg N/ha större utlakning efter raps och ärter den kallare vintern 2005/2006 och 20 resp. 18 kg N/ha mer den milda vintern 2006/2007. Förutom något outnyttjat gödselkväve torde kväve mineraliseringen efter dessa förfrukter ha påverkat utlakningen och gett upphov till skillnaden mellan åren i dessa led.

Efter den kallare vintern fanns en viss risk för ökad kväveutlakning efter ärter och efter höstraps där höstvetet var sämre etablerat efter direktsådd. Kvävekonzentrationerna låg på högre nivåer än i övriga led tidigt på våren då den stora avrinningen skedde (figur 6) troligen orsakat av att kväve från mer lättnedbrytbara växtrester efter ärter (pga. lägre C/N-kvot än höstraps och havre) fanns kvar efter den kalla vintern och ett dåligt kväveupptag av ett tunt och luckigt höstvetebestånd efter en misslyckad direktsådd (orsakat av dålig groningen pga. växtrester i ytan). Övriga led efter höstraps som var gödslade optimalt eller mindre orsakade samma eller mindre utlakning som efter havre främst beroende på att avrinningen var liten denna höst men också att kvävekonzentrationerna var lika i leden. Detta kan ha berott på att den ökade kväve mineralisering (av lättnedbrutna växtrester) som är vanlig efter skörd av höstraps och ärter inte hann ske i samma utsträckning som hösten 2006 eftersom hösten inleddes med en torrperiod från 15 augusti till 19 oktober och marken sedan frös i mitten på december. En kort kväve mineraliseringsperiod på hösten 2005 kan ha medverkat till att effekten av de olika leden på kväve mineraliseringen inte syntes på kvävekonzentrationerna i markvattnet (figur 6) lika tydligt som hösten 2006 (figur 8).

Under hösten 2006 som var längre och hade högre temperaturer än normalt från augusti till januari (vilket stimulerade kväve mineraliseringen) erhöles däremot större skillnader mellan leden i kvävekonzentrationer i markvattnet. I kombination med stor avrinning under hösten förklarar detta varför kväveutlakningen blev större i höstvete efter både optimalt gödslad höstraps och ärter än efter havre den milda vintern. Högre kvävekonzentrationer i marken efter höstraps med optimal kvävegiva än i leden med lägre kvävegiva bör bero på att grödan där hade större biomassa och därmed också efterlämnade mer växtrester så som blad och rötter, som kunde bidra till den ökade kväve mineraliseringen under hösten. Att mängden mineralkväve i marken blev lika efter skörd av ärter och en optimalt gödslad höstraps överensstämmer väl med andra studier (Engström & Lindén, 2008) och kan förklara att även utlakningen blev likartad efter dessa förfrukter. Den större utlakningen under hösten 2006 kan också förklara att det fanns mindre mängder mineralkväve på senhösten 2006 än 2005 (30-70 resp. 50-80 kg N/ha).

De metoder som prövades för att minska kväveutlakningen indikerar (dock ej signifikanta) att åtgärden att inte bearbeta jorden förrän i november och låta fånggrödan växa så länge som möjligt och därmed ta upp mest kväve (led C) var mer utlakningsbegränsande (24 % minskning) än åtgärden att bearbeta jorden i september (inför sådd av höstvete i led D), då fånggrödan hann ta upp mindre kväve (20 % minskning). Minst effekt (12 % minskning) gav direktsådd av höstvete i september. Jorden rördes obetydligt av såmaskinen vid direktsådden, men innebar troligen ändå en stimulering av kväveomsättningen i marken, och kväveupptaget av grödan (höstvetet) blev som minst. Andra undersökningar visar att fånggröda och vårplöjning kan minska utlakningen med 50 – 60 % i jämförelse med tidig höstbearbetning. Nedbrukning på hösten ledde till sämre effekt på utlakningen, 30-50 % minskning (Aronsson et al., 2003; Aronsson & Torstensson, 2003). I dessa studier var förfrukten spannmål vilket kan förklara den större effekten av fånggrödan på utlakningen än vad det blev med höstraps och ärter som förfrukter som ger en mycket större anhopning av kväve på hösten.

## Slutsatser

På grund av höstrapsens effektiva kväveupptag minskade kväveutlakningen under vinterperioden med 40 % i jämförelse med led där jordbearbetning gjordes vid samma tidpunkt som där höstrapsen såddes och ingen gröda fanns. Detta visar på betydelsen av att ha gröda som kan ta upp tillräckligt med kväve under hösten efter att jorden bearbetats och sedan följs av en vinter som är mild och med avrinning främst i oktober-januari som 2004/2005 vilket kan betraktas som en relativt "normal" vinter för området.

Studien bekräftar tidigare studier att risken för kväveutlakning är större i höstvetete efter skörd av höstraps och ärter jämfört med efter sådd av höstraps på grund av ökad kväve-mineralisering efter dessa förfrukter, rester av mineralgödselkväve och ett litet kväveupptag av efterföljande höstvetete. Största orsaken till ökad kväveutlakning från grödsekvensen höstraps-höstvetete var överoptimal gödsling till höstraps oavsett om vintern var kall (med största avrinning i mars-april) eller mild (med största avrinningen i oktober-januari). Utlakningen ökade med 53 och 109 % jämfört med efter havre 2005/2006 respektive 2006/2007. Därmed är den viktigaste åtgärden för att minska kväveutlakningsrisken efter höstraps att inte gödsla mer än till grödans behov.

Ökad risk för kväveutlakning efter höstraps som gödslats optimalt, jämfört med efter havre, fanns efter en mild vinter (49 % eller +22 kg N/ha) med avrinning på hösten, men inte en kall vinter med avrinningen på våren. Ökad risk för kväveutlakning efter ärter fanns både en kall (18 % eller +7 kg N/ha) och en mild vinter (40 % eller +18 kg N/ha).

Fånggrödor efter ärter (fram till sen plöjning och sen vårvetete) och fånggrödor efter höstraps (fram till sådd av höstvetete) samt direktsådd av höstvetete efter höstraps tenderade att minska utlakningen med 24, 20 respektive 12 % (motsvarande 14, 12 och 8 kg N/ha). Minskning i kväveutlakning gav ingen ökad kväveefterverkan i efterföljande höst- eller vårvetete och påverkade heller inte skördarna.

## Referenser

Augustinussen, E. 1987. Kvælstofgødskningens indflydelse på vækst og udvikling af vinterraps. Tidsskr. Planteavl 91, 301-311.

Aronsson, H., Torstensson, G., Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i Halland och Västergötland. Effekten av flytgödseltillförsel, insådda fånggrödor och olika jordbearbetningstidpunkter på kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. Resultat från perioden 1998-2002. SLU, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära, Ekohydrologi 74.

Aronsson, H., Torstensson, G. 2003. Höstgrödor - fånggrödor - utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlätter i Skåne. Resultat från 1993-2003. SLU, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära, Ekohydrologi 75

- Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Torstensson, G., Rydberg, T., Forkman, J. 2006. Växtnäringsutlakning från en lerjord med höstveteväxtföljd och vallträda. SLU, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vattenvårdslära, Ekohydrologi 93.
- Dejoux, J-F., Meynard, J-M., Reau, R. 1999. Rapeseed new crop management with very early sowing in order to reduce N-leaching and N-fertilization. In: New Horizons for an Old Crop. Proc. Of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, GCIRC: CD-RON, Canberra- Australia.
- Dejoux, J-F., Recous, S., Meynard, J-M., Trinsoutrot, I., Leterme, P., 2000. The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring. *Plant and Soil* 218, 257-272.
- Djurhuus, J. 1990. Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget med sugekopper og ekstraheret fra jordprøver. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg. Beretning nr. 2101. *Tidsskrift for Planteavl* 94, 487-495.
- Djurhuus, J. 1992. N-transformation and N-transport in a sandy loam and a coarse sandy soil cropped with spring barley. II. Nitrate leaching. Beretning nr. 2214. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg. *Tidsskrift for Planteavl* 94, 137-152.
- Engström, L., Lindén, B. 2000. Höstraps i Mellansverige, inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. SLU, Skara, Inst. för jordbruksvetenskap, rapport 3.
- Engström, L. & Lindén, B. 2008. Importance of soil mineral N in early spring and subsequent net N mineralisation for winter wheat following winter oilseed rape and peas in a milder climate. *Acta Agriculturae Scandinavica*, under tryckning.
- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T., Gustafsson, A. 1998. Höstgrödor – Fånggrödor – Utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning på en moränlättla i Skåne. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för markvetenskap, avd för vattenvårdslära, Ekohydrologi 46.
- Holmes, M. R. J. 1980. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers, London.
- Knudsen, L., Østergaard, H. S. & Schultz, E. 2000. Kvælstof – et næringsstof og et miljøproblem. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl, Århus, Danmark.
- Lindén, B. 1981. Relationships between cultivation practices and the supply of mineral nitrogen in the soil. The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, report 5, 67-123.
- Lindén, B. 1984. Ärternas inverkan på mineralkvävetillgången i marken och efterföljande grödans gödselkvävebehov. Ärtodling. Nordiske Jordbruksforskere Forening. NJF-utredning/rapport nr 15, 23:1-8.
- Lindén, B., Aronsson, H., Engström, L., Torstensson G. och Rydberg, T. 2006. Kvävemineralisering och utlakning av kväve och fosfor på en lerjord vid Lanna i Västergöt-

land. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, Inst. för markvetenskap, avd. för vatten-  
vårdslära, Ekohydrologi 91.

Mulvaney, R.L., 1996. Nitrogen – inorganic forms. In: Sparks D,L, et al, (eds) Methods  
of Soil Analysis, Part 3-Chemical methods, Soil Science Society of America Book Se-  
ries, Nr 5. Madison, Wisconsin, USA, 1123-1184.

Sieling, K., Christen, O., 1999. Yield, N uptake and N-use efficiency of and N leaching  
after oilseed rape grown in different crop management systems in northern Germany.  
In: New Horizons for an Old Crop. Proc. Of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress,  
GCIRC: CD-ROn, Canberra- Australia.

Sixtensson, O. 2006. Kväve i mark och gröda från sådd till skörd vid odling av höstraps  
(*Brassica napus* L.). Nitrogen in soil and plant from sowing to harvest during cultiva-  
tion of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). SLU, Skara. Inst. för markvetenskap,  
Avd. för precisionsodling, Examensarbete nr 2.

Titlar utgivna i serien Precisionsodling:

- 2008:1. Sofia Delin och Lena Engström, Kvävemineringsförlopp efter gödsling med organiska gödselmedel vid olika tidpunkter.
- 2008:2. Börje Lindén, Flytgödselspridning på hösten: möjligheter att minska kväveutlakningsriskerna genom olika åtgärder i växtodlingen - Litteraturoversikt: kunskapsläge och kunskapsluckor.
- 2008:3. Emma Eriksson, Markkartering anpassad för precisionsodling.
- 2008:4. Sofia Delin, Kvävemineringsförlopp och inverkan på skörd efter gödsling med fjäderfägödsel
- 2008:5. Lena Engström, Börje Lindén, Helena Aronsson och Maria Stenberg Höstraps och ärter i växtföljden - metoder att minimera en ökad risk för kväveutlakning

## **Institutionen för mark och miljö, SLU, Skara,**

**Precisionsodling och pedometri** bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. platsspecifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket.

Forskning bedrivs främst i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.



### **Sveriges lantbruksuniversitet**

Institutionen för mark och miljö  
Precisionsodling och pedometri  
Box 234, 532 23 SKARA  
Internet: <http://po-mv.slu.se>