

# Flytgödselspridning på hösten: möjligheter att minska kväve- utlakningsriskerna genom olika åtgärder i växtodlingen

*Litteraturoversikt: kunskapsläge och kunskaps-  
luckor*



Börje Lindén

**Precisionsodling**  
**2008:2**  
**Skara**

ISBN 978-91-85911-74-5 (tryckt)  
ISBN 978-91-85911-75-2 (pdf)



## **FÖRORD**

Tillförsel av flytgödsel på obevuxen mark under hösten (inför vårsådd nästa år) medför särskilt i södra Sverige ökade risker för kväveutlakning och sänkt avkastning i jämförelse med vårspridning. Det finns emellertid odlingsförhållanden, under vilka höstspridning av flytgödsel tycks kunna tillämpas utan fara för tilltagande kväveförluster till grund- och ytvatten och där spridning också är tillåten i de s.k. nitratkänsliga jordbruksområdena i här landet. I vissa andra situationer, då flytgödseltillförsel likaså får ske på hösten i sådana landsdelar, saknas emellertid säkert underlag vad gäller miljöeffekterna. Föreliggande rapport, som utgör en litteraturöversikt över främst svensk forskning inom flytgödselområdet, tar sikte på att beskriva möjligheterna att sprida flytgödsel under hösten, och även under senvintern (efter den 15 februari) med efterföljande nedplöjning. Syftet är bl.a. att belysa, i vilken utsträckning dessa möjligheter kan anses miljömässigt säkra eller inte. I beskrivningen av kunskapsläget redovisas också kunskapsluckor samt behov av fortsatt forskning och försöksverksamhet med avseende på flytgödseltillförsel under hösten och senvintern.

Litteraturundersökningen har finansierats av Statens Jordbruksverk.

Skara i oktober 2008

Författaren

Foto på omslaget: Christina Lundström

**INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

<b>INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
BAKGRUND .....	3
MÅLSÄTTNING .....	4
<b>STALLGÖDSEL TILL SLÅTTERVALL PÅ HÖSTEN .....</b>	<b>5</b>
INVERKAN PÅ VALLSKÖRD, VALLENS ÖVERVINTRING, KVÄVEUTLAKNINGSRISKER M.M. AV STALLGÖDSELSPRIDNING PÅ HÖSTEN, INKL. OLIKA SPRIDNINGSTIDPUNKTER UNDER DENNA ÅRSTID .....	5
AMMONIAKAVGÅNG OCH ANDRA GASFORMIGA FÖRLUSTER EFTER FLYTGÖDSELSPRIDNING PÅ VALL.....	9
INVERKAN PÅ FOSFOR- OCH KALIUMUTLAKNINGEN AV HÖSTSPRIDNING AV STALLGÖDSEL PÅ VALL.....	9
FÖDERHYGIENISKA ASPEKTER.....	10
PÅGÅENDE UNDERSÖKNINGAR VID INSTITUTIONEN FÖR NORRLÄNSK JORDBRUKSVETENSKAP, RÖBÄCKSDALEN, SLU UMEÅ.....	10
SAMMANFATTANDE SYNPNKTER PÅ SPRIDNING AV FLYTGÖDSEL PÅ VALL UNDER HÖSTEN .....	11
<b>HÖSTRAPSENS KVÄVEUPPTAG UNDER HÖSTEN – GÖDSLINGS-BEHOV .....</b>	<b>12</b>
UNDERSÖKNINGAR AV HÖSTRAPSENS KVÄVEUPPTAG UNDER HÖSTEN.....	12
HÖSTRAPSENS UTLAKNINGSBEGRÄNSANDE VERKAN UNDER VINTERHALVÅRET EFTER SÄDDEN .....	13
INVERKAN AV MARKSTRUKTUR, MARKFUKT OCH SÅTID PÅ HÖSTRAPSENS UTVECKLING UNDER HÖSTEN ...	13
BEHOV AV GÖDSLING MED MINERALGÖDSELKVÄVE PÅ HÖSTEN TILL HÖSTRAPS – BAKGRUND TILL FRÅGAN OM ATT ERSÄTTA SÅDAN HÖSTGÖDSLING MED FLYTGÖDSEL TILLFÖRSEL INFÖR HÖSTRAPSSÄDDEN .....	14
UNDERSÖKNINGAR AV KVÄVEGÖDSLING PÅ HÖSTEN TILL HÖSTRAPS I RELATION TILL GÖDSELKVÄVEBEHOVET PÅ VÅREN .....	15
SAMMANFATTANDE SYNPNKTER PÅ TILLFÖRSEL AV KVÄVE (SOM MINERALGÖDSEL ELLER FLYTGÖDSEL) TILL HÖSTRAPS I SAMBAND MED SÄDDEN.....	16
<b>SYN I DANMARK OCH NORGE PÅ SPRIDNING AV STALLGÖDSEL TILL VALL OCH HÖSTRAPS RESPEKTIVE VALL PÅ HÖSTEN .....</b>	<b>17</b>
<b>FLYTGÖDSELSPRIDNING INFÖR SÅDD AV HÖSTSÄD.....</b>	<b>18</b>
HÖSTSÄDENS N-UPPTAG UNDER HÖSTEN I VÄXTFÖLJDER UTAN STALLGÖDSEL TILLFÖRSEL.....	18
HÖSTSÄDENS N-UPPTAG UNDER HÖSTEN I ODLINGSSYSTEM MED FLYTGÖDSEL TILLFÖRSEL .....	19
N-IMMOBILISERING OCH EFTERFÖLJANDE REMINERALISERING AV AMMONIUMKVÄVE I FLYTGÖDSEL .....	19
ÄR FLYTGÖDSELSPRIDNING LÄMPLIG INFÖR SÅDD AV HÖSTSÄD I MÄLAR- OCH HJÄLMARBYGDERNA? .....	20
SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER ANGÅENDE HÖSTSÄDENS LÄMPLIGHET SOM UTLAKNINGSBEGRÄNSANDE HÖSTGRÖDA – MED OCH UTAN SPRIDNING AV STALLGÖDSEL FÖRE SÄDDEN ...	22
<b>FLYTGÖDSELSPRIDNING UNDER SENVINTERN .....</b>	<b>22</b>
KVÄVEUTLAKNING EFTER SPRIDNING AV FLYTGÖDSEL UNDER VINTERN.....	22
NITRIFIKATION AV FLYTGÖDSELAMMONIUMKVÄVE EFTER HÖST- ELLER VINTERSPRIDNING .....	23
VINTERPLÖJNING .....	24
FÖRSLAG TILL ODLINGSÅTGÄRDER .....	24
<b>FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING .....</b>	<b>25</b>
UTLAKNINGUNDERSÖKNINGARNAS GEOGRAFISKA FÖRDELNING: BEHOV AV NYA UTLAKNINGSFÖRSÖK I ÖSTRA SVERIGE .....	25
FORSKNING MED AVSEENDE PÅ TILLFÖRSEL AV FLYTGÖDSEL TILL VALL UNDER HÖSTEN.....	26
FORSKNINGSINRIKTNING MED AVSEENDE PÅ TILLFÖRSEL AV FLYTGÖDSEL TILL HÖSTRAPS UNDER HÖSTEN	27
FORSKNING AVSEENDE FLYTGÖDSEL TILLFÖRSEL INFÖR SÅDD AV HÖSTSÄD I MÄLAR- OCH HJÄLMARBYG- DERNA .....	28
FORSKNING AVSEENDE FLYTGÖDSELSPRIDNING UNDER VINTERN FÖLJD AV VINTERPLÖJNING .....	28
<b>SAMMANFATTNING.....</b>	<b>29</b>
<b>LITTERATUR .....</b>	<b>33</b>
<b>PERSONLIGA MEDDELANDE.....</b>	<b>38</b>

## INLEDNING

### Bakgrund

Syftet med EU:s Nitratdirektiv är att skydda vatten och landområden från nitratförluster eller att begränsa dessa. I Sverige är detta särskilt viktigt i de områden som har utpekats som nitratkänsliga. Här ingår förutom Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län, Öland samt kustområdena i Västra Götalands, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands och Stockholms län nu även övriga delar av Stockholms län samt jordbruksområden i Västra Götalands, Östergötlands, Örebro, Uppsala och Västmanlands län.

I Sverige är det inte tillåtet att sprida stallgödsel under perioden den 1 januari – 15 februari. Ett förbud mot spridning inom de nitratkänsliga områdena även under tiden den 1-31 december planeras att införas. Inom Blekinge, Skåne, Hallands och Gotlands län samt på Öland och inom de angivna kustområdena får enligt hittills gällande regler stallgödsel och andra organiska gödselmedel under tiden den 1 augusti – 30 november bara spridas i växande gröda (undantaget fånggröda) eller före höstsådd. Vissa undantag från spridningsbestämmelserna råder i de olika områdena för fasta gödselslag, som anses ha liten eller mindre inverkan på nitratförlusterna.

Undersökningar med vårsådda grödor (Halland: Torstensson et al. 1992; Hessel Tjell et al., 1999; Trøndelag i Midt-Norge: Oskarsen et al., 1996) visar att tillförsel av flytgödsel på hösten normalt medför större kväveutlakning än om spridningen sker före sådden på våren. Inom klimatområden och på jordar med större N-utlakningsrisker brukar därför vårspridning ge större skördar av vårsådda grödor (Danmark: Hansen et al., 2004; Sverige: Torstensson et al. 1992; Norge: Myhr et al., 1996). På lerjord i områden med kallare vintar och mer långvarig tjäle hävdar sig dock höstspridning (med efterföljande nedplöjning) bättre än i mer maritima regioner, om man jämför med tillförsel i samband med sådden på våren (jmf. Jakobsson & Lindén, 1992). Spridning av halmrik fastgödsel på lerjord om hösten kan ge bättre skörd av vårsäd än tillförsel av sådan gödsel under våren (Jakobsson & Lindén, 1992).

Det allmänna kunskapsläget angående flytgödselanvändning nu under 2000-talets första årtionde beskrivs av Ehrnebo (2005) i en informationsskrift från Jordbruksverket. Skriften innefattar bl.a. nyare teknik för spridning och rekommendationer för användning av flytgödsel. Rent allmänt rekommenderas spridning under våren eller växtsäsongen – tillsammans med god spridningsteknik – för att uppnå minsta möjliga växtnäring förluster. Av Ehrnebos (2005) sammanställning och av *Riktlinjer för gödning och kalkning* (Jordbruksverket, 2007) framgår, att de goda alternativen för tillförsel av flytgödsel på hösten inskränker sig till *spridning inför sådden av höstoljeväxter* samt till *spridning på vall* (någon gång efter årets sista slåtter). I övrigt bör man ju sprida sådan gödsel under andra årstider: inför vårbruket och i växande gröda under växtsäsongen. Flytgödselspridning inför sådd av höstsäd rekommenderas inte (Ehrnebo, 2005) p.g.a. höstsädesbroddens ringa N-upptag under hösten.

Ett tredje troligen bra alternativ, som sällan nämns eller diskuteras, är *spridning under sen-vintern (februari-mars) följd av omedelbar nedplöjning* eller annan nedbrukning. Med sådan vinterspridning avses här tillförsel minst en månad före vårbruket. Fördelar med denna tidpunkt vore, att jorden då är för kall för mer omfattande nitrifikation av flytgödsel-ammoniumkvävet, och att man undviker spridning under den bråda vårbrukstiden. Vad

gäller senvinterspridning med efterföljande nedplöjning saknas emellertid vetenskapliga undersökningar.

## Målsättning

Föreliggande rapport utgör en litteraturöversikt. Den tar främst sikte på att beskriva möjligheterna att sprida flytgödsel under hösten och senvintern utan att kväveutlakningsförlusterna ökar. Av Ehrnebos (2005) sammanställning framgår som nämnts det mindre lämpliga av att tillföra stallgödsel inför sådd av höstsäd. För att ytterligare belysa innebörden av detta redovisas svenska undersökningar med studier av höstsädens kväveupptag under hösten och inverkan på N-utlakningsrisken.

Här i Sverige diskuteras ofta skärpta bestämmelser för stallgödselspridning under hösten. Ett förbud mot spridning av stallgödsel i hela december månad planeras som nämnts att införas i de nitratkänsliga områdena. Effekter av och risker vid tillförsel av stallgödsel (främst flytgödsel) under övriga tidpunkter på hösten behöver emellertid också belysas. Avsikten med föreliggande litteraturöversikt är att beskriva befintlig kunskap och att på basis av det redovisade kunskapsläget ange kunskapsluckor och forskningsbehov för att framöver skapa underlag för miljömässigt säkrare stallgödselspridning på hösten. Finns risk för ökade kväveförluster och finns inga lämpliga alternativ under hösten i det enskilda fallet, bör givetvis andra tidpunkter för spridning väljas.

De nämnda ”goda” spridningsalternativen under hösten och senvintern kan visserligen generellt vara bra med hänsyn till möjligheterna att minska riskerna för N-förluster, men situationer torde ändå uppkomma, då effekten blir tveksam och/eller andra nackdelar kan uppstå. Variationerna i verkan kan vara stora, från mycket gynnsam till helt otillräcklig effekt. Vidare råder en praktiskt betingad tveksamhet från bl.a. rådgivarhåll mot att införa stopp för stallgödselspridning inför sådd av höstsäd. Av dessa olika skäl inriktas litteraturgenomgången bl.a. på säkerheten eller osäkerheten när det gäller inverkan på mark, gröda och N-utlakning av höstspridning av flytgödsel. Här ges några exempel på osäkra förhållanden:

Under oktober och november börjar de höstväxande grödornas tillväxt och N-upptagning att avklinga för att sedan normalt upphöra inför vinterns ankomst. Frågan gäller därför när under hösten spridning av flytgödsel på *vall* lämpligen bör ske för att det tillförda kvävet skall kunna tas tillvara av växterna. Ett teoretiskt alternativ vore annars att sprida så sent på hösten, att nitrifikation av tillfört flytgödel-NH<sub>4</sub>-N kanske inte hinner ske i nämnvärd utsträckning före vintern. Ett annat spørsmål gäller spridning inför sådd av *höstsäd*, vilket som antytts nu är tillåtet i de nitratkänsliga områdena. Sådan tillförsel kan tänkas bli aktuell så sent som i oktober, eftersom det blivit ganska vanligt att så höstveten även ett stycke in i denna månad. Man kan då inte alls förvänta sig att höstsädesbroddens N-upptag skall förhindra utlakning av kväve som härstammar från stallgödseltillförsel inför höstsådden. Frågan är också om höstsäd i något fall kan tänkas utnyttja tillfört stallgödselkväve tillfredsställande på hösten. Vidare är det känt att *höstraps* har god N-upptagande förmåga på hösten, men etableringen lyckas inte alltid väl, varför en del tillfört stallgödselkväve kan tänkas gå förlorat under vintern. Frågan är hur förändringar i uppkomst och i såtider påverkar rapsens höstutveckling och kväveupptag samt dess möjligheter att utnyttja kvävet i flytgödsel som tillförts i samband med sådden.

Flytgödsel ger normalt bäst effekt i växtodlingen efter vårspridning eller efter tillförsel i växande gröda med marknära spridning, t.ex. släpslangteknik (Jordbruksverket, 2007). Den

litteratursammanställning som här redovisas berör med några undantag dock inte flytgödselspridning i samband med vårbruket och i växande gröda under växtsäsongen. Vidare begränsas denna litteraturgenomgång i huvudsak till användningen av flytgödsel.

## STALLGÖDSEL TILL SLÅTTERVALL PÅ HÖSTEN

Stallgödsel (flytgödsel), som sprids på vall, brukar på mjökkogårdar i t.ex. Västergötland huvudsakligen tillföras på våren (till förstaskörden) och under växtsäsongen (till andra och tredje skörd), och en mindre del av gödseln sprids under hösten (Arnesson, pers. medd.). Höstspredningen sker givetvis efter den sista skörden, som i Götaland kan äga rum i september-oktober. Efter denna skörd måste ofta annat arbete prioriteras på gårdarna, så att stallgödseln kommer att köras ut förhållandevis sent på hösten. Det gäller också för många att ha tömt gödselbehållarna så mycket som möjligt inför vintern.

Att sprida stallgödsel på vall är fördelaktigt från många synpunkter. Stallgödselns innehåll av växtnäring utnyttjas i princip väl när den sprids till en växande gröda som vall. Om gödseln tillförs vid lämpliga tidpunkter, finns därför bra förutsättningar att undgå utlakning av växtnäringsämnen. Höstspredning på vall kan dock tänkas öka kväveutlakningen i vissa situationer. Förlusterna av fosfor bör bli små, så vida det inte uppkommer ytavrinning efter spridning på markytan på sluttande mark. Vidare finns risk för ökade P-förluster efter stallgödseltillförsel på vattenmättad jord (Ulén, 2002; se även nedan). Man skulle kunna förvänta ökad K-utlakning efter höstspredning av stallgödsel, men studier efter flytgödseltillförsel till vall på lätt jord i Halland tyder knappast på stigande K-förluster (Torstensson et al., 2006; se nedan).

### **Inverkan på vallskörd, vallens övervintring, kväveutlakningsrisker m.m. av stallgödselspridning på hösten, inkl. olika spridningstidpunkter under denna årstid**

Steineck et al. (1991) rapporterade äldre försök (troligen på 1970-80-talen), där flytgödsel tillfördes till vall på hösten (tidpunkt ej närmare specificerad). Spridning på hösten till förstaårsvall sänkte vallskörden i förhållande till ytspridd flytgödsel på våren och efter första skörd och i förhållande till handelsgödsel. Till andraårsvall gav däremot flytgödsel på hösten högre skörd än både flytgödsel och handelsgödsel på våren och efter andra skörd. Steineck et al. (1991) angav dock att spridning på hösten är en osäker metod även för vall. De beskrev emellertid inte, var i landet försöken utförts.

Steineck et al. (1991) drog slutsatsen, att stallgödsel helst ej bör spridas efter sista skörden för året, beroende på att vallens övervintringsförmåga kunde försämrats och risken för utlakning bleve större. De menar, att spridning på vall senare på hösten borde minska eller utesluta dessa risker, men de påpekar att faran för körskador då ökar.

I ett samnordiskt stallgödselprojekt tillfördes flytgödsel bl.a. till vall (Larsen, 1987) på tre försöksplatser: Askov i Sønderjylland (gräsvall), Marsta nära Uppsala (blandvall) och Jokioinen i sydvästra Finland (blandvall). I studierna ingick även spridning på hösten i jämförelse med våren. Flytgödseln myllades (s.k. nedfældning) vid Askov, medan den spreds på markytan på Marsta och vid Jokioinen. Spridningen av flytgödsel i slutet av oktober till ren gräsvall vid Askov utfördes uppenbarligen för sent för att grödan skulle kunna utnyttja det tillförda kvävet. Härtill kommer att man måste räkna med att den dåvarande myll-

ningstekniken orsakade mekanisk skada på gräsbeståndet. Höstspredning gav här i förhållande till vårspridning 37 % lägre ts-skörd av vallen. Vid Jokioinen och Marsta företogs spridningen 3-4 veckor tidigare än vid Askov (troligen i slutet av september), och resultaten tyder på att vallarna där ännu var i god tillväxt, så att de kunde utnyttja en del av det tillförda kvävet. Vid Jokioinen gav höstspredning på ett- och tvåårsvall en vallskörd motsvarande 82 % av avkastningen efter vårspridning. Vid Marsta i Uppsalatrakten blev motsvarande skördar 92 respektive 100 % av utbytet efter vårspridning. Man kan här göra den kommentaren, att flytgödselspridning på vall under hösten bör ge upphov till mindre N-förluster och därmed bättre avkastning i nordligare lägen (och på lerjordar) än längre söderut, där marken är frusen under kortare tid eller ej alls vintertid. Även undersökningar i Mellannorrland utförda av Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap i Umeå tyder på bättre N-utnyttjande efter höstspredning på vall genom kallare klimat (se nedan).

Det finns uppenbarligen ganska få *nyare* undersökningar med tillförsel av flytgödsel till vall på hösten i jämförelse med spridning på våren (till förstaskörden) eller senare (till andraskörden osv.). I en omfattande sammanställning av försök med stallgödsel utförd av Salomon (2008) redovisas inga undersökningar med flytgödsel till vall på hösten. Salomons (2008) litteraturöversikt innefattar dock en undersökning med fastgödsel till vall under hösten (Rodhe et al. 2000; se nedan). *Sammanställningen kan emellertid utgöra en grund för valet av alternativa spridningstidpunkter till hösten och bäst lämpad valltyp.* Salomon framhåller att spridning av flytgödsel och urin i första hand bör göras till tvåårsvall eller äldre vall på våren eller efter första skörd. Uppgifter redovisas som visade, att spridning av nötflytgödsel till första och andra skörd av gräsvall gav en samlad avkastning, som motsvarade 51-65 % av den totalskörd som erhöles efter tillförsel av samma mängd direkt växttillgängligt kväve i form av mineralgödsel. Spridning under växtsäsongen kan ge upphov till betydande ammoniakavdunstning från flytgödseln, om denna sprids direkt på stubben efter vallskörden. Exempelvis fastställde Elmquist et al. (1996) över 80 % ammoniakförluster (% av tillfört  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) vid sommarspridning av flytgödsel på vall men i medeltal ”bara” 45 % efter vårspridning. Bandspridning med släpslang rekommenderas därför, men ytmyllning framhålls som ännu bättre. När man med ytmyllningsteknik placerat flytgödsel i täckta skåror (täckt ytmyllning) har ammoniakförlusterna nästan blivit obefintliga, men något ökad avgång av lustgas kan uppkomma (Salomon, 2008), se även nedan. Risken för ammoniakavdunstning blir särskilt stor efter spridning under sommaren, såsom till återväxten efter första skörd. Vallförsök i det s.k. Animaliebältet visar dock att det inte är självklart att myllning av flytgödseln efter första skörd ger upphov till högre andra- och tredjeskörd än släpslangsteknik (Eriksson, 2005). Vidare kan det bli något nedsett skörd genom skador på vallgrödan orsakade av själva myllningsaggregatet vid tillförsel under själva växtsäsongen (Rodhe & Pell, 2005; Eriksson, 2005). Gräsvallar svarar bättre på flytgödselspridning än blandvallar där baljväxter ingår (Salomon, 2008). I det senare fallet kan kväveverkan av nötflytgödsel på skörden bli mer osäker. Maximalt rekommenderad tillförsel för flytgödsel är cirka 25 ton/ha per tillfälle och för urin 15-20 ton/ha.

Försök med höstspredning av fastgödsel på vall kan i viss mån vara vägledande för tolkning av förhållandena efter tillförsel av flytgödsel på vall under hösten. Fastgödselspridning (ca 25 ton/ha) på gräsvall under hösten i jämförelse med våren studerades av Rodhe et al. (2000) i fältförsök på styv lera 1997-99 vid Jälla nära Uppsala i Uppland. Höstspredningen ägde rum ungefär i mitten av oktober höstarna 1997 och 1998 och vårspridningen åren därefter i början av maj. Komplettering med bl.a. mineralgödselkväve på våren (110 kg N/ha) och till återväxten (50 kg N/ha) gjordes i flertalet led. Denna N-mängd tillfördes också i ett kontroll-led med bara mineralgödselkväve. Under båda försöksåren gav tillförsel av fastgödsel på hösten lika stor vallskörd som ledet med vårspridning och ledet med



enbart mineralgödsel samt flera ton ts mer per ha än ett helt ogödslat kontroll-led. Mineralkvävmängderna i marken på senhösten var små, vilket annars är normalt vid odling av vall. Stallgödselspridningen under hösten inverkar på mineralkväveförråden under denna årstid och bedömdes därför bara marginellt påverka risken för kväveutlakning.

I en försöksserie i nordvästra Götaland med olika spridningstidpunkter för stallgödsel till vall med liten baljväxtandel (Albertsson, 1997 och 1998) jämfördes spridning av 30 ton fastgödsel och 30 ton nötflytgödsel per ha med mineralgödselkväve + PK. Stallgödseln spreds vid tre tidpunkter: i oktober, i november och i mars. Mineralgödseln tillfördes i april. Spridning av både fast- och flytgödsel i oktober eller november gav i flera fall högre vallskörd än tillförsel i mars. I försök 1995 och 1996 (4 st) blev det lägre skörd i alla stallgödselled än med enbart en mineralgödselkvävegiva på 45 kg N/ha. I ett försök 1997 gav dock flytgödsel i stort sett samma vallskörd som 45 kg mineralgödselkväve per ha, men med fastgödsel blev avkastningen något svagare. I detta försök och i två försök 1996 gav spridning på senhösten (november) bäst skördeverkan. Detta avviker från de slutsatser som Ericson och Alskog (2000) drog av försök i Mellannorrland med flytgödsel till vall på hösten (se nedan). De fann att spridning tidigt på hösten (efter andraskörd) gav bäst resultat och medförde minst risk för N-utlakningsförluster.

I sammanlagt åtta försök i Västsverige 1999-2001 och sex försök inom "Animaliebältet" (i Jönköpings- och Hallands län), redovisade av Hallin & Jansson (2002) respektive Andersson (2002), ingick två led med tillförsel av nötflytgödsel (25 ton/ha) vid ettdera av två olika tillfällen på hösten: ca 15 september och ca 15 november. Detta jämfördes med ett led med motsvarande P- och K-mängd i form av PK-7-25 (inget kväve) och ett led med PK-7-25 samt kväve i N28 på hösten motsvarande kvävet i flytgödseln. Året efter uppkom i medeltal inga nämnvärda skördeskillnader mellan flytgödsel- och mineralgödselleden, men avkastningen blev 6-10 % lägre i ett kontrollled utan gödsling på hösten. Denna skillnad tillskrevs främst en kaliumeffekt. Tidpunkten för flytgödselspridning på hösten hade ingen tydlig påverkan på avkastningen. Många praktiker har menat, att de fått sämre övervintring p.g.a. flytgödselspridning under hösten. I två av försöken uppkom utvintringsskador i alla led med N-tillförsel, genom att bestånden blev för frodiga under hösten i fråga. Detta sänkte den första vallskörden året därpå. I medeltal uppkom emellertid inga negativa effekter av flytgödselspridningen på hösten. Det fanns en tendens till att det tillförda kvävet på hösten genom handelsgödsel eller flytgödsel höjde vallskörden året därpå. Författarna framhåller sammanfattningsvis, att spridningstidpunkten för flytgödsel på hösten efter sista skörd bör styras av väderlek, markens bärighet och arbetsbelastning snarare än att tillförseln skall ske så sent som möjligt. Frågan är dock om tillförsel av flytgödsel på våren eller efter förstaskörden hade gett bättre kväveeffekt.

I undersökningar vid Offer i Ångermanland, Ås i Jämtland och Röbbäcksdalen i Västerbotten, där sammanlagt nio vallförsök (mestadels placerade i andraårsvallar) genomfördes 1997-2000 (Ericson, 2002; Ericson & Alskog, 2000), studerades hur olika tidpunkter för tillförsel av flyt- och fastgödsel (20 respektive 25 ton/ha) på hösten påverkade vallens växtnäringsutnyttjande, övervintring samt vallskörd och fodrets hygieniska kvalitet. Spridning ägde i olika led rum direkt efter andra skörd (som gjordes i mitten av augusti) samt 1, 3, 5, 7 och 9 veckor efter denna skörd, vilket jämfördes med ett kontroll-led utan gödsling och ett annat led med mineralgödsel i form av NPK på våren och i en mängd motsvarande tillförseln i ledet med spridning direkt efter andraskörden. Spridning av flyt- eller fastgödsel direkt efter andra skörd samt 1 och 3 veckor efter denna skörd gav i allmänhet bäst avkastning året därpå bland leden med stallgödsel på hösten. Skillnaderna mellan dessa led var dock i medeltal inte särskilt stora och bara några 100 kg ts/ha större än i det ogödslade

kontroll-ledet. NPK-ledet med gödsling på våren gav tydligt bäst vallskörd. De olika behandlingarna gav inte upphov till några skillnader i vallarnas övervintring, där man hade befarat att tidig spridning på hösten skulle medföra tillväxt av grönmassa, med ett frodigt bestånd som kunde äventyra övervintringen. Tidig gödselspridning på hösten gav emellertid inte signifikant större grönmassa under denna årstid, vilken sedan skulle ha blivit till förna under vintern. Däremot uppvisade vallgrödan i leden med tidig höstspridning högre kvävehalt än i övriga led fem veckor efter spridningen. Detta tyder på att kväveupptagning skett i vallen. Vid provtagning nio veckor efter spridning hade däremot skillnaderna i kvävehalt utjämnats. Detta kan enligt Ericson (2002) tyda på omfördelning av kvävet i grödan till rötterna. Efter spridning vid de senare tidpunkterna på hösten återfanns oftare mer mineralkväve i markprofilen än efter tidigare tillförsel, vilket ansågs kunna påverka risken för kväveförluster. Studier i dessa vallförsök av ensilagekvalitet med hänsyn till foderhygieniska aspekter (Rahm, 2000) visade, att tillförsel av fastgödsel under hösten gav sämre ensilagekvalitet än flytgödselspridning. Någon entydig inverkan av de olika spridningstidpunkterna under hösten kunde dock inte fastställas. En orienterande studie visade, att körskador kunde bli ett större problem ju senare flytgödselspridningen gjordes. Några skador på vallen i form av sämre övervintring till följd av gödselspridning på hösten kunde dock inte fastställas (Ericson, pers. medd.). Slutsatsen av undersökningarna, inkl. kvalitetsstudierna med hygieniska aspekter, var att under mellannorrländska förhållanden är tidig spridning av stallgödsel, direkt efter andra skörd, att föredra framför senare spridning, om vädret inte är sådant att förstörade ammoniakavdunstningsförluster kan befaras (Ericson, 2002). Skall man kunna utnyttja vallen som kväveupptagande gröda under hösten, får stallgödselspridningen inte ske så sent att tillväxten upphört eller minskat mycket (Ericson, pers. medd.). I tidigare studier i norra Sverige av effekterna av stallgödselspridning på gräsvall på hösten i jämförelse med våren (Dryler & Ericson, 1994) var hösttidpunkten förlagd till början eller mitten av oktober. Skörderesultaten visade att skillnaderna mellan höst- och vårspridning var små, och det kunde inte fastställas några skillnader i gödselkväveutnyttjandet. Ej heller konstaterades några miljömässiga skillnader till nackdel för tillförsel under hösten.

I ett utlakningsförsök på grovmojord vid Mellby i Halland studerade Torstensson et al. (2006) tillförsel av nötflytgödsel med applicering på markytan med släpplangspridare på en ettårsvall under senhösten (dvs. till en blivande tvåårsvall). Spridningen ägde rum i mitten av november. Något exakt jämförelseled (ettårsvall utan flytgödsel på hösten) fanns dock inte, varför det inte är möjligt att entydigt uttala sig om skördepåverkan året efter. I jämförelse med ettåriga grödor i en annan växtföljd i samma försök (vårraps, höstvetete, potatis och rågvete) blev N-utlakningen under ifrågavarande agrohydrologiska år liten (13 kg total-N per ha och år som ett treårsmedeltal), vilket dock var något mer än efter tvåårsvall (9 kg total-N/ha), som inte tillfördes flytgödsel på hösten. Efter de nämnda ettåriga grödorna uppgick utlakningen till 66, 35, 71 respektive 17 kg N/ha och efter silomajs 64 kg N/ha (Torstensson et al., 2006). Liknande resultat redovisas från en tidigare period i samma försök (Torstensson & Ekre, 2003). Det framgår inte av rapporterna från försöket, huruvida vallen växte och därmed tog upp kväve från marken efter senhöstspridningen.

Den jämförelsevis ringa N-utlakningen efter flytgödselspridningen på vallen vid Mellby i Halland i mitten av november kan antas bero på att temperaturen vid och i markytan var så pass låg, att nitrifikationen av tillfört flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N blev liten (Torstensson, pers. medd.). Om man istället hade plöjt ned flytgödseln, så att den hamnat på plogbotten, torde marktemperaturen ha förblivit högre under senhösten. En sådan situation skulle enligt Torstensson (pers. medd.) kunna medföra snabbare nitratbildning.

## Ammoniakavgång och andra gasformiga förluster efter flytgödselspridning på vall

I undersökningarna vid Mellby Halland (Torstensson & Ekre, 2003; Torstensson et al., 2006) av flytgödselspridning på ”växande” vall så sent som i november fastställdes att denna gav upphov till stora variationer i ammoniakavgången, som blev mycket kraftig under ett av åren. Förklaringen till detta angavs kunna vara sjunkande luft- och markyttemperatur till minusgrader några timmar efter spridningen. Då vätskan i gödseln börjar frysa, ökar ammonium/ammoniak-koncentrationen i den kvarvarande ofrusna vätskan, vilket medför att jämviktsgradienten mellan vätska och luft drastiskt ökar. Vid spridningen ifråga användes släpslangteknik.

Med myllningsaggregat, som placerar flytgödsel i täckta skårar i marken på vall, kan ammoniakavgången nedbringas till i det närmaste noll (eller under detektionsnivån) vid spridning under växtsäsongen, men betydligt större förluster kan samtidigt uppkomma efter bandspridning (släpslang) på markytan (Rodhe & Pell, 2005). Täckt ytmyllning kan emellertid ge upphov till emission av lustgas, och då i större mängder än efter bandspridning (Rodhe & Pell, 2005). Under 30 dagar efter flytgödselspridning i juni förlorades på detta vis ca 0,75 kg N/ha från marken (styv lera) efter täckt ytmyllning och 0,20 kg efter bandspridning. Från ogödslad mark avgick 0,06 kg N/ha som lustgas. Metanemissionerna var obefintliga.

I ett projekt på gårdsnivå på Brogården, Skara (Sannö et al., 2003) med bl.a. spridning av nötflytgödsel på vall i november genom ytmyllning uppgick ammoniakförlusterna till 6 % av tillförd ammoniumkvävegiva. Spridningen ägde rum med ett myllningsaggregat med dubbla skivbillar, och vallgrödans höjd var 2-10 cm. Myllningsdjupet var 2-6 cm. Dags-temperaturen varierade mellan  $-3^{\circ}$  och  $+5^{\circ}$  och nattetemperaturen blev  $-3^{\circ}$ . Viss yttlig tjäle fanns, men myllningsaggregatets arbete syntes inte påverka myllningen av flytgödseln. Ingen gödsel flöt ovanpå jorden. Enligt Sannö et al. (2003) fanns inga litteraturuppgifter för motsvarande myllning på vall att tillgå under projektet för jämförelse av resultatet.

## Inverkan på fosfor- och kaliumutlakningen av höstspridning av stallgödsel på vall

En annan nackdel med spridning av stallgödsel sent på hösten är risken för P-läckage (Ulén, 2002), i fall att marken i hög grad är vattenmättad. Risken gäller även efter stallgödselspridning på vall. På lerjordar kan fosfor transporteras mycket fort via maskgångar och sprickor då marken är vattenmättad. Via dräneringsledningarna kan sedan gödsel fosfor snabbt föras vidare ut i vattendrag. Detta gäller under omständigheter, då gödsel fosfor inte kommer i god och direkt kontakt med markpartiklarna, där fosfor annars kan införlivas i markens reaktionssystem. Istället kan den följa med vattnet i löst form via dräneringssystemet. På vallar kan denna risk uppkomma, om man ytsprider flytgödsel på vattenmättad jord, varigenom det blir liten kontakt mellan fosfor och jorden. Man kan kommentera, att ytspridning av stallgödsel på sluttande mark under hösten, när marken börjar frysa, också bör kunna förorsaka erosionsförluster med borttransport av diverse näringsämnen i stallgödseln. Sådana förluster kan tänkas fortsätta under vinterperioder med smältvatten som rinner av på markytan.

I de nämnda undersökningarna vid Mellby i Halland av flytgödseltillförsel på vall i november (Torstensson et al., 2006) visade det sig, att utlakningen av kalium knappast påverkades under den efterföljande vintern. Detta var däremot fallet i tidigare undersökningar i

ett angränsande försök med höstspridning av svinflytgödsel till främst vårsäd (Torstensson et al., 1992), med betydande K-förluster som följd.

### Foderhygieniska aspekter

Spridning av stallgödsel på vall kan påverka vallfodrets smaklighet och kvalitet (Malmqvist & Spörndly, 1993). Spridning av gödsel, som hamnar på vallgrödan, kan medföra förhöjda sporhalter av *Clostridium tyrobutyricum* och ökade halter av enterobakterier i ensilage (Malmqvist & Spörndly, 1993; Rammer & Lingvall, 1997). Ett ogynnsamt kretslopp via gödsel på vall – foder – kons mage – gödsel osv. kan uppkomma. Ensileringsförloppet kan störas av enterobakterier från stallgödseln. Clostridiumbakterier, som kommer med i fodret, kan medföra smörsyrarjäst ost, om ensilaget skördats och lagrats på ett ogynnsamt sätt. En undersökning på 100 gårdar (Malmqvist & Spörndly, 1993) visade att spridning av stallgödsel på slåttervall var förbunden med ökad sporhalt i leverantörsmjölken. Fastgödsel hade större negativ inverkan på mjölk kvaliteten än flytgödsel, men det senare gödselslaget hade likväl en försämrande effekt i jämförelse med förhållandet på kontrollgårdar utan stallgödseltillförsel på vall. Vårspredning hade störst negativ inverkan, följt av höstspredning. Stallgödseltillförsel efter förstaskörden var det gynnsammaste alternativet.

Som nämnts om undersökningarna i Mellannorrland (Ericson, 2002; Ericson & Alskog, 2000; Rahm, 2000) påverkade inte spridningstidpunkten för stallgödsel under hösten ensilagens foderhygieniska kvalitet, men sammantaget med vallens kväveutnyttjande ansågs tidig spridning av flytgödsel på hösten är att föredra. Nackdelen med så pass sen spridning som i november såsom vid Mellby (Torstensson & Ekre, 2003; Torstensson et al., 2006; se ovan) och på Brogården (Sannö et al., 2003; se ovan) är, att grödan befinner i slutet av växtperioden och därmed har begränsade möjligheter till direkt kväveupptagning. Spridningstidpunkten ger ändå en lång mellantid fram till första vallskörden, vilket ansågs vara till fördel för att minska kvalitetsstörningar i grovfodret (Sannö et al., 2003).

### Pågående undersökningar vid Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Röbbäcksdalen, SLU Umeå

Som en uppföljning av de ovan redovisade undersökningarna 1997-2001 i Mellannorrland av effekterna av flytgödselspridning på vall (Ericson, 2002; Ericson & Alskog, 2000) genomförs f.n. ett nytt projekt av Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap vid SLU i Umeå med stöd av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) och Regional Jordbruksforskning för norra Sverige (RJN): *Flytgödsel från nötkreatur, vart tar kvävet vägen?* (Ericson, pers. medd.). Avsikten är att mer i detalj följa flytgödselkvävet omsättningar efter spridning vid två tidpunkter under hösten och en gång på våren. Det sker bl.a. genom att gödseln märks med  $^{15}\text{N}$  (ansvarig: Cecilia Palmberg vid SLU i Umeå), varigenom man kan fastställa andelen flytgödselkväve i olika delar av systemet (vallgrödans ovanjordiska delar, dess rötter och jord). Resultaten från det föregående projektet (Ericson, 2002; Ericson & Alskog, 2000) antydde ju att flytgödselkvävet binds i rötterna på vallgrödan under hösten, och därför är det mer eller mindre skyddat från förluster. Kvävet blir därmed också tillgängligt för plantorna under den tidiga tillväxten på våren. Vid spridning av flytgödsel på vall får man vidare räkna med gasformiga förluster. Därför medverkar JTI i Uppsala genom Lena Rodhe m.fl. med mätning av ammoniakförluster i samband med spridning. Undersökningarna utförs med ca 40 m<sup>2</sup> stora rutor, där flytgödseln tillförs för hand i strängar för att efterlikna bandspridning. I dessa rutor undersöks markkväve, gasformiga förluster samt skörd och kväveupptag. Intill har Cecilia Palmberg anlagt smårutor, där  $^{15}\text{N}$ -märkt flytgödsel tillförs

vid samma tidpunkter. Dessa smårutor användas för destruktiv provtagning och för  $^{15}\text{N}$ -analys.

## Sammanfattande synpunkter på spridning av flytgödsel på vall under hösten

Det förekommer i varje fall i Götaland, att en tredje eller rentav fjärde vallskörd tas så sent som i oktober. I sådana fall kan inte spridning av flytgödsel ske förrän i denna månad. Även under andra omständigheter måste många lantbrukare med nötkreatur sprida en del stallgödsel på hösten (Andersson, 2002), och då är frågan när den bästa spridningstiden infaller.

Av den gjorda litteraturframställningen framgår, att det inte finns några avgörande belegg för att höstspridning av flytgödsel skulle ge sämre vallskörd än vårspridning, eller vice versa. Ej heller kan det entydigt styrkas att spridning tidigt på hösten generellt skulle ge bättre vallskörd nästa år än senare tillförsel, eller vice versa. Klimatbetingade förhållanden i de olika landsdelarna avgör troligen skördeutfallet. I en del sydligare län synes tidig flytgödselspridning på hösten kunna ge upphov till alltför frodig valltillväxt under denna årstid, med försämrad övervintring som följd. I norra Sverige blir valltillväxten under hösten mindre, och försöksresultaten talar för tidig spridning (efter vallskörd i augusti-september). Med tidig spridning kan vallgrödan ta upp mer flytgödselkväve under hösten än annars. Det framgår inte av flertalet studerade rapporter, i vilken utsträckning vällen växte och därmed tog upp kväve från marken efter senhöstspridning. Emellertid tycks det upptagna kvävet enligt en hypotes till stor del bli omlagrat till rötterna före vintern (Ericson, pers. medd.), där det sedan blir tillgängligt för nästa års tillväxt. Efter tidig spridning hinner ammoniumkvävet i princip visserligen nitrifieras fullständigt under höstens gång och skulle då kunna utlakas, men grödans N-upptag bör förhindra påtagligare N-utlakningsförluster. Efter sen spridning blir dock N-upptaget litet eller inget alls. Det finns risk för ökad utlakning, om kvävet inte kan utnyttjas. Sålunda synes sen flytgödselspridning på hösten i viss mån kunna leda till ökade mängder mineralkväve i marken på senhösten, men i ett utlakningsförsök i Halland tycktes tillförsel i november ändå inte medföra nämnvärt ökad kväveutlakning under det efterföljande året. Nitrat bildas även efter spridning i november (Lindén et al., 2003) och kan därefter utlakas, men yttlig spridning och kyla kan kanske förlångsamma nitrifikationen (Torstensson, pers. medd.). Slutsatsen kan dras, att det råder brister i kunskaperna om inverkan på kväveutlakningen av tidpunkten för höstspridning av flytgödsel på vall.

Risken för packningsskador talar emot sen spridning, då marken börjar bli lös och får sämre bärighet. Det kan uppkomma större ammoniakavdunstningsförluster efter spridning på vall vid varmare väder på hösten men även vid spridning när marken fryser till. Ytmyllning av flytgödseln kan effektivt förhindra ammoniakavgång, men efter spridning under växtsäsongen har skördesänkning fastställts till följd av mekaniska skador på vallgrödan. Man kan teoretiskt tänka sig att efter ytmyllning av flytgödsel relativt tidigt på hösten skulle skadorna kunna "läkas" fram till nästa växtsäsong.

Höstspridning är bättre ur foderhygienisk synpunkt än vårspridning. Tidpunkten för spridning på hösten tycks dock ha liten betydelse.

Det mesta av det sagda tyder sammantaget på fördelar med tidig spridning under hösten, men tidpunkten för vad som är lämpligt i ett helhetsperspektiv torde variera med lands-

delen. För att belysa klimatets inverkan behövs undersökningar av samma slag i olika landsdelar. Försöken bör innefatta utlakningsstudier för en helhetssyn. Sådana studier med flytgödselspridning på vall under hösten saknas med undantag av ett led i ett odlings-systemförsök med olika grödor på lätt jord i Halland (se ovan).

## HÖSTRAPSENS KVÄVEUPPTAG UNDER HÖSTEN – GÖDSLINGSBEHOV

### Undersökningar av höstrapsens kväveupptag under hösten

Höstraps och höstrybs har stor kväveupptagningsförmåga under hösten, förutsatt att grödan sås i rätt tid, utsädet gror väl och uppkomsten blir jämn. Undersökningar i nio försök 1979 och 1980 i Syd- och Mellansverige med höstrybs (n = 3) och höstraps (n = 6) efter svartträda visade ett totalkväveinnehåll i de ovanjordiska växtdelarna på i medeltal 46 kg N/ha i slutet av oktober, med variationer från 11 till 90 kg N/ha (Lindén & Wallgren, 1988). De största N-upptagen härrörde från kraftiga - mycket kraftiga bestånd, som såtts jämförelsevis tidigt. I ett utlakningsförsök på moränlättilera vid Lönnstorp i södra Skåne (Aronsson & Torstensson, 2003) innehöll höstrapsens ovanjordiska växtdelar i genomsnitt 54 kg N/ha (minsta värde: 31 kg, högsta värde: 87 kg N/ha). Rapsen såddes efter vårkorn och erhöll en höstgödsling motsvarande 30 kg N/ha. Den största upptagna N-mängden fastställdes ett år efter sådd i mitten av augusti, vilket var ca en vecka tidigare än under de övriga åren. Tillväxten och N-upptaget på hösten behöver inte vara mindre i Mellansverige än i de sydligaste länen. Sålunda fastställde Engström et al. (2000) i sammanlagt nio höstrapsförsök i Västergötland, Östergötland och Södermanland 1996-1999 i medeltal ett N-innehåll på 93 kg N/ha ovan jord i november. I två av försöken, där stallgödsel kom att tillföras före sådden, fanns i genomsnitt 155 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna, jämfört med 83 kg N/ha i de övriga försöken. Även där stallgödsel tillförts utnyttjade grödan kvävet i marken mycket väl, och där återfanns på senhösten endast 28 kg mineralkväve per ha (0-90 cm), vilket är mindre än normalt i obebuxen jord efter stråsådd vid denna tid. I fem fältförsök med höstraps efter vallbrott i ekologisk odling (Engström & Lindén, 2008) innehöll höstrapsen i medeltal 47 kg N/ha ovan jord på senhösten, med variationer mellan försöken från som minst ca 10 kg till som mest ca 70 kg N/ha. Ingen gödsling hade här skett till höstrapsen i samband med sådden. I dessa försök återfanns på senhösten 49 kg mineralkväve per ha (0-90 cm djup), medan det i fyra andra försök av samma slag, där höstrapsen grott mycket dåligt eller inte alls, fastställdes 89 kg N/ha inom 90 cm djup. Detta visar bl.a. på vikten av att höstrapsen gror och utvecklas väl under hösten för att motverka kväveförluster under kväverika förhållanden såsom efter baljväxtrika vallar.

I medeltal för dessa fyra undersökningar innehöll höstrapsen 60 kg N/ha ovan jord under senhösten. Antas (på dessvärre lösa grunder) att rötternas N-innehåll motsvarade 25 % av N-mängden i hela grödan, synes genomsnittsbeståndet ha tagit upp omkring 80 kg N/ha från marken, inkl. tillfört gödselkväve i förekommande fall. Variationsbredden var dock mycket stor. Den minsta N-mängden ovan jord utgjorde som framgått 10 kg N/ha, och den största 155 kg N/ha. Större N-tillgång i marken medför ofta större upptagna kvävemängder, men grödorns uppkomst, beståndets jämnhet och tillväxtnöjligheter i övrigt under hösten synes starkt inverka på det slutliga N-upptaget fram till vinterns ankomst.

## Höstrapsens utlakningsbegränsande verkan under vinterhalvåret efter sådden

Aronsson & Torstensson (2003) belyser höstrapsens utlakningsbegränsande verkan under året närmast efter sådden i ett utlakningsförsök vid Lönnstorp nära Lund (se ovan). Där tillfördes höstrapsen, odlad efter vårkorn, som nämnts 30 kg N/ha i samband med sådden under åren 1998/99-2002/03. Totalkväeutlakningen blev 15 kg N/ha under korn-höstraps-året (1/7-30/6), jämfört med 35 kg/ha efter höstraps-höstvete, 22 kg/ha efter höstvete-råg-vete, 26 kg/ha efter höstvete-rågvete och 23 kg N/ha efter rågvete-sockerbetor.

Engström (pers. medd.) fann i två utlakningsförsök på sandjord vid Götala i Västergötland, att höstraps sådd efter höstvete (med nedplöjning av vetealm och -stubb) minskade nitratkväeutlakningen under tiden september-maj i jämförelse med obevuxen mark, där jorden stubbearbetats efter höstveteskörden och sedan vårplöjdes inför vårsådd. Effekten varierade dock starkt under de båda olika försöksår som studierna pågick (2004/2005 och 2005/2006). I led med höstraps 2004/2005, som tillförts 60 kg N/ha vid sådden, blev nitratkväeutlakningen i medeltal 17 kg N/ha jämfört med i genomsnitt 35 kg N/ha i de under hösten obevuxna, stubbearbetade leden. Året därpå erhöles 43 kg i jämförelse med 36 kg N/ha. Skillnaden i nitratkväeutlakning mellan 30 och 60 kg N/ha som höstgivor till rapsen blev emellertid obetydlig. År 2004/2005 utlakades i ledet med 30N-givan 16 kg och med 60N-givan 17 kg N/ha. År 2005/2006 fastställdes 38 resp. 36 kg N/ha. Denna undersökning visar vidare, att höstrapsen tog upp mer kväve på hösten i de ovanjordiska växtdelarna efter tillförsel av 60 kg N/ha än efter 30 N/ha i samband med sådden: i medeltal för båda åren 75 kg respektive 47 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Detta innebär 28 kg N/ha i merupptag (oräknat rötterna) för ökningen av gödselkvävemängden från 30 till 60 kg N/ha (Engström, pers. medd.).

## Inverkan av markstruktur, markfukt och såtid på höstrapsens utveckling under hösten

Höstrapsens N-upptag under hösten bör som framgått inverka på N-utlakningen under det efterföljande vinterhalvåret. Den totala tillväxten under hösten och därmed även N-upptagningen påverkas som nämnts av såtidpunkt, fältuppkomst och beståndets jämnhet. Uttorkad jord vid sådden av höstoljeväxterna, dålig såbädd genom kokig jordstruktur och liten nederbörd under groningstiden är ofta orsaker till sämre uppkomst (Olausson, 2002). Särskilt höstraps sådd en kort tid efter vallbrott efter den sista vallskörden kan få mycket svag och ojämn uppkomst, till följd av att vallens vattenförbrukning torkat ut matjorden mycket kraftigt och det därefter kommit alltför lite regn för att förbättra markfukten tillräckligt (Engström & Lindén, 2008). Vidare medför försenad sådd och uppkomst nedsatt höstillväxt.

Sen sådd i kombination med variationer i jordarter och jordstruktur inom ett och samma fält kan orsaka betydande inomfältsvariationer i höstrapsbeståndens tillväxt och N-upptag under hösten. Detta framgår av en undersökning på fyra åkerfält på tre gårdar i Västergötland hösten 2007 (Engström & Gruvaeus, 2008). På ett av fälten, beläget på Bjertorp och med sådd av höstraps den 25 augusti, undersöktes höstrapsen inom 19 olika observationsytor. Inom dessa uppgick N-innehållet i grödans ovanjordiska växtdelar i slutet av oktober i medeltal bara till 11 kg N/ha, med 3 kg som minsta och 19 kg N/ha som högsta värde. Där N-upptaget var som svagast (3-5 kg N/ha) kan man tala om ren missväxt. På ett annat fält på samma gård, med 9 observationsytor och höstrapssådd den 26 augusti, blev genomsnittsupptaget 14 kg N/ha (min. 3 kg, max. 28 kg). Kokig struktur inom lerjordsområden

försvårade och försenade uppkomsten där, medan beståndet var jämnt och betydligt frodigare inom fältdelar med lättare jord. På ett skifte vid Ribbingsberg nära Vårgårda med 6 observationsytor innehöll rapsen 26 kg N/ha (min. 9 kg, max. 43 kg) efter sådd den 23 augusti. På det fjärde fältet, beläget på mullrik moränjord på Prinshaga i Axvall, såddes höstrapsen i mer normal tid (16/8) och med jämförelsevis stor utsädesmängd. Här innehöll blasten i genomsnitt 40 kg N/ha, med variationer från 31 till 81 kg N/ha.

Det bör som bl.a. framgått på Prinshaga och i Lönnstorps-försöket (se ovan) vara en fördel från N-utlakningssynpunkt med tidig sådd av höstraps, eftersom grödan då utvecklas kraftigare än efter senare sådd. Kväveupptaget blir då större och mer av det under hösten mineraliserade jordkvävet och det tillförda gödselkvävet bör därmed utnyttjas. Även Dejoux et al., (1999) i Frankrike påtalar höstrapsens stora kväveupptag under hösten (uppmätt upp till ca 300 kg N/ha, i medeltal närmare 200 kg N/ha), särskilt efter tidig sådd som minskade de utlakningsbara kvävemängderna i marken till mycket låga värden.

### **Behov av gödsling med mineralgödselkväve på hösten till höstraps – bakgrund till frågan om att ersätta sådan höstgödsling med flytgödseltillförsel inför höstraps sådden**

Det anses i allmänhet obehövt att tillföra gödselkväve inför sådd av höstraps på vallbrott. Detta gäller naturligtvis närmast efter vallar med större andel baljväxter. N-mineraliseringen efter vallbrott bör här i allmänhet leverera tillräckligt med kväve (Engström & Lindén, 2008). Samma gäller troligen EU-träda, särskilt om denna brutits relativt tidigt under sommaren (Olausson, 2002). Däremot kan det efter upplöjning av ren gräsvall, som kvävegödselats måttligt eller svagt, uppkomma kvävebrist till följd av den immobilisering av kväve som uppkommer vid nedbrytning av de relativt kvävefattiga växtresterna (jmf. Lindén & Wallgren, 1993). Stråsäd har blivit vanlig som förgröda till höstraps. Eftersom mineralkväveresterna normalt är små efter stråsäd, har höstraps med sådan förfrukt vanligen tillförts gödselkvävemängder om 40-60 kg N/ha för hösttillväxten.

Enligt gällande rekommendationer bör det dock räcka med 30-40 kg N/ha till höstrapsen i samband med höstsådden, utöver vårgödsling (Jordbruksverket, 2007). De senaste årens gödslingsrekommendationer från Svensk Raps tar sikte på 30 kg N/ha som mineralgödsel (Biärsjö, 2006; Biärsjö & Nilsson, 2008). Mineralgödselkvävet borde emellertid kunna ersättas med motsvarande givor flytgödsel inför höstraps sådden. Det sker dock en betydande immobilisering av det ingående ammoniumkvävet efter spridning av flytgödsel (jmf. Olsson, 1985; Sørensen, 1998) Detta beror på att den anaeroba lagringen av gödseln alstrar flyktiga fettsyror (volatile fatty acids) som sedan snabbt bryts ned i jorden efter spridning, varvid kväve immobiliseras en tid (Kirchmann & Lundvall, 1993; Sørensen, 1998). Dessutom finns risk för omfattande ammoniumavdunstning efter flytgödselspridning inför höstraps sådd, om lufttemperaturen är hög, vädret torrt och nedbrukningen av gödseln försinkas. Detta kan innebära att lösligt N i flytgödsel ger sämre N-försörjning åt höstrapsgrödan under hösten än samma N-mängd i mineralgödsel.

Enligt uppgift från Svensk Raps tycks det inte finnas modernare försök med stallgödsel (flytgödsel) till höstoljeväxter inför höstsådden. Det föreligger ej heller några ingående undersökningar utförda av Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, med avseende på kväveutlakning efter tillförsel av stallgödsel (flytgödsel) i samband med sådden av höstoljeväxter (Torstensson, pers. medd.).



I fall att höstrapsens N-upptagning exempelvis efter flytgödseltillförsel inte skulle ha tömt markprofilen på växttillgängligt kväve tillräckligt väl under hösten (bl.a. som en följd av svag etablering av grödan), torde kväveutlakningen öka, särskilt på lätt jord i Sydsverige. En del outnyttjat flytgödselammoniumkväve kunde dock förmodas övervintra som nitrat-N inom markens rotzon på lerjordar i Mellansverige och därmed komma nästa års växtlighet till godo. Denna slutsats skulle kunna dras av undersökningar med spridning av flytgödsel på hösten till korn utförda av Jakobsson & Lindén (1992). Detta gäller dock fältförsök 1987-89, dvs. i huvudsak utförda innan klimatförändringen blev påtaglig. Man kan befara att det med allt mildare vintrar uppkommer allt större kväveförluster även på lerjordar i Mellansverige, i fall att stora mängder mineralkväve finns i marken på hösten.

### **Undersökningar av kvävegödsling på hösten till höstraps i relation till gödselkvävebehovet på våren**

Biärsjö & Nilsson (2008) fann i totalt 25 försök i serien OS3-185 med N-gödsling till höstraps efter stråsäd 2002-2007 (varav 18 i Skåne och 7 i Västergötland), att kvävetillförsel ”på hösten” (dvs. i samband med sådden) med 60 kg N/ha som mineralgödselkväve gav något högre fröskörd än 30 kg N/ha oavsett N-gödslingens storlek på våren (0-250 kg N/ha), men den större höstgivan sänkte oljehalten. Det redovisades däremot inte, hur stor skördeökning det blev från 0 till 30 kg N/ha som höstgiva. Med ett pris på 3,00 kr per kg frö och 11 kr per kg mineralgödselkväve fann författarna, att 30 kg N/ha ”på hösten” var optimalt. Samtidigt visade försöken, att en sammanlagd tillförsel på våren med ca 150 kg N/ha var den lämpligaste mängden. Under de tidigare åren i försöksserien hade man funnit, att gödslingsnettot blev högre efter tillförsel av 60 kg N/ha ”på hösten”, men resultat från 2007 års försök och de redan då ökade kostnaderna för gödsel-N suddade ut skillnaden i jämförelse med 30 kg N/ha. I en tidigare sammanställning avseende försöken i samma serie t.o.m. 2006 påtalar Biärsjö ([www.svensk.raps](http://www.svensk.raps)) risken att höstrapsen förväxer sig på hösten efter en större N-giva (60 kg N/ha) i samband med sådden, särskilt under de milda höstar som blir allt vanligare.

Enligt gällande regler i Danmark skall man efter tillförsel av gödsel till höstraps på hösten dra av den tillförda kvävemängden från vårens N-giva (Hansen, pers. medd.). Man kan se detta som en åtgärd för att styra N-gödslingen mot tillförsel på våren. Den danska regeln väcker emellertid frågan, om det kväve som tillförs höstraps på hösten kan ersätta en del av vårens N-giva eller vice versa. Pågående, nya svenska försök (serie OS3-188) tyder på detta (Gunnarsson, pers. medd.). Vad gäller flytgödsel kan man dessutom tänka sig, att flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N som immobiliserats efter tillförsel före höstraps sådden kan remineraliseras igen möjligen redan under senhösten men troligen i större utsträckning först nästa vår. Det är möjligt att det så frigjorda kvävet bidrar till höstrapsens N-försörjning, vilket minskar behovet av N-gödsling på våren.

En annan fråga är, i hur stor utsträckning höstrapsens tillväxt på hösten och dess N-upptag fram till vintern påverkar avkastningsförmågan och kvävegödslingsbehovet under den efterföljande växtsäsongen. Ett väl utvecklat höstbestånd kan förväntas höja skördenivån hos höstrapsen. Liksom i Tyskland utgår man i Frankrike i gödslingsplanläggningen ifrån att höstrapsens kvävebehov påverkas av förväntad skörd (Hebinger, 2006). Man har vidare funnit, att ju större den av rapsbeståndet upptagna N-mängden är vid vinterns slut, desto lägre blir N-gödslingsoptimum. Det betyder att ett större N-upptag under hösten minskar behovet av gödselkväve på våren. I Frankrike har man även visat, att det kväve som rapsen förlorat under vintern med frostskaade blad (Dejoux et al., 2000) till omkring 50 % kan

utnyttjas igen av höstrapsen efter remineralisering. För bedömning av den N-mängd i blast som skall beaktas vid vårens gödsling bör man enligt franska rekommendationer helst beräkna ett medeltal av innehållet på senhösten och vid vinterns slut, men andra förfaranden finns också. I Tyskland finns liknande rekommendationer.

Dessa förhållanden antyder, att det kväve som höstraps tagit upp under hösten skulle kunna påverka behovet av gödselkväve på våren även i Sverige. Det tycks dock som framgått ännu vara ovisst, hur höstraps i Sverige skall gödslas på våren, om beståndet tagit upp större N-mängder på hösten, vare sig detta kväve härstammar från mineral- eller stallgödsel eller från marken, t.ex. som följd av större N-mineraliserande förmåga hos jorden. I nya fältförsök (serie OS3-188) i Svensk Raps´ regi (Albinsson, pers. medd.) och i ett pågående projekt vid SLU i Skara (Engström & Gruvaeus, 2008) har detta börjat undersökas.

### **Sammanfattande synpunkter på tillförsel av kväve (som mineralgödsel eller flytgödsel) till höstraps i samband med sådden**

I medeltal för ett antal fältförsök har höstraps visat sig ta upp 60 kg N/ha under hösten efter sådden. Det kan dock bli stora variationer i höstrapsens tillväxt och N-upptag under hösten, från några få kg N/ha upp till ca 150 kg N/ha. Detta innebär att denna grödas utlakningsbegränsande egenskaper och dess förmåga att utnyttja gödselkväve som tillförts i samband med sådden också måste växla i stor utsträckning från fält till fält och även inom enskilda skiften. Sen sådd, dålig såbbädd med kokig struktur och torra efter sådden kan bidra till ojämn uppkomst och svagt etablerade bestånd, som förmodligen inte utnyttjar kvävet i marken (jord- och gödselkväve) tillfredsställande. Växer höstrapsen bra under hösten, tycks dock en höstgiva på 60 kg N/ha som mineralgödsel medföra samma N-utlakning som 30 kg N/ha. Några få genomförda försök har visat, att kväveutlakningen till höstrapsen efter N-givor på 30-60 kg N/ha i samband med sådden (efter förfrukt stråsåd) synes bli mindre än om marken stubbearbetats och legat obevuxen efter skörden av denna stråsådesförfrukt. Ett sådant resultat förutsätter emellertid att höstrapsen etablerats väl och vuxit bra under hösten. Det har inte undersökts, hur höstrapsens etablering och utveckling samt variationer i dess N-upptag under hösten påverkar N-utlakningen under det efterföljande vinterhalvåret – efter tillförsel av mineralgödselkväve eller stallgödsel i samband med sådden.

Det mineralgödselkväve som tillförs till höstraps i samband med sådden borde kunna ersättas med flytgödsel i motsvarande mängder utnyttjbart kväve. Effektiviteten för ammoniumkvävet i flytgödseln blir då som nämnts avhängig av dels rådande förluster genom ammoniakavgång och dels nedsatt kväveverkan genom immobilisering av flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N den närmaste tiden efter tillförseln till marken. Ammoniakavdunstningen kan givetvis nedbringas genom omedelbar nedbrukning. Dessa olika faktorer kan medföra, att större givor i form av flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N behövs än som mineralgödsel-N för samma verkan på höstrapsgrödan. Inga moderna försök med tillförsel av flytgödsel i samband med höstraps sådden istället för mineralgödselkväve synes ha genomförts. Ett behov av sådana fältförsök föreligger.

Enligt utländska erfarenheter innebär ökad N-upptagning under hösten att vårgödslingen till höstraps kan minskas. Detta förhållande är dock ännu inte tillräckligt belagt under svenska odlingsbetingelser. Undersökningar pågår för närvarande.

## SYN I DANMARK OCH NORGE PÅ SPRIDNING AV STALLGÖDSEL TILL VALL OCH HÖSTRAPS RESPEKTIVE VALL PÅ HÖSTEN

I Danmark och Norge synes den allmänna tendensen hos myndigheter och rådgivning vara att undvika spridning av stallgödsel (flytgödsel) under hösten (exempelvis till vall) och istället tillföra denna på våren och/eller under växtperioden. Förfrågningar hos forskare har emellertid inte gett information om förekomsten av modernare studier av verkningarna av tillförsel av flytgödsel till vall eller höstraps på hösten (*Danmark*: Elly Møller Hansen och Jens Petersen, pers. medd.; *Norge*: Hugh Riley och Atle Hauge, pers. medd.). Jens Petersen vid Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Århus Universitet (tidigare Danmarks Jordbrugsforskning) i Danmark meddelar, att ”på kvægbedrifterne (sv. mjölkogårdarna) håndteres > 65% som gylle (sv. flytgödsel), mens 22% er dybstrøelse og 5% fastgødning (cirka-tal). Kvægbrugene dyrker majs og vårbyg med græsudlæg (vallinsådd). Dette giver gode muligheder for udbringning af fast staldgødning og dybstrøelse i foråret (sv. våren) før såning. Også gylle udbringes før såning i foråret, men også på græsmarker efter slet (slåtter)”.

Även i Sverige odlas silomajs alltmer, och troligtvis ersätter majsens en del av vallarealen. Det kan därför vara aktuellt att flytta en del av flytgödselspridningen från vall till majs, som har jämförelsevis lång växtsäsong och därför bör utnyttja gödselkvävet förhållandevis väl, även om N-utlakningen efter majs är stor (Torstensson et al., 2006).

Jens Petersen (pers. medd.) skriver följande i ett förslag till skärpning av rådande bestämmelser i Danmark angående spridning av flytande gödsel till vall (fodergräs) och höstraps (vinterraps): ”Ifølge bekendtgørelsen (dvs. gällande dansk förordning) er det i dag ikke tilladt at udbringe flydende husdyrgødning mellem høst (= sv. skörd) og 1. februar. Undtaget herfra er det dog tilladt at anvende flydende husdyrgødning frem til 1. oktober på fodergræs og vinterraps. Endvidere er det også tilladt at tilføre flydende husdyrgødning til frøgræs indtil 15. oktober. Det foreslås, at bekendtgørelsen skærpes således at flydende husdyrgødning kun må udbringes til fodergræs og vinterraps frem til 15. september. I Landscentrets dyrkningsvejledning for vinterraps er bl.a. angivet, at ”På jord med jævnlig tilførsel af husdyrgødning bør der normalt ikke tilføres kvælstof om efteråret” og at supplerende gødning i svagt udviklede marker bør foretages medio september. I dyrkningsvejledningen for græs- og kløvergræsmarker er angivet at ”Græsmarker og udlæg, der skal overvintre, gødes ikke med kvælstof efter ca. 1. september.” Der er derfor intet gødningsbehov for overvintrende græsmarker efter 1. september og for vinterraps efter 15. september. Tilførsel efter 15. september skyldes derfor udelukkende problemer med tilstrækkelig opbevaringskapacitet. Ved tilførsler efter 15. september er der større risiko for at det tilførte kvælstof ikke optages af planterne, men udvaskes i løbet af vinteren. På fodergræsmarker er tilførsel efter 1. september skadelig og udbringes kun af hensyn til opbevaringskapaciteten.”

I Norge råder förbud mot spridning av stallgödsel på vall efter den 1 september, och en diskussion fördes för några år sedan om att tillåta spridning i september (Hauge et al., 2005). Man lägger vikt vid att *kvävet i husdjursgödseln skall tas upp av grödan och blir utnyttjat genom att denna skördas under året*. Efter spridning i september är det emellertid risk för att vallen blir stående oskördad på hösten, samtidigt som höstavrinningen och växtnäring-förlusterna kan bli stora. Hauge et al. (2005) framhåller att stallgödselspridning i september utan nedbrukning kan ge ökad fara för fosforförorening av vattendrag, huvudsakligen eftersom det då uppstår tilltagande risk för ytavrinning och makroporavrinning. Särskilt i

västra Norge är jorden oftare vattenmättad redan i september, och husdjursgödseln tätar igen porerna. Dessutom blir under höstens lopp en allt mindre del av gödseln utnyttjad för grödans tillväxt, samtidigt som skördeförhållandena blir vanskliga. Man kan vidare få markpackning och körspår som ger ökad erosion. Dessutom är det större risk för kraftig nederbörd genast efter spridning. Kvävetransporten kan öka något p.g.a. större avrinning och för kort kvarvarande växtsäsong för att grödan skall klara av att ta upp kvävet. Dessa farhågor gäller längs den norska kusten, och efter spridning i september i inlandet återstår en för kort period för inlagring av växtnäring i växtproduktion som kan skördas. Hauge (pers. medd.) anger vidare risken för utfrysning av växtnäring i vallgröda under vintern, där stor bladmassa om hösten klart kan ge stora förluster vid flera frysnings- och upp-tiningsperioder.

Den höga nederbörden utmed den norska atlantkusten medför givetvis speciella risker vid stallgödselspridning på hösten. Man kan dock tänka sig att aspekterna har viss tillämpning i det flerstädes kuperade åkerlandskapet utmed den svenska västkusten, där nederbörden också är jämförelsevis stor.

## FLYTGÖDSELSPRIDNING INFÖR SÅDD AV HÖSTSÄD

Av Ehrnebos (2005) sammanställning (se inledningskapitlet) framgår det mindre lämpliga av att tillföra stallgödsel inför sådd av höstsäd. För att ytterligare belysa innebörden av detta redovisas nedan svenska undersökningar med studier av höstsädens kväveupptag under hösten och inverkan på N-utlakningsrisken. Vidare diskuteras effekten på kväveutlakningen av flytgödselspridning inför sådd av höstsäd i de nordligaste av de nitratkänsliga områdena i Sverige, dvs. i Mälar- och Hjälmabygderna, där det hittills bedömts att kväveutlakningen är förhållandevis liten. Klimatförändringen kan emellertid inverka på detta.

### Höstsädens N-upptag under hösten i växtföljder utan stallgödsel-tillförsel

I de tidigare nämnda utlakningsundersökningarna på moränlätterna vid Lönnstorp nära Lund i Skåne (Aronsson & Torstensson, 2003) visade sig höstvetete och rågvete i medeltal innehålla 9-11 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna vid provtagning på senhösten, medan rajgräs som insådd fånggröda efter stråsäd i genomsnitt hade ett N-innehåll på 16-19 kg N/ha ovan jord. Sådatum för höstsäden varierade från 8/9 till 25/9. Efter sådd den 22 september 2002 innehöll höstsädesbrodden bara 3-5 kg N/ha (ovan jord) i november.

Av resultat från en inventeringsundersökning och från fältförsök i Götaland och Svealand (Lindén et al., 2000) framgår, att höstvetete, höstråg och rågvete i stort sett tar upp lika stora mängder kväve på hösten, om dessa grödor sås vid samma tidpunkt. Grödorna innehöll bara 2-5 kg N/ha på senhösten efter sådd i månadsskiftet september-oktober eller något senare. Slutsatsen drogs, att sådden måste ske senast ca 15 september (i de nordligaste odlingsområdena ännu tidigare) för att höstsäd skall innehålla minst 12 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Detta kan anses motsvara ett N-upptag om 20 kg N/ha i hela grödan inkl. rötterna. För ett N-upptag på minst 20 kg N/ha i de ovanjordiska delarna (drygt 30 kg N/ha i hela grödan) krävs sådd senast i månadsskiftet augusti-september (Lindén et al., 2000), men så pass tidig sådd kan öka risken för angrepp av skadegörare.

Visserligen medger tidig sådd av höstsädesgrödor större N-upptag fram till vinterns ankomst, men tidigarelagd sådd kräver också tidigare jordbearbetning och såbäddsberedning. Ju tidigare marken bearbetas genom åtgärder som stubbearbetning, plöjning och harvning, desto tidigare stimuleras kväve mineraliseringen i marken. Enbart en uppskjutning av jordbearbetningen med en månad från slutet av augusti till slutet av september inför sådd av höstvetete kan innebära betydligt mindre anhopning av mineraliserat kväve på senhösten (Engström et al., 2006). Därför är det inte givet att tidig sådd av höstsäd minskar N-utlakningsrisken under det efterföljande vinterhalvåret.

Jordbearbetningen inför höstsädesådden och därav betingad stimulering av N-mineraliseringen synes i allmänhet frigöra mer kväve (i tillägg till mineralkväve som redan finns i marken) än höstsäden tar upp under hösten. Om stallgödsel dessutom tillförs inför sådden av höstsäd, torde N-utlakningsrisken i normalfall öka under det efterföljande vinterhalvåret.

### **Höstsädens N-upptag under hösten i odlingssystem med flytgödseltillförsel**

I ett utlakningsförsök på grovmojord vid Mellby i Halland undersöktes bl.a. höstsäds (höstvetes och rågvetes) inverkan på N-utlakningen under året efter sådden av dessa grödor (Torstensson & Ekre, 2003; Torstensson et al., 2006). Tillförsel av svinflytgödsel ingick i växtföljden. Förgrödorna var våraps respektive potatis. Vårapsen erhöll flytgödsel på våren, och potatisen under hösten före potatisåret då en fånggröda odlades. Efter vårapsen och efter potatisen uppgick N-utlakningen till 66 respektive 71 kg total-N per ha\*år, trots den efterföljande sådden av höstsäd. Enligt författarna minskade höstsäden troligen N-utlakningen högst minimalt efter dessa grödor. I genomsnitt blev nämligen höstvetete- och rågvetebroddens upptag av kväve (mätt i de ovanjordiska växtdelarna) bara 6 kg N/ha. Utlakningssituationen torde även här ha förvärrats av den jämförelsevis tidiga jordbearbetningen inför höstsådden, genom att stimuleringen av N-mineraliseringen efter tidig jordbearbetning på hösten påtagligt ökar mineralkväveförrådet i marken och därmed N-utlakningsrisken (Stenberg et al., 1999 och 2005).

Efter spridning av svinflytgödsel (giva: 83 kg NH<sub>4</sub>-N per ha) i mitten av september inför sådd av rågvete i ett annat försök på sandjord vid Mellby i Halland (Lindén et al., 1998) uppgick nitratkväveutlakningen till ca 85 kg/ha från spridningen till i början av maj året därefter. Utan flytgödsel utlakades 50 kg N/ha. Rågvetet tog bara upp ca 10 kg N/ha (varav ca 7 kg i de ovanjordiska växtdelarna) fram till avslutad tillväxt på senhösten. Det är uppenbart att rågvetet inte alls kunde eliminera den ökade N-utlakning som flytgödselspridningen inför sådden medförde.

### **N-immobilisering och efterföljande remineralisering av ammoniumkväve i flytgödsel**

I den nyss nämnda undersökningen vid Mellby i Halland (Lindén et al., 1998) med tillförsel av svinflytgödsel spreds sådan gödsel även på våren inför sådd av vårkorn. Efter denna vårgröda såddes rågvete som höstsäd under ett av åren, utan någon gödsling på hösten i fråga. Rågvetet tog upp totalt ca 9 kg N/ha fram till senhösten. Efter flytgödselspridningen till kornet på våren dessförinnan, och trots sådd av rågvetet, uppgick nitratkväveutlakningen till i medeltal 54 kg N/ha. I ett ögödselkontroll blev motsvarande förlust 37 kg NO<sub>3</sub>-N per ha.

Det är välkänt att spridning av flytgödsel ger upphov till N-immobilisering en tid efter gödslingen (se även höstrapskapitlet ovan), varefter det fastlagda kvävet börjar remineraliseras (Olsson, 1985; Sørensen & Jensen, 1995; Sørensen, 1998). Immobiliseringen innebär att så pass lite som ca 60 % av tillfört flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N kan finnas kvar tillgängligt för växterna under den första växtsäsongen (Petersen, 2006). I sockerbetsodling kan remineraliseringen inträffa på sensommaren-förhösten (Olsson, 1985), så att betorna får ett icke önskvärt N-tillskott vid denna tidpunkt. I försöket vid Mellby (Lindén et al., 1998) med svinflytgödsel inför sådden av vårkorn kom uppenbarligen remineraliseringen att äga rum efter det att kornets N-upptag avslutats, så att denna gröda ej kunde ta tillvara ”extra-kvävet”. Istället ledde N-frigörelsen till ökad anhopning av mineralkväve i marken på hösten och sedan tilltagande N-utlakning. Rågvetebrodden kunde uppenbarligen inte på något vis motverka dessa kväveförluster genom ökat N-upptag. Detta blev inte större än i kontrollområdet utan flytgödsel på våren. En insådd fånggröda borde däremot ha kunnat vara effektivare i detta avseende genom sin större förmåga att ta upp kväve på hösten.

## Är flytgödselspridning lämplig inför sådd av höstsäd i Mälar- och Hjälmabygderna?

Mälar- och Hjälmabygderna ingår nu som nämnts i de jordbruksområden som klassats som nitratkänsliga. Odlingsjordarna i denna landsdel utgörs i hög grad av mellanleror och styva leror. Sand- och mojordar begränsas i stort sett till istida utsvämningsområden i närheten av rullstensåsar.

Lerjordar med högre lerhalter, tillsammans med de relativt kalla vintrar som tidigare rådde, har ansetts orsaka jämförelsevis liten kväveutlakning i Mälar- och Hjälmabygden. Man kan emellertid ställa sig frågan, hur kväveutlakningen har förändrats på lerjordarna i dessa jordbruksområden till följd av de allt mildare vintrarna alltsedan 1980-talets sista år. N-utlakningen kan ha ökat genom att det under stora delar av vintrarna numera råder blidväder (jfr tabell 1). Detta bör också minska möjligheterna att sprida stallgödsel på hösten utan att N-utlakningsförlusterna tilltar. Frågan är då, vilka kunskaper som finns om hur olika odlingsåtgärder påverkar N-utlakningen på lerjordar i denna landsdel, där det med något smärre undantag inte bedrivits egentliga N-utlakningsförsök med rutor som tillåter studier med ledvisa, varierade behandlingar. Gällande kunskaper om och bedömningar av utlakningen i Mälar- och Hjälmabygderna vilar istället i hög grad på 1) data från ett stationsnät bestående av *observationsfält* med mätstationer och med ifrågavarande gårdars drift, inkl. grödor och gödsling, 2) data från avrinningsområden (s.k. *typområden på jordbruksmark*), 3) slutsatser från *utlakningsförsök* främst på *Lanna i Västergötland* och 4) *äldre mineralkväveundersökningar* i området (huvudsakligen under 1970-1980-talen). Ett litet fåtal observationsfält med varierande odlingsbakgrunder finns inom Mälar- och Hjälmabygderna (se t.ex. Ulén et al., 2001). Typområdena beskriver utlakningen till följd av de allmänna odlingsåtgärderna och jordarna inom ett avrinningsområde (se bl.a. Carlsson et al., 2001). Det samlade materialet från observationsfälten och typområden tillåter emellertid inte ingående slutsatser avseende enskilda odlingsåtgärder.

Spørsmålet är då, hur man numera skall kunna bedöma inverkan på N-utlakningen av t.ex. flytgödselspridning på hösten i Mälar- och Hjälmabygderna. En tolkning av mineralkväveförrådets förändringar i marken från höst till vår kan bidra till att belysa sådana utlakningssituationer i dagsläget:

Tabell 1. Månadsmedeltemperaturer (°C) på olika orter i Götaland och östra Svealand under åren 1997-2008. Källa: SMHI:s tidskrift "Väder och Vatten".

Ort	Lund	Halmstad	Kalmar	Linköping	Lanna	Örebro	Uppsala
Januari	1,0	0,4	0,0	-1,1	-1,0	-1,8	-1,6
Februari	1,4	0,8	0,3	-1,2	-0,8	-1,6	-1,6
Mars	2,9	2,3	1,8	0,7	0,4	0,6	0,5
April	7,5	7,2	5,8	5,8	5,4	6,0	5,9
Maj	12,4	12,1	11,0	10,8	10,4	11,3	10,9
Juni	16,0	15,3	15,1	14,7	13,8	15,3	15,4
Juli	18,2	17,7	17,6	17,0	16,1	17,6	18,2
Augusti	17,9	17,1	17,2	16,4	15,8	16,7	16,7
September	14,3	13,9	13,4	12,3	12,1	11,7	12,6
Oktober	9,3	8,6	8,3	6,8	6,8	6,2	6,6
November	4,9	4,2	3,8	2,5	2,7	2,1	2,2
December	2,4	1,7	1,3	0,0	-0,1	-0,6	-0,4

Under 1970-1980-talen och delvis in på 1990-talet genomfördes betydande undersökningar av mineralkväveförhållandena i Mälardalen, särskilt i Uppland. Detta skedde således huvudsakligen under de år då det ännu rådde kallare vintrar med långa perioder med tjäle i marken. Det kunde då fastställas, att mineralkväveförråden vanligen ökade från senhösten till tidig vår (Lindén, 1981) beroende på att N-mineraliseringstillskotten varit större än de vanligen ringa N-förlusterna. Med nuvarande mildare vintrar torde detta inte gälla i samma utsträckning. Det uppkommer ej heller nettoökningar av mineralkväve under vinterhalvåret i jordar, där *mineralkväveförråden* är *stora* på *hösten*, exempelvis 50-110 kg N/ha inom 0-90 cm. I sådana fall är tendensen att *mineralkvävemängderna minskar fram till våren*, även på lerjordar i Mellansverige. Detta beror uppenbarligen på att en del av mineralkvävet vaskas ned under 90-cm-nivån, varefter det lättare kan utlakas.

Betydande sådana nettominskningar av större mineralkväveförråd från hösten och fram till våren har t.ex. fastställts av Lindén & Engström (2006) efter höstraps och ärter i försök i Skåne, med dess milda vinterklimat. Med allt mildare vintrar torde liknande förhållanden komma att uppträda alltmer även i Mellansverige. Också på lerjordar i Uppland förekommer situationer med större mineralkväveförråd på senhösten, såsom i fältförsök 1987-99 (Jakobsson & Lindén, 1992). Med mildare vintrar, mindre tjäle och med allt längre vinterperioder med vattenperkolation ned genom markprofilen bör den beskrivna typen av nettoförluster ha blivit vanligare, med tilltagande N-utlakning som följd. Sådana vinterförhållanden bör exempelvis påverka N-förlusterna efter stallgödselspridning före sådd av höstsäd. Detta kan jämföras med undersökningar på en lerjord med 32 % ler i början av 1990-talet så pass långt norrut som vid Kvithamar i Trøndelag (i närheten av Trondheim) i Midt-Norge, som visade att tillförsel av svinflytgödsel före höstplöjning ökade kväve- och fosforutlakningen, särskilt under vintermånaderna (Oskarsen et al., 1996), vilket också minskade avkastningen av korn i jämförelse med vårspridning (Myhr et al., 1996).

Tillförs flytgödsel inför sådd av höstsäd i Mälar- och Hjälmbygderna, bör spridningen komma att ske i slutet av augusti – första hälften av september för att man skall kunna så i rekommenderad tid. Man kan då räkna med att allt flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N hinner nitrifieras

inom högst en månad (jmf. Lindén et al., 2003). Det uppkommer därmed en situation med mycket nitratkväve i marken relativt tidigt på hösten, vilket ju höstsäden inte kan utnyttja nämnvärt. Redan ganska tidigt på hösten kan då det bildade nitratkvävet börja röra sig ned i marken och en del därav såsmåningom utlakas.

### **Sammanfattning och slutsatser angående höstsädens lämplighet som utlakningsbegränsande höstgröda – med och utan spridning av stallgödsel före sådden**

Höstsädesbrodd tycks ha en närmast obefintlig förmåga att minska mängden utlakningsbart kväve i marken utöver de mängder kväve som frigörs genom naturligt förekommande mineralisering av organiskt bundet jordkväve. Kväveutlakningsrisken förvärras därför, när flytgödsel tillförs inför sådden av höstsäd. Liknande gäller även vid odling av höstsäd efter vårsäd, som tillförts flytgödsel på våren. Orsaken i det senare fallet är remineralisering under sensommaren-hösten av immobiliserat flytgödselammoniumkväve. Höstsäd måste sås så tidigt på hösten att plantorna bestockas, för att kväveupptaget skall bli i storleksordningen 15-20 kg N/ha, men i så fall måste jordbearbetningen också utföras tidigt. Detta ökar då i sin tur höstmineraliseringen av kväve. En slutsats är att höstsädesslagens ställning som godkända grödor för s.k. vintergrön mark kan ifrågasättas (jmf. Torstensson et al., 2006).

Det föreligger som framgått ett behov av framtida studier av kväveomsättningarna i åkerjord i bl.a. Mälar- och Hjälmabygderna i odlingsituationer med mycket mineralkväve i marken på hösten såsom efter flytgödselspridning inför sådd av höstsäd. Något N-utlakningsförsök som belyst detta synes inte ha utförts i området. Utförda flytgödsel-försök av detta slag (med eller utan höstsäd) har varit alltför avlägset belägna i tid eller rum (vid Mellby i Halland och vid Kvithamar nära Trondheim i början av 1990-talet). Sådana utlakningsstudier (förslagsvis på mellanlera-styv lera) behövs i Mälar- eller Hjälmabygden som grund för bedömningar av riskerna med flytgödselspridning på hösten *nu när vinterklimatet blir allt mildare*.

## **FLYTGÖDSELSPRIDNING UNDER SENVINTERN**

### **Kväveutlakning efter spridning av flytgödsel under vintern**

I en simuleringsundersökning redovisad av Johnsson & Hoffmann (1995) studerades med hjälp av SOILN-modellen, hur N-utlakningen vid odling av korn påverkas av tidpunkten för spridning av bl.a. fast- och flytgödsel. Simuleringen gjordes för en sandjord och för en lerjord, i båda fallen med dels Lunds och dels Uppsalas klimatförhållanden. För samtliga gödselslag utom djupströbäddsgödsel minskade den årliga genomsnittliga kväveutlakningen successivt från maximum efter gödselspridning i september till minsta utlakning för spridningar utförda från slutet av februari fram till en halv månad före vårbruket. Reduktionen blev störst för flytgödsel, där utlakningen minskade med upp till två tredjedelar efter vårspridning jämfört med tillförsel tidigt på hösten. Störst blev utlakningsminskningen, om spridningen försköts från september till januari. Under perioden från februari till vårbruket hade spridningstidpunkten mycket liten betydelse för utlakningens storlek. Som en kommentar till simuleringsresultaten kan här sägas, att en trolig förklaring till den senare periodens gynnsamma inverkan bör vara, att nitrifikationen av tillfört flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N hämmades av relativt låg jordtemperatur under senvintern (februari-mars), även om det period-



vis bör ha kunnat vara plusgrader i luften, samt att det nitratkväve som ändå bildades inte hann utlakas i större utsträckning tack vare markens upptorkning, när våren närmade sig.

## Nitrifikation av flytgödselammoniumkväve efter höst- eller vinterspridning

Det finns alltså skäl att anta, att en förskjutning av flytgödselspridningen – i stort sett oavsett gröda – från tidigt på hösten till senvintern-förvåren skulle minska N-utlakningsförlusterna och samtidigt medge bättre gödselkväveutnyttjande. Nitrifikationsundersökningar utförda av Lindén et al. (2003) genom inkubationsstudier tyder på att flyttning av flytgödselspridning från september-oktober till november (då marktemperaturen börjar bli låg) inte är tillfyllest för helt stoppa nitratbildningen efter tillförsel av flytgödsel till marken. Johnssons och Hoffmanns (1995) simuleringsstudie antyder att senvinterspridning vore bättre.

De nitrifikationsstudier som Lindén et al. (2003) genomförde avser fältinkubationsundersökningar utförda vid Lilla Böslid (i Hallands kusttrakter), Lanna (Västergötland), Hamre (sydöstra Dalarna) och Röbbäcksdalen (södra Västerbotten). Av resultaten framgår, att tillförsel av flytgödsel till jorden i mitten av september och i början av oktober medförde fullständig nitrifikation av tillfört gödselammoniumkväve inom två veckor respektive inom två-fyra veckor vid de jämförelsevis höga temperaturer som rådde på undersökningsplatserna höstarna 2000 och 2001. Även efter flytgödseltillförsel i månadsskiftet oktober-november 2000 nitrifierades ammoniumkvävet i flytgödseln mer eller mindre fullständigt före vinterns ankomst, vilket t.o.m. var fallet vid Röbbäcksdalen och Hamre. Resultaten visar, att vid 10-12°C nitrifierades allt gödselammoniumkväve inom två veckor. Vid 5°C återstod enligt fältundersökningarna omkring 50 % av gödselammoniumkvävet och vid 2°C ca 70 % efter två veckor. Efter fyra veckor hade det vid alla temperaturer över ca 1°C skett en fullständig nitrifiering av gödselammomiumkvävet. Det fordrades temperaturer vid eller strax under nollpunkten för att större NH<sub>4</sub>-N-mängder skulle återfinnas efter fyra veckor. Även kväve härstammande från flytgödseln organiska material mineraliserades och övergick till nitratkväve under perioden 1/11 – tidig vår, i storleksordningen 15 kg N/ha beräknat för ett 20 cm djupt jordskikt.

Av genomförda fältinkubations- och klimatskåpsstudier framgår enligt Lindén et al. (2003), att en ganska betydande nitratbildning även kan fortgå vid temperaturer nära nollpunkten och troligtvis ned till -1°C, men nitrifikation tycktes också fortgå vid ca -2°C, om än mycket långsamt. Som fältinkubationsundersökningarna också visar, kan därför nitratbildning ske i frusen mark, t.ex. när ett snötäcke isolerar mot kraftigare kyla, så att jordtemperaturen håller sig mellan noll och ett par minusgrader. Sådana förhållanden ledde till slutlig nitrifikation fram till våren av det flytgödselammoniumkväve som ej nitrifierats innan vintern kom.

Av fältstudierna kan även den slutsatsen dras, att det vore nödvändigt att förskjuta flytgödseltillförseln till mitten av november under de förhållanden som rådde under den milda senhösten 2000 vid Röbbäcksdalen och Hamre, till månadsskiftet oktober-november under mer normala senhösttemperaturer på dessa platser såsom 2001 samt till månadsskiftet november-december eller ännu senare på Lilla Böslid och Lanna, för att betydande delar av ammoniumkvävet skall finnas kvar när vintern kommer och jorden fryser till mer eller mindre långvarigt. Vid så sen spridning är emellertid marken i allmänhet för våt med hänsyn till riskerna för markpackning, särskilt på lerjordar. Man kan i allmänhet ej heller vänta

så pass länge med att plöja för att på detta sätt bruka ned gödseln i jorden efter spridningen. Vidare planeras ett allmänt spridningsförbud för stallgödsel i december. Därmed återstår i förstörone tillförsel i samband med vårbruket eller i växande gröda. I norra Sverige är det troligtvis inte möjligt att vänta med stallgödselspridning längre än till i slutet av oktober p.g.a. av faran för att marken fryser och omöjliggör plöjning efter spridningen. Normalt är emellertid kväveutlakningsrisken mindre i norra Sverige genom långvarig tjäle. Anhopning av nitratkväve i marken på hösten efter t.ex. flytgödselspridning bör därför naturligt nog leda till betydligt mindre kväveförluster fram till våren än i södra Sverige.

Resultaten visar som framgått, att temperaturen i marken efter tillförsel av flytgödsel måste nå ned till fryspunkten inom en mycket kort för att väsentligt minska nitrifikationstakten. I stora delar av Götaland, där vintrarna är milda och marken periodvis saknar tjäle, borde man därför som ett alternativ kunna tänka sig flytgödselspridning på ofrusen mark under den egentliga vintern eller senvintern, med omedelbar plöjning därefter. Detta gäller i vart fall på lättare jordar, där vårplöjning vore fullt möjlig som en bra utväg om vinterspridningen inte kan genomföras. Håller sig temperaturen sedan nära 0°C, och marken dessutom fryser till efteråt, borde nitratbildningen ske så pass långsamt att bara mindre nitratmängder hinner bildas, innan våren kommer och den största N-utlakningsrisken efterhand är över. Denna hypotes är i samsvar med de simuleringsresultat som ovan redovisats av Johnsson & Hoffmann (1995).

## Vinterplöjning

För att kunna bruka ned flytgödsel genom plöjning under en tid på vintern, då nitrifikationen av flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N fram till våren kan förväntas bli liten, fordras att jorden inte har för hög lerhalt och att den bär traktorekipaget utan för stor markpackning och ältning av jorden. Enligt Tomas Rydberg, Avdelningen för jordbearbetning, SLU (pers. medd.) har det inte utförts några fältförsök med ”vinterplöjning”, vilket skulle avse plöjning minst en månad före det egentliga vårbruket eller vårsådden. Bara enskilda iakttagelser föreligger från fält där vinterplöjning utförts. Sådan plöjning är dock rätt vanlig på lätt jord t.ex. i Västergötland. Det finns observationer av lyckad vinterplöjning även på ganska styva jordar. Tomas Rydberg (pers. medd.) uppskattar att det bör gå bra att vinterplöja vid upp till 30-40 % lerhalt. Är det minst en månad fram till vårsådden, finns det i allmänhet förutsättningar för att vädrets skiftningar med upptorkningar och uppvätningar, frost och tö m.m. skall medge en jordstruktur vid vårbruket som är godtagbar för grödans uppkomst. Hygglig nederbörds mängd efter vårsådden såsom i sydvästra Sverige förbättrar ytterligare betingelserna för bra grödetablering efter vinterplöjning.

## Förslag till odlingsåtgärder

Frågan är då om temperaturen i marken är så pass hög i februari och mars, att det är möjligt att plöja. Det allt varmare klimatet särskilt vintertid talar för möjligheten att plöja under senvintern. Av tabell 1 framgår månadsmedeltemperaturerna i genomsnitt för åren 1997-2008 på ett antal orter i Götaland och östra Svealand, belägna inom de nitratkänsliga områdena. Orterna i norra Götaland och i östra Svealand hade visserligen lufttemperaturer på någon minusgrad som medeltal för februari, men det kan ju ofta förekomma längre perioder med plusgrader, särskilt mot slutet av månaden. För samtliga orter redovisas medeltemperaturer över 0°C i mars. Man kunde i framtiden tänka sig möjligheten att från 15 februari till slutet av mars sprida flytgödsel och omedelbart därefter bruka in den i marken.

Vinterplöjning (utan föregående stubbearbetning efter förra årets skörd) innebär att man undviker att stimulera kväve mineraliseringen i marken under hösten och en del av vintern. Därmed bör kväveutlakningsrisken hållas på en låg nivå (Stenberg et al., 1999 och 2005). Odlas dessutom en insådd fånggröda, kan utlakningsrisken minska ytterligare. Fånggrödan kan förslagsvis plöjas ned under vintern. Omedelbart före plöjningen kunde flytgödsel spridas, varigenom ammoniakavgång och ytavrinning av flytgödsel-N undviks.

## FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING

På basis av litteratursammanställningen och kontakterna med nordiska kollegor diskuteras nedan betydelsen av den tillgängliga kunskapen samt brister eller luckor i denna. Med utgångspunkt i dessa förhållanden föreslås uppgifter för den svenska forskningen och försöksverksamheten för att helst uppnå helhetssyn i fråga om konsekvenserna av användning av flytgödsel enligt de tre ovan nämnda alternativen: tillförsel på vall under hösten, spridning till höstoljeväxter inför sådden och spridning under senvintern följt av omedelbar nedplöjning (eller annan nedbrukning). Härtill diskuteras behovet av forskning med avseende på konsekvenserna av flytgödseltillförsel inför sådd av höstsäd eller på obevuxen mark under hösten i de nordligaste av de nitratkänsliga områdena i landet: Mälar- och Hjälmabygderna.

### Utlakningsundersökningarnas geografiska fördelning: behov av nya utlakningsförsök i östra Sverige

Utlakningsundersökningar med rutförsök och med teoretisk möjlighet att variera försöksleden (och helst även upprepa dessa i samma försök) begränsas i huvudsak till utlakningsanläggningar på sandjord i Halland (vid Mellby och Lilla Böslid), på moränlättilera i Skåne (Lönnstorp nära Lund) samt i Västergötland (lerjord vid Lanna och mojord på Fotegården). Dessvärre saknas motsvarande försöksanläggningar i de ”torrare”, östra delarna av Göta- och Svealand, vilka ju har jordbruksområden som ingår i de nitratkänsliga områdena. Man måste nu extrapolera data från Syd- och Västsverige för att försöka belysa effekterna i dessa östligare och nordligare områden. Kunskapen om kväveomsättningarna i marken på lerjordar i t.ex. Uppland är visserligen ganska ingående genom omfattande undersökningar vid Institutionen för markvetenskap, SLU under 1970- och 1980-talen samt delvis något senare, men sedan dess har klimatet förändrats, med mildare och nederbördsrikare vintrar. Visserligen finns det som nämnts i dessa landsdelar långvariga, pågående undersökningar inom avrinningsområden och på observationsfält, men där går det dessvärre inte att entydigt beskriva vad exempelvis en enskild gödslingsåtgärd inneburit i utlakningshänseende. Det är av dessa skäl osäkert, i vilken utsträckning odlingsåtgärder såsom stallgödselspridning på hösten inverkar på N-utlakningsrisken på lerjordar i östra Svealand och Östergötland i dagsläget och hur riskerna kan förändras med ett ännu mildare framtida klimat.

Därför föreslås nya utlakningsanläggningar på lerjord i Mälar- och Hjälmabygden samt helst även Östergötland. Det finns vidare betydande arealer odlingsvärda mulljordar och mycket mullrika jordar i dessa landskap, särskilt i Närke (främst Kvismardalen) men även i Uppland. Kunskap om utlakningen på sådana jordar saknas i hög grad. Förekommande mineralkväveprovtagningar ger föga upplysning för omräkning till faktisk N-utlakning.

## Forskning med avseende på tillförsel av flytgödsel till vall under hösten

Även om höstspredning av flytgödsel på vall i stort sett ger samma vallskörd som vårspridning, är det inte säkert att kvävet i den höstspredda gödseln i sådant fall utnyttjats tillfredsställande. Efter vårspridning kan det exempelvis bli större ammoniakförluster från gödseln, och i relation till detta kan höstspredning förefalla ge hygglig vallskörd. Det kan vidare tänkas uppkomma förluster av flytgödselammoniumkväve på hösten genom ammoniakavdunstning, utlakning och denitrifikation som i viss mån kompenseras av ökad N-mineralisering när stallgödselns organiskt bundna kväve (främst immobiliserat kväve) frigörs, exempelvis efter vintern. Allt detta kan samverka till att utjämna skördeskillnader mellan höst- och vårspridning. Kärnfrågan är hur själva N-utnyttjandet påverkas efter flytgödselspridning till vall under olika årstider. Man kan tillspetsat fråga sig, om höstspredning bara är ett slags ”dumpning” av gödsel, även om utlakningsökningen blir förhållandevis liten och skörden lika stor som efter vårspridning. Det kan tilläggas, att man i Norge inte tillåter höstspredning av husdjursgödsel på vall (efter den 1 september), eftersom den tillförda växtnäringen inte med säkerhet kan tas tillvara genom skörd senare på hösten (se ovan).

Av alla dessa och tidigare nämnda skäl behövs allsidiga studier, som belyser flytgödselkvävet omsättningar och öde efter höstspredning i jämförelse med vårspridning. Studierna bör innefatta vallens N-upptagning under hösten efter spridning och fördelning i grödan, inkl. trolig omfördelning till rötterna. Vidare bör det i vallgrödan upptagna flytgödselkvävet öde fram till nästa växtsäsong beskrivas för att belysa, i vilken utsträckning grödan tappar upptaget kväve under vintern genom att växtdelar fryser bort och dör. Dessutom bör inverkan på markens mineralkväveförråd, på N-utlakningen och ammoniakavdunstningen beskrivas för en helhetssyn. Det pågående projektet vid Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Umeå (se ovan) kan vara en förebild. I detta ingår även studier med märkt kväve ( $^{15}\text{N}$ ).

Liknande försök (med likartad plan) bör placeras i skilda landsdelar för att studera inverkan av olika spridningstidpunkter på hösten med hänsyn till en klimatgradient. Faktorer som härvid styr effekterna i skilda avseenden av flytgödselspridning till vall på hösten och påverkar kvävet utnyttjandegrad är bl.a. tidpunkt för sista skörd, tidpunkt för tillförsel av flytgödsel efter sista skörd, spridningsmetod, ingående arter i vallen och baljväxtandel, efterföljande tillväxt och N-upptag (även i rötterna) under hösten, tidpunkt för vallens invintring, väderleken under hösten och vintern, inverkan på övervintringen, nitrifikation av gödsel- $\text{NH}_4\text{-N}$  (bl.a. beroende på placeringsdjup)\*, N-utlakning, ammoniakavdunstning (beroende på spridningsmetod och -tidpunkt). Så mycket som möjligt av detta borde beaktas i kommande undersökningar för att skapa en **helhetssyn**, men kostnadsskäl begränsar givetvis möjligheterna att studera en mångfald av aspekter.

\*) För att belysa myllningsdjupets betydelse kan inkubationsundersökningar med ytlig och djupare placering av flytgödseln anordnas (se avsnittet om inkubationsstudier).

Utöver undersökningar vid odling av vall kunde studier av konsekvenserna av flytgödselspridning på våren till fodermajs studeras, eftersom denna gröda vinner allt större utbredning bland mjölkbönder i Götaland och torde komma att alltmer göra så, ju mildare klimatet blir.

## Forskningsinriktning med avseende på tillförsel av flytgödsel till höstraps under hösten

I rådgivningen inriktar man sig naturligt nog på att ange genomsnittsuppgifter eller schablonvärden, exempelvis vad gäller behovet av kvävegödsling (i form av mineralgödsel eller stallgödsel) till höstraps i samband med sådden. Problemet med sådana riktvärden vid höstrapsens gödsling är, att man efter sen sådd eller ojämn uppkomst eller svag utveckling av höstrapsen under hösten såsom ovan diskuterats torde få mindre N-upptag än normalt på hösten och således försämrat utnyttjande av kvävet i marken (gödsel-N och växttillgänglig jord-N). Detta kan leda till ökade kväveförluster genom utlakning under den efterföljande vintern. *Man bör således ha i minnet vilka risker som i detta hänseende tas vid sådd och höstgödsling.* Efter sen sådd, särskilt i kombination med torra och dålig markstruktur, borde kvävegödslingen bli mindre än om man kan förvänta sig ett kraftigare bestånd på hösten.

För att belysa risktagandet vid gödsling med kväve (som mineralgödsel och som flytgödsel) till höstraps i samband med sådden föreslås det därför, att N-utlakningsundersökningar genomförs med variationer i såtid och helst med varierande förutsättningar (i form av markstruktur och vattentillgång) för höstrapsen att etablera sig och växa under hösten. Detta kombineras med ökad kvävetillgång på hösten genom *stigande givor* av mineralgödsel och flytgödsel i olika försöksled. Relationen mellan såtid och N-upptag under hösten är viktig att undersöka. Utöver undersökningar av kväveutlakningen bör således bestämmningar av höstrapsens N-upptag under hösten liksom av mineralkväveförrådets förändringar från sådd till senhöst och till tidig vår genomföras. Vidare är det önskvärt att undersöka konsekvenserna av bladförluster genom frostsador under vintern. För att belysa kvävetappet från bortfrysta rapsblad och detta kväves öde kan modellstudier med  $^{15}\text{N}$ -märkt kväve användas.

Genom *stigande givor* ammoniumkväve i flytgödsel och mineralgödselkväve på hösten (t.ex. 0, 20, 40, 60 och 80 kg N/ha) kan man belysa flytgödselammoniumkvävet effektivitet efter tillförseln. Man bör ha så stora flytgödselgivor som upp till 80 kg  $\text{NH}_4\text{-N}$ /ha för att belysa höstrapsens kapacitet att ta upp kväve på hösten och klara av *oavsiktlig överdosering* vid höstgödsling.

Man får som nämnts räkna med viss immobilisering av flytgödsel- $\text{NH}_4\text{-N}$  och varierande ammoniakavdunstning efter tillförsel av flytgödseln. Dessa förlustkällors storlek bör kvantifieras för att kunna jämföra flytgödselns verkan med mineralgödselkvävet. Efter det att N-immobiliseringsfasen avslutats, torde en remineraliseringsfas efter hand uppkomma. Denna remineralisering och övrig frigörelse av organiskt kväve i flytgödseln kan inverka på behovet av mineralgödsel-N på våren. Årtermineraliseringen av kväve bör bestämmas, exempelvis i smårutor som inte tillförs mineralgödselkväve under den efterföljande våren (ett slags "ON-rutor"). Parallellt med detta kan remineraliseringen också studeras i modellskala genom s.k. inkubationsundersökningar under fältförhållanden (Lindén et al., 2003). På så vis kan förloppet följas från början till slut på ett bättre sätt än med enbart ON-rutor. Flytgödselkvävet omsättningar (nitrifikation, immobilisering, remineralisering och N-upptag) kan också studeras genom modellstudier med  $^{15}\text{N}$ -märkt kväve.

I samtliga undersökningar bör givetvis även inverkan på höstrapskörden undersökas.

## Forskning avseende flytgödseltillförsel inför sådd av höstsäd i Mälar- och Hjälmabygderna

Det vore viktigt att undersöka, hur tillförsel av flytgödsel på hösten inverkar på kväveutlakningen på en representativ jord i Mälar- och Hjälmabygderna, med och utan sådd av höstsäd för att belysa höstsäddens inverkan. Undersökningarna bör genomföras så, att de ger möjlighet till *helhetsyn* i olika avseenden. Därför bör det ingå studier av höstsädens kväveupptag fram till senhösten, förändringar av mängderna mineralkväve i marken från tiden för jordbearbetning före sådd och fram till senhöst och tidig vår, ammoniakavdunstning efter spridning av flytgödseln, kvävemineraliseringens storlek under hösten och vintern (med och utan inverkan av flytgödseltillförsel), nitrifikation av flytgödselammoniumkväve samt helst även särskilda studier av N-immobilisering efter spridningen och efterföljande remineralisering av sådant kväve.

Förutom försöksrutor med undersökningar av bl.a. kväveutlakning och skördenivåer kan de olika processerna i marken detaljundersökas genom inkubationsstudier under fältförhållanden och modellstudier med användning av <sup>15</sup>N-märkt kväve som för höstraps (se ovan). N-mineralisering och -immobilisering under vinterhalvåret kan även studeras genom beräkningar med utnyttjande av utlakningsdata och mineralkvävet förändringar i marken (jämför beräkningsformel hos Lindén et al., 1993) samt uppgifter om grödans N-upptag under hösten.

## Forskning avseende flytgödselspridning under vintern följd av vinterplöjning

För att studera möjligheterna att dels plöja åkermark under senvintern (under senare delen av februari och i mars) inför sådd av vårsäd och dels sprida flytgödsel omedelbart före plöjningen utan negativ miljöpåverkan föreslås undersökningar i södra och norra Götaland samt i Svealand. Dessa kan utformas dels som rena plöjnings- eller jordbearbetningsförsök och dels som utlakningsförsök med vinterplöjning och flytgödseltillförsel samt med specialstudier.

De rena plöjningsförsöken bör innefatta plöjning vid olika tidpunkter under vintern (förslagsvis omkring den 15.2, 1.3, 15.3 och 1.4) i jämförelse med höstplöjning vid optimal tidpunkt. Studierna bör genomföras på jordar med stigande lerhalter upp till mellanlera. Undersökningar eller graderingar av markstrukturen och såbädden bör göras i samband med vårbruket och/eller grödans uppkomst för att belysa, i hur hög grad vädret efter plöjningen (frysningar-upptiningar, nederbörd och upptorkning) påverkar markstrukturen på våren och därmed uppkomst och grödetablering. Studier av mineralkväve i marken (0-30, 30-60 och 60-90 cm djup) genomförs på senhösten, vid utvalda plöjningstillfällen under vintern och i samband med vårbruket för att belysa, hur kvävemineraliseringen under vinterhalvåret påverkas. Skörden i de olika leden i förhållande till höstplöjning bestäms.

Utlakningsförsök föreslås med studier av verkan av olika plöjningstidpunkter under vintern, med och utan föregående flytgödselspridning. Vidare bör det ingå försöksled med rajgräs som fånggröda insådd året innan för att belysa effekterna av kombinationen insådd fånggröda och flytgödselspridning omedelbart före vinterplöjning. Mineralkväve i marken bestäms på senhösten, vid utvalda plöjningstillfällen under vintern och i samband med vårbruket bl.a. för att beskriva hur fånggröda, flytgödselspridning och plöjning påverkar mängderna utlakningsbart kväve i marken och grödans kvävetillgång vid sådden.

För att renodlat beskriva hur snabbt eller långsamt flytgödselammoniumkvävet nitrifieras efter spridning och nedplöjning under vintern föreslås inkubationsstudier under fältförhållanden (Lindén et al., 2003) i anslutning till utlakningsförsöken, med flytgödsel inblandad i jord i plastflaskor som placeras på det medeldjup där flytgödseln annars skulle ha hamnat efter plöjningen. Inkubationsstudierna bör pågå fram till dess att grödan kommit upp på det omgivande fältet. Med en temperaturlogger registreras marktemperaturen under inkubationsförloppet. Inkubationsstudier i relation till plöjningstidpunkterna beskriver hur snabbt nitratkväve bildas, vilket i sin tur belyser i hur hög grad kväveutlakningsrisken kan hållas på en låg nivå.

## SAMMANFATTNING

Bakgrunden till föreliggande rapport är rådande osäkerhet vad gäller miljökonsekvenserna av flytgödseltillförsel på hösten även i odlingssituationer då sådan spridning hittills varit tillåten. För att skärpa kraven på stallgödseltillförsel planeras emellertid förbud mot spridning inom de nitratkänsliga områdena i Sverige under tiden den 1-31 december. Effekter av och risker vid spridning av stallgödsel (främst flytgödsel) under övriga tidpunkter under hösten, särskilt i oktober och november, behöver belysas. Därför görs här en genomgång av forskning och försöksverksamhet samt litteratur i Sverige och i grannländer med liknande jordbruksförhållanden för att sammanställa befintlig kunskap om effekter av och risker vid spridning av stallgödsel (flytgödsel) under hösten. På basis av det redovisade kunskapsläget beskrivs vidare kunskapsluckor och forskningsbehov samt förslag till lämplig inriktning på kommande forskning och försöksverksamhet för att åtgärda bristerna.

I den allmänna rådgivningen till jordbruket anges, att *de goda alternativen* för tillförsel av flytgödsel på hösten inskränker sig till *spridning inför sådden av höstoljeväxter* samt till *spridning på vall* (någon gång efter årets sista slåtter). I övrigt bör man ju sprida sådan gödsel under andra årstider: inför vårbruket och i växande gröda under växtsäsongen. Ett tredje alternativ som sällan nämns är *spridning under senvintern (februari-mars) följt av omedelbar nedplöjning* eller annan nedbrukning. Fördelar med denna tidpunkt vore, att jorden då är för kall för mer omfattande nitrifikation av flytgödselammoniumkvävet, och att man undviker spridning under den bråda vårbrukstiden.

Dessa tre alternativ kan generellt ge bra möjligheter att minska riskerna för kväveförluster efter höst- eller senvinterspridning, men situationer kan ändå uppkomma då effekten blir tveksam och/eller andra nackdelar kan uppstå. Därför inriktas genomgången av litteraturen bl.a. på säkerheten eller osäkerheten när det gäller inverkan på mark, gröda och N-utlakning av flytgödselspridning under årstiden ifråga. Vidare anses det vara mindre lämpligt att tillföra stallgödsel inför sådd av höstsäd, men sådan spridning är ändå tillåten. För att ytterligare belysa innebörden av detta redovisas svenska undersökningar med studier av höstsädens kväveupptag under hösten och inverkan på N-utlakningsrisken.

***Flytgödselspridning på vall under hösten.*** Av den gjorda litteraturframställningen framgår, att det inte finns några avgörande belegg för att höstspridning av flytgödsel skulle ge sämre vallskörd än vårspridning, eller vice versa. Även om höstspridning av flytgödsel på vall i stort sett ger samma vallskörd som vårspridning, är det dock inte säkert att kvävet i den höstspridda gödseln i sådant fall utnyttjas tillfredsställande. Efter vårspridning kan det ju bli större ammoniakförluster, och i relation till detta kan höstspridning förefalla ge hygglig vallskörd, trots förekommande N-förluster.

Ej heller kan det entydigt styrkas att spridning tidigt på hösten skulle ge bättre vallskörd nästa år än senare tillförsel, eller vice versa. Klimatbetingade förhållanden i de olika landsdelarna bidrar troligen till det faktiska skördeutfallet. I en del sydligare län kan tidig flytgödselspridning på hösten ge upphov till alltför frodig valltillväxt under denna årstid, med försämrad övervintring som följd. I norra Sverige blir dock valltillväxten under hösten mindre, och försöksresultaten talar för tidig spridning (efter vallskörd i augusti-september).

Med tidig spridning kan vallgrödan ta upp mer flytgödselkväve under hösten än annars. Det upptagna kvävet synes enligt en hypotes till stor del bli omlagrat till rötterna före vintern (Ericson, pers. medd.), där det sedan blir tillgängligt för nästa års tillväxt. Efter sen spridning blir dock N-upptaget litet eller inget alls. Det finns risk för ökad utlakning, om kvävet inte kan utnyttjas. I ett utlakningsförsök i Halland tycktes flytgödseltillförsel på vall i november likväl inte medföra nämnvärt ökad kväveutlakning under det efterföljande året.

*Forskningsbehov.* Slutsatsen kan dras, att det råder brister i kunskaperna om inverkan på kväveutlakningen av tidpunkten för höstspridning av flytgödsel på vall i olika delar av landet. För en *helhets*syn behövs det även allsidiga studier på en och samma plats, vilka belyser flytgödselkvävet omsättningar och öde efter höstspridning i jämförelse med vårspridning. Studierna bör innefatta vallens N-upptagning under hösten efter spridning och fördelning i grödan (inkl. trolig omfördelning till rötterna), mineralkväve i marken, kväveutlakning, ammoniakavdunstning m.m. Likartade försök bör placeras i skilda landsdelar för att studera inverkan av olika spridningstidpunkter på hösten med hänsyn till en klimatgradient.

**Gödsling till höstraps i samband med sådden.** I medeltal för ett större antal fältförsök har höstraps visat sig ta upp 60 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna under hösten efter sådden. Det kan dock bli stora variationer i höstrapsens tillväxt och N-upptag under denna årstid: från några få kg N/ha upp till ca 150 kg N/ha. Detta innebär att denna grödas utlakningsbegränsande egenskaper och dess förmåga att utnyttja gödselkväve som tillförts i samband med sådden också måste växla i stor utsträckning från fält till fält och även inom enskilda skiften. Sen sådd, dålig såbädd med kokig struktur och torka efter sådden kan bidra till ojämn uppkomst och svagt etablerade bestånd, som förmodligen inte utnyttjar kvävet i marken (jord- och gödselkväve) tillfredsställande. Några få genomförda försök har visat, att kväveutlakningen till höstrapsen efter N-givor på 30-60 kg N/ha i samband med sådden (efter förfrukt stråsåd) blir mindre än om marken stubbearbetats och legat obevuxen efter skörden av denna stråsådesförfrukt. Ett sådant resultat förutsätter emellertid att höstrapsen etablerats väl och vuxit bra under hösten. Enligt utländska erfarenheter innebär ökad N-upptagning under hösten att vårgödslingen till höstraps kan minskas. Detta förhållande är dock ännu inte tillräckligt belagt under svenska odlingsbetingelsen, men sådana undersökningar pågår här i landet.

Det mineralgödselkväve som tillförs till höstraps i samband med sådden borde kunna ersättas med flytgödsel i motsvarande mängder utnyttjbart kväve. Olika faktorer såsom ammoniakavgång och immobilisering av flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N efter spridning kan dock medföra, att större givor i form av flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N behövs än som mineralgödsel-N för samma verkan. Inga moderna försök med tillförsel av flytgödsel i samband med höstrapsens sådden istället för mineralgödselkväve synes ha genomförts.

*Forskningsbehov.* Det har inte undersökts, hur höstrapsens etablering och utveckling samt variationer i dess N-upptag under hösten påverkar kväveutlakningen under det efterföljande vinterhalvåret – varken efter tillförsel av mineralgödselkväve eller efter spridning av



stallgödsel i samband med sådden. Sämre N-upptag än normalt på hösten till följd av sen sådd, dålig markstruktur, torka m.m. kan tänkas leda till ökade kväveförluster. För att belysa risktagandet vid gödsling med kväve (som mineralgödsel och som flytgödsel) föreslås det därför, att N-utlakningsundersökningar genomförs med variationer i såtid och om möjligt med varierande förutsättningar (i form av markstruktur och vattentillgång) för höstrapsen att etablera sig och växa under hösten. Detta kombineras med ökad kvävetillgång på hösten genom *stigande givor* mineralgödsel och flytgödsel i olika försöksled. Vidare bör höstrapsens N-innehåll under senhösten och dess förändring till våren genom bladförluster samt mineralkväveförrådets förändringar från sådd till tidig vår följas. Man får räkna med viss immobilisering av flytgödsel-NH<sub>4</sub>-N efter spridning, varefter en remineraliseringsfas efter hand uppkommer. Frågan är när detta sker. Immobilisering och remineralisering kan studeras i modellskala genom inkubationsundersökningar under fältförhållanden. Ett alternativ är studier med märkt kväve (<sup>15</sup>N), vilket även gäller N-tapp genom bladförluster och detta kväves öde.

***Flytgödselspridning inför sådd av höstsäd i Mellansverige.*** Höstvetete sås oftast i slutet av september men alltmer även i oktober. Efter sådd i månadskiftet september-oktober eller något senare innehåller höstsädesgrödor bara 2-5 kg N/ha vid vinterns ankomst. Sådden måste ske senast ca 15 september (i de nordligaste odlingsområdena ännu tidigare) för att höstsäd skall innehålla minst 12 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Detta kan anses motsvara ett N-upptag om 20 kg N/ha i hela grödan inkl. rötterna. Höstsädesbrodd tycks ha en närmast obefintlig förmåga att minska mängden utlakningsbart kväve i marken utöver de mängder kväve som frigörs genom naturligt förekommande mineralisering av organiskt bundet jordkväve. Jordbearbetningen inför höstsädessådden och därav betingad stimulering av N-mineraliseringen ökar dessvärre mineralkvävemängden i jorden under hösten. Kväveutlakningsrisken torde ytterligare förvärras, om flytgödsel tillförs inför sådden av höstsäd. Frågan är hur dessa förhållanden påverkar utlakningssituationen vid höstsädesodling i bl.a. det mellansvenska lerjordsområdet.

Lerjordar med högre lerhalter, tillsammans med de relativt kalla vintrar som tidigare rådde, har ansetts leda till jämförelsevis liten kväveutlakning i de mellansvenska jordbruksområdena. Man kan emellertid ställa sig frågan, hur kväveutlakningen har förändrats på lerjordarna i dessa landsdelar till följd av de allt mildare vintrarna alltsedan 1980-talets sista år. N-utlakningen kan ha ökat genom att det under stora delar av vintrarna numera råder blidväder. Detta bör också minska möjligheterna att sprida stallgödsel på hösten - till stråsädesgrödor eller på obebuxen mark - i exempelvis Mälardalen utan att N-utlakningsförlusterna tilltar. Höstsäd har som framgått inte förmåga att utnyttja den ökade kvävetillgång som spridning av stallgödsel inför sådden innebär.

***Forskningsbehov.*** Det saknas utlakningsförsök bl.a. i Mälardalen eller Hjälmarsbygden som belyser hur höstsådd i jämförelse med obebuxen jord under hösten, med och utan stallgödseltillförsel på hösten, påverkar kväveförlusterna. Utlakningsanläggningar (förslagsvis på mellanlera-styv lera) med ett större antal försöksrutor behövs i detta område som grund för bedömningar av riskerna med flytgödselspridning på hösten *nu när vinterklimatet blir allt mildare*. Undersökningarna bör dessutom genomföras så, att de ger möjlighet till *helhets-syn* i olika avseenden. Därför bör det ingå studier av höstsädens kväveupptag fram till senhösten, förändringar av mängderna mineralkväve i marken från tiden för jordbearbetning före sådd och fram till senhöst och tidig vår, ammoniakavdunstning efter spridning av flytgödseln, kvävemineraliseringens storlek under hösten och vintern (med och utan inverkan av flytgödseltillförsel), nitrifikation av flytgödselammoniumkväve m.m. Förutom försöksrutor med undersökningar av bl.a. kväveutlakning och skördenivåer kan olika processer i

marken detaljundersökas genom inkubationsstudier under fältförhållanden och modellstudier med användning av  $^{15}\text{N}$ -märkt kväve.

**Flytgödselspridning under senvintern.** Inför odling av vårsådda grödor finns det skäl att anta, att en förskjutning av flytgödselspridningen från hösten till senvintern-förvåren (under den senare hälften av februari och i mars) skulle minska N-utlakningsförlusterna och samtidigt medge bättre gödselkväveutnyttjande. Nitrifikationsundersökningar genom inkubationsstudier tyder på att flyttning av flytgödselspridning från september-oktober till november (då marktemperaturen börjar bli låg) inte är tillfyllest för att helt stoppa nitratbildningen efter tillförsel av flytgödsel till jorden. Resultaten visar, att temperaturen i marken efter tillförsel av flytgödsel måste nå ned till fryspunkten inom en mycket kort tid för att väsentligt minska nitrifikationstakten.

I stora delar av Götaland, där vintrarna är milda och marken periodvis saknar tjäle, borde man därför som ett alternativ kunna tänka sig flytgödselspridning på ofrusen mark under senvintern, med omedelbar plöjning därefter. Detta gäller i vart fall på lättare jordar, där vårplöjning vore fullt möjlig som en bra utväg om vinterspridningen inte kan genomföras. Håller sig temperaturen sedan nära nollpunkten, och marken dessutom fryser till emellanåt, borde nitratbildningen ske så pass långsamt att bara mindre nitratmängder hinner bildas, innan våren kommer och den största N-utlakningsrisken efterhand är över. Kväveutlakningen kan ytterligare minskas, om man året innan sått in en fånggröda, som plöjs ned tillsammans med flytgödseln under senvintern.

Det finns dessvärre inga egentliga fältförsök med studier av plöjning under senvintern (minst en månad före vårbruket). Sådan plöjning är dock rätt vanlig på lätt jord t.ex. i Västergötland. Det finns observationer av lyckad vinterplöjning även på ganska styva jordar. Det allt varmare klimatet vintertid talar för möjligheten att i framtiden plöja under senvintern.

**Forskningsbehov.** För att studera möjligheterna att dels plöja åkermark under senvintern (under senare delen av februari och i mars) inför sådd av t.ex. vårsäd och dels sprida flytgödsel omedelbart före plöjningen utan negativ miljöpåverkan föreslås undersökningar i södra och norra Götaland samt i Svealand. Dessa kan utformas dels som rena plöjnings- eller jordbearbetningsförsök och dels som utlakningsförsök med vinterplöjning i kombination med flytgödseltillförsel samt med specialstudier. Förutom led med flytgödselspridning före plöjningen bör det ingå försöksled med rajgräs som fånggröda för att belysa effekterna av kombinationen insådd fånggröda-flytgödselspridning före vinterplöjning. För att renodlat beskriva hur snabbt eller långsamt flytgödselammoniumkvävet nitrifieras efter spridning och nedplöjning under vintern föreslås inkubationsstudier under fältförhållanden i anslutning till utlakningsförsöken, med flytgödsel inblandad i jord i plastflaskor som placeras på det medeldjup där flytgödseln hamnat efter plöjningen.

**Utlakningsundersökningarnas geografiska fördelning.** Utlakningsundersökningar med rutförsök och med möjlighet att *variera försöksleden* begränsas i huvudsak till utlakningsanläggningar på sandjord i Halland (vid Mellby och på Lilla Böslid), på moränlättilera i Skåne (Lönstorp nära Lund) samt i Västergötland (lerjord på Lanna och mojord på Fotegården). Dessvärre saknas motsvarande försöksanläggningar i de ”torrare”, östra delarna av Göta- och Svealand, vilka ju har jordbruksområden som ingår i de nitratkänsliga områdena. Man måste nu extrapolera data från Syd- och Västsverige för att belysa effekterna i dessa östligare och nordligare områden. Det är emellertid osäkert i vilken utsträckning enskilda odlingsåtgärder såsom stallgödselspridning på hösten inverkar på N-utlakningsrisken på

lerjordar i t.ex. östra Svealand och Östergötland i dagsläget och hur riskerna förändras med ett ännu mildare framtida klimat. Därför föreslås nya utlakningsanläggningar på lerjord i Mälar- och Hjälmbygderna samt helst även Östergötland.

## LITTERATUR

Albertsson, B. 1997. Spridningstidpunkter för stallgödsel till vall. Försöksrapport 1997. Sammanställning av resultat från växtodlingsförsök utförda 1996 i O, Pn, Ps, R och S-län, samt medeltal för flera år. Försök i Väst, Hushållningssällskapet, Skara, 21-22.

Albertsson, B. 1998. Spridningstidpunkter för stallgödsel till vall. Försöksrapport 1998. Sammanställning av resultat från växtodlingsförsök utförda 1997 i O, Pn, Ps, R och S-län, samt medeltal för flera år. Försök i Väst, Hushållningssällskapet, Skara, 22.

Andersson, P.-A. 2002. Effekt av höstspridd flytgödsel till vall. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 11 och 12 december 2002. Meddelande från Södra Jordbruksförsöksdistriktet, nr 55 (2002), s. 22:1-2.

Aronsson, H. & Torstensson, G. 2003. Höstgrödor – Fånggrödor – Utlakning. Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlätter i Skåne. Resultat från 1993-2003. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Ekohydrologi 75.

Biärsjö, J. 2006. Kväve till höstraps. Försöksrapport 2005 för Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk Raps. Resultat från växtodlingsförsöken år 2005 i Östra Sverige-försöken, Försök i Väst, Sveaförsöken och Svensk raps, 105-107.

Biärsjö, J. & Nilsson, B. 2008. Kväve till höstraps. Försöksrapport 2007 för Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk Raps. Resultat från växtodlingsförsöken år 2007 i Östra Sverige-försöken, Försök i Väst, Sveaförsöken och Svensk raps, 98-100.

Carlsson, C., Kyllmar, K. & Johnsson, H. 2001. Typområden på jordbruksmark. Avrinning och växtnäring förluster för det agrohydrologiska året 1999/2000. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Ekohydrologi 59.

Dejoux, J.-P., Meynard, J.-M. & Reau, R. 1999. Rapeseed new crop management with early sawing in order to reduce N-leaching and N-fertilization. I: New horizons for an old crop. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, Canberra, Australien.

Dejoux, J.-P., Recous, S. & Meynard, J.-M., Trinsoutot, I. & Leterme, P. 1 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.

Dryler, K. & Ericson, L. 1994. Spridningstidpunkter av stallgödsel till vall. I: 8:e regionala lantbrukskonferensen för norra Sverige den 27-28 sept. 1994. Röbbäcksdalen meddelar 1994:8. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för norrländsk jordbruksvetenskap, Umeå, 122-125.

Ehrnebo, M. 2005. Spridning av flytgödsel. Jordbruksinformation 5-2005. Jordbruksverket, Jönköping.

- Elmqvist, H., Malgeryd, J. Malm, P. & Rammer, C. 1996. Flytgödsel till vall – ammoniakförluster, avkastning, växtnäringsutnyttjande och foderkvalitet. JTI-rapport Lantbruk & Industri 220, JTI – Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 2000. Höstraps i Mellansverige – Inverkan av såtid och ogräsbekämpning på övervintring, skörd och kvävehushållning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter, rapport 7.
- Engström, L., Stenberg, M. & Lindén, B. 2006. Grund eller djupare jordbearbetning i samband med sådd av höstvetete efter höstraps – möjligheter att minska nettomineraliseringen av kväve i marken på hösten. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling. Teknisk rapport 4.
- Engström, L. & Lindén, B. 2008. Kväveförsörjning i ekologiska odlingssystem med vall – höstraps – vete. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling. Rapport 16.
- Engström, L. & Gruvaeus, I. 2008. Determination of canopy properties of winter oilseed rape using remote sensing – techniques in field experiments. IAMFE Denmark 2008. The 13<sup>th</sup> conference and exhibition on mechanization of field experiments (ed. L. Byrdal Kjær, T. Leuchovius & J. Stevens) 1-3 July 2008, Koldkaergaard conference centre, 79-83.
- Ericson, L. 2002. Stallgödsel till vall – spridningstider på hösten. Nytt från Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, nr 2, 2002. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Röbbäcksdalen, Umeå.
- Ericson, L. & Alskog, G. 2000. Stallgödsel till vall – spridningstider på hösten. Röbbäcksdalen meddelar, Sveriges lantbruksuniversitet, nr 1, 2000, 75-78.
- Eriksson, K. 2005. Flytgödsel i vall. Spridningsteknik och kväveeffektivitet – släpslang jämfört med myllningsaggregat. Försöksrapport 2004, Animaliebältet, fältförsök 2004, 70-75. [www.animaliebaltet.se](http://www.animaliebaltet.se)
- Hallin, O. & Jansson, J. 2002. Effekt av höstspridd flytgödsel till vall. Mellansvenska Försökssamarbetet, Försöksrapport 2001, 79-82.
- Hansen, E. M., Thomsen, I. K. & Hansen, M. N. 2004. Optimizing farmyard manure utilization by varying the application time and tillage strategy. *Soil Use and Management* 20, 173-177.
- Hauge, A., Eggestad, H. A. & Sveistrup, T. 2005. Forurensingsfare ved utsatt spredetidspunkt for husdyrgjødsel på eng om høsten. *Jordforsk*, rapport 44/05. *Jordforsk – Senter for jordfaglig miljøforskning*, Ås, Norge.
- Hebinger, H. 2006. Erfahrungen mit neuen Stickstoffdüngungsmodellen aus Frankreich. Föredrag vid besök vid CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains), Frankrike. [www.cetiom.fr](http://www.cetiom.fr)
- Hessel Tjell, K., Aronsson, H., Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning i handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat från en grovmjord i södra

Halland, perioden 1990-1998. Avd. för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 50.

Jakobsson, C. & Lindén, B. 1992. Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära. Rapport 190.

Johnsson, H. & Hoffmann, M. 1995. Beräkning av kväveutlakning vid olika spridningstidpunkter för stallgödsel. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Teknisk rapport 11.

Jordbruksverket, 2007. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2008. Jordbruksverkets rapporter, 2007:22, [www.sjv.se](http://www.sjv.se)

Kirchmann, H. & Lundvall, A. 1993. Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. *Biology and Fertility of Soils* 15, 161-164.

Larsen, K. E. 1987. "NKJ-projekt 55 Husdyrgødningens udnyttelse i planteproduktion ved intensivt husdyrhold". Virkning af forskellige udbringningsmåder og -tidspunkter for gylle. I: Husdyrgødslas virkninger på jord og avling. NJF-utredning/rapport 39, 36-48.

Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, rapport nr 5, 1981, 67-123.

Lindén, B. & Wallgren, B. 1988. Kväveanrikning på träda – utlakningsrisker och motåtgärder. Konsulentavdelningens rapporter, Sveriges lantbruksuniversitet. Allmänt 136, 139-151.

Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. Avd. för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 33.

Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. *Swedish J. agric. Res.* 23: 77-89.

Lindén, B., Carlgren, K. & Svensson, L. 1998. Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsåd. Institutionen för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 199.

Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Kvävemineralisering under olika årstider och utlakning på en mojord i Västergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Ekohydrologi 51.

Lindén, B., Roland, J. & Tunared, R. 2000. Höstsåds kväveupptag under hösten. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter, rapport 5.

- Lindén, B., Engström, L. & Ericson, L. 2003. Nitrifikation av ammonium i nötflytgödsel efter tillförsel till jord tidigt och sent på hösten - betydelse för utlakningsrisken. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet, rapport 10, serie B Mark och växter.
- Lindén, B. & Engstrom, L. 2006. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvetete – inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap. Rapport 4.
- Lindén, B., Aronsson, H., Engström, L., Torstensson, G. & Rydberg, T. 2006. Kvävemine-  
ralisering och utlakning av kväve och fosfor på en lerjord vid Lanna i Västergötland. In-  
verkan av gödslingsintensitet, jordbearbetning på hösten och engelskt rajgräs som insådd  
fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi  
91.
- Malmqvist, O. & Spörndly, R. 1993. Stallgödsel på slåttervall. Inverkan på djurhälsa och  
mjölk kvalitet. Fältundersökning på 100 gårdar 1985-1991. Aktuellt från lantbruksuniversi-  
tetet 417. Husdjur. Uppsala.
- Myhr, K., Haraldsen, T. K. & Oskarsen, H. 1996. The Kvithamar field lysimeter III. Barley  
yield and nutrient balance. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 10, 469-480.
- Olausson, J. 2002. Tidigarelagd brytning av EU-träda före sådd av höstraps. Sveriges lant-  
bruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara (nuvarande Avdelningen för  
precisionsodling). Examens- och seminariearbeten, nr 5.
- Olsson, P.-I. 1985. Stallgödselkvävetts växttillgänglighet. Försöksverksamheten i socker-  
betor 1984. Sockernäringsens samarbetskommitté 1985, 91-112.
- Oskarsen, H., Haraldsen, T. K., Aas-Tveit, A. H. & Myhr, K. 1996. The Kvithamar field  
lysimeter II. Pipe drainage, surface runoff and nutrient leaching. Norwegian Journal of  
Agricultural Sciences 10, 211-228.
- Rahm, K. 2000. Stallgödsel till slåttervall - inverkan på ensilageets kvalitet. Sveriges lant-  
bruksuniversitet. Röbbäcksdalen Meddelar, nr 3/00.
- Rammer, C. & Lingvall, P. 1997. Influence of farmyard manure on the quality of grass  
silage, Journal of the Science of Food and Agriculture 75, 133-140.
- Rodhe, L., Pauly, T. & Sundberg, M. 2000. Fastgödsel till vall. Spridningstidpunktens in-  
verkan på avkastning, ensilagekvalitet och risk för kväveutlakning. JTI-rapport Lantbruk &  
Industri 268, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Rodhe, L. & Pell, M. 2005. Täckt ytmyllning av flytgödsel i vall - teknikutveckling, am-  
moniakavgång, växthusgaser och avkastning. JTI-rapport Lantbruk och industri nr 337. JTI  
– Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Salomon, E. 2008. Stallgödseln kväveverkan på skörden. Litteraturgenomgång. JTI-rapport  
Lantbruk & Industri 367, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Sannö, J.-O., Cederberg, C., Gustafsson, G., Hultgren, J., Jeppsson, K.-H., Karlsson, S. & Nadeau, E. 2003 LIFE Ammoniak. Bärkraftig mjölkproduktion genom minskning av ammoniakförluster på gårdsnivå. Projektrapport. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Skara. Rapport 5.

Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 43. Uppsala.

Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil & Tillage Research* 50, 115-125.

Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B. & Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap. Rapport 3.

Sørensen, P. 1998. Carbon mineralization, nitrogen immobilization and pH change in soil after adding volatile fatty acids. *European Journal of Soil Science* 49, 457-462.

Sørensen, P. & Jensen, E. S. 1995. Mineralization-immobilization and plant uptake of nitrogen as influenced by the spatial distribution of cattle slurry in soils of different texture. *Plant and Soil* 173, 283-291.

Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. & Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord med handels- och stallgödselade odlingssystem i södra Halland. Avd. för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 28.

Torstensson, G. & Ekre, E. 2003. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik. Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem. Resultat från en grovmojord i södra Halland, perioden 2002. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära. Teknisk rapport 71.

Torstensson, G., Ekre, E. & Gustafson, A. 2006. Kväveutlakning på sandjord – motåtgärder med ny odlingsteknik. Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem. Slutrapport för perioden 2002-2005. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära. Teknisk rapport 100.

Ulén, B. 2002. Undvik fosforläckage när lerjordar gödslas. Fakta, Jordbruk, nr 2, 2002. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Ulén, B., Johansson, G., Gustafson, A. & Johnsson, H. 2001. Observationsfält på åkermark. Avrinning och växtnäringsförluster för de agrohydrologiska åren 1996/97, 97/98 och 98/99 samt en långtidsöversikt. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära. Ekohydrologi 60.

## PERSONLIGA MEDDELANDEN

Annika Arnesson, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU Skara, Box 234, 532 23 Skara.

Lena Engström, Avdelningen för precisionsodling, Sveriges lantbruksuniversitet Skara, Box 234, 532 23 Skara.

Lars Ericson, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Röbäcksdalen, SLU, Box 4097, 904 03 Umeå.

Albin Gunnarsson, Svensk Raps AB, Box 96, 230 53 Alnarp.

Elly Møller Hansen, Århus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Postboks 50, DK-8830 Tjele, Danmark.

Atle Hauge, Bioforsk Jord og Miljø, Fr. A. Dahlsvei 20, N-1432 Ås, Norge.

Jens Petersen, Århus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Postboks 50, DK-8830 Tjele, Danmark.

Hugh Riley, Bioforsk Øst, Apelsvoll, Rute 509, N-2849 Kapp, Norge.

Tomas Rydberg, Avdelningen för jordbearbetning, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala, Box 7014, 750 07 Uppsala.

Gunnar Torstensson, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala, Box 7014, 750 07 Uppsala.



Titlar utgivna i serien *Precisionsodling*:

- 2008:1. Sofia Delin och Lena Engström, Kväve mineraliseringsförlopp 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.

## **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>