



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

PÅ UPPDRAG AV HAVS- OCH
VATTENMYNDIGHETEN

Havs
och Vatten
myndigheten

Helena Aronsson och Holger Johnsson

Reglers betydelse för åtgärder mot jordbrukets kväve- och fosforförluster

Beskrivning av och kvantitativ utvärdering av effekter från åtgärder som följer av befintliga regelverk



Ekohydrologi 145

Uppsala 2017

**Institutionen för mark och miljö
Sveriges lantbruksuniversitet**

**Department of Soil and Environment
Swedish University of Agricultural Sciences**

**ISRN SLU-VV-EKOHYD-145-SE
ISSN 0347-9307**

Förord

Rapporten är en redovisning av en utredning som utfördes vid Institutionen för mark och miljö, SLU, på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Uppdraget innebar att presentera den kunskap som finns om de åtgärder mot växtnäringsläckage från jordbruket som följer av befintliga regelverk, dvs vilka åtgärder regler ger upphov till och deras effekt. De regelverk det gäller är förordningen om miljöhänsyn i jordbruket (1998:915) och Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring (SJVFS 2004:62). I förlängningen ska resultaten kunna användas för utvärderingsarbete inom exempelvis miljömålsuppföljning och inom vattenförvaltningen, av vilken effekt åtgärder ger och vilka ytterligare åtgärder som behövs för att minska jordbrukets växtnäringsförluster. Åtgärders effekt har bedömts i förhållande till ett definierat referenstillstånd för varje åtgärd. Det är alltså viktigt att beakta de effekter som redovisas i denna rapport utifrån de referensnivåer som anges.

Rapporten innehåller en översiktlig beskrivning av regelverket med syftet att identifiera de åtgärder som följer av det, men ska inte ses som ett vägledningsdokument för regelverkets utformning i sig.

Resultat från miljömålsuppföljningar i nationella belastningsberäkningar, utvärdering av Greppa näringen och jordbruksstatistik används för att belysa om åtgärder fått genomslag i jordbruket, men att helt kvantifiera i vilken grad det är just regelverket som lett till åtgärder visade sig inte vara möjligt. Resultaten bygger på författarnas resonemang och tolkning av den information som finns tillgänglig.

Författarna vill framföra ett stort tack till Magnus Bång, Jordbruksverket och Markus Hoffmann, LRF för värdefulla synpunkter och förmedlad kunskap om regelverkets framväxt och tillämpning under 1980- talet fram till idag.

Uppsala, februari 2017

Helena Aronsson och Holger Johnsson

Institutionen för mark och miljö, SLU

Innehåll

	Sammanfattning och slutsatser	2
1	Bakgrund	3
1.1	Regelverkets framväxt	3
1.2	Vad ger upphov till åtgärder?	4
1.3	Mål	4
1.4	Avgränsningar	5
2	Metod	6
2.1	Referenstillstånd	6
2.2	Studier med mätningar av åtgärders effekter	6
2.3	Statistik, modell- och scenarieberäkningar för att identifiera införda åtgärder och deras effekt	7
3	Åtgärds kategorier och åtgärdsöversikt	8
4	Åtgärdsbiblioteket	12
4.1	Begränsning av mängden tillförd fosfor med organiska gödselmedel och krav på fördelning över hela arealen	12
4.2	Lagring av stallgödsel	14
4.3	Stängda tidsperioder och perioder med begränsning för spridning av gödselmedel	18
4.4	Tillvägagångssätt vid stallgödselspridning (myllning m.m.)	20
4.5	Höst- eller vinterbevuxen mark	22
4.6	Begränsning av mängden tillfört kväve med organiska gödselmedel	25
4.7	Behovsanpassad gödsling	26
4.8	Försiktighetsmått vid spridning av gödselmedel på sluttande mark, vid närhet till vattendrag samt på vattenmättad, frusen eller snötäckt mark	28
5	De nationella belastningsberäkningarna om åtgärders effekter	29
6	Diskussion och slutsatser	30
7	Referenser	35

Sammanfattning och slutsatser

På uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten sammanställdes kunskap om effekten av de åtgärder mot växtnäringsläckage från jordbruket som följer av befintliga regelverk. Uppskattning av åtgärders effekter grundas främst på resultat från fältstudier, rådgivningsverktyg och scenarieberäkningar. I rapporten beskrivs reglernas uppkomst och hur de tvingar, förbjuder eller möjliggör åtgärder. En genomgång görs av vilka åtgärder varje regel förväntas ge upphov till, och vilka effekter på kväve- och fosforförluster de har. Resultat från nationella belastningsberäkningar, utvärdering av Greppa näringen och jordbruksstatistik används för att belysa om åtgärder fått genomslag i jordbruket.

Slutsatser

Alla reglerna har en koppling till relevanta åtgärder. Effektivt växtupptag, bra stallgödselhantering och åtgärder för att hindra att stallgödsel överdoseras eller sprids vid olämpliga tidpunkter eller förhållanden är viktigt för att begränsa näringsläckaget.

I de flesta fall har reglerna haft betydelse för implementering av åtgärder, men det är svårt att kvantifiera reglernas betydelse i förhållande till andra faktorer. Flera av reglerna har funnits länge och införandet har gjorts successivt med så nära koppling till rådgivning att det inte är relevant att försöka separera effekterna.

Regeln som begränsar mängden fosfor i tillförd stallgödsel (avsnitt 4.1) och regeln om lagringskapacitet (avsnitt 4.2) gäller i hela landet och lägger en viktig grund för åtgärdsarbetet. Greppa Näringens databasmaterial (2000-2013) och nationella belastningsberäkningar (1995-2005) visar på ökad växtnäringseffektivitet i jordbruket och minskat kväveläckage till följd av detta. Att en större andel av åkermarken används för stallgödelspridning kan delvis vara en effekt av kravet att fördela gödseln över spridningsarealen.

Av reglerna som följer av Nitratdirektivet ger den stängda perioden under november till februari (avsnitt 4.3) en tveksam effekt när det gäller att minska kväveläckaget. Enligt försöksresultat är det viktigaste att undvika höstspredning över huvud taget, och framför allt konkreta risksituationer. Dessa hanteras i förbud mot spridning på snötäckt, vattenmättad, frusen, och lutande mark (avsnitt 4.8). Vårspredning av stallgödsel är en viktig åtgärd sedan länge i svenskt jordbruk, och den relativa fördelningen mellan vår- och höstgödsling verkar ej ha påverkats av regler kring stängda perioder. Arealen som stallgödselas har successivt ökat, och vårspredning har ökat kraftigare än höstspredning.

En regel som är betydelsefull och där åtgärder ger avtryck i statistiken är förbudet mot gödsling till höstsäd på hösten på lätta jordar i delar av södra Sverige och begränsning av givor till höstgrödor. I Skåne syns en tydlig minskning av höstgödsling med stallgödsel till höstvetet enligt SCB:s statistik.

Att hålla marken bevuxen under hösten/vintern är något av det viktigaste för att minska kväveläckaget, men regeln om höst- och vinterbevuxen mark har under senare år inte haft någon påtaglig betydelse. Det är andra faktorer än regeln som gett upphov till att 75% av marken uppfyller de krav som regeln ställer.

Regeln om myllning av stallgödsel vid spridning på bar mark för minskad ammoniakavgång kan öka risken för kväveläckage genom att gödseln blir kväverikare. Att myllning däremot minskar risken för fosforförluster genom bättre fosforsorption i marken är däremot en effekt som inte avsågs med regeln.

Till följd av regelverk i kombination med rådgivningsverksamhet har vi kommit långt i Sverige vad gäller växtnäringsutnyttjande och begränsade växtnäringsförluster. För att komma vidare, särskilt för fosfor, krävs allt större anpassning av åtgärder efter plats-specifika förhållanden, och det är frågan var gränsen går för vad som är möjligt att åstadkomma med regelverk. Det gäller också de villkor som ställs för verksamheter, som måste anpassas efter förhållanden på platsen för att ge önskat resultat. Här blir det allt viktigare att använda olika typer av beslutsstöd, t ex riskkartor och checklistor, för att i dialog med brukaren identifiera eventuella risker och behov av åtgärder.

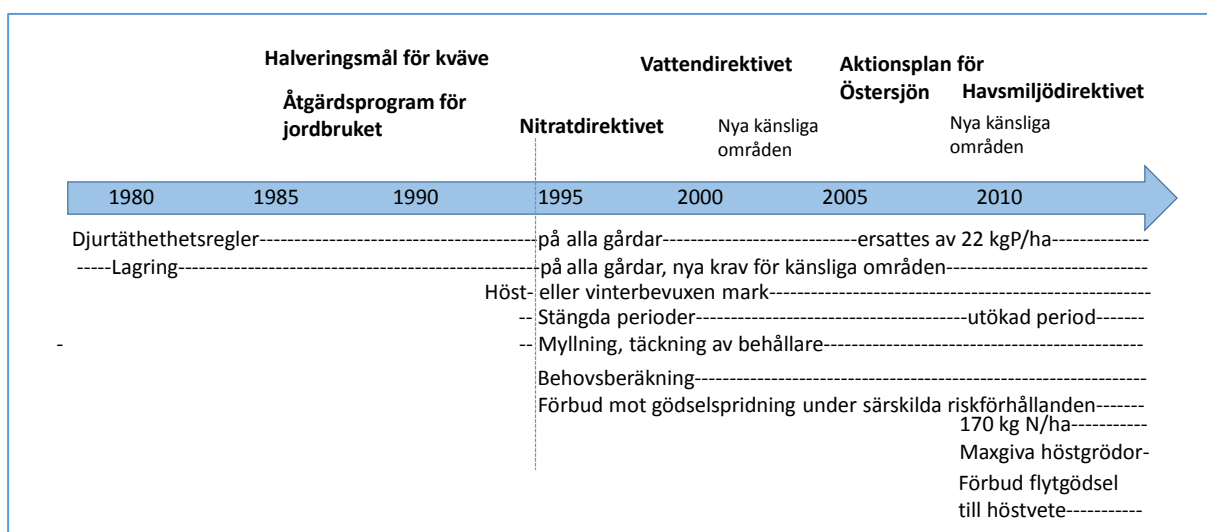
1 Bakgrund

1.1 Regelverkets framväxt

Att minska växtnäringsläckaget från jordbruksmarken har länge varit en viktig miljöfråga för svenskt jordbruk. Regler och åtgärdsprogram har införts successivt med förskjutningar i tid och rum (figur 1). Krav på lagringskapacitet för stallgödsel fanns exempelvis för nybyggnation redan i slutet av 1960-talet och infördes så småningom för alla företag. Miljöarbetet intensifierades under 1980-talet. Ett halveringsmål för kvävebelastning på havet infördes, och 1988 beslutade riksdagen om ett särskilt åtgärdsprogram. Reglering av spridningsareal för stallgödsel kom under 1980-talet, och regler för att hålla marken bevuxen under höst eller vinter i början av 90-talet. I och med att Sverige gick med i EU 1995, och Nitratdirektivet infördes, utsågs nitratkänsliga områden med krav att följa riktlinjer för god jordbrukarsed och med särskilda specifikationer för stallgödselhantering. Redan befintliga regelverk omformades för att införlivas i nitratdirektivet, men nya tillkom också. Dessa har inte bara relevans för kväve utan också ofta för fosfor. Miljöbalken och förordningen om miljöhänsyn i jordbruket trädde i kraft 1999, med uppdateringar under 2003, 2011 och 2015. Särskilt under 2003 och 2011 tillkom nya nitratkänsliga områden. Känsliga områden omfattar idag 75% av Sveriges åkermarksareal. Internationella och nationella krav att minska nedfall av försurande och övergödande ämnen gav under 1990-talet upphov till regler för att minska ammoniakavgången från stallgödselhantering. Under 2000-talet är det främst de nationella miljö kvalitetsmålen med sina delmål, Helcoms åtgärdsplan för Östersjön och EU:s vattendirektiv varit pådrivande för att införa åtgärder i jordbruket.

Regelverk, rådgivning och ekonomiska styrmedel hänger ihop

Fysiska åtgärder inom djurhållning och för brukande av marken krävs för att minska kväve- och fosforförlusterna, där regelverk, rådgivning och ekonomiska styrmedel är verktygen för implementering. Regelverk har kopplats till rådgivning och tvärtom för att öka införandet av åtgärder. Delvis har det handlat om att balansera mellan att kunna åstadkomma förändring genom ökad kunskap om effektivt växtnäringsutnyttjande hos lantbrukare och att detaljstyra genom regler. En omfattande satsning på kostnadsfri rådgivning genom Jordbruksverkets rådgivningsprogram Greppa näringen har pågått sedan 2000, och gör Sverige till ett föregångsland vad gäller att åstadkomma förändringar genom rådgivning och kompetenshöjning. Parallellt med regelverk och rådgivning har också funnits bidrag för miljöinvesteringar och miljöersättningar som ges inom EU:s landsbygdsprogram, samt miljöavgifter. Exempelvis infördes miljöstöd för fånggröda och investeringsstöd för våtmarker 1995 och miljöstöd för vårbearbetning 2000. En miljöavgift på handelsgödsel infördes 1982 och avskaffades 2010.



Figur 1. Översikt av när olika regler och åtgärdsprogram införts.

1.2 Vad ger upphov till åtgärder?

En åtgärd för minskat läckage kan komma till stånd på olika sätt; 1) tvingande genom generellt regelverk, 2) tvingande genom särskilda villkor enligt tillstånd för verksamheten, 3) tvingande för att uppfylla certifieringskrav i branschprogram, 4) frivilligt på eget initiativ (kunskapsbaserat), 5) frivilligt genom stimulans av ekonomisk ersättning/avgift, samt 6) genom indirekta faktorer som påverkar hur och vad man producerar.

Det är svårt att särskilja vilken eller vilka av ovanstående faktorer som egentligen gett upphov till en åtgärd. Det varierar från fall till fall och ofta är det kombinerade effekter. Det kan också variera över tiden. Regelverk, rådgivning och ekonomiskt stöd har löpt parallellt över tiden i Sverige och går i varandra. En regel bör naturligt blir mer verkningfull om det finns en kunskap om att regeln finns, varför den finns och hur den kan bidra till bättre växtnäringssutnyttjande på gården och bättre vattenkvalitet. På så vis är det tänkbart att en kombination av styrmedel fungerar effektivare än enskilda.

Som ett ytterligare skikt över den styrning som man försöker göra mot specifika åtgärder finns också andra, mer övergripande faktorer som påverkar lantbrukares beteende (punkt 6 ovan). Jordbruket genomgår ständigt förändringar till följd av exempelvis prisnivåer för grödor, mjölk, kött och gödsel. Dessa kan leda till ändrad grödfördelning, gödslingsnivåer och djurhållning som indirekt kan överskugga effekter av mer direkta åtgärder. Bland annat har man i de nationella belastningsberäkningarna sett att den förändring av kväveläckaget som skedde under perioden 1995-2005 till viss del kunde förklaras med förändrad grödfördelning, i detta fall en ökning av vallarealen. Man såg också att kraven på träda inom EU under slutet av 1980-talet till början av 2000-talet, som var en följd av överproduktion, påverkade kväveläckaget. Programmen ”Träda-87” och ”Omställning-90” ledde till en minskning av spannmålsarealen om 500 000 ha under en 10 års-period. Ökade priser på importerad soja och ökad ekologisk areal är faktorer som påverkar grödsammansättning genom t ex ökad odling av baljväxtgrödor som kan tänkas påverka kväveläckaget. I nuvarande landsbygdsprogram införs s.k. förgröning och ekologiska fokusarealer som krav för stöd, vilket kan få en påverkan på arealers användning, även om den inte förväntas vara särskilt stor. Likaså är omfördelning av djur inom och mellan regioner en faktor som kan påverka hur gödsel hanteras och sprids i större skala. I och med den ökning av stora djurhållande företag som pågår, blir det alltfler företag som omfattas av tillståndsprövning för sin verksamhet som en följd av införandet av Vattendirektivet. Genom villkor kan längre gående krav ställas via Miljöbalken (kap 2, 5, 9 och 12) i områden där miljökvalitetsnormerna inte kan följas. För stora besättningar av fjäderfä och svin gäller också särskilda villkor enligt industriutsläppsdirektivet (IED).

Med individuella prövningar följer också gårdsspecifika villkor kopplat till djurhållning och växtodling. Dessa kan exempelvis gälla tidpunkter för vallbrott, som inte direkt omfattas av Jordbruksverkets föreskrifter. I dessa tillståndsprövningar finns också nu fall där man frångått regeln om en maximalt tillåten tillförsel av 22 kg P/ha och år till att ytterligare begränsa tillåten mängd fosfor på fosforrika jordar.

1.3 Mål

Det övergripande målet med denna rapport är att presentera den kunskap som finns beträffande effekten av de åtgärder mot växtnäringssläckage från jordbruket som följer av befintliga regelverk, dvs förordningen om miljöhänsyn i jordbruket (1998:915, Sveriges riksdag 1998) och Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring (SJVFS 2004:62, Jordbruksverket 2015). I förlängningen kan resultaten bli användbara för utvärderingsarbete av vilka ytterligare åtgärder som behövs för att minska jordbrukets växtnäringssläckage.

Konkreta mål var ta fram:

- Ett bibliotek över vilka åtgärder lagstiftningen har gett upphov till
- Vilka effekter åtgärder ger upphov till i jämförelse med ett referenstillstånd
- Resonemang kring referenstillstånd som använts
- Beskrivning av hur effekter på kväve- och fosforförluster uppskattats

1.4 Avgränsningar

Effekt och referenstillstånd

Att identifiera det referenstillstånd som motsvarar situationen utan eller innan införandet av en regel kan göras på olika sätt, och ger olika typer av jämförelser. Det gör också att den absoluta effekten av åtgärder måste sättas i sammanhanget av det referenstillstånd som används. Därför är det mycket viktigt att beakta de effekter som redovisas i denna rapport utifrån det sammanhang de presenteras i. Hur vi valt att identifiera referenstillstånd presenteras under metodbeskrivningen.

Fältskalan i första hand

I rapporten görs främst en genomgång av åtgärder och deras möjliga effekter i fältskalan. Hur väl reglerna efterlevs och vad det betyder för jordbruket på regional eller nationell nivå ingår inte i arbetet. Att uppskatta i vilken grad åtgärder uppstått specifikt till följd av regelverket är i många fall mycket svårt och ofta inte heller relevant, vilket framgår av diskussionsdelarna i rapporten. Vissa indikationer på reglers effekt kan ändå finnas. En överblick ges av hur jordbrukets näringsläckage minskat enligt de nationella belastningsberäkningarna under en 10-årsperiod (Johnsson m.fl., 2008), samt en diskussion av hur reglerna kan ha bidragit till detta. Vi tittar också på en sammanställning från Greppa näringens databas som visar vad som hänt på de gårdar som deltagit i rådgivning sedan 2000 (Nilsson & Olofsson, 2015). Även SCB:s jordbruksstatistik innehåller en del information som kan ge indikationer om regler haft en effekt.

Förutsatt att dagens regler tillämpas fullt ut så är det osannolikt att dagens regelverk skulle ha en ytterligare potential för minskad belastning. Att utnyttja befintligt regelverk för ytterligare åtgärder kräver en ytterligare skärpning av reglerna eller utökning av känsliga områden. Hur detta, eller hur andra styrmedel skulle kunna användas för att skapa ytterligare åtgärder är inget som utvärderats.

Åtgärder mot ammoniakavgång

I rapporten beaktar vi främst åtgärders direkta effekter på läckaget av kväve och fosfor till vattenmiljön. Flera av reglerna kopplar till åtgärder för att minska ammoniakavgången. Ammoniakavgång innebär försämrade kväveeffektivitet hos gödseln och bidrar till nedfall av försurande och övergödande ämnen. Indirekt kan ammoniakutsläpp påverka läckaget av kväve, både positivt och negativt. Genom att en mindre mängd kväve finns kvar i gödseln blir läckagerisken mindre, men nedfall av ammoniak på alla typer av mark utanför växtsäsongen kan bidra till läckage eller påverkan på grundvatten. Ett nedfall på vattenytan ger en direkt påverkan. Genom att effekten på utlakning av minskad ammoniakavgång är svår att uppskatta och troligen inte särskilt stor har vi inte beaktat dessa indirekta effekter på läckaget av minskad ammoniakavgång.

2 Metod

2.1 Referenstillstånd

Det man ville styra bort ifrån, "worst case"

För att värdera vilken effekt en åtgärd har behövs ett referenstillstånd att jämföra med. Det kan vara en jämförelse bakåt i tiden, *det beteende man hade inom jordbruket innan regeln infördes*. Det kan också vara kontrafaktiskt, det vill säga *det beteende som skulle förväntas idag om regeln togs bort*. Dessa sammanfaller troligen ofta inte eftersom referenstillståndet kan förändras över tiden på grund av att omvärlden och förutsättningar förändras, och det gäller särskilt äldre regler. Så kan till exempel den succesiva övergången från fastgödsel till flytgödsel i Sverige betyda att höstspredning av stallgödsel inte skulle vara ett naturligt alternativ på samma sätt idag som det var för 25 år sedan. Det i sin tur skulle göra att referenstillståndet för åtgärden vårspredning skulle se olika ut över tiden. Likaså kan rådgivningsverksamhet ha bidragit till ett förändrat beteende. Det angreppssätt som valdes här är att sätta referenstillståndet utifrån bedömningen av *det beteende som man ville styra bort ifrån med regeln*, d.v.s. vilket beteende motverkar vi med regeln? Detta referenstillstånd blir av karaktären worst case, eftersom långtifrån alla gjorde helt fel när regeln infördes. Vid användning av worst-case-varianten är det viktigt att vara medveten om att referenstillståndet sätter nivån för en maxeffekt av en åtgärd.

2.2 Studier med mätningar av åtgärders effekter på näringsläckage

Det som här presenteras om åtgärders effekt på kväve- och fosforförluster baseras främst på svenska fält- och lysimeterstudier, scenarieberäkningar, modellverktyg och syntesarbeten. För många åtgärder som blir resultatet av regelverket finns en hel del erfarenhet om effekter från svenska studier under fält- eller fältliknande förhållanden. Det finns visserligen också omfattande internationell litteratur på området, men eftersom klimat- och jordartsförhållanden har stor inverkan på läckaget av kväve och fosfor så har de svenska studierna varit viktiga i sammanhanget. I själva verket är det dessa studier som delvis legat till grund för utformning av både regelverk, rådgivning och miljöersättningar för jordbruket som det ser ut idag. Därför har Jordbruksverket genom åren varit en viktig uppdragsgivare och finansär av tillämpad forskning kring odlingsåtgärders effekt på växtnäringsförluster. Andra viktiga finansörer har varit Stiftelsen lantbruksforskning, Mistra, Formas, stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne samt SLU:s program för långliggande försök.

Klimat- och jordartsförhållanden har stor betydelse

Om, och i så fall vilken effekt en åtgärd får på kväve- och fosforförlusterna beror till stor del på klimat- och jordartsförhållanden. Den naturliga variationen ställer särskilda krav när man ska generalisera resultat från enskilda studier på ett systematiskt sätt. För uppskattningar i större skala är ofta olika modellapplikationer det man använder.

Generellt kan man säga att för nederbördsrika områden är läckagerisken större, och effekten av en åtgärd också ofta större, än i torrare områden. Jordar med låg lerhalt löper större risk att drabbas av kväveläckage, och där har åtgärder oftast större effekt än på lerjordar, där läckaget är mindre. Fosforförluster, både på ytan och ned genom marken, är däremot generellt större på lerjordar. Fosforförlusterna styrs också i högre grad än kväve av extrema väderhändelser, som kraftiga regn, intensiv snösmältning m.m. Både för kväve och fosfor har historien av stallgödelspredning betydelse för läckaget. För kväve i form av ökad mineraliseringspotential. För fosfor är det främst genom att markens förråd av lättlöslig mineralfosfor ökar. Det finns ett principiellt samband mellan mängd vattenlöslig fosfor i marken och markens lättlösliga fosforförråd. Ökningen sker inte helt linjärt, utan när markens bindningskapacitet börjar avta och mättnadsgraden för fosfor ökar, så blir också sambandet brantare vilket innebär att läckagerisken ökar. När väl läckagerisken börjat öka, kan den kvarstå under lång tid även om man slutar gödsla.

Fältstudier

För att studera effekten av en åtgärd är fältförsök i fullskala en viktig metod, eftersom åtgärder ofta innefattar att man använder olika jordbruksredskap. Vissa principiella studier har också gjorts i mindre skala. Typiska åtgärder som studerats i fältförsöksskalan och som är intressanta i detta sammanhang är olika givor av handels- och stallgödsel, tidpunkter för stallgödelspridning, myllning av stallgödsel och olika former av höst- eller vinterbevuxen mark.

För att studera läckage eller risk för läckage i fält används olika metoder. Risken för kväveläckage bedöms ibland genom att man mäter mängden utlakningsbart kväve i marken (0-90 cm djup) genom jordprovtagning under senhösten (Myrbeck m.fl., 2012). Avrinnings säsongen, dvs den tid då läckaget sker, sträcker sig från ungefär oktober till april i södra Sverige. Om man kan uppskatta mängden ammonium och nitrat i marken före avrinningsstart kan man få en uppskattning av hur odlingsåtgärder under säsongen påverkar risken för läckage under efterföljande höst och vinter. Metoden ger dock inget kvantitativt mått på läckaget.

Läckaget från en viss nivå i marken kan uppskattas genom att man sätter ned keramiska sugceller i marken, där man använder undertryck för att suga upp prover av markvatten. Genom att kombinera uppmätta halter med modellberäknad avrinning kan man få ett mått på läckaget från rotzonen. Denna metod har man t ex använt i Danmark där man har mycket sandjordar. Metoden lämpar sig för jordar med låga lerhalter, och används också i Sverige (Stenberg m.fl., 1999).

De flesta läckagestudier i Sverige utförs i särskilda fältanläggningar för utlakningsmätningar, där varje försöksruta har ett eget dräneringssystem på ca 1 m djup som leder till en mätstation. Där registreras avrinning kontinuerligt och flödesstyrda vattenprov uttas för analys av näringskoncentrationer. Denna metod har varit värdefull för kunna mäta läckage från alla typer av jordar. Idag finns sådana anläggningar på sju olika jordar med lerhalter från 1-40% i Skåne, Halland, Västergötland och Södermanland (Ulén m.fl., 2006). Försöksrutorna i utlakningsförsöken har en storlek om ca 300-400 m², men det finns också en försöksplats i Västergötland där hela fält dränerats separat (Stenberg m.fl., 2009).

Lysimeterstudier

Läckagestudier i jordkolonner som får dränera fritt, s.k. lysimetrar, är en metod som använts frekvent för att jämföra olika odlingsåtgärder, t ex gödselgivor och olika gödselslag, men framför allt hur olika jordar reagerar i jämförelse med varandra. Det kan gälla t ex hur fosforstatusen i jorden eller alvens egenskaper påverkar läckaget (Andersson m.fl., 2015). I långa lysimetrar (90 cm) av intakta jordkolonner som placeras i utomhusmiljö får man fältliknande förhållanden, även om det inte går att använda helt realistisk odlingsteknik. I lysimetrar av matjord, som bevattnas på lab, får man en mer principiell jämförelse av olika behandlingars potential till läckage (Liu m.fl., 2012).

Miljöövervakning

Resultat av miljöövervakning av små jordbruksvattendrag visar trender för kväve- och fosforkoncentrationer på lång sikt. Detta har varit mycket betydelsefullt för att visa att åtgärdsarbete gett resultat. Utan djupare analys med modellsimuleringar eller liknande är det svårt att koppla specifika åtgärder till resultaten i bäckarna (Fölster m.fl., 2012).

2.3 Statistik, modell- och scenarieberäkningar för att identifiera införda åtgärder och deras effekt

Brukningmetoder, grödor och gödslingsåtgärder m.m. och deras effekter på näringsflöden och växtnäringsläckage dokumenteras och följs upp på olika sätt i regional och nationell skala. I detta arbete beaktades inte primärt uppskalning av åtgärder effekter, men en del resultat tas upp som indikerar hur regler och åtgärder sammanfaller.

Jordbruksstatistik

Statistik för jordbruket, som samlas in under ansvar av Statistiska centralbyrån (SCB), innehåller intressant information i sammanhanget av detta arbete. Gödselmedelsundersökningen som startade 1988 (benämns numera som Undersökningarna för gödselmedel och odlingsåtgärder i jordbruket) täcker visserligen inte perioden innan krav på lagring infördes, men visar ändå hur fördelning mellan höst- och vårspridning av gödsel sett ut över ett långts tidsförlopp. Grödfördelningen enligt stöddatabasen och miljöstödsdatabasen kan visa vilka grödor som utgjort höst- och vinterbevuxen mark under olika perioder.

Modellberäkningar och scenarier

Processbaserade modeller är viktigt redskap inom forskningen för att förstå olika processer och för att sätta allt i ett sammanhang. I utvärdering av fältresultat har vatten/kvävemodellen SOIL/SOILN varit ett viktigt verktyg, och ur denna modell har också SOILNDB-modellen utvecklats, vilken tillsammans med fosformodellen ICECREAMDB ingår i NLeCCs-systemet för beräkning av kväve- och fosforläckage från Sveriges åkermarker (Johnsson m.fl., 2008). I beräkningarna indelas Sverige i 22 läckageregioner, vilka karakteriseras av olika klimat, produktionsinriktning, gödslings- och produktionsnivåer. För varje region har s.k. normalläckage beräknats för ett antal olika kombinationer av grödor (12 st), jordarter (10 st), gödslingsformer (2 st), lutningar (3 st) och markfosforklasser (3 st). Normalläckagen representerar läckaget för ett år med normaliserat klimat och motsvarande normaliserad skörd och har utförts med 20-åriga tidsperioder av väderdata i kombination med statistik om bl.a. normskördar, gödsling, grödarealer och andel handels- och stallgödslad areal. De nationella belastningsberäkningarna för rapportering till Helcom, miljömålsuppföljningar och andra scenarieberäkningar har använts. Nationella beräkningar har utförts vid sju tillfällen under perioden 1985-2013, och innehåller förutom belastningsdata också information om hur jordbruksåtgärder förändrats, samt tolkningar av vad som orsakat effekter. Här används främst resultat från beräkning av förändringar mellan 1995 och 2005 (Johnsson m. fl., 2008) och beräkningar för 2013 (Johnsson m.fl., 2016). Scenarieberäkningar för förändrad stallgödselspridning har utförts på uppdrag åt Jordbruksverket (Johnsson & Mårtensson, 2006).

Syntesverktyg

Resultaten från fältförsöken i Sverige utgjorde tillsammans med de nationella belastningsberäkningarna och litteraturstudier ett viktigt underlag vid framtagandet ett rådgivningsverktyg för bedömning av risken för utlakning av kväve på gårdar (Aronsson & Torstensson, 2004). Det ingår i modulen för utlakningsberäkning i Jordbruksverkets dataprogram VERA, där olika odlingsfaktorer och åtgärders inverkan på kväveläckaget kvantifieras för olika regioner och jordarter.

Greppa näringen

Genom dokumentation inom Jordbruksverkets ”Greppa-rådgivning” finns bland annat ett omfattande material om växtnäringsbalanser på gårdar och hur odlingsåtgärder förändrats på gårdar med rådgivning sedan 2000 (Nilsson & Olofsson, 2015). Även om det visats att det sällan finns ett direkt samband mellan överskott i balans och läckage så innehåller förändringar i gårdsbalanser intressant information om växtnärings effektivitet, vilket är ett viktigt syfte med regelverket. I Greppa näringens databas finns drygt 17 000 växtnäringsbalanser dokumenterade.

3 Åtgärds kategorier och åtgärdsöversikt

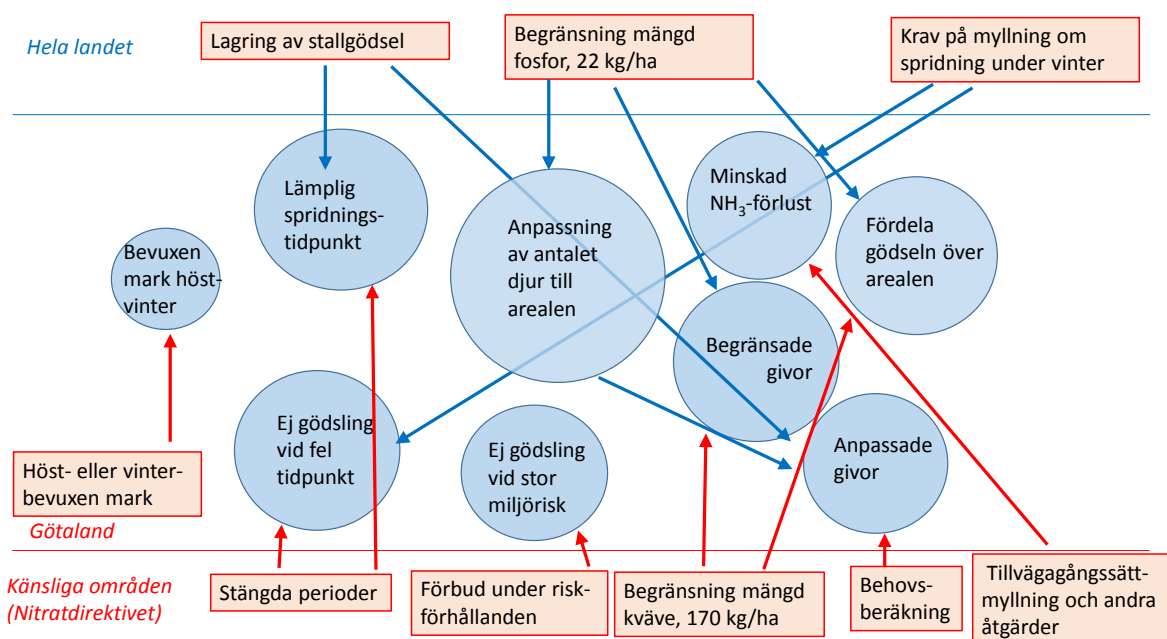
På vilket sätt regler omsätts till åtgärder kan indelas i olika kategorier. En regel kan direkt tvinga till en åtgärd, men den kan också vara ett medel att snarare hindra eller motverka ett visst beteende. En regel kan också lägga grund för att möjliggöra, underlätta eller uppmuntra önskade åtgärder. Reglerna inom jordbruket för att begränsa kväve- och fosforförlusterna är i tabell 1 uppställda utefter vilka kategorier

av åtgärder (tvinga, hindra, motverka, möjliggöra) vi bedömt att de resulterar i. Direkt tvingade ligger överst i tabellen och följs av hindrande/motverkande och möjliggörande.

De flesta av åtgärderna som följer av Nitratdirektivet har karaktären att hindra eller motverka. Att hindra ett oönskat beteende kan exempelvis vara att undvika risksituationer, som bara uppstår ibland och som lantbrukare kanske normalt försöker undvika (t ex gödselspridning på tjälad mark). Det kan också vara en vanligt förekommande beteende som man inte kan motverka fullt ut med rådgivning och där slutligen en regel införs som definitivt ska hindra (t ex förbud att sprida flytgödsel till höstsäd på lätta jordar i sydligaste Sverige). Regler som ska motverka något har ofta karaktären att enbart rikta in sig på att hindra förorening, men flera av reglerna som följer av Nitratdirektivet har också syftet att öka näringsutnyttjandet.

Det är endast i fallet när regeln tvingar till åtgärd som man vet att en definierad åtgärd alltid utförs, medan det i de andra fallen är mer osäkert att bedöma exakt vilka, och i vilken grad åtgärder genomförs. Att en regel är tvingande kan betyda att den driver fram en åtgärd, men det är inte säkert att åtgärden alltid kommer av själva regeln eftersom det kan finnas andra faktorer som påverkar. Olika regler kan också samverka genom att ge upphov till samma åtgärd. Det är relativt få regler som direkt tvingar fram en åtgärd, beteende eller tillstånd. Tillvägagångssätt vid gödselspridning är en sådan. Där ställs direkta krav på myllningsåtgärd eller liknande för att öka markkontakt för gödseln efter spridning på obevuxen mark. Regeln om lagring är i och för sig en tvingande regel, men åtgärder den ger upphov till är främst att möjliggöra en bra hantering av stallgödsel. Den ger ingen garanti att stallgödseln sprids vid lämpliga tidpunkter men möjliggör att planera utefter grödornas behov istället för att behovet av att tömma lagret styr.

En översikt av vilka åtgärdstyper som blir resultatet av de olika reglerna och hur de samverkar med varandra framgår av figur 2, som också delar upp reglerna i de som gäller hela landet och de som gäller känsliga områden enligt Nitratdirektivet. En mer detaljerad uppställning ges i tabell 2 tillsammans med vilken typ av förlust (kväve och/eller fosfor) som de åtgärdar.



Figur 2. Översikt av reglerna (boxar) och vilka åtgärder de ger upphov till (cirklar). Regler som gäller hela landet (överst) och de som gäller känsliga områden enligt Nitratdirektivet (nederst).

Tabell 1. Regler med paragrafhänvisning till Jordbruksverkets föreskrifter, kort beskrivning av regeln och vilken åtgärdskategori den tillhör

Regel	SJVFS 2004:62	Gäller vad	Gäller var	Annat specifikt	Tvinga, hindra, motverka, möjliggöra, uppmuntra
Tillvägagångssätt vid gödselspridning	23, 23a-c, 28d	Organiska gödselslag	Delar av känsliga områden (3 län): myllning inom 4h, bandspridning eller spädning. Övriga landet: myllning inom 12h vid spridning i dec-feb	Bevuxet/obevuxet	Tvinga till åtgärd för markkontakt för gödseln
Höst- eller vinterbevuxen mark, 50-60%	29-34	All areal	2 regioner i södra Sverige	Grödor/stubb Brytningstid	Tvinga till vegetationstäcke under hösten
Begränsning av mängd fosfor (22 kg/ha, 5-årsmedel)	8, 10,13, 14, 17-19	Organiska gödselslag	Hela landet	Dokumentation köp/sälj	Tvinga till begränsad djurtäthet Tvinga till fördelning gödseln över spridningsarealen Motverka överskott av P
Beräkning för behovsanpassad gödsling, kväve	20	Alla gödselslag	Känsliga områden		Tvinga till anpassad gödsling
Begränsning av mängd kväve (170 kg Total-N/ ha och år)	17-19b	Organiska gödselslag	Känsliga områden	Maxgiva för höstgiva till höstgröda (40-60 kg NH ⁴ -N/ha)	Hindra stora stallgödselgivor Motverka överdosering till höstgröda på hösten
Stängda tidsperioder för spridning	25, 26-26c, 28a-28c	Organiska gödselslag	Känsliga områden (2 nivåer): nov-feb och aug-okt	Gödselslag Lerhalt Höstgröda (oljeväxt, stråsäd)	Hindra spridning under högriskperiod och på svagväxande gröda under hösten
Vattenmättad, frusen, snötäckt mark	24	Alla gödselslag	Känsliga områden		Hindra riskbeteende för ytavrinning
Närhet vattendrag	24a	Alla gödselslag	Känsliga områden	Skyddsavstånd 2 m	Hindra gödsling i vattendrag
Sluttande mark	24b	Alla gödselslag	Känsliga områden, 10% lutning	Ej för betesdjur	Hindra spridning på riskjordar för ytavrinning
Lagring av stallgödsel	4-4b, 5a-5d, 6-7	Stallgödsel	Hela landet, samt känsliga områden (2 nivåer)	Djurslag Antal djur Län	Möjliggöra anpassad spridningstid Tvinga till åtgärder för minskad ammoniakavgång Hindra att gödsellager blir punktkälla

Tabell 2. Regler, vad de åtgärddar och vilka åtgärder de ger upphov till

Regel	Text-avsnitt	Åtgärddar	Åtgärder
Tillvägagångssätt vid gödselspridning	4.4	Ammoniakavgång Fosforförlust	Myllning av gödsel vid spridning på obevuxen mark (4 resp. 12 timmar) Gynna markkontakt vid spridning av flytgödsel i växande gröda Ej spridning på frusen, snötäckt eller vattenmättad mark (indirekt effekt)
Höst- eller vinterbevuxen mark, 50-60%	4.5	Kväveläckage	Att ersätta tidig höstbearbetning utan efterföljande gröda med: -obearbetad stubb fram till senhöst -insådd eller eftersådd fånggröda -ordinarie gröda som uppfyller villkoren, t ex höstgröda
Begränsning av mängd fosfor (22 kg/ha, 5-årsmedel)	4.1	Fosforförlust Kväveläckage	Anpassning av antalet djur till arealen för att begränsa totalmängden stallgödsel på gården och fördela den över spridningsarealen
Beräkning för behovsanpassad gödsling, kväve	4.7	Kväveläckage	Anpassad kvävegödsling enligt behovsberäkning
Begränsning av mängd kväve (170 kg Total-N/ha och år)	4.6	Kväveläckage Fosforförlust	Att inte sprida mer än 170 kg totalkväve/ha med organiska gödselmedel Att höstgödsla högst 40 kg NH ₄ -N/ha till höstvetete och 60 kg NH ₄ -N/ha till höstoljevaxter
Stängda tidsperioder för spridning	4.3	Kväve- och fosforläckage	Ingen spridning av organiska gödselslag eller mineralgödsel under perioden 1 nov- 28 feb Flytgödselspridning under 1 aug-31 okt (3 län) endast till bevuxen mark eller inför höstgrödor Ingen flytgödselspridning under aug-okt (3 län) till höstvetete på jordar med lerhalt under 15%
Vattenmättad, frusen, snötäckt mark	4.8	Fosfor- och kvävetransport på ytan	Ingen gödselspridning på vattenmättad, frusen eller snötäckt mark
Närhet vattendrag	4.8	Kväve- och fosfor som punktkälla	Ingen gödselspridning inom 2 m från fältkant vid vattendrag eller sjö
Sluttande mark	4.8	Fosfor- och kvävetransport på ytan	Ingen gödselspridning på fält med mer än 10% lutning mot vattendrag eller sjö
Lagring av stallgödsel	4.2	Kväveläckage Fosforförlust Ammoniakavgång	Bästa möjliga fördelning av stallgödsel under året -undvika överdosering -optimal tidpunkt (vårspridning istället för höstpridning) Åtgärder för minskad ammoniakavgång; fyllning underifrån, svämtäcke eller annan täckning Säker lagring som förhindrar punktutsläpp

4 Åtgärdsbiblioteket

Här beskrivs varje regel och dess tillkomst tillsammans med de åtgärder som följer av regeln och vilken effekt åtgärderna kan ha i förhållande till referenstillståndet. Kapitlet inleds med de regler som gäller hela landet, och som utgör grunden för att reglera djurtäthet och för att hantera av stallgödsel (4.1 och 4.2).

4.1 Begränsning av mängden tillförd fosfor med organiska gödselmedel och krav på fördelning över hela arealen

Beskrivning av regeln

Fram till 2006 gällde de s.k. djurtäthetsreglerna, som reglerade antalet djur i förhållande till gårdens areal, baserat på antalet djur. Djurtäthetsreglerna hade funnits från 1989 för de som utökade antalet djur, och från 1995 för alla företag. Enligt nuvarande regelverk (infördes 2006) regleras djurtätheten utifrån mängden fosfor i gårdens stallgödsel, och innebär att man istället för att titta på antalet djur fokuserar på den mängd näring som produceras med gödseln. Detta är en viktig och grundläggande regel för reglering av djurhållning. En gård får enligt regeln inte producera mer stallgödsel än att det utslaget på gårdens spridningsareal motsvarar högst 22 kg P/ha och år. Den årliga givan måste inte hållas inom 22 kg P/ha, men sett över en femårsperiod måste gödseln ha fördelats över hela arealen. Regeln innehåller också dokumentationskrav på flöden av gödsel mellan gårdar. Regeln om 22 kg P/ha gäller alla typer av organiska gödselmedel, men inte mineralgödsel.

För känsliga områden samverkar regeln med regleringen av kvävemängd i känsliga områden. Även om den årliga fosforgivan tillåts vara relativt stor, så kommer kravet på max 170 kg totalkväve/ha där att begränsa hur mycket gödsel man tillåts sprida. För flytgödsel med fosforinnehåll på 0,5-1,5 kg/ton gödsel (10-30% av totalkväveinnehållet) skulle en maxgiva för totalkväve motsvara mellan 17 och 50 kg P/ha.

Åtgärder

Anpassning av antalet djur till arealen för att:
-begränsa totalmängden stallgödsel på gården
-fördela den över spridningsarealen

Regeln tvingar alltså till att anpassa djurtätheten i förhållande till arealen med syftet att motverka överskott av fosfor (och även kväve) på gården som annars kan leda till ökat läckage. Genom att regeln inte i första hand styr de årliga givorna utan 5-årsmedelgivan, är det inte de årliga riskerna för fosforförluster som man kommer åt. Regeln har främst det långsiktiga syftet att motverka snedbelastning av fosfor inom gårdens marker och uppbyggnad av kritiska fosfornivåer i marken som kan leda till ökade förluster på sikt. Hur fosforbalansen ser ut för en mark beror också på hur mycket fosfor som förs bort med skörd, och regeln säkerställer inte att man ändå kan få en långsiktig uppbyggnad. Dessutom regleras inte tillförsel av mineralgödsel fosfor.

Referenstillstånd

Referenstillståndet för denna åtgärd innebär att man inte begränsar fosformängden som tillförs med stallgödsel och därmed inte heller djurantalet i förhållande till arealen. Det betyder i sin tur att en anrikning av fosfor i marken till följd av stallgödselöverskott tillåts, vilket leder till ökad läckagerisk som kan bli relativt beständig.

Effekt på fosforläckaget

I förhållande till referenstillståndet är denna regel kanske den viktigaste av alla regler genom att den främjar ett synsätt där stallgödseln är en resurs både med avseende på kväve och fosfor, och inte ett kvittblivningsproblem. I Sverige betraktas stallgödseln som ett gödselmedel och inte som ett

organiskt avfall, vilket man ofta möter i internationella sammanhang. Genom att betrakta grannländer med tydliga djurtäthetsproblem och näringsöverskott, t ex Danmark, kan man konstatera att vi kan ha undvikit flera typer av negativa effekter eller risker för miljön. Utan reglering skulle vi sannolikt haft mer djurtäta områden även i Sverige, med problematisk anrikning av fosfor i marken. Stora mängder stallgödsel hade också inneburit problem med kväveläckage.

I skenet av historien man dock se att se att många jordar har haft en viss anrikning av fosfor. Till viss del beror det av gamla rekommendationer att förrådsgödsla jordar med mineralfosfor. Man kan också se en snedfördelning av fosfor inom gårdar. Det klassiska mönstret med fosforrika marker runt gårdscentrum beror på att man spridit stallgödseln närmast gården, och det kan ha skett under mycket lång tid. I vilken grad har regeln om 22 kg P/ha bidragit till att minska ackumulering, snedfördelning och läckagerisk? Eftersom det handlar om långsiktiga förlopp är det mycket svårt att svara på detta, och regeln har endast funnits i 10 år. I och med att effekter av gamla beteenden slår igenom under lång tid kommer det att dröja innan eventuella förändringar syns i form av markers fosfortillstånd och ändrat läckage. Även om man idag slutar gödsla med fosfor helt på fosforrika marker kan effekter genom ökat läckage kvarstå minst ett decennium när väl markens fosforinnehåll nått kritiska nivåer för ökat läckage (Svanbäck m.fl., 2014). Hur lång tid det tar att nå sådana nivåer handlar inte heller bara om tillförseln och balansen utan om markens förmåga att binda och lagra fosfor (sorptionskapacitet).

Den stallgödslade arealen i Sverige har ökat

I gödselmedelsundersökningens tidsserier finns en förändring över tiden som kan vara intressant i sammanhanget. Där har den totala arealen som gödslas med stallgödsel successivt ökat från 26% vid start 1988, till 37% under 2013, figur 3. Eftersom djurhållningen inte har ökat kan detta betyda att i princip samma mängd fosfor i stallgödsel fördelas över större yta idag. Det i sin tur kan bero på kraven att öka fördelningen och/eller odlarnas intresse strävan att utnyttja stallgödseln effektivare. Det kan också finnas andra faktorer som påverkar, t ex att övergång till flytgödsel påverkat hur man sprider gödseln. Den relativa ökningen beror också till viss del på att åkerarealen har minskat. Den ökade mängden hästar kan också ha påverkat något eftersom spriden hästgödsel finns med i statistiken. Dock sprids troligen en stor del av hästgödsel på små gårdar som ej ingår i gödselmedelsundersökningen.

Växtnäringsbalanser visar högre effektivitet på "Greppa-gårdar"

Regeln sätter en viktig ram för fosforhushållning på gården, men det är också andra faktorer som påverkar överskottet på gården och uppbyggnad i markerna. Ändrade gödslingsrekommendationer kan ha bidragit till att minska ackumulering av fosfor. Sedan några år tillbaka rekommenderas inte längre tillförsel av mineralfosfor till jordar som är rika på fosfor. Det bidrar till att börja tära på förrådet på fosforrika marker. För många grödor (t ex stråsäd) är bortförseln av fosfor med skörd ofta mindre än 22 kg/ha, vilket i sådana fall innebär ett visst överskott i fältets fosforbalans om man ligger på maximalt tillåten mängd fosfor på gården.

För balansen mellan införsel av fosfor i förhållande till bortförsel på gårdar kommer rådgivningen in som en nyckelfaktor. En gårdsbalans innebär att man summerar flöden av fosfor till gården med inköpt gödsel, foder, utsäde, djur m.m. varefter man subtraherar summan av flöden från gården med sålda produkter (läckaget är försumbart i detta sammanhang). Gårdsbalansen är ett verktyg för att se lösningar hur fosforöverskottet skulle kunna minskas. Resultaten för de gårdar som deltagit i Greppa näringen sedan start 2000 visar att det skett en minskning av fosforöverskottet på gårdar, där rådgivningen alltså verkar ha åstadkommit något utöver regeln. Fosforöverskotten har under perioden 2001-2013 minskat från 7,6 till 0,9 kg P/ha och år på grisgårdar och från 4,7 till 2,7 kg på mjölkgårdar (Nilsson & Olofsson, 2015). Främst beror minskade överskott på mindre foderimport och mindre inköp av mineralgödsel.

4.2 Lagring av stallgödsel

Historik kring regelverket

Krav på lagringskapacitet hör till de äldre reglerna för stallgödselhantering i Sverige. Kraven ingick före 1969 i tillsynsverksamhet enligt hälsoskyddsstadgan eller vattenlagen, och sedan ställdes villkor genom tillstånd eller vid tillsyn enligt Miljöskyddslagen. Redan då innehöll villkoren krav på upp till 10 månaders lagring, baserat på allmänna råd från Naturvårdsverket. Skötsellagen och skötselförordningen infördes 1989 och innehöll specifikationer motsvarande de första nitratkänsliga områdena. Bestämmelserna gällde från 1989 för nya företag eller företag som utökade djurhållningen, och för övriga företag gällde fortsatt miljöskyddslagen och NV:s allmänna råd. För befintlig djurhållning gällde kraven från 1995, då också Nitratdirektivet trädde i kraft och införlivades i regelverket. Miljöbalken och förordningen om miljöhänsyn i jordbruket trädde i kraft 1999, med uppdateringar under 2003, 2011 och 2015. Särskilt under 2003 och 2011 tillkom nya nitratkänsliga områden, och 2011 strängare krav för mindre djurföretag. För små företag, som inte berörs av reglerna, gäller de allmänna hänsynsreglerna i miljöbalken. För dessa finns allmänna råd om lagring av stallgödsel i Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd om miljöhänsyn i jordbruket.

Beskrivning av regeln

Ett ursprungligt syfte med krav på lagringsutrymmen var att förhindra att själva lagret blir en punktkälla genom läckage. Numera handlar kraven om lagringskapacitet till stor del om att gödsel inte ska behöva spridas vid ofördelaktig tidpunkt, och i stora mängder på grund av att lagret är fullt. Målet är alltså att möjliggöra spridning vid tillfällen då man får bra utnyttjande av växtnäringsämnen och minskad risk för växtnäringsförluster.

Vilken lagringskapacitet som krävs varierar beroende på gödselslag, antal djur och region (nitratkänsliga områden). Den varierar i princip mellan 6 och 10 månader, med krav på 8-10 månader för gårdar med mer än 100 djurenheter, 6-10 månader för gårdar med 10-100 djurenheter, och 6 månader för gårdar med 2-10 djurenheter, tabell 3. För flytgödsel- och urinbehållare finns för vissa områden också krav på särskilda åtgärder sedan 1995 för att minska ammoniakavgången från gödsellagret, genom fyllning underifrån och krav på svämtäcke eller annan täckning.

Tabell 3. Krav på minsta lagringskapacitet i månader för stallgödsel enligt Jordbruksverkets föreskrifter (SJVFS 2004:62)

Besättningsstorlek, antal djurenheter	Känsliga områden		Övriga delar av landet			
	Öland, Gotland, känsliga kustområden samt omr. i Blekinge, Skåne, Halland		Övriga känsliga områden			
	Nöt, häst, får och get	Övriga djurslag	Nöt, häst, får och get	Övriga djurslag	Nöt, häst, får och get	Övriga djurslag
0-2			Inga generella bestämmelser			
>2-10	6 mån	6 mån	6 mån	6 mån	Inga gen. bestämmelser	
>10-100	8 mån	10 mån	6 mån	10 mån	6 mån	10 mån
>100	8 mån	10 mån	8 mån	10 mån	8 mån	10 mån

Åtgärder

Bästa möjliga fördelning av stallgödsel under året

- undvika överdosering
- optimal tidpunkt (vårspridning istället för höstspridning)

Åtgärder för minskad ammoniakavgång från gödsellagret

- fyllning underifrån
- svämtäcke eller annan täckning

Säker lagring som hindrar punktutsläpp

Även om regeln om lagring är tvingande, så är inte själva åtgärderna som följer av regeln det. Regeln är snarare ett medel för att möjliggöra åtgärder för ”bästa möjliga fördelning av stallgödsel under året” (tabell 2). Regeln samverkar med förbudsreglerna kring stängda perioder och spridning på frusen mark samt reglerna som begränsar mängden gödsel. Regel om fyllningsteknik och krav på täckning för att minska ammoniakavgången är direkt tvingande. Detta påverkar i första hand näringsvärdet hos gödseln och minskar gödselns bidrag till försurning. Eventuella effekter av minskad ammoniakavgång på vattenmiljön är indirekta, och kan bidra till både ökad och minskad påverkan, se under 1.4.

Den viktigaste effekten av att ha en stor lagringskapacitet är att kunna välja att gödseln ska spridas utifrån växtlighetens behov, vilket i princip betyder att kunna undvika spridning av gödsel på hösten. Avrinningen från marken och läckage av näring sker i Sverige främst under perioden oktober till april. Att sprida gödsel utanför växtsäsongen leder till direkt risk för förlust av näring och risk för miljöpåverkan. Andra faktorer som kan påverka valet av spridningstid är mark- och väderförhållanden, hygieniska aspekter för vallar m.m.

För åtgärderna under ”bästa möjliga fördelning av stallgödsel under året” utgår vi främst från system med flytgödsel, eftersom det är för flytgödsel som både mängd och tid för spridning har avgörande betydelse. Dessutom hanteras den största delen av gödseln från Sveriges mjölkkor och svin (60% resp. 80%, SJV 2005) som flytgödsel. Av kvävet i de flytande gödselslagen föreligger 50% eller mer i växttillgänglig form. Det är främst för dessa som spridning under vår och sommar, dvs när grödans tillväxt är stor, är viktigast. För fasta gödselslag är mineraliseringen av det organiska materialet en viktig process för att tillgängliggöra näringen och dessa gödselslag kan under vissa omständigheter ge bättre växtnäringseffekt om de sprids på hösten innan grödan, utan att ge nämnvärt ökad risk för utlakning.

Referenstillstånd

Utan lagringskapacitet skulle gödseln behöva spridas kontinuerligt, och ett ”worst-case-tillstånd” vore spridning utanför växtsäsongen. I och med att lagring är något som länge varit naturligt blir ett mer relevant referenstillstånd det som man idag främst fokuserar på att undvika med regeln, nämligen höstspridning av flytgödsel. Eftersom regeln samverkar med regler för stängda perioder och förbud mot gödselspridning annat än till bevuxen mark eller inför höstsådd (känsliga områden) avses med höstspridning här främst spridning under september-oktober. För de flesta grödor är bästa tidpunkt för tillförsel av flytgödsel i samband med vårbruket eller på försommaren. Det ger bäst kväveeffektivitet och minst risk för utlakning. Vid en sämre lagringskapacitet skulle man bli tvungen att välja att lägga en del av gödseln under hösten trots att det inte var fördelaktigt ur växtnäringssynpunkt, och det är alltså detta man vill undvika med regeln. Enligt SCB:s gödselmedelsundersökning är de dominerande perioderna för spridning av stallgödsel vår och höst, medan andelen som sprids under sommar och vinter har varit liten sedan undersökningen startade 1988.

Effekt på kväveläckage

Hur mycket större kväveläckaget blir när man sprider flytgödsel under september-oktober istället för i samband med vårbruket eller under försommaren beror på hur mycket som sprids och hur det sammanfaller med vad som växer. Effekten är också jordarts- och klimatberoende. Precis som för överdosering med kväve (se under Behovsanpassad gödsling, 4.7) kan man använda ett schablonvärde för hur stor andel av gödseln som riskerar att utlakas om ingen växtlighet är närvarande (10-50%). Genom att dra av den mängd kväve som tas upp av en gröda under hösten kan man uppskatta hur mycket utlakningsbart kväve som blir kvar tillgängligt för utlakning efter höstgödslingen. Denna metod används i beräkningsverktyget för kväveutlakning i rådgivningsprogrammet VERA, där risken för höstspridning av gödsel värderas separat från andra åtgärder. Men det finns flera processer som kan både öka (mineralisering och nitrifikation) och minska (ammoniakavgång) mängden kväve i marken, förutom grödan. Läckaget efter höstspridning av flytgödsel ökar vanligtvis i ordningen:

Liggande vall<vallinsådd<höstoljeväxter<höstsåd>=obevuxet.

Höstspridning på vall undersöktes särskilt i några utlakningsförsök under 2009-2011. Resultaten varierade från en minskning av kväveläckaget eller opåverkat läckage till en ökning efter höstspridning med måttliga givor, tabell 4. Variationen mellan försöken kan ha berott på varierande tillväxtaktivitet hos grödan eller olika grad av ammoniakförluster. I Halland var grödupptaget större under hösten än i Västergötland, vilket bidrog till mindre utslag av höstgödsling på hallandsjordarna. Om gödslingen senarelades spelade däremot ingen roll för läckaget i något av försöken (se vidare under "Stängda perioder...", 4.3).

Flytgödseltillförsel på obevuxen mark utgör konsekvent en stor risk, och inför de höstsådda grödorna är balansen mellan tillförd mängd kväve och höstgrödans förväntade tillväxt (upptag) avgörande. Höstsäd som sås vid normal tid har ett höstbehov om max 20 kg N/ha, men detta behov tillgodoses oftast av markens kväveminerisering under hösten. Därför innebär höstgödsling till stråsåd en avsevärd risk för läckage. För höstoljeväxter däremot finns ett betydande behov av kvävetillskott på hösten, som gör att en anpassad höstgiva inte leder till ökat kväveläckage så länge grödan växer som förväntat. Här finns en samverkan med regeln "Begränsning av mängden tillförd kväve med organiska gödselmedel, 4.6"

Tabell 4. Mätt kväveutlakning efter spridning av flytgödsel under september-oktober till vall eller obevuxen mark, i jämförelse med på våren. Hel giva av flytgödsel motsvarade ca 70 kg ammoniumkväve i Halland och 45-60 kg/ha i Västergötland. På vallarna användes nötflytgödsel, i övrigt svinflytgödsel

		Relativ effekt av höstspridning jämfört med vårspridning	Absolut effekt	Referens
Referens: vårspridning		1		
KVÄVE				
Mojord, Halland				
Obevuxet, halv giva	1983-1988	1,1	+6 kg/ha	Torstensson m.fl. (1992)
Obevuxet, hel giva		1,5	+21 kg/ha	
Obevuxet, dubbel giva		2,2	+54 kg/ha	
Blandvall, hel giva	2010-2011	1*	0 kg/ha	Torstensson m.fl. (2012)
Lättlera, Västergötland				
Gräsvall, hel giva	2009-2011	1,2	+3 kg/ha	Delin m.fl. (2013)
Blandvall, hel giva		1,4	+5 kg/ha	
Mellanlera, Halland				
Obevuxet, hel giva	2009-2011	1,4	+6 kg/ha	Aronsson m.fl. (2014)
Blandvall, hel giva		0,6	-5 kg/ha	
FOSFOR				
Mellanlera, Halland				
Obevuxet (19 kg P/ha)	2009-2011	1,2	0,08 kg/ha	Aronsson m.fl. (2014)
Blandvall (13 kg P/ha)		1,5	0,2 kg/ha	
		1	0 kg/ha	Torstensson m.fl. (1992)

*) Vårspridningen bestod i detta fall av mineralgödsel

Effekt på fosforförluster

Höstgödsling ökar också risken för fosforförluster, men här finns inte samma koppling till grödans upptag under hösten som för kväve. Snarare är det risken för snabba flöden ned i marken som styr, och där finns en stark koppling till jordens struktur och fosforbindande förmåga.

För utlakningsförsöken på mojord har inte gödslingstidpunkter haft mätbar signifikant effekt på fosforutlakningen, tabell 4. Det beror på att försöksfältens jordar har en naturligt stor förmåga att binda fosfor. På mellanlera däremot gav gödslingstidpunkt utslag, genom att snabba flödesvägar verkar finnas nedåt i marken. Till skillnad mot kväve var det på vällen höstspridning gav störst utslag, vilket troligen hade att göra med att gödseln inte myllades efter spridning och att markkontakten för gödseln (och fosfor i den) därmed blev sämre.

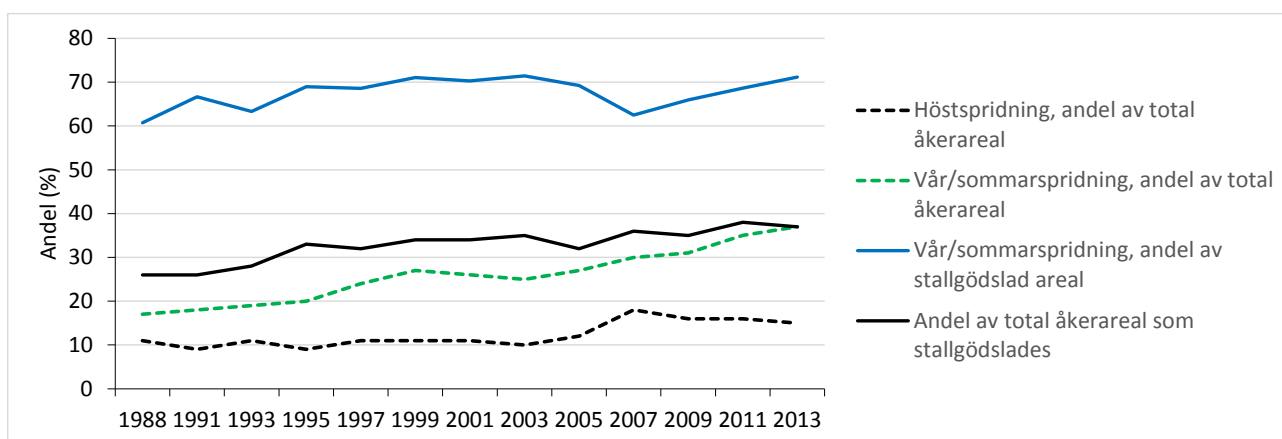
Scenarieberäkningar av utlakningsminskning vid övergång till vårspridning för höstsäd

I stora delar av södra Sverige görs höstspridning av stallgödsel på hösten till höstgrödor, främst till höstråg och höstvetete som är de vanligaste höstgrödorna. I ett uppdrag åt Jordbruksverket gjordes scenarieberäkningar med modellen SOILNDB av vad en förflyttning av höstspridning till vårspridning skulle betyda i form av minskat kväveläckage (Johnsson & Mårtensson, 2006) vid höstsädesodling. Beräkningarna gjordes för åren 1995, då ca 30% av höstsädesarealen (4-6% av totala åkermarksarealen) i de sydligaste produktionsområdena gödslades med stallgödsel. Den mesta av stallgödseln som gavs till höstsäd, ca 80%, tillfördes på hösten. I scenarieberäkningarna användes en medelgiva av gödsel med en ammoniuminnehåll på 30-40 kg N/ha inför sådd som utgångspunkt. Det jämfördes med ett scenario där all stallgödsel förflyttades till våren. Den ökade kväveverkan av stallgödseln vid vårspridning räknades in genom att handelsgödselgivan anpassades efter detta. Den utlakningsminskning som räknades fram gällde över minst två år, och inkluderade effekt av både utebliven höstgödsling och anpassning av handelsgödselgiva på våren. Beräkningarna visade på en betydande potential för minskat läckage av att flytta spridning av flytgödsel till höstsäd från höst till vår. För den areal som berördes av åtgärden i scenarieberäkningen minskade läckaget totalt med i medeltal 18 kg/ha. Om man beaktar de regioner där spridning på höstsäd på hösten är förbjudet på lätta jordar uppskattades läckageminskningen till 22 kg/ha.

Förändring av tidpunkt för stallgödselspridning enligt statistiken

Av gödselmedelsundersökningens resultat framgår att en större andel av åkermarken successivt gödslas med stallgödsel, figur 3. För andelen av den totala arealen som fått stallgödsel på vår eller sommar har ökningen varit större än för andelen som fått stallgödsel på hösten. Andelen vår- eller sommarspriden areal av total areal har ökat från 17% till 37% mellan 1988 och 2013, medan andelen med höstspridning ökat från ca 10% till 15%. Denna statistik tyder på att viss areal får gödsel både på vår och höst, eftersom summan av andelen vår- respektive höstspridning är större än andelen av total areal som stallgödslas. Om man ser till den relativa fördelningen mellan vår- och höstspridning fick redan 1988 ca 60% av den stallgödslade arealen gödsel på våren/sommaren, vilket sedan ökat till ca 70%. Det skedde redan innan 1995, då regelverket började gälla fullt ut och då Nitratdirektivets regler infördes.

För de nationella belastningsberäkningarna under perioden 1995-2005 stod övergång till vårspridning för 3% av den totala minskningen av kväveutlakning i Sverige (Johnsson m. fl., 2008). För höstvetete, där förbud mot höstgödsling infördes för lätta jordar 2010, kan man i statistiken se minskad areal av höstgödsling till just höstvetete och höstråg i Skåne, efter detta, se regeln om stängda perioder (4.3).



Figur 3. Andel av den totala åkerarealen som stallgödslades och hur stor del av den stallgödslade arealen som gödslades under vår och sommar. Andelen av den totala åkerarealen som gödslades på vår/sommar respektive höst blir vid summering större än andelen åkerareal som stallgödslades vilket bör bero på att gödsel spreds både höst och vår på en del av arealen (SCB, 2014).

Förändrad stallgödselhantering på gårdar med Greppa-rådgivning

På de gårdar som ingår i Greppa näringen har man under perioden 2001-2013 dokumenterat minskade överskott i kvävebalanserna (Nilsson & Olofsson, 2015), -13% på grisgårdar och -6% på mjölkgårdar, vilket tyder på att gårdens resurser utnyttjas bättre. När det gäller fördelning av stallgödsel under året konstaterar man att vår/sommarspriden andel ökat för alla gödselslag (+4% för flytgödsel, +6% för fastgödsel, +10% för djupströgödsel).

4.3 Stängda tidsperioder och perioder med begränsning för spridning av gödselmedel

Beskrivning av regeln

Regeln, som gäller i känsliga områden enligt Nitratdirektivet, ska hindra spridning av organisk gödsel och mineralgödsel under perioder när risken för läckage är som störst, dvs under höst och vinter. Denna hindrande regel förstärker regeln om lagringskapacitet för stallgödsel som möjliggör att undvika dessa olämpliga tidsperioder genom att gödseln kan hållas kvar i lager. Exakt utformning av de stängda perioderna har förändrats över tiden. Från och med 2010 råder nu totalt förbud mot spridning av alla gödselmedel under perioden 1 nov-28 februari för hela det känsliga området. Utanför känsliga områden finns idag inget totalförbud mot gödselspridning, men en regel som säger att om gödsel sprids på obevuxen mark under 1 december-28 februari så måste den myllas inom 12 timmar (avsnitt 4.4). Detta är en regel som fanns innan Nitratdirektivet infördes.

Regeln innehåller flera geografiskt specifika villkor, men också villkor som gäller särskilda gödselslag, myllningskrav, grödor och jordarter. En del har tillkommit för att påverka beteenden, eller för att styra bort från beteenden som man inte kommit åt genom rådgivning. Ett sådant exempel är förbudet mot flytgödseltillförsel inför sådd av höstvetete på jordar med låg lerhalt som infördes 2011, efter det att man avvaktat med denna typ av specifika regler (Jordbruksverket, 2003). I Skåne, Blekinge och Halland råder förbud mot spridning av stallgödsel (allt utom fasta gödselslag) under 1 augusti-31 oktober, såvida det inte sker på en växande gröda eller inför sådd av höstoljeväxter. Spridning inför höstsädd är endast tillåtet på jordar med lerhalt över 15%. I regeln "Begränsning av mängden tillfört kväve med organiska gödselmedel" (avsnitt 4.6) anges max-givor vid gödsling av höstgrödor.

För fasta gödselslag (utom fjäderfägödsel) är spridning tillåtet under augusti-oktober även på obevuxen mark förutsatt att gödseln myllas inom 4 timmar, och här kommer regeln under avsnitt 4.4.

Åtgärder

Regeln gäller känsliga områden:

- Ingen spridning av organiska gödselslag eller mineralgödsel under perioden 1 nov- 28 feb
- Flytgödselspridning under 1 aug- 31 okt (3 län) endast till bevuxen mark eller inför höstgrödor
- Ingen flytgödselspridning under 1 aug-31 okt (3 län) till höstvetete på jordar med lerhalt under 15%

Referenstillstånd

Referenstillstånden till de olika förbuden blir situationer med stallgödselspridning under förbudsperioden, kopplat till följande frågor:

1. Vad händer om man sprider under höstförhållanden efter förbudsdatum?
2. Vad händer om man gödslar till höstgrödor som inte har ett betydande kväveupptag?
3. Vad händer om man sprider gödsel under vintern?

Effekt på kväveläckaget och fosforförluster

Det är svårt att värdera hur spridning i en gradvis övergång från höst till vinter påverkar utlakningsrisken. Det sker ingen dramatisk förändring i övergången mellan öppen och stängd period, och sammanfattningsvis visar försök att utökning av den stängda perioden en månad (1 nov istället för

1 dec), vilket gjordes 2010, inte verkade innebära någon större minskning av läckagerisken för kväve. Gödselspridning på obevuxen mark under hösten, oavsett när det sker, ökar läckaget relativt konsekvent, och det gör också spridning till svagväxande höstgrödor. Försöksresultat från Halland visade lika stor läckagerisk för kväve efter spridning på bar mark i september som i november (tabell 5). Båda höstspridningstillfällena gav ökat kväveläckage motsvarande en faktor 1,5 jämfört med vårspriden stallgödsel (tabell 4 och 5). Att sprida gödsel till höstvetet på lätta jordar leder sannolikt till en liknande effekt eftersom den läckagereducerande effekten av höstvetet är marginell vid normal såtidpunkt (se under regeln "Höst- eller vinterbevuxen mark, avsnitt 4.5). Regeln om max-givor för kväve (avsnitt 4.6) till höstgrödor samverkar också för att begränsa gödselspridningen på hösten.

För vall har man undersökt vad spridning i november kan betyda istället för i september och resultaten visar att novemberspridning ökade läckaget av kväve något, men marginellt i absoluta tal räknat (tabell 5). Det var tre studier som gjordes i samband med att starttid för stängd period i känsliga områden ändrades 2010, från 1 december till 1 november. Dessa studier genomfördes på mojord i Halland samt lättlera i Västergötland. I en av studierna i Halland användes nötfastgödsel, i övriga nötflytgödsel. I de fall läckaget ökade efter novemberspridning handlade det endast om 1-2 kg/ha. Att gödselkvävet ligger kvar i ammoniumform utan att omvandlas till utlakningsbart nitrat, genom att marken är kall, var en möjlig förklaring till litet läckage efter novemberspridning, eftersom grödans upptag troligen är litet.

Hur risken ökar vid ännu senare spridning än i november är inte så väl undersökt, men studier har visat på ökade näringsförluster genom ytavrinning efter spridning på lutande mark och under vattenmättade förhållanden (Barbro Ulén, muntl.). Ju längre in på vintersäsongen man kommer desto större är i regel flödena genom marken och också risken för ytavrinning i samband med frusen eller vattenmättad mark eller vid snösmältning. Problemen förstärks då marken lutar. Därmed träder andra flödesvägar i kraft, som också särskilt förknippas med förluster av löst och partikelbunden fosfor. Då stallgödsel läggs på ytan under sådana förhållanden uppstår en uppenbar risk, och här finns också särskilda förbudsregler, se "Försiktighetsmått vid spridning....", avsnitt 4.8

Tabell 5. Jämförelse av kväveutlakning efter spridning av flytgödsel till vall eller obevuxen mark i november jämfört med i september-oktober i utlakningsförsök i Halland och Västergötland. Hel giva av flytgödsel motsvarade ca 70 kg ammoniumkväve i Halland och 45-60 kg/ha i Västergötland. På vallarna användes nötflyt-, respektive nötfastgödsel, i övrigt svinflytgödsel

		Relativ effekt av spridning i november jämfört med i september	Absolut effekt	Referens
Referens: september (oktober för fastgödsel)		1		
KVÄVE				
	Mojord, Halland			
Obevuxet, flytgödsel	1983-1988	1	0 kg/ha	Torstensson m.fl. (1992)
Obevuxet, fastgödsel	2009-2013	0,9	-4 kg/ha	Torstensson & Aronsson (2015)
Blandvall, flytgödsel	2009-2011	1	0 kg/ha	Torstensson m.fl. (2012)
	Lättlera Västergötland			
Blandvall, flytgödsel	2009-2011	1,1	+2 kg/ha	Delin m.fl. (2013)
Gräsvall, flytgödsel	2009-2011	1,1	+ 1 kg/ha	

Effekten av stängd period 1 nov-28 feb kompletteras med andra regler som kan vara viktigare

Enligt försöksresultaten med spridning av gödsel i september respektive november verkar en viktig åtgärd vara att inte sprida gödsel på hösten över huvudtaget, snarare än att undvika sen höst. Detta framhölls i en Jordbruksverkets förslag till åtgärder inom Nitratdirektivet (Jordbruksverket, 2003), där man bland annat hade svårt att motivera spridningsförbud under senhöst och vinter för t ex fasta gödselslag. Därmed har andra regler (lagringskapacitet) och rådgivning som styr över höstspridning mot

vår- och sommarspridning kanske minst lika stor betydelse för minskad miljöpåverkan än ett generellt förbud under november till februari. Dessutom finns flera regler som specifikt inriktar sig på att begränsa eller förbjuda gödsling till höstgrödor, inom denna regel och i regeln för maxgiva för kväve (avsnitt 4.6), som potentiellt kan ha en stor effekt.

Gödsling till höstvetete enligt gödslingsstatistiken

Om man tittar på SCB:s statistik för stallgödseltillförsel på höstvetete på hösten framgår det att under 1995 och 2005 höstgödslades med stallgödsel på ca 80% av den höstveteteareal som fick stallgödsel (Johnsson m.fl. 2008). I Skåne hade den siffran sjunkit till 35% under 2013 (Johnsson m.fl., 2016), vilket tyder på att regeln med förbud på lätta jordar som infördes 2010 kan ha haft effekt. Dessutom visade scenarieberäkningar att en förflyttning från höstspridning av stallgödsel till höstsäd till vårspridning har stor potential att minska läckaget i de områden som berörs av förbudet (Johnsson & Mårtensson, 2006).

4.4 Tillvägagångssätt vid stallgödselspridning (myllning m.m.)

Beskrivning av regeln

Detta är en regel som har flera syften. I känsliga områden, med krav på snabb nedmyllning sedan 1996, är syftet, förutom minskat kvävenedfall, främst att minska försurning och att öka kväveutnyttjandet hos stallgödseln. I övriga landet, där myllningskrav gäller inom 12 timmar vid vinterspridning, är huvudsyftet att minska risken för avrinning av gödsel på ytan. Där blir också regeln ett praktiskt hinder för att sprida gödsel på väldigt blöt, snötäckt eller frusen mark, vilket också är ett syfte. Därigenom utvidgar myllningskravet indirekt förbudet som finns för känsliga områden (avsnitt 4.8) till att i praktiken gälla all åkermark.

I Sverige pågick redan innan EU-inträdet och införandet av Nitratdirektivet ett arbete för att minska källorna till försurande utsläpp. Det innebar bland annat att krav på minskad ammoniakavgång från stallgödselhantering ställdes. Att minska ammoniakavgången från gödsellager och vid spridning av stallgödsel har också blivit en angelägen fråga för rådgivning på gårdar med flytgödselsystem, där minskade förluster direkt kan öka kväveeffektiviteten. Regeln kring myllningskrav i samband med stallgödselspridning täcker delvis hela landet, men särskilda krav ställs i de tre sydliga länen Blekinge, Skåne och Halland.

Sammantaget gäller att då organiska gödselmedel sprids på obevuxen mark under hösten eller vintern, så ska de nedbrukas. Utanför känsliga områden, där inget direkt förbud gäller för gödselspridning under vintern, måste myllning ske inom 12 timmar då gödsel sprids under perioden 1 december-28 februari. Då stallgödsel sprids på obevuxen mark i Skåne, Blekinge och Halland måste den nedbrukas inom 4 timmar. Mineralgödsel med innehåll av urea alltid brukas ned inom 4 timmar. I regeln för lagring av stallgödsel (avsnitt 4.2) finns också krav på fyllnings- och lagringsteknik för att minska ammoniakavgång från lager av flytgödsel.

För Skåne Halland och Blekinge gäller också särskilda krav på åtgärder vid spridning av flytgödsel i växande gröda för att öka gödselns markkontakt. Sådana åtgärder är bandspridningsteknik, myllningsaggregat, spädning av gödseln eller efterbevattning.

Åtgärder

- Myllning av gödsel vid spridning på obevuxen mark (4 eller 12 timmar)
- Ökad markkontakt vid spridning av flytgödsel i växande gröda
- Ej spridning på frusen, snötäckt eller vattenmättad mark (indirekt effekt av myllningskrav)

Referenstillstånd

Referenstillstånden för åtgärderna blir helt enkelt att inte vidta någon åtgärd för att minska ammoniakavgången. Här jämförs myllning med spridning utan myllning för respektive spridningsteknik på bar mark eller på växande gröda.

Effekt på kväveläckage och kväveförluster till luft

Åtgärdernas effekt på läckage av kväve till vattenmiljön är begränsade. Vid närhet till öppet vatten kan minskad ammoniakavgång betyda minskat nedfall av kväve på vattenytor. Myllning minskar inte i sig kväveläckaget från åkern, utom då det finns risk för ytavrinning efter spridning. Läckaget genom markprofilen kan snarare riskera att öka, t ex i samband med spridning till obevuxen mark eftersom mer gödselkväve blir kvar i marken och där kan utsättas för utlakning. Det gäller särskilt vid spridning tidigt på hösten där myllning inom 4 timmar kan minska ammoniakavgången från motsvarande 40-70% av ammoniumkvävet i gödseln till 10-20%, tabell 6. För att regeln inte ska öka risken för läckage i samband med höstspridning av flytgödsel krävs en medvetenhet hos lantbrukaren om hur gödseln kväveinnehåll ökar för att anpassa givorna efter detta. Därför har denna regel en stark koppling till rådgivning och kompetenshöjning. Vid spridning på hösten kan det dock vara svårt att utnyttja kvävet, och då har försök visat att spridning under förhållanden med stor ammoniakförlust minskat läckaget. Värdena i tabell 6 gäller flytgödsel och är hämtade i tabellunderlaget för Jordbruksverkets rådgivningsprogram Vera.

Effekten av myllning på kväveförlusterna till luften består av att man snabbt skapar markkontakt för gödseln och därigenom hindrar avgång till luften av ammoniumkvävet i gödseln. För flytande gödselslag är det relativt lätt att begränsa avgången under själva lagringen (styrts delvis av regler för lagring, avsnitt 4.2), men genom att gödseln har relativt högt pH och innehåller en stor del av kvävet i ammoniumform är risken stor för förluster när gödseln får kontakt med luft. Därför är så snabb myllning som möjligt en viktig åtgärd, särskilt när gödselspridning görs när luften är varm, och vid blåst. Effekten av myllning är absolut störst under de första timmarna efter spridning och avtar sedan. Bandspridningsteknik minskar luftexponeringen jämfört med bredspridning, vilket minskar förlusterna. Myllning på bar mark innebär ofta någon form av harvning. Myllning i växande gröda, t ex vall kan göras med t ex V-formade diskar, vilket kräver mer arbete än harvning.

Tabell 6. Andel av ammoniumkvävet i flytgödsel som förloras efter spridning på bar mark utan respektive med myllning vid olika tidpunkter, samt efter spridning i växande gröda på försommaren. Värdena kommer från tabellunderlag till Jordbruksverkets rådgivningsprogram Vera. De grundas på mätresultat och på interpoleringar mellan mätvärden

	Ej myllat	Myllat efter 1h	Myllat efter 4 h	Myllat efter 12 h
Bar mark				
Bredspridning vårbruk	0,2	0,1	0,15	0,2
Bandspridning vårbruk	0,15	0,05	0,08	0,1
Bredspridning tidig höst	0,7	0,05	0,18	0,3
Bandspridning tidig höst	0,4	0,03	0,09	0,15
Bredspridning sen höst	0,3	0,05	0,08	0,1
Bandspridning sen höst	0,15	0,03	0,04	0,05
	Ej myllat	Myllnings- aggregat		
Vall				
Bredspridning försommar	0,7			
Bandspridning försommar	0,5			
Myllning försommar		0,15		
Stråsäd				
Bredspridning försommar	0,7			
Bandspridning försommar	0,07			
Myllning försommar		0,04		

Effekt på ytavrinning och fosforförluster på ytan och genom läckage

Myllning av stallgödsel kan också minska risken för ytavrinning av gödsel. Särskilt för fosforförluster har myllning visat sig vara en viktig åtgärd både för stall- och handelsgödsel. Myllning leder till effektivare markkontakt och inbindning av fosfor i jorden, vilket inte bara minskar ytförluster utan också läckage genom markprofilen. Därmed har regeln fått en effekt som inte specifikt fanns med i motiveringen då den infördes. Myllning när gödsel sprids på obevuxen mark under höst och vinter har i flera studier visat stor effekt på riskjordar för fosforförluster, tabell 7. På jordar utan risk är effekten liten eller obetydlig, t ex sandjorden i studien av Liu m.fl. (2012). Det var en jord med jämn infiltration av vatten i kombination med en mycket god fosforbindande förmåga vilket skyddade mot läckage även utan myllning. På jordar med ytavrinningsproblem har man i amerikanska och finska studier fått mycket goda resultat av myllning för minskade ytförluster av fosfor. För fosforförluster är inte en snabb nedbrukning avgörande för resultatet, såvida inte det kommer kraftig strax efter gödselspridningen.

Tabell 7. Relativ jämförelse av utlakning eller ytavrinning av löst fosfor efter nedmyllning av gödsel i relation till spridning på ytan utan nedbrukning.

Relativ effekt av förlust: nedbrukning/ytspridning		Kommentar	Referens	
Referens: spridd på ytan		1		
FOSFOR				
Svinflytgödsel	Mellanlera	0,36	Matjordslysimetrar, Sverige	Liu m.fl. (2012)
Svinflytgödsel	Sandjord	1	Matjordslysimetrar, Sverige	Liu m.fl. (2012)
Mineralgödsel	Lera	0,8	Långa lysimetrar, Sverige	Djodjic m.fl. (2002)
Svinflytgödsel	Lättleror	0,01-0,1	Ytavrinning, USA	Kleinman m.fl. (2002)
Nötflytgödsel	Lera	0,14	Ytavrinning, Finland	Uusi-K & Heinonen-T. (2008)

Rådgivningens och regelverkets betydelse för minskad ammoniakavgång

Rådgivningen har varit viktig för att införa åtgärder för minskad ammoniakavgång. Det finns ett viktigt ekonomiskt incitament och åtgärder kan minska behovet av att köpa in handelsgödselkväve. På både mjölk- och grisgårdar inom Greppa näringen har mängden inköpt handelsgödsel minskat, vilket enligt en utvärdering (Nilsson & Olofsson, 2015) beror på bl. a. bättre stallgödselhantering, där minskad ammoniakavgång är en faktor. För perioden 2001-2013 beräknade man att mjölkgårdarna inom Greppa näringen minskat sin ammoniakavgång med 2% (0,8 kg N/ha) till följd av större andel flytgödsel, mindre höstspridning, större andel bandspridning och snabbare myllning. På grisgårdarna har ammoniakavgången minskat med 7% (2,2 kg N/ha), men det beror främst på minskad djurtäthet. Samtidigt har andelen gödselspridning i växande grödor, t ex vall, ökat något på alla gårdstyper, vilket förtar en del av minskningseffekten genom att det är svårare att få gödseln att tränga ned i jorden när man har ett kraftigt växttäck. På köttgårdar har detta tillsammans med ökad djurtäthet lett till ökad ammoniakavgång med 3,6 kg/ha på Greppa-gårdar.

4.5 Höst- eller vinterbevuxen mark

Beskrivning av regeln

Regeln att hålla marken bevuxen under höst eller vinter infördes 1992 efter det att studier i bl. a. Sverige och Danmark hade visat att vegetationstäckning på marken under hösten har stor betydelse för att minska kväveläckaget. Det gäller särskilt i vår typ av klimat där grödorna ofta skördas under augusti, utan att följas direkt av en ny gröda, och där höstvädet är mildt och blött. Regeln gäller i två områden i Götaland, med krav på 60% bevuxet i de södra kustlänen och 50% i övriga.

Bevuxen mark kan bestå av ordinarie gröda som skördas sent (betor), som sås under hösten eller som är flerårig. Det kan också vara mark med fånggrödor som odlas mellan huvudgrödorna. Som bevuxen mark, räknas också obearbetad stubb efter stråsäd och oljeväxter. Orsaken till det sistnämnda är att

försök hade visat att jordbearbetning tidigt på hösten ökar kväveminaliseringen och därmed också läckagerisken. Att först plöja och harva jorden i augusti eller september för att sedan så en höstgröda innebär därför en kombination av effekter som inte säkert leder till ett minskat läckage. Av den anledningen blev också obearbetad stubb godkänt som s.k. vintergrön mark från och med 1996, efter en särskild översyn av bestämmelserna.

Som vintergrön mark räknas: vall, höstoljeväxter, höstsäd, sockerbetor, rotfrukter, frukt och bär (perenna), energiskog, fånggrödor samt stubb efter stråsåd och oljeväxter. Regeln innehåller olika villkor beroende på när grödan sås. Grödor eller fånggrödor som sås före 1 augusti, samt obearbetad stubb, kan brytas genom jordbearbetning efter 10 eller 20 oktober (olika områden). Grödor som sås först i oktober, samt grödor med mer än 25% baljväxter, måste vara kvar över vintern.

Åtgärder

- Obearbetad stubb fram till 10 eller 20 oktober
- Insådd eller eftersådd fånggröda
- Ordinarie gröda som uppfyller villkoren, t ex höstgröda

Regeln är tvingande på det viset att delar av den mark som annars skulle bearbetats under tidig höst för att sedan ligga bar, måste behandlas annorlunda. Hur mycket förändring regeln tvingar till beror på hur den ordinarie växtföljden ser ut. På gårdar med stor andel höstgrödor eller vallodling kan kraven uppfyllas utan att åtgärd behöver vidtas, medan regeln kan få betydelse på åtgärder på gårdar med mycket vårsädesgrödor och lite vall.

Referenstillstånd

Referenstillståndet är när marken jordbearbetas relativt snart efter skörd av en stråsådesgröda i augusti-september. Stråsåd är den vanligaste typen av ettårig gröda i svenskt jordbruk, och det var just bar och bearbetad mark under hösten som man ville komma ifrån när regeln infördes. Detta är en typ av referens som ofta används som kontroll i studier av kväveutlakning. Dock befann sig förstås inte all mark i detta tillstånd då regeln infördes.

Effekt av höstvegetation på kväveläckaget

Höstvegetationens betydelse för kväveläckaget var en viktig fråga i de svenska utlakningsförsöken och andra försök i början av 90-talet, där bland annat olika typer av höstgrödor, fånggrödor och perenna grödor studerades för att ge värden för nordiska förhållanden. Jordbruksverket var en viktig finansiär och uppdragsgivare. Resultaten visar tydligt att höstbevuxen mark minskar kväveläckaget, men att det varierar kraftigt beroende på vad som växer, och när det sås. Jordarten har också betydelse, och effekten av att undvika tidig höstbearbetning och att hålla marken bevuxen är störst på jordar med låg lerhalt.

Bland jordbruksgrödorna är vall, vallinsådder och insådda gräsfånggrödor den mest robusta och effektiva formen av vinterbevuxen mark (Aronsson m.fl., 2016). De har ett välutvecklat rotsystem redan i början av hösten som kan ta upp kväve. Höstsäd som sås efter jordbearbetning reducerar kväveläckaget endast om den sås riktigt tidigt (minst två veckor tidigare än vad som är brukligt), för att få ett upptag som kan kompensera för den ökade kvävefrigörelse som orsakas av såbäddsberedningen (Lindén m.fl., 2000). Höstoljeväxter har stor potential att växa, och minskar läckaget genom sitt upptag, trots att de gödslas på hösten. Gödslingen gör dock att läckaget kan bli stort om etableringen misslyckas.

Baserat på de svenska utlakningsförsöken i Skåne, Halland och Västergötland kan effekten av olika typer av höst- eller vinterbevuxen mark i jämförelse med mark som bearbetas på hösten grovt sammanställas enligt tabell 8, där referenstillståndet sätts till 1 och övriga i relation till detta.

Tabell 8. Relativ utlakning av kväve från olika typer av höst- och vinterbevuxen mark i förhållande till referenstillståndet ”jordbearbetning i augusti-september efter stråsäd”

Höstvegetation	Relativ kväveutlakning	Litteratur-referens
Stråsäd med plöjning efter skörd, ingen höstgröda	1	1, 3, 9
Stubb lämnas obearbetad fram till sen höst	0,9	1, 2, 3
Stubb lämnas obearbetad över vintern	0,75	3
Höstsäd	0,9-1	1, 2, 4
Höstoljeväxt	0,6-0,9	2, 5
Insådd fånggröda eller vallinsådd	0,4-0,5	2, 6, 7, 12
Insådd fånggröda, höstplöjd	0,5-0,7	2, 9
Eftersådd fånggröda	0,6-1	10, 11
Vall	0,4-0,5	6, 7, 8
Socketbetor	0,75-1	2

1)Aronsson & Stenberg (2010), 2)Aronsson & Torstensson (2003), 3) Stenberg m.fl. (1999), 4) Lindén m.fl. (2000), 5) Engström m.fl. (2011), 6) Torstensson (2003a), 7) Torstensson & Magnusson (2001), 8) Torstensson (2003b) 9) Aronsson m.fl. (2003), 10) Torstensson m.fl. (2011a), 11) Torstensson m.fl. (2011b), 12) Hessel Tjell m.fl.(1999)

Effekt av höstvegetation på fosforläckaget

Regeln om höst- eller vinterbevuxen mark gäller minskat kväveläckage. Försöksresultat antyder att den sammantaget inte har någon effekt på fosforförluster. Mark som är bevuxen eller obearbetad kan visserligen skydda för erosion, men regeln för vinterbevuxen mark säkerställer inte automatiskt att marken är bevuxen hela vintern, och höstsådder är inte så effektiva för erosionsskydd. Växtupptaget av fosfor under hösten minskar inte läckaget, och fånggrödor har dessutom i några studier indikerat att fosforläckaget kan öka genom utfrysning av löst fosfor ur växtmaterial under vintern (Liu m.fl., 2014).

Regelns effekt i förhållande till andra faktorer påverkan

Villkoren för regeln uppfylls mer än väl sedan lång tid tillbaka, idag till 75% (tabell 9). Om denna regel haft betydelse annat än under de första åren är tveksamt enligt Jorbruksverket (Andersson m.fl., 2010). Det verkar snarare vara andra faktorer som påverkar förekomst och sammansättning av den höst- och vinterbevuxna marken. För att minska spannmålsproduktionen infördes ersättningar i slutet av 1980-talet som ledde till ökad andel vall och träda. Efter EU-inträdet 1995 ökade trädesarealerna ytterligare genom krav på att träda areal för att minska jordbruksproduktionen. De förekom först som stubbträda och sedan också som flerårig grönträda fram till 2008 då krav på träda försvann, och trädesarealen minskade. Under 2001 infördes stöden för fånggröda och vårbearbetning, vilket ledde till kraftig ökning av fånggrödearealen under ca ett decennium, vilket påverkade den vintergröna markens sammansättning. Under 2013 har andelen fånggröda minskat, delvis som en följd av att miljöersättningen för fånggröda uteblev ett par år då beslut för landsbygdsprogrammet blev försenat. Under 2016 har miljöersättningen åter varit öppen för anslutning och arealen med fånggröda har ökat.

Sammansättningen av den vintergröna marken påverkar effekten. Den vintergröna marken utgörs till största delen av vall och höstspannmål, där vallen har stor effekt på läckaget och höstsåden endast marginell effekt. Om höstspannmålen ökar på bekostnad av vallen, till följd av ökad efterfrågan, kommer det att påverka effekten av åtgärden. Likaså kan en övergång till större andel majs på bekostnad av vall leda till mindre andel av en väldigt effektiv form av vintergrön mark, och därmed större läckage. Detta skulle också vara händelser som inte påverkas av om regeln finns eller inte. Höstoljeväxter och sockerbetor är små grödor och bedöms ligga relativt konstant. Hittills har vallandelen legat ganska konstant på ca 50% av den vintergröna marken. Med 2013 års sammansättning av vintergrön mark (tabell 9) skulle man hamna på en sammanvägd faktor 0,6 för relativ utlakning (i jämförelse med jordbearbetning i augusti-september efter stråsäd). Om man jämför med 2005 då både andelen träda och andelen fånggröda var betydligt större än 2013 hamnar ändå den sammanvägda faktorn på samma nivå (med antagandet att hälften av trädan var grönträda).

Tabell 9. Andel grön mark av total åkerareal i Götaland med fördelning på olika grödgrupper. Allt utom sista året är hämtat från utredningen "Förslag till handlingsprogram för minskade växtnäringsförluster och växthusgasutsläpp till 2016" (Andersson m.fl., 2010). Sista året från Johnsson m.fl. (2016)

	Grön mark%	Andel av grön mark, procent						
		höstsäd	Höstoljeväxter	Vall	Socketorbetor	Träda	Fånggröda	Obearbetad stubb
1985	46	23	7	62	6	2	0	
1995	69	23	5	53	5	14	0	
2005	80	21	3	45	4	14	13	
2008	75	23	5	53	3	6	10	
2013	75 (70*)	19	6	53	3	4	8	7

*) Om inte obearbetad stubb räknas in

4.6 Begränsning av mängden tillfört kväve med organiska gödselmedel

Beskrivning av regeln

Regeln gäller för känsliga områden enligt Nitratdirektivet, och begränsar den maximalt tillåtna mängden kväve som årligen får tillföras med organiska gödselmedel till 170 kg/ha i form av totalkväve. Detta är en regel som gäller generellt inom EU och som alltså begränsar givorna av organiska gödselmedel, men inte av mineralgödsel. Därför innebär regeln främst en begränsning av tillförseln av organiskt bundet kväve. I Sverige begränsades redan innan tillförseln av organiska gödselmedel till åkermark i hela landet genom att reglera den maximala tillåtna mängden tillförd fosfor (avsnitt 4.1), men 2010 kompletterades detta med regeln om 170 kg N/ha och år i känsliga områden.

Regeln har kompletterats med ett tillägg som gäller höstgödning till höstgrödor, där höstsäd får tillföras högst 40 kg NH₄-N/ha och höstoljeväxter högst 60 kg/ha. Dessutom begränsas gödningen av höstvetete ytterligare genom förbud inom regeln för stängda perioder för lätta jordar i Blekinge, Skåne och Halland (avsnitt 4.3).

Åtgärder

- Att inte sprida mer än 170 kg totalkväve/ha och år med organiska gödselmedel (känsliga områden)
- Att höstgödsla högst motsvarande 40 kg NH₄-N/ha till höstvetete och 60 kg NH₄-N/ha till höstoljeväxter (Skåne, Blekinge, Halland)

Referensvärde

Det referenstillstånd som används här är att se vad gränsen för maxgivor av stallgödsel kan betyda i förhållande till grödors behov, för att se hur stor risk för överdosering som föreligger då man ligger på eller över maxgivan (se även avsnitt 4.7).

Effekt

En maximalt tillåten årlig giva om 170 kg totalkväve/ha motsvarar knappt 80 kg kväve i direktverkande form om man räknar med en ammoniumkväveandel på 45% (svensk medelgödsel 2013, enligt SCB) och följaktligen 90 kg kväve i organisk form. För de flesta grödor innebär en giva av denna storlek ingen risk för överdosering av direktverkande kväve, såvida gödseln tillförs vid lämplig tidpunkt. När det gäller den organiska delen av gödseln sker alltid en ökning av kvävemineriseringen som ger tillskott till grödan, men också ett visst ökat läckagestryck. Det beror inte bara på årets giva, utan även på långsiktiga effekter av stallgödseln (Aronsson & Torstensson, 2009). För givor av ammoniumrika gödselslag (70% ammonium) som är större än maxgivan börjar man överskrida behovet för exempelvis vårsädesgrödor, medan det kan finnas vissa marginaler för t ex höstvetete och oljeväxter. I och med att det finns en osäkerhet om stallgödselns exakta innehåll av

ammoniumkväve i lagret och efter spridning, samt om effekten av gödselns organiska del är det svårt att dosera exakt i praktiken. Därför finns det en logik i att undvika risken för överdosering genom denna maxnivå. Emellertid finns det ett flertal regler (behovsberäkning 4.7, lagringskapacitet 4.2, stängda tidsperioder 4.3) som ställer tydligare och mer specifika krav och som gör att effekten av denna åtgärd troligen är marginell för kväveläckaget. Däremot samverkar den med regeln om maxgiva för fosfor (4.1). I och med att regeln för maxgiva av kväve gäller varje år medan den för fosfor för ett femårsmedel så bör regeln betyda att riktigt stora årliga givor av fosfor hindras genom begränsning genom kväveregeln i nitratkänsliga områden.

Begränsningen av höstgödslingen är däremot ett mer aktivt medel som motverkar risk för överdosering, i alla fall till höstoljeväxter, som har ett gödslingsbehov på omkring 60 kg N/ha. I en studie med 60 kg N/ha (mineralgödsel) till höstraps på hösten (Engström m.fl., 2011) var exempelvis läckaget, trots höstgivan, lågt i förhållande till från mark utan höstgröda. Det har också bekräftats vid höstgivor till höstraps på 30-40 kg N/ha av (Aronsson & Torstensson, 2003).

Regeln ger däremot ingen garanti att helt hindra risken för överdosering, och gödsling till höstsäd på hösten över huvudtaget kan ifrågasättas. Höstsädens upptag är relativt begränsat under hösten vid normal såtidpunkt och behovet (ca 20 kg N/ha) tillgodoses i stort sett alltid av markens kvävemineralisering. Enligt gödslingsrekommendationerna har höstsäden inget gödslingsbehov på hösten. Redan maxgivan om 40 kg N/ha innebär en överdosering och risk för ökat läckage. I utlakningsmodellen i rådgivningsverktyget VERA (Aronsson & Torstensson, 2004) delas effekten på läckaget upp i olika odlingsfaktorer och resultaten för höstvetete och höstraps med maxgivor i en beräkning med VERA för en lättlera i Skåne blir enligt följande om man jämför med ett referenstillstånd som motsvarar stråsåd med jordbearbetning i oktober (tabell 10). Vid tidigarelagd sådd av höstvetete kan upptaget uppgå till 40 kg N/ha (inkl. rötternas innehåll), och grödans effekt på läckaget skulle då ökas till det dubbla, vilket skulle minska risken för ökat läckage till följd av gödselspridning men då kan man samtidigt riskera problem med sjukdomstryck och övervintring, vilket begränsar tidigarelagd sådd som metod för att minska läckagerisken.

Tabell 10. Uppskattning av risken för kväveutlakning vid odling av höstvetete och höstraps med rådgivningsprogrammet VERA (Aronsson & Torstensson, 2004) för en lättlera i Helsingborg

	Utlakning, kg/ha
Vårsäd som följs av jordbearbetning i oktober:	40
Vårsäd följt av jordbearbetning i september och sådd av höstvetete:	
- Effekt av tidigare jordbearbetning	+3
- Effekt av höstgödsling (40 kg N/ha)	+12
- Effekt av höstvetetes upptag	-6
	=49 kg/ha
Vårsäd som följs av jordbearbetning i september och sådd av höstraps:	
- Effekt av tidigare jordbearbetning	+3
- Effekt av höstgödsling (60 kg N/ha)	+17
- Effekt av höstvetetes upptag	-17
	=43 kg/ha

4.7 Behovsanpassad gödsling

Beskrivning av regeln

Regeln, som gäller i känsliga områden enligt Nitratdirektivet, ska skydda från överdosering med kväve genom att lantbrukare gör en kvalificerad bedömning av kvävebehovet och anpassar givan efter den. Regeln är en svensk lösning på det som i flera länder annars uttrycks som regler för största tillåtna givor för olika grödor, och den innebär alltså ett tydligare motiv och ambition att anpassa givan efter grödans behov, för att undvika överdosering. Behovsberäkningen ska dokumenteras i en växtodlingsplan eller

liknande. Regeln tvingar alltså till en behovsberäkning, som ska ge upphov till åtgärd i form av anpassad gödsling. Det är en åtgärd som annars starkt förknippas med rådgivning. Behovsberäkningen ska byggas på förväntad skördenivå, stallgödselns långtidseffekt, förfruktseffekt, tillförsel av organiska gödselmedel och jordart (mulljord). Som grund i för en grödas kvävebehov ska Jordbruksverkets råd för gödsling och kalkning användas.

Åtgärd

I känsliga områden:

Anpassad kvävegödsling enligt behovsberäkning

Det är omöjligt att förutspå det exakta kvävebehovet eftersom man aldrig kan vara helt säker på väderförutsättningarna och avkastningspotentialen. Om man verkligen lyckats anpassa gödslingen vet man först efter det att man sett hur stor skörden blev. Det handlar också om med vilken upplösning man gör anpassningen. Med en jämn giva över ett fält med varierande förhållanden kan man utgå ifrån att vissa delar av fältet riskerar att få för hög giva i förhållande till skördepotentialen, medan andra skulle kunnat svara med högre skörd vid en högre giva. Olika precisionsodlingstekniker kan användas för att anpassa gödsling efter fältens variationer och under odlingssäsongen.

Oavsett om man gödslar jämnt över ett fält eller använder precisionsodlingsteknik gäller det att ligga på en anpassad grundgiva, och det är detta som är syftet med regeln. Hänsyn ska tas till den förväntade skördenivån, effekten av organiska gödselmedel och odlingshistorien. Rent praktiskt kan det handla om att analysera stallgödseln för att bättre ta hänsyn till näringsvärdet och att göra realistiska skördebedömningar.

Referenstillstånd

Referenstillståndet representerar det vi vill undvika med regeln, dvs överdosering till följd av att man ej tagit hänsyn till relevant och tillgänglig information. Vi har inte satt en specifik överdosering som ett worst-case-referenstillstånd för denna åtgärd, utan redovisar istället den kunskap som finns om överdoseringens effekter på kväveutlakningen.

En viss överdosering kan ibland ske medvetet, för att säkerställa skörde kvalitet. Höstvetete är en gröda där en bra bedömning av kvävebehovet är viktigt för att kunna säkerställa en bra grödkvalitet (hög proteinhalt). I en genomgång av 14 000 fält i början av 2000-talet undersökte man förhållande mellan skörd och kvävegiva och det konstaterades att höstvetete generellt överdoseras med 30 kg kväve/ha i förhållande till Jordbruksverkets råd (Stenberg m.fl., 2005). Denna typ av överdosering är emellertid inte det som regeln i första hand riktas in på, utan den överdosering som uppstår genom att tillgänglig information om andra kvävekällor inte beaktas. Därmed ligger regeln väldigt nära det beteende som man också vill åstadkomma genom rådgivning.

Effekt på kväve- och fosforläckage

Sambandet mellan överdosering och ökad kväveutlakning är tämligen väl dokumenterat både i Sverige (Bergström & Brink, 1986; Aronsson & Stenberg, 2010), och andra nordeuropeiska länder (Simmelsgaard & Djurhuus, 1998). Det finns ett samband mellan kvävegiva och kväveutlakning men svenska försök i stråsäd har visat att det är först över ekonomiskt optimum som den ökar markant (Delin och Stenberg, 2012). Effekten ökar ickelinjärt med ökande överdosering, men kurvans form och utlakningsnivån beror av bland annat av klimat- och jordartsförhållanden. Effekten är större på jordar med låg lerhalt än på lerjordar. I studien av Delin på två typer av jordar fann man att 0,1 respektive 0,4 kg kväve per kg gödselkväve utlakades då gödslingen översteg ekonomiskt optimum med 25 respektive 60 kg N/ha. Liknande resultat fann man i en utvärdering av gödslingsförsök med modellberäkning av kväveläckaget (Johnsson m.fl., 2006). Effekten var störst på lätt jord. Det stämmer bra med studier både i Sverige och internationellt, där man ofta finner intervall på 10-50% för andel av överdoserat kväve som utlakas. Det är också detta intervall som används i rådgivningsprogrammet Vera (Aronsson & Torstensson, 2004) som schablonvärden för hur ett överskott av kväve i marken på hösten, te x till följd

av överdosering, påverkar risken för kväveutlakning i olika regioner och jordar. En överdosering med 30 kg N/ha skulle således kunna ge en ökad utlakning med 3 kg på en jord med höghalt i östra Sverige, men med 15 kg på en sandjord i sydvästra Sverige.

Om marken är bevuxen med t ex en vallinsådd eller fånggröda efter det att huvudgrödan fått överskott av kväve kommer effekten av överdoseringen att mildras eller helt upphöra genom att dessa grödor buffrar överskottet genom ett kväveupptag under hösten.

Effekten på fosforläckaget av att undvika överdosering har inte samma klara samband som för kväve. Ett samband finns, men det ger inte utslag på långt när lika systematiskt som för kväve. För fosfor är det istället en långsiktig överdosering som ger ökad risk för fosforläckage på sikt genom att fosforförrådet i marken ökar. Detta är oftast ett potentiellt problem för gårdar med stallgödsel, och uttrycks främst i regeln ”Begränsning av mängden tillför fosfor med organiska gödselmedel” (4.1).

Erfarenheter från Greppa näringen

Anpassad gödsling är ett av huvudbudskapen inom jordbrukets miljörådgivningen och det är också en åtgärd som man tycker sig se ha fått genomslag. Av lantbrukarna inom Greppa näringen anger 45-71% att de anpassat givorna bättre sedan de gick med i rådgivningen (Nilsson & Olofsson, 2015).

4.8 Försiktighetsmått vid spridning av gödselmedel på sluttande mark, vid närhet till vattendrag samt på vattenmättad, frusen eller snötäckt mark

Beskrivning av reglerna

Dessa regler, som gäller i känsliga områden och för alla typer av gödselmedel, innebär förbud som ska förhindra gödselspridning under konkreta risksituationer. De ingår i riktlinjer för God jordbrukarsed enligt Nitratdirektivet, och för områden utanför känsliga områden utgör detta en del av ”Allmänna råd”. Även om det är förbud mot gödselspridning under november till februari, så kan marken vara snötäckt, vattenmättad eller frusen utanför denna period. Därför skyddar regeln från att det ska kunna ske under sådana förhållanden. Här finns också regeln om krav på myllning vid spridning på obevuxen mark (avsnitt 4.4) som kan förhindra att gödsel sprids på snötäckt, vattenmättade eller frusen mark även utanför känsliga områden. Detta genom att myllning är praktiskt ogenomförbart under sådana förhållanden.

För sluttande mark i anslutning till vattendrag eller sjö gäller förbud mot gödselspridning vid lutning större än 10% för att hindra ytvattenavrinning i samband med kraftiga regn. I regeln anges inte gränsen för vilket avstånd till vattendraget där regeln börjar gälla. Gödsel från betande djur inräknas inte i förbudet. För mark längs vattendrag eller sjö gäller också ett skyddsavstånd på 2 m för gödselspridning (betande djur ej inräknade).

Åtgärder

I känsliga områden:

- Ingen gödselspridning på vattenmättad, frusen eller snötäckt mark
- Ingen gödselspridning inom 2 m från fältkant vid vattendrag eller sjö
- Ingen gödselspridning på fält med mer än 10% lutning mot vattendrag eller sjö

Referenstillstånd

Dessa regler ska alltså förhindra direkta risksituationer som kan uppstå på olika sätt. Referenstillstånden är därför de förhållanden som man vill undvika.

Effekt på kväve- och fosforförluster

Reglerna är tydliga och mer specifika och resultatriktade än t ex stängda perioder som inte garanterar att risksituationer ändå kan uppstå. De har karaktären av olycksfallsförsäkring genom att skydda från en

negativ miljöpåverkan om olyckan i form av slarv eller dåligt väder skulle vara framme. Därför är det svårt också svårt att kvantifiera effekten, eller frekvensen av när de ger utslag.

Om man av någon anledning, t ex på grund av dålig utrustning eller slarv, hade svängt ut över vattendraget hade man garanterat fått en belastning som är lätt att kvantifiera. Att sprida på vattenmättad, frusen eller snötäckt mark innebär en stor risk för förluster till vattenmiljön, t ex genom ytavrinning i samband med snösmältning. Detta är för många jordar det enda tillfälle när man riskerar kraftig ytavrinning, och det finns observationer av ökad belastning under sådana förhållanden (Barbro Ulén, pers. com.). Spridning på vattenmättad mark ger också packningsskador av marken som kan ge skador för både produktion och miljö på flera års sikt.

För sluttande mark är det särskilt på lerjordar och struktursvaga finmo-mjälajordar med dålig infiltrationskapacitet som ytavrinning uppstår. För att det ska bli en förlust måste gödseltillförseln sammanfalla med väderförhållanden som ger en transport. Om gödseln brukas ned i t ex samband med vårbruk borde risken vara mycket liten att en transport av gödsel på ytan uppstår, och regeln har då mindre betydelse. Regeln om myllning av stallgödsel vid spridning på bar mark (4.4) har stor betydelse för minskad ytavrinning efter stallgödselspridning på bar mark som sluttar, tabell 7.

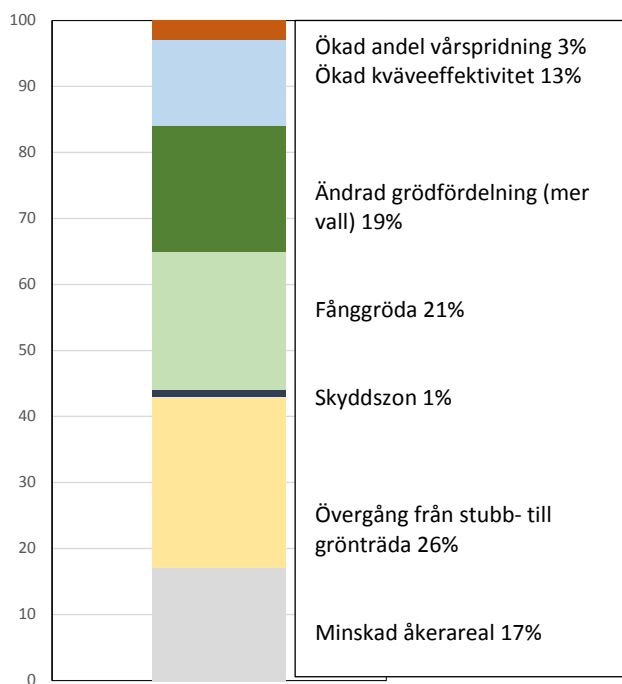
Skydds-zoner har liknande effekt

En åtgärd som dels kan krävas i samband med användning av växtskyddsmedel och i villkor för tillstånd, men som också är stödberättigad är skydds-zoner längs vattendrag. Dessa kan ge liknande effekter som reglerna, dvs skydd mot direkt spridning i vattendraget och skydd mot påverkan från ytavrinning på sluttande mark. Därför kan effekten av skydds-zoner delvis överlappa effekter av reglerna.

5 De nationella belastningsberäkningarna om åtgärders effekter

För miljömålsuppföljning gjordes en utvärdering av hur läckaget från Sveriges åkermark förändrats mellan åren 1995 och 2005 (Johnsson m.fl., 2008) och vad förändringen beror på. Beräkningen gjordes för hela Sverige, indelat i 22 regioner, med NLeCCs-systemet (se även 2.3). De resultat man får fram i dessa beräkningar baseras på långa tidsserier som ger ett resultat för ett normal klimat med aktuell jordarts- och grödfördelning i de olika regionerna. Beräkning och tolkning av förändringar begränsas av den indata som finns tillgänglig, dvs den information som finns om anslutning till miljöstödet, grödfördelning, skördenivåer, tidpunkt och givor av gödsel m.m. Resultaten visade att det hade skett förändringar. Totalt hade kvävebelastningen minskat motsvarande 2,5 kg/ha (12%) som medeltal för Sverige. I kustområdena i sydligaste Sverige var minskningen 3-6 kg N/ha. De förklaringar man fann för minskningen framgår av figur 3. En betydande del (17%) förklarades av att åkermark tagits ur bruk. Den största förändringen bestod i förändring av grödsammansättning (mer vall) och att all den trädade marken övergick till bevuxen träda, tillsammans 45%. Miljöstödet för fånggröda slog igenom med kraftigt ökad fånggrödeareal som följd, vilket utgjorde 21% av förändringen.

Den förändring som skulle kunna härröras till regelverk och rådgivning utgjorde 16%. Övergång från höstspridning till vårspridning var liten totalt sett (figur 3) och stod för 3% av förändringen. Det som man i rapporten benämner ökad kväveeffektivitet (13% av reduktionen) blir en slags restpost som innefattar de orsaker som finns till att skörden ökat i förhållande till gödsling. Regler som tillkom med Nitratdirektivet och om minskade ammoniakförluster genom myllning och behovsanpassade kvävegivor är sådana regler som kan ha haft effekt. Det är dock mycket svårt att särskilja från effekter av rådgivning, som också intensifierades i samband med start av Greppa näringen 2000.



Figur 3. Kväveutlakningen från Sveriges åkermarker minskade enligt de nationella belastningsberäkningarna med 2,5 kg/ha (12%). I figuren visas procentuell fördelning mellan de poster som förklarade denna minskning (Johnsson m.fl., 2008)

6 Diskussion och slutsatser

Regelverk och rådgivning överlappar och samverkar

I tabell 11 ges en sammanfattning som avser att belysa relevansen av de åtgärder regelverket leder till och om regelverket (eller andra faktorer) kan ha haft betydelse för åtgärderna. Alla regler har en relevant koppling till åtgärder för att minska förlusterna av kväve och fosfor till vattenmiljön. Det finns ofta en överlappning av regler kring samma åtgärd (figur 2) och där kan reglernas verkningssätt och relevans variera. I vilken grad det är just regler som har gett upphov till åtgärder är svårt att bedöma. Regelverk och rådgivning är så sammanlänkade på olika sätt att det enligt vår bedömning inte är relevant att försöka separera dem. Flera av reglerna har funnits länge och införandet har gjorts successivt med nära koppling till rådgivning. Det är naturligt eftersom de flesta av reglerna syftar till att kombinera bra växtnäringsutnyttjande och minskade utsläpp till luft eller vatten. Rådgivningen har också funktionen att informera om och ge råd kring hur man ska tillämpa reglerna.

De flesta regler har gett effekt, men inte den för höst- eller vinterbevuxen mark

När man tittar på nationella belastningsberäkningar, gödselmedelsundersökningens resultat och resultat från utvärdering av rådgivningssatsningen Greppa näringen kan man konstatera att det finns resultat som visar att det skett förändringar som kan bero på regelverk och/eller rådgivning. En regel som dock inte bedöms ha haft någon större effekt, förutom de närmsta åren efter införandet, är den om höst- eller vinterbevuxen mark, vilket också Jordbruksverket konstaterat. Att hålla marken bevuxen under höst, och gärna vinter, är en mycket viktig åtgärd mot kväveläckage men 75% av arealen i berörda områden uppfyller kraven för vintergrön mark till synes oberoende av regeln.

Begränsad djurtäthet och lagringsmöjligheter ger en viktig grund

Regeln som begränsar mängden fosfor i gödsel (djurantalet) och regeln om lagringskapacitet gäller i hela landet och ger en viktig grund för bra hantering av stallgödsel. Dessa regler kräver eller möjliggör anpassade givor, lämpliga spridningstidpunkter och fördelning av gödseln på gårdens marker. Sett i ett större perspektiv har begränsning av djurtätheten med stor sannolikhet haft betydelse för att begränsa överskottet på gårdar, vilket är en förutsättning för att åstadkomma bra växtnäringsutnyttjande. I

jordbruksstatistiken finns en ökning av åkerarealen som stallgödslas från 2000. Det är troligtvis, åtminstone delvis, en effekt av regeln om att fördela gödseln över hela spridningsarealen. Detta kan i sin tur minska snedfördelning av markers fosforinnehåll, vilket är viktigt för minskade förluster på längre sikt.

Detaljstyrning effektivare än generella stängda perioder

En stor del av stallgödseln har länge spridits på våren, vilket sannolikt har att göra med att vi länge haft krav på lagring. Det har i Sverige skett en successiv ökning av andelen åkerareal som får stallgödsel på vår eller försommar, 20% ökning under 1988-2013, men andelen som får gödsel på hösten har också ökat något. Enligt nationella belastningsberäkningar (Johnsson m.fl., 2008) har ökad andel vårspridning stått för 3% av den utlakningsminskning (-2,5 kg/ha) som man uppskattade för perioden 1995-2005. När det gäller flytgödseltillförsel på hösten inför sådd av höstsäd kan man i SCB-statistiken för Skåne se en minskning från 80% höstspridning av flytgödsel till höstvetete under 1995-2005 till enbart 35% efter 2013, då ett förbud mot höstgödsling till höstvetete på lätta jordar i delar av södra Sverige införts. Här är det troligen en effekt av regeln man kan se, som åstadkom något man inte lyckades fullt ut med inom rådgivningen. När det gäller förbud och restriktioner kring spridningstidpunkter och stängda perioder är det just dessa specifika regler som troligen gett mest effekt. Höstspridning av flytgödsel är riskabelt och behöver anpassas till vad som växer, oavsett om det sker tidigt eller på hösten eller inte. Effekten av generellt stängda höst- och vinterperioder har inte bevisats vara särskilt effektiva, och överlappas dessutom av förbuden under särskilda förhållanden som snötäckt, frusen och vattenmättad mark.

Växtnäringseffektiviteten ökade, ett mått på att regler och rådgivning fungerat

I Greppa näringens databasmaterial (Nilsson & Olofsson, 2015) finns det flera mått, och också intervjuundersökningar, som visar på förbättringar på gårdar som fått individuell rådgivning under 2001-2013. Det gäller minskade överskott av kväve och fosfor på mjölk- och grisgårdar, snabbare myllning, mer vårspridning och bättre teknik. Också belastningsberäkningarna för 1995-2005 visar att 17% av utlakningsminskningen för kväve under perioden kunde härröras till åtgärder som lett till ökade skördar i förhållande till gödsling, dvs högre kväveeffektivitet. Behovsanpassade givor, myllning efter spridning, lufttät stallgödsellagring, vårspridning m.m. är viktiga åtgärder i detta sammanhang.

Reglerna för minskad ammoniakavgång är lite speciella med avseende på vattenkvalitet. De syftar i första hand till minskad försurning och ökad kväveeffektivitet, men riskerar att öka läckaget av kväve genom att gödseln blir kväverikare. Därför är detta regler som kräver samverkan med rådgivning för att inte detta ska ske. Bakom regeln för myllningskrav inom 12 timmar för vinterspridning fanns ett motiv att hindra spridning under riskförhållanden då myllning inte var möjligt samt att minska risken för ytavrinning. Senare års forskning har också visat att myllning är viktigt för att binda fosfor och därigenom minska risken för fosforläckage. Det kan räknas som en viktig bonuseffekt av myllningskravet.

Ökad anpassning efter gårdsförhållanden blir viktigare

Av jordbruksstatistiken att döma hade Sveriges jordbrukare kommit ganska långt med åtgärder redan innan regelverket utökades i mitten av 1990-talet. Exempelvis vårspreddes mer än hälften av stallgödseln. Rådgivning har betytt mycket för åtgärder under 2000-talet och har förstärkts med förbud och restriktioner kring t ex höstspridning av flytgödsel i vissa områden och på känsliga jordar. Anpassning efter specifika förhållanden krävs i allt större utsträckning när i det pågående förbättringsarbetet, särskilt när det gäller fosfor (Sharpley m.fl., 2015). Exempel på stöd för anpassning efter lokala förhållanden är kartor för riskbedömning av fosforförluster (Djordjic & Villa, 2015) och checklistan som togs fram i projektet "Greppa fosfor" för bedömning av risker för fosforförluster på gården (Kyllmar m.fl., 2013). Det är sådana typer av beslutsstöd som behövs för att identifiera varje gårds förutsättningar och behov av åtgärder, och det är troligen både effektivare och mer ändamålsenligt än att arbeta fram detaljerade

regelverk. Riskidentifiering och åtgärdsplanering måste ske i samråd med lantbrukaren, som känner till markerna och produktionsförhållandena.

I samband med tillståndsprovning för jordbruksverksamhet, bland annat vid utökning av djurhållning, kommer också gårdsspecifika krav på åtgärder. Det kan gälla krav på skyddszoner, utökad begränsning av fosfor i stallgödsel, tidpunkt för vallbrott m.m., som inte finns med i regelverket i övrigt. Det har dock visat sig att dessa villkor inte alltid har en tydlig anpassning efter den enskilda gårdens förhållanden. Det finns snarare en tendens till att det utvecklats regionala föreskrifter som används generellt istället för gårdsindividuella villkor enligt en utredning om hantering av risker och möjligheter med stallgödsel (Huhtasaari, 2013). Dessutom gäller dessa villkor endast större gårdar, medan läckaget per ytenhet inte styrs av gårdens storlek. Även här krävs alltså ett fokus på platsen där åtgärder ska vidtas, och som inte alltid finns idag. Brist på kunskap, kompetens, resurser och hjälpmedel kan förklara mycket och en del av detta kan avhjälpas genom en större samverkan mellan alla berörda parter, t ex verksamhetsutövare, myndigheter, rådgivningsorganisationer och forskare.

Tabell 11. Sammanfattning av relevansen av de åtgärder regelverket leder till och vilken betydelse regelverket kan haft för åtgärderna

Regel	Kopplar regeln till relevanta åtgärder?	Regelns betydelse för åtgärder i jordbruket och annat som ger upphov till samma åtgärder
Begränsning av mängd fosfor (22 kg/ha, 5-årsmedel) Avsnitt 4.1	JA Begränsar djurtätheten och därmed också överskott av kväve och fosfor på gårdar. Påverkar också fördelningen inom gårdens arealer.	Regeln utgör en viktig grund för att begränsa överskotten, men ger ingen garanti mot överskott på gården som helhet eller inom gården. Samverkar med bl a 4.2, 4.4 och 4.7. Rådgivningen har också haft stor betydelse. I särskilda villkor för tillstånd sätts ibland strängare krav än 22 kg P/ha. Enligt gödselmedelsundersökningen har arealen som används för spridning av stallgödsel ökat (trots små förändringar av antalet djur). Det kan delvis bero på bättre fördelning av gödseln enligt regeln men också på andra faktorer.
Lagring av stallgödsel Avsnitt 4.2	JA Möjliggör vårspridning istället för höstspridning vilket är viktigt för minskat kväveläckage, och ökar kväveutnyttjandet. Att helt övergå till vårspridning är inte möjligt av andra skäl än lagringskapacitet (tidsåtgång, risk för markpackning m.m.)	Regeln har funnits länge och utgör en viktig grund för att möjliggöra bra fördelning av stallgödselspridningen. Samverkar främst med 4.3 och 4.8. Regeln har sannolikt bidragit till att en stor andel av den stallgödslade arealen gödglas på våren sedan länge (60-70%). Arealen som stallgödslas har ökat och det är främst vårspridning som ökat. Minskat kväveläckage enligt miljömålsuppföljningen 1995-2005 beror till 3% av övergång till vårspridning. Vårspridning ökar kväveutnyttjandet i odlingen och har också varit en viktig rådgivningsfråga. Den ökning av vårspridning (4-10%) man sett på Greppa-gårdar sedan 2001 beror troligen främst av rådgivning eftersom den syns i inte sammanfaller med införandet av regler eller statistiken i övrigt.
Stängda tidsperioder för spridning Avsnitt 4.3	Både JA och NEJ Delen av regeln som begränsar höstspridning till höstgrödor och förbud på lätta jordar är viktig. Det generella förbudet under 1 nov-28 feb har en tveksam effekt i sig eftersom den omgärdas med mer specifika regler. Gödsling på senhöst är inte nödvändigtvis mer skadligt än gödsling tidigare på hösten; det är höstgödsling i sig och i kombination med grödans upptag som är kärnfrågan.	Regeln har sannolikt haft betydelse för åtgärder, men samverkar med flera andra regler. Den har utvecklats parallellt med rådgivning, och specificeringar om gödsling till höstgrödor har tillkommit för åstadkomma det som ej nåtts med rådgivning. En tydlig minskning av arealen med stallgödsel till höstsäd på hösten syns i statistiken efter förbud som infördes 2010, och effekten av att istället sprida gödseln på våren är stor enligt scenarieberäkningar. Under 1995-2005 höstspreds 80% av den stallgödsel som gavs till höstvetete och efter detta endast 35% (Skåne). Kring stängda perioder har det varit mycket diskussioner, främst vad gäller gödsling till vall under senhösten, där regeln inte bedöms betyda så mycket.
Tillvägagångssätt vid gödselspridning, myllning m.m.	JA	Detta är en direkt tvingande regel som säkert haft effekt för åtgärder tillsammans med rådgivning, och som bidragit till ökad kväveeffektivitet som visats på Greppa-gårdar. Rådgivningen har troligtvis haft stor betydelse för att implementera de åtgärder som

Avsnitt 4.4	Att mylla gödseln minskar både ammoniakavgång och risk för fosforförluster. Dock kan effekten på läckaget av kväve bli motsatt. Regeln om myllning leder i praktiken till ett förbud mot spridning av stallgödsel under vintern (då myllning ej kan göras) utanför känsliga områden, där det i princip inte finns någon stängd period.	krävs enligt regeln. Det finns mycket rådgivningsmaterial och beräkningsverktyg för att uppskatta effekt av åtgärder mot ammoniakavgång.
Höst- eller vinterbevuxen mark, 50-60%	JA och NEJ Att hålla marken bevuxen är en viktig åtgärd mot kväveläckage. För de flesta växtföljder behöver inte särskilda åtgärder vidtas utankraven uppfylls av ordinarie grödor.	Regeln hade enligt Jordbruksverket endast betydelse för hur marken hålls bevuxen under de första åren. Idag uppfyller 75% av marken kraven genom ordinarie odling som troligtvis inte påverkats av regeln, där vallen är viktigast följt av höstsåden. Också stödet för fånggrödor har bidragit till höst- och vinterbevuxen mark, liksom EU-trädan som fanns mellan 1995 och 2007.
Avsnitt 4.5 Begränsning av mängd kväve (totalgiva och giva för höstgrödor)	JA och NEJ Den viktigaste delen av regeln är den som begränsar givor till höstgrödor. Maxgiva om 170 kg totalkväve ligger lägre än vad som brukar innebära överdosering, men den begränsar också fosformängden som får tillföras	Regeln kan vara betydelsefull för att begränsa höstspridningen i berörda områden. Dock är 40 kg NH ₄ -N till höstsäd ofta större än behovet. Även här har man aktivt arbetat med rådgivning för att åstadkomma detsamma.
Avsnitt 4.6 Behovsberäkning för kvävegösling Avsnitt 4.7	JA Anpassad gödsling är en viktig åtgärd för att minska läckaget	Både miljömålsuppföljning och Greppa-data visar att växtnäringsutnyttjandet (skördat N/tillsatt N) har ökat. Troligtvis har rådgivning haft större betydelse än regeln eftersom åtgärden har en stark koppling till kunskap för att kunna genomföras.
Ej gödsel på vattenmättad, frusen, snötäckt mark. Avsnitt 4.8	JA En specifik regel med specifik åtgärd, som har stor potentiell skyddseffekt om olyckan är framme trots andra regler som ska förhindra.	Denna regel överlappar eller kompletterar reglerna 4.2-4.4, och har också varit viktigt inom rådgivning. Genom kravet på myllning vid vinterspridning utanför känsliga områden kommer dessa förhållanden att i praktiken undvikas även där.
Närhet vattendrag, 2m skyddsavstånd för gödselspridning Avsnitt 4.8	JA En specifik regel som ska skydda från rent slarv eller dålig utrustning.	Många marker längs vattendrag har under senare år haft skyddszoner till följd av växtskyddsregler, särskilda villkor eller med miljöersättning. På dessa marker saknar regeln relevans och skyddszonen är effektivare än det som krävs enligt regeln. På övriga fält är det tänkbart att den har haft effekt.
Ej gödsel på sluttande mark vid vatten Avsnitt 4.8	JA och NEJ Sluttande mark är ett riskmoment, men bara för vissa jordar under vissa förhållande.	Denna regel är ottydligt formulerad vilket kan göra det svårt att veta hur man ska tillämpa den, t ex vad gäller avstånds begränsning. Dessutom ger regeln för myllning troligen ett gott skydd vid spridning på bar mark i många fall.

7 Referenser

- Andersson, R., Bång, M., Frid, G. och Paulsson, R. 2010. Bilaga 2 till Handlingsprogram för minskade växtnäringsförluster och minskade utsläpp av växthusgaser för perioden 2011-2016. Jordbruksverket rapport 2010:10.
- Andersson, H., Bergström, L., Ulén, B., Djodjic, F. and Kirchmann, H. 2015. The role of the subsoil as a source or sink for phosphorus leaching. *Journal of Environmental Quality* 44(2): 535-544.
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2003. Höstgrödor-fånggrödor-utlakning. *Ekohydrologi* 75. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2004. Beräkning av olika odlingsåtgärders inverkan på kväveutlakningen. Beskrivning av ett pedagogiskt verktyg för beräkning av kväveutlakning från enskilda fält och gårdar. *Ekohydrologi* 78. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2009. Långsiktiga effekter av flytgödsel och fånggrödor på växtnäringsdynamik i marken och utlakning. Mellby försöksfält 1989-2009. *Ekohydrologi* 114, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. & Stenberg, M. 2010. Leaching of nitrogen from a 3-yr grain crop rotation on a clay soil *Soil Use and management* 26, 274-285.
- Aronsson, H., Liu, J., Ekre, E., Torstensson, G. and Salomon, E. 2014. Effects of pig and dairy slurry application on N and P leaching from crop rotations with spring cereals and forage leys. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 98: 281-293.
- Aronsson H, Hansen E M, Thomsen I K, Liu, J, Øgaard A F, Känkänen H, Ulén B. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland – a review. *Journal of Soil and water Conservation* 71 (1): 41-55.
- Bergström, L. and Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertiliser N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil*, 93, 333–345.
- Delin, S. och Stenberg, M. 2012. Nitratutlakning beroende på kvävegödslingsnivå och skörderespons i havre på en lätt jord. Institutionen för mark och miljö, rapport 10.
- Delin, S., Stenberg, M. och Engström, L. 2013. Slutrapport till Jordbruksverket för projekt ”Nitratutlakning efter olika spridningstidpunkter av flytgödsel till vall” med Diariennr 25-10363/12.
- Djodjic, F., Bergström, L. and Ulén, B. 2002. Phosphorus losses from a structured clay soil in relation to tillage practices. *Soil Use and Management* 18:79–83.
- Djodjic, F. and Villa, A. 2015. Distributes, high-resolution modelling of critical source areas for erosion and phosphorus losses. *Ambio* 44: 241-251.
- Engström, L., Stenberg, M., Aronsson, H and Lindén, B. 2011. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. *Agronomy for Sustainable Development* (31), 337–347).
- Fölster, J., Kyllmar, K., Wallin, M. och Hellgren, S. 2012. Kväve- och fosfortrender i vattendrag. Rapport 2012:1, *Institutionen för Vatten och miljö, SLU*
- Hessel Tjell, K., Aronsson, H., Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B., Stenberg, M. och 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. *Ekohydrologi* 50. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Huhtasaari, C. 2013. Djurhållning och miljön – hantering av risker och möjligheter med stallgödsel. SOU 2013:5.
- Jordbruksverket. 2003. Förslag till bestämmelser för att minska nitratutlakningen från jordbruket. Jordbruksverkets rapport 2003:5.
- Jordbruksverket. 2015. Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring. SJVFS 2015:21. Statens jordbruksverks författningssamling.
- Johnsson, H. och Mårtensson, K. 2006. Beräkning av förändringen av kväveutlakningen mellan 1995 och 2003 och den förväntade effekten av åtgärder som föreslagits för minskade utlakningsförluster. Teknisk rapport 104, Avd f vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Johnsson, H., Mårtensson, K., Larsson, M. och Mattsson, L. 2006. Beräkning av kväveutlakning vid förändrad gödsling till höstvetete och vårkorn. Teknisk rapport 106, Avd f vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Johnsson, H., Larsson, M., Lindsjö, A., Mårtensson, K., Persson, K. och Torstensson, G. 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005. Naturvårdsverket rapport 5823.
- Johnsson, H., Mårtensson, K., Lindsjö, A., Persson, K., Andrist Rangel, Y. och Blombäck, K. 2016. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 2013. SMED rapport 189.

- Kleinman, P.J.A., Sharpley, A.N., Moyer, B.G. and Elwinger, G.F. 2002. Effect of mineral and manure phosphorus sources on runoff phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 31:2026–2033.
- Kyllmar, K. et al. 2013. Riskfaktorer för fosforförluster samt förslag på motåtgärder i tre avrinningsområden inom pilotprojektet Greppa Fosfor. *Ekohydrologi* 137. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Liu, J., Aronsson, H., Blombäck, K. Persson, K. and Bergström, L. 2012. Long-term measurements and model simulations of phosphorus leaching from a manured sandy soil. *Journal of soil and water conservation* 67(2), 101-110.
- Liu, J., Aronsson, H., Bergström, L. & Sharpley, A. 2012. Phosphorus leaching from loamy sand and clay loam topsoils after application of pig slurry. *SpringerPlus* 1:53.
- Liu J., B. Ulén, G. Bergkvist, and H. Aronsson. 2014. Freezing-thawing effects on phosphorus leaching from catch crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 99:17-30
- Myrbeck, Å., Stenberg, M. and Rydberg, T. 2012. Establishment of winter wheat –strategies for reducing the risk of nitrogen leaching in a cool-temperate region. *Soil and Tillage Research* 120: 25-31.
- Nilsson, H. och Olofsson, S. 2015. Miljöeffekter på Greppa Näringens gårdar - resultat från rådgivningen 2001-2013. Jordbruksverket, Greppa näringen (arbetsdokument).
- SCB. 2014. Gödselmedel i jordbruket 2012/13. *Statistiska meddelanden, MI 30 SM 1402, SCB, Stockholm*
- Simmelsgaard, S.E. and Djurhuus, J. 1998. An empirical model for estimating nitrate leaching as affected by crop type and the longterm N fertiliser rate. *Soil Use and Management*, 14, 37–43.
- Sharpley, A.N, Bergström, L., Aronsson, H., Bechmann, M., Bolster, C., Börling, K., Djodjic, F. et al. 2015. Future agriculture with minimized phosphorus losses to waters: Research needs and direction. *Ambio* 44 (suppl. 2): S163-S179.
- Svanbäck, A., Ulén, B., Bergström, L. and Kleinman, P. 2014. Long-term trends in phosphorus leaching with phytomining. *Journal of Soil and Water Conservation* 70: 121-132.
- Sveriges riksdag. 1998. Förordning (18998:915) om miljöhänsyn i jordbruket. *Svensk författningssamling* 1998:915.
- 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 and Tillage Research*, 50:115-125.
- Stenberg, M., Bjurling, E., Gruvaeus, I. och Gustafsson, K. 2005. Gödslingsrekommendationer och optimala kvävegivor för lönsamhet och kväveeffektivitet i praktisk spannmålsodling. *Teknisk rapport 1, Avd f precisionsodling, SLU, Skara.*
- Stenberg M., Delin K., Söderström M. och Helander C.A. 2009. Utveckling av integrerad, ekologisk och konventionell växtodling. *Rapport HS Skaraborg nr 3.*
- Torstensson, G., Gustafson, A., Lindén, B. och Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringens utlakning på en grovmjord med handels- och stallgödslande odlingssystem i södra Halland. *Ekohydrologi* 28, Avd f vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Torstensson, G. och Magnusson, H. 2001. Kväveutlakning på sandjord - motåtgärder med ny odlingsteknik. Miljöanpassad stallgödselanvändning och odling i realistiska odlingssystem. Resultat från en grovmjord i södra Halland, perioden 1991-1999. *Ekohydrologi* 57, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala.
- Torstensson, G. 2003a. Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning i ekologiska odlingssystem med resp. utan djurhållning på sandig grovmjord i södra Halland. Resultat från perioden 1997 – 2002. *Ekohydrologi* 72, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala
- Torstensson, G. 2003b. Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning i ekologiska odlingssystem med resp. utan djurhållning på lerjord i Västra Götaland. Resultat från perioden 1997 – 2002. *Ekohydrologi* 73, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala
- Torstensson, G., Aronsson, H. och Ekre, E. 2011. Utlakningsförsök med vitsenap och oljerättika om eftersådda fånggrödor. *Ekohydrologi* 124, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala
- Torstensson, G., Aronsson, H. och Ekre, E. 2011. Kväve- och fosforutlakning efter potatis – utlakning efter olika potatistyper. *Ekohydrologi* 127, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala
- Torstensson, G., Aronsson, H. och Ekre, E. 2012. Växtnäringens utlakning i samband med spridning av flytgödsel till vall på hösten. *Ekohydrologi* 133, Inst f mark och miljö, SLU, Uppsala
- Torstensson, G. och Aronsson, H. 2015. Utlakning av kväve och fosfor efter spridning av fastgödsel i oktober respektive november på sandjord. *Slutrapport till Jordbruksverket 2015*
- Ulén, B., Aronsson, H., Bergström, L., Gustafson, A., Larsson, M. & Torstensson, G. 2006. Swedish long-term experimental sites for studying nutrient losses, nutrient turnover and model developments. *Ekohydrologi nr 90, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala*
- Uusi-Kämpä, J. and Heinonen-Tanski, H. 2008. Evaluating slurry broadcasting and injection to ley for phosphorus losses and fecal microorganisms in surface runoff. *J Environ Qual* 37:2339–2350

Muntligen:

Barbro Ulén, prof. Emeritus, Inst för mark och miljö, SLU, Uppsala

Distribution:

**Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)
Institutionen för mark och miljö
Box 7014
750 07 Uppsala**

**Tel: 018-67 24 60
<http://www.slu.se/mark>**
