

Uthållig odling med fokus på kväveutlakning

Sustainable farming with focus on nitrogen leaching



Författare: Amanda Öman

Självständigt arbete vid LTJ -fakulteten, 10 hp

Trädgårdsingenjörsprogrammet Odling

Alnarp 2010

Uthållig odling med fokus på kväveutlakning

Sustainable farming with focus on nitrogen leaching

Författare: Amanda Öman

Kurstitel: Examensarbete för trädgårdsingenjörer

Serietitel: Självständigt arbete vid LTJ- fakulteten

Kurskod: EX0364

Omfattning: 10 hp

Område: Agrosystem

Nivå: Grundnivå, AB

Handledare: Erik Steen Jensen, professor vid Jordbruk- odlingssystem teknik och produktkvalitet SLU, och Mira Rur, Hortonom och forskningsassistent inom växtskyddsbiologi, SLU.

Examinator: Birgitta Rämert, professor inom växtskyddsbiologi, SLU

Program: Trädgårdsingenjörsprogrammet, inriktning Odling.

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2010

Omslagsbild: Bernt Svensson

Nyckelord: Uthållig odling, kväveutlakning, nitrogen leaching, utlakningsrisk, grönsaksodling, sustainable farming.

LTJ- fakulteten

Sveriges Lantbruksuniversitet SLU

Box 44, 23053 Alnarp

Förord

Jag vill tacka mina handledare Erik Steen Jensen, professor vid Jordbruk- odlingssystem teknik och produktkvalitet SLU, och Mira Rur, Hortonom och forskningsassistent SLU. De har med hjälp av sin kunskap och erfarenhet gett mig råd på vägen, både när det gäller informationsförståelse men även mer konkreta tips i uppsatsskrivande.

Alnarp 1010

Amanda Öman

Sammanfattning

Kväve är en viktig byggsten i allt levande på jorden, och ingår i bland annat aminosyror, proteiner och DNA. Eftersom kväve återfinns i alla växtens celler har det en avgörande roll i våra odlingssystem för att få skördar med bra kvalitet. Kväve utgör också en av de stora miljöbovarna inom lantbruket. Överskott av kväve i odlingar medför risk för kväveförluster. Ett stort problem är kväveutlakning, som menas det kväve som följer regnvatten ner i undre jordlager och vidare till grundvatten, vattenströmmar och hav. Kväveutlakning kan ge stora konsekvenser på miljön, och resultera i övergödning, döda havsbottnar och oballans i våra ekologiska system. En viktig riskgrupp för utlakning hittar vi i grönsaksodlingar, som ofta har intensiva odlingssystem. Näringsbehovet hos många grönsaker är stort och medför att mycket kväve sätts i omlopp. Skörden sker ofta tidigt på säsongen medan grödorna fortfarande befinner sig i kraftig tillväxt och marken fortfarande är varm. Det innebär att grödorna behöver god tillgång på kväve fram till skörd och att mycket kväve därför kan finnas kvar i jorden efteråt.

För att minska kväveutlakningen i grönsaksodlingar behöver man effektivisera kvävecykeln i alla led. Det gäller inom enskilda odlingssystem men även i större sammanhang. Tillexempel mellan odling och urban miljö och mellan jordbruk och djurgårdar. Den enskilda odlaren behöver kunskap om kvävet rörelse i marken, grödornas kväveutnyttjande och effekter av olika odlingsåtgärder. Men minst lika viktigt är det att samhället börjar recirkulera en större del av den växtnäring som nu samlas i urbana områden.

Abstract

Nitrogen is an important component of every living thing on earth, a constituent of amino acids, proteins and DNA. It is found in every cell in our plants and therefore plays an important role in our agricultures when focusing on getting a good quality harvest. Nitrogen is also a big threat to the environment. A surplus of nitrogen in agriculture systems will increase the risk of nitrogen loss, and a big problem is nitrate leaching. That is when nitrogen follows the rainwater down to lower earth layers and on to groundwater, streams and oceans. Nitrate leaching can have dire consequences for the Environment and may lead to eutrophication, dead seabeds and a general imbalance in our ecological systems. At vegetable farms the risk for nitrate leaching is great due to the often intense ways of farming. Most vegetables need a lot of nutrients which leads to great quantities of nitrogen being circulated. Harvest is often

executed early in the season when the crops are still growing and the soil still is hot. Due to this, the crops need a good availability of nitrogen up until harvest and a lot of nitrogen might be left in the ground.

To decrease the nitrate leaching in vegetable farming the nitrogen cycle needs to be made more effective at all stages. That means in individual agricultures as well as in bigger systems, for example between farms and urban areas and between agricultures and animal farms. The single farmer needs knowledge about how the nitrogen travels in the soil, how big the different crops nitrogen usage is and the effect of different cultivation measures. But it is of equal importance that the society begins to recirculate more of the fertilizers gathered in urban areas, back to the earth.

Innehållsförteckning

1. Bakgrund	7
2. Problemformulering	8
3. Avgränsning	9
4. Metod	9
5. Kvävets kretslopp	10
5.1. Mineralisering	10
5.2. Nitrifikation	11
5.3. Denitrifikation	11
5.4. Biologisk fixering	12
6. Utlakning av kväve	12
6.1. Kväve som når havet	13
6.2. Utlakningsrisk i grönsaksodlingar	13
7. Kväveutnyttjande	14
7.1. Mineralisering	15
7.2. Gödselmedel	16
7.2.1. Stallgödselmedel	16
7.2.2. Mineralgödselmedel	17
7.3. Växtens kvävebehov över tid	18
8. Växtnäringshushållning	18
8.1. Kretslopp i samhället	19
8.2. Kvävebalans	20
8.3. Jordbrukets struktur	20
9. Minska kväveutlakningen	21
9.1. Miljömål och åtgärdsprogram	21
9.2. Odlingsåtgärder	22
9.2.1. Gödslingstrategier	22
9.2.2. Vall och grüngödsling	24
9.2.3. Skörderester	24
9.2.4. Jordbearbetning och vinterbevuxen mark	25
9.2.5. Fånggrödor	25
10. Diskussion	26
11. Referenslista	28

Bakgrund

Dagens lantbruk står inför många utmaningar. Världens befolkning ökar i snabb takt med ökat försörjningsbehov. Det medför en ökad efterfråga på lantbruksprodukter som i sin tur resulterar i högre tryck på mark- och vattenresurser (Spiertz, 2009). Beräkningar visar att världens befolkning kommer att öka med 3 miljarder inom de närmaste 50 åren. Den viktiga frågan är inte om maten kommer att räcka till alla, utan om huruvida matförsörjningen kan göras på ett uthålligt sätt så framtida matförsörjning säkras. Det är inte längre möjligt att förbise ohållbara lösningar som tär på jordens resurser (Watkins, 2007).

Klimatförändringar är nu vetenskapligt belagda (Watkins, 2007). Det kan medföra stora omställningar framförallt inom vår matproduktion och matsäkerhet i världen (Gruber, m.fl. 2008). Ungefär två tredjedelar av världens odlingsmark har försämrats sin bördighet under de senaste femtio åren, genom erosion, markpackning, växtnäringsförluster och föroreningar (SLU, 2007). Den biologiska mångfalden drabbas av ensidiga odlingslandskap. Vi ser även konsekvenser i miljön från kemiska bekämpningsmedel som fortfarande används i stor skala, och växtnäringsämnen som läcker ut från odlingsystem. (Wivstad, m fl., 2009).

Hållbarhet och slutna kretslopp ska vara visionen för framtidens lantbruk, där dagens behov tillgodoses utan att äventyra kommande generationers behov. Det fastställer FN i sin handlingsplan Agenda 21, för hållbar utveckling på jorden, som antogs i Rio de Janeiro 1992 (Statens offentliga utredningar, 2003).

År 1999 antog Sverige 16 miljömål för att minska samhällets belastning på miljön. Åtgärder inom lantbruk står för en viktig del i detta arbete (Nilsson, 2007). Målen som rör en giftfri miljö, ingen övergödning, begränsad klimatförändring, ett rikt växt- och djurliv och grundvatten av god kvalitet är speciellt relevanta för lantbruket idag (SLU, 2007).

Vad som anses vara rätt väg mot hållbarhet går många gånger isär, inte minst inom lantbruket. De flesta är överens om att det krävs lönsamhet i produktionen, men även ekologisk säkerhet. Med ekologisk säkerhet menas bland annat en minskning av fossila bränslen och andra icke- förnyelsebara resurser i odlingsystemen, även mer preciserade odlingsåtgärder och en ökad återanvändning och recirkulering av våra resurser och tillgångar.

En högst aktuell fråga angående hållbara odlingsystem är problematiken runt de växtnäringsämnen som utlakas och hamnar i våra vattendrag och hav. Konsekvenserna är allvarliga och resulterar i övergödning, fiskdöd, döda havsbottnar och obalans i våra ekologiska system. Lantbruk står för en betydande del av det totala utsläppen idag (Spiertz, 2009). Av de växtnäringsämnen som utlakas från lantbruk är kväve en av de största

miljöbovarna. Kväve förekommer bland annat som nitrat i marken och kan lätt föras ner med regnvatten till djupare jordlager och vidare till grundvatten. En alltför hög halt av nitrat i vårt dricksvatten kan vara hälsofarligt, framförallt för spädbarn. Nitrat som når vattendrag och hav ger allvarliga miljökonsekvenser bland annat med övergödning och döda havsbottnar som följd. Vid syrefattiga förhållanden i jorden kan kväve även omvandlas till lustgas, som påverkar växthuseffekten och påskyndar klimatförändringarna. Kväve tillförs odlingsystem genom stallgödsel, mineralgödsel och grüngödsling och är viktig på grund av kvävet avsevärd roll för att få skördar med bra kvalitet. Med kvävetillgången i odlingar kan man reglera balansen mellan vegetativ tillväxt, blom och fruktutveckling (Alva, 2004). Kväve utgör en viktig byggsten av aminosyror och proteiner och är därför en viktig komponent i alla växtens celler (Jensen, m fl., 2002).

Enligt Statistiska Centralbyrån (SCB) tillfördes totalt 114kg kväve per hektar till svensk jordbruksmark år 2005, medan bortförsl av kväve, genom skördeprodukter, uppgick till 73 kg per hektar. Överskottet på 40 kg per hektar är kväve som riskerar att utlakas till den närliggande miljön. För att kunna minska kväveläckage och hitta nya lösningar för våra odlingsystem krävs en grundkunskap om hur kväve binds och rör sig i marken (SCB, 2007). I intensiva odlingsystem som till exempel grönsaksodling, där kvävebehovet hos olika grödor kan skilja sig mycket åt, krävs det stor kunskap om de olika kulturernas behov vid olika tidpunkter. Det är viktigt att kunna precisera kvävetillförseln och på så sätt minska kväveöverskottet i marken (Torstensson, 2004).

Problemformulering

Literaturstudien har som uppgift att ge en översiktlig bild av kvävet roll i dagens odlingsystem med fokus på hur kväveanvändningen kan effektiviseras och hur man kan minska utlakningen. Genom litteraturstudier var målet att besvara följande frågor:

- Hur kan kvävet kretslopp effektiviseras för att få uthålligare odlingsystem?
- På vilka sätt kan kväveutlakning minimeras i våra grönsaksodlingar?

För att svara på frågeställningarna har fokus lagts på kvävet kretslopp och hur kvävet rör sig i marken, kvävehushållning inom odlingsystem samt de riskförhållanden som finns. I arbetet tas dessa delar upp och avslutas med en analys av de två frågeställningarna.

Avgränsning

Literaturstudien behandlar uthållig odling med fokus på kväveutlakning, d.v.s. bara det kväve som riskerar att sköljas ner i de undre jordlager och som kan nå grundvatten eller rinna ut i vattendrag och sjöar. Andra kväveförluster som ammoniakutsläpp, kvävgas och lustgas kommer endast tas upp väldigt kort.

Arbetet är menat att ge en övergripande bild av kväveutlakning. För att avgränsa arbetet ligger fokus på grönsaksodling och går inte närmare in på jordbruksproduktion. På grund av att olika odlingssystem ibland vävs samman är mycket av texten relevant för både jordbruksproduktion och grönsaksodling.

Arbetet tar upp odlingsåtgärder för en minskad kväveutlakning och belyser även kvävet kretslopp i samhället. En viktig del för att minska kväveutlakningen är att arbeta för ett säkert kretslopp, där samspelet mellan olika gårdar, mellan urbanmiljö och odling, och mellan ingående och utgående kväve på gården spelar en avgörande roll. Andra åtgärder för en minskad utlakningsrisk som god gödselhantering, foderproduktion och djurhållning kommer inte tas upp i arbetet.

Metod

Informationen är tagen från jordbruksverkets rapporter i ämnet, Statistiska Centralbyron (SCB), Centrum för Uthållig Utveckling (CUL) och Naturvårdsverket. Även från vetenskapliga artiklar och böcker.

Kvävets kretslopp

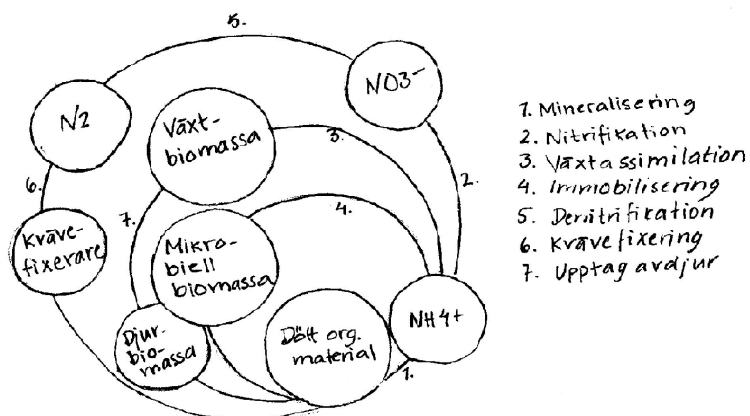
I jorden förekommer kväve i olika former med varierande egenskaper. Kväve är i huvudsak bundet till organiskt material, som humus, dött växtmaterial, mark- och mikrofauna (Jensen, 2002). Växttillgänglig form av kväve utgörs av oorganiska föreningar som nitrat (NO_3) i marklösningen, och Ammonium (NH_4) absorberat till lermineral (Christensen, 2004). Kväve finns även i gasform som ammoniak (NH_3), kvävgas (N_2) och lustgas (N_2O) (Jensen, 2002).

Mineralisering

Kväve blir successivt växttillgängligt genom *mineralisering* då mikroorganismer omvandlar organiskt bundet kväve till ammonium under nedbrytningsprocessen (Hansen, m fl., 1995). Det sker när det finns mer kväve i jorden än vad mikroorganismerna behöver för eget bruk (Jensen, 2002). Ammonium i marken absorberas sedan antingen till lermineral, omvandlas genom *nitrifikation* till nitrat eller tas upp direkt av växter. Det översta jordlagret kan hålla 5000- 15 000 ton kväve per hektar, där ungefär 1-2 % kommer att bli växttillgängligt under en växtperiod (Christensen, 2004).

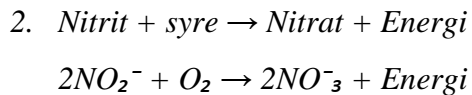
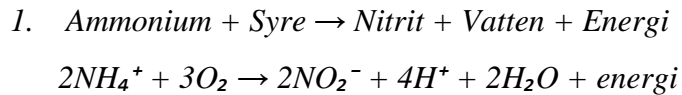
Organiskt kväve (N) → Ammonium (NH_4^+)

Denna process kan även gå åt andra hållet när organiskt material har låg kvävehalt, och mikroorganismerna använder sig av kvävet som är löst i markvätskan (nitrat och ammonium) för nedbrytningsprocessen. Den processen kallas *kväveimobilisering* och medför mindre växttillgängligt kväve i marken (Eriksson, m fl., 2005).



Nitrifikation

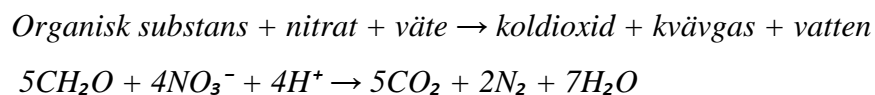
Nitrifikation kallas den process när ammonium oxideras och omvandlas till nitrat med hjälp av bakterier. Processen sker oftast i två steg:



Dessa processer gynnas av högt pH, höga ammoniumhalter och syrerika förhållanden. Vid alltför lågt pH finns risk att ammonium omvandlas till ammoniak (NH_3) som åker ut i atmosfären. (Eriksson, m fl., 2005). Ammoniakutsläpp sker i stor grad både från gödsel (stall) och mark. Mer än 30 % av det kväve från naturgödsel som jordbrukare använder, går förlorat genom ammoniakutsläpp. Ammoniakutsläpp sker framförallt inom hantering, lagring och spridning av stallgödsel. Eftersom ammoniak kan färdas långa avstånd kan utsläppen påverka miljön i ekosystem runt om, som sjöar, hedar och skogar (Jensen, 2002).

Denitrifikation

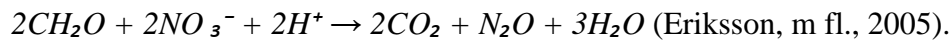
Vid syrefattiga förhållanden till exempel i vattenmättad mark och inuti aggregat i normalt luftad mark, kan nitrat (NO_3) från marklösningen omvandlas till kvävgas (N_2). Omvandlingen utförs av bakterier som använder sig av nitrat i stället för syre i nedbrytningsprocessen av organiskt material. Processen kallas *denitrifikation* och leder till stora kväveförluster till atmosfären. Detta sker ofta i våtmarker, sjösediment och vattenmättad åkermark.



Denitrifikation av kväve kan också leda till att lustgas (N_2O) bildas (Christensen, 2004). Lustgasbildningen sker i väldigt små mängder och har därför ingen betydelse för markens kvävehushållning. Däremot har lustgas, även i små koncentrationer, enorm betydelse i atmosfären. Lustgas är en växthusgas som medverkar till ozonförstöring och påverkar jordens uppvärmning (Eriksson, m fl., 2005). Lustgasbildning gynnas av lågt pH och en viss tillgång till syre, och största mängden bildas under sen höst och tidig vår vid markens

frysnings- och upptyningsperioder (Jordbruksverket, 2009). Den största lustgasbildningen sker när både *denitrifikation* och *nitrifikation* kan ske, då marken växlar mellan att vara måttligt och rikt vattenmättad.

Organisk substans + nitrat + väte → koldioxid + lustgas + vatten



Biologisk fixering

Atmosfären består till 78 % av Kvävgas (N_2) och är vår största kvävekälla (Eskilsson, 1975). För de flesta växter är kväve från atmosfären inte tillgängligt. Vissa växter kan dock genom *biologisk fixering* ta upp och använda N_2 med hjälp av kvävefixerande bakterier (Christensen, 2004). Det är bakterier som etablerar sig på växtens rötter och med hjälp av ett visst enzym och energi från växtens fotosyntes omvandlar luftens kväve till ammoniak (NH_3). Vissa bakterier kan även omvandla luftens kväve utan samverkan med växten.

Det är processer som är viktiga delar av kvävetets kretslopp, som i alla tider har utnyttjats av jordbruket för att säkerhetsställa markens kväveförråd (Jensen, 2002).

Utlakning av Kväve

Med kväveutlakning menas det kväve som inte tas upp av grödan eller binds i marken utan transporteras bort från rotzonen och vidare till dränering, vattendrag och grundvatten. Kväveutlakning sker främst i form av nitrat. Nitrat adsorberas svagt i marken, ofta löst i markvätskan och är därför rörligt och lätt följer med regnvatten ner i djupare jordlager (Nilsson, 2007).

En uppodlad mark leder till att en större mängd växtnäring sätts i omlopp i jämförelse med de flesta naturliga ekosystem. Det beror på en ökad mineraliseringstakt i jorden och tillsatt växtnäring genom gödsling. En ökad mängd växtnäring och intensiv jordbearbetning medför en ökad risk för förluster av växtnäring till omliggande miljö (Jordbruksverket, 2009).

Kväveutlakning sker till viss del även naturligt från obrukad mark. 2006 resulterade det naturliga läckaget 60 000 ton kväve till havet, främst från skogar och myrar. Grova uppskattningar visar att jordbruksmark läcker ungefär 5 – 10 % mer än opåverkad mark (Nilsson, 2007). Det är främst på hösten och vintern när marken står outnyttjad som utlakningsrisken är stor (Christensen, 2004), men även på våren när plantornas tillväxt är låg

och kväveupptaget litet (Eriksson, m fl., 2005). Vid tjälbildningen upphör utlakningen. Det gör att kväveutlakningen är betydligt mindre i norra Sverige än i övriga landet (Jordbruksverket, 2005).

Enligt jordbruksverkets hemsida står jordbruket för den största källan av näringsämnen som läcker ut till havet och orsakar övergödning och Östersjöns algblomning. Av kväveutsläpp som sker på grund av mänsklig aktivitet står jordbruksmarken för ca 40 % av de totala utsläppen. Reningsverk, enskilda avlopp och industri släpper även ut en stor del (Jordbruksverket, u.å.). Uträkningar visar, enligt Statistiska Central Byrå (SCB), att det totala överskottet på kväve i jordbruket ligger på ungefär 40 kg/ha och år i Sverige. Det är kväve som riskerar att utlakas till närliggande miljö (SCB, 2007). Mängden utlakat kväve varierar mellan olika delar av landet och mellan olika år. Detta beror på en rad olika faktorer, som vintertemperatur, nederbördsmängd, topografi och närhet till havet. Även val av gröda, gödslingsmetoder och markbearbetning spelar en stor roll (Nilsson, 2007). Den kraftigaste kväveutlakningen sker i södra och sydvästra Götaland, på grund av de lätta jordarna. Under mildra vintrar regnar det mycket i sydvästra Götaland vilket ökar utlakningsrisken ytterligare (Danell, 2007).

Kväve som når havet

Av det kväve som når våra vattendrag förekommer en naturlig minskning genom att lättlösligt kväve omvandlas till kvävgas (N₂). Kvävgas är ofarligt och förekommer i stora mängder i atmosfären. Kvävet tas även upp av vattenväxter och växter från strandkanter och våtmarker. Den naturliga upptagning som sker kallas *retention*. Mycket av det kväve som lakas ut från vår odlingsmark blir dock kvar i vattenströmmarna och resulterar i ökad algblomning, döda havsbottnar och övergödning. Ungefär två tredjedelar av det kväve som läcker från jordbruksmark når havet (Danell, 2007).

Mängden kväve som når havet varierar beroende på vart i landet man befinner sig. Det finns områden i till exempel Småland och Östergötland där bara 10-20 % av kvävet som utlakas från åkermark når havet, medan siffran i andra områden som Hallands kustzon kan komma upp i 90 %. Detta beror framförallt på vattnets väg genom landskapet. Våtmarker kan till exempel ta upp en stor del av kvävet (Svensson, m fl., 2004).

Utlakningsrisk i grönsaksodlingar

Den stora mångfalden av grönsaker som odlas har alla olika utvecklingstid och skiftande

behov av kväveupptag. Det gör att det är viktigt att ha kunskap om variationerna för att kunna ge rätt mängd kväve och på så vis minska utlakningsrisken. De mest krävande kulturerna har stora mängder kväve i omlopp, som till exempel vitkål och potatis. Dessa har betydligt större kvävebehov än spannmålsgrödor. Under en odlingsäsong kan vitkål ta upp 350 kg N/ha, att jämföra med vårkorn som ta upp ungefär 90 kg N/ha. En stor del av kvävet som vitkålen tar upp lämnas sedan kvar på fältet i form av skörderester (Torstensson, m fl., 2004).

Genom att grönsaksodlingar ofta bedrivs på sandiga jordar med hög genomsläpplighet och med mycket kväve i omlopp, är risken hög för skadlig påverkan på miljön genom utlakning. En del grödor kräver hög tillgång på kväve ända fram till skörd för att få en bra kvalitet och ett fräscht utseende ända ut till konsumentledet. Många grödor skördas även tidigt då marken fortfarande är varm vilket medför en högre risk för utlakning. Isbergsallad och färskpotatis är exempel på korta kulturer som skördas medan de fortfarande befinner sig i kraftig tillväxt, och gör att utlakningsrisken är väldigt stor. Långtidsväxande grödor däremot med stort kväveupptag, eller grödor som står kvar länge på fält för att mogna som till exempel sen vitkål och sen matpotatis, medför låg risk för överblivet kväve i marken (Båth, 2008).

Det är viktigt att tänka på att flera grönsaksgrödor har ett grunt rotsystem, till exempel isbergsallad och sallad. Det innebär att kväve vid regn och bevattning lätt rinner till jordlager under rotdjupet där grödan inte når. För att undvika att det händer kan man bevattna en liten mängd men fler gånger (Torstensson, 2004). Alltför stora rad- och plantavstånd i odlingar kan också medverka till ett lågt näringsutnyttjande, speciellt under den första delen av kulturtiden (Båth, 2008).

Kväveutnyttjande

För att få bukt med kväveutlakningen från grönsaksodlingar och få bra kvalitet på skördarna, är det viktigt att gödsla med hänsyn till växternas kväveutnyttjande. För att åstadkomma det är det viktigt att ha kunskap om växtens kvävebehov över tid och hur mycket växttillgängligt kväve som finns i marken innan och efter gödsling. Genom att anpassa tillgängligheten av kväve när grödans behov är som störst ökar effektiviteten (Christensen, 2004). Ännu viktigare kan det vara att försöka förutspå förändringar i kvävetillgängligheten före och efter plantans högsta tillväxtfas. För att få så hög kväveeffektivitet som möjligt gäller det att få så hög vitalitet som möjligt på plantorna, genom en god tillgång på andra växtnäringsämnen och vatten. Det är också viktigt att arbeta i förebyggande syfte för att undvika ogräs, patogener och skadedjur, för att hålla plantor vitala (Christensen, 2004).

Som nämnts tidigare är det växttillgängliga kvävet i marken framförallt oorganiskt kväve i form av nitrat (NO_3^-) och ammonium (NH_4^+). Det tillförs marken genom mineralisering av organiskt bundet material, gödsling och kvävefixering (Christensen, 2004). Växtens förmåga att utnyttja det oorganiska kvävet beror i sin tur på faktorer som jordart, nederbörd och rotutbredning. Nederbörd kan föra med sig kvävet ner i djupare jordlager, där rötterna inte når. Kvävet kan även bli otillgängligt för växter genom att det binds till ler- och humuspartiklar i jorden, eller förloras i form av gas (Båth, 2008).

En för hög halt av kväve i marken kan vara skadligt av många anledningar. Det medför inte bara ökad risk för läckage. För mycket kväve i jorden kan även få effekter på grödans kvalitet med minskad avkastning som följd. Medan rottillväxten kan avstanna, ökar skottillväxten och medför så småningom att grödan minskar i kvalitet på grund av plantans oförmåga att ta till sig andra viktiga näringsämnen. För mycket kväve gynnar bladverk och missgynnar blomning och fruktsättning. Bladverken blir ofta stora och vattniga. Risk för olika patogener ökar också vid för hög kvävehalt på grund av att många smittoorganismer gynnas av god kvävetillgång och plantor som är försvagade (Engels, m fl., 1995).

Mineralisering

Det finns stora mängder bundet kväve i marken, där endast en bråkdel blir växttillgängligt under en odlingsäsong. Den största delen av kvävet i marken är bundet till humusämnen som tar lång tid att bryta ner. Det kväve som mineraliseras från humusämnen under ett år kan ibland vara så lite som 1 % av den totala mängden. Det innebär en mängd på ungefär 60- 100 kg N/Ha (Torstensson, m fl., 2004).

I marken finns även lättnedbrytbart material i form av skörderester och stallgödsel, som ger ifrån sig växttillgängligt kväve. Hur mycket av kvävet som frigörs direkt, och hur mycket som blir till humus beror på hur snabbt nedbrytningsprocessen går. Medan grönt växtmaterial är lättnedbrytbart, går rötter och den fasta delen av stallgödsel mindre snabbt att bryta ner och resulterar i mer humus (Torstensson, m fl., 2004).

Mineraliseringstakten beror bland annat på tillgången av organiskt material, jordens vattentillgång, temperatur och pH- värde (Engels, m fl., 1995). Takten på nedbrytningsprocessen beror även på mängden kväve i det organiska materialet och förhållandet mellan kväve och organiskt kol. Därför anges kvävehalten ofta som C/N- kvot. Ju lägre C/N- kvot dvs. ju högre kvävehalt, desto större sannolikhet att det ska uppstå ett förråd av oorganiskt kväve som växterna lätt kan ta upp. Mineraliseringstakten ökar om det

finns mycket organiskt kväve i marken. Om tillfört organisktmaterial har högre C/N- kvot än 25 sker vanligtvis en *immobilisering* som medför att det oorganiska kvävet i marken minskar och mineraliseringen avtar. Nedplöjning av halm, med C/N- kvot på ca 80, kan till exempel leda till detta (Eriksson, m fl., 2005).

Ju lägre temperatur desto långsammare går nedbrytningen, speciellt om temperaturen går under noll grader. Nedbrytningsprocessen avtar även om det råder vattenbrist i marken men också vid extremt höga vattenhalter (Eriksson m fl., 2005). Ett högre pH ger ökad mikrobiell aktivitet som leder till en ökad mineraliseringstakt av organiskt bundet kväve vilket i sin tur resulterar i mer växttillgängliga växtnäringsämnen. Nitrifikationsprocessen i marken gynnas också av högre pH (Eriksson, m fl., 2005).

Takten på nedbrytningsprocessen och det framtida mineraliserade kvävet i jorden är svårt att beräkna på grund av det många faktorer som spelar in. Det är ett problem i användningen av stall- och grön gödsling. Det är viktigt att ha vetskap om mineraliseringstakten för att kunna synkronisera växtens behov med det tillgängliga kvävet i marken (Nilsson, 2007).

Gödselmedel

Gödsel tillsätts i jorden för att höja växtnäringsnivån och ersätta växtnäringsförluster eller behålla nivån på växtnäringsämnen. Det är nödvändigt för jordens långsiktiga bördighet. Innan gödsling är det viktigt att göra en analys av mängden mineraliserat kväve som redan finns i marken. Börvärdet räknas också ut, som innebär växtens förväntade kväveupptag fram till nästa gödslingstillfälle plus det minsta grundförrådet som måste finnas i marken. På detta sätt räknar man ut hur mycket kväve som behöver tillsättas. Beroende på vad man använder för gödsel, vilken spridningsmetod och när gödselspridningen sker, ges sedan olika förutsättningar för kvävetillgången i odlingen (Torestensson, m fl., 2004).

2005 fick 40 % av vår totala åkermark endast mineralgödselmedel. 20 % fick både mineralgödsel och stallgödsel och 12 % enbart stallgödsel. Undersökningar visar även att någon gång under växtföljden får två tredjedelar av den totala grödarealen stallgödsel (Danell, 2007).

Stallgödselmedel

Det mesta av de näringsämnen som växter behöver, som kväve, fosfor och kalium och andra växtnäringsämnen, finns i stallgödsel. Kväve finns i form av både oorganiskt kväve (ammonium och nitrat) och organiskt bundet kväve. Medan det organiskt bundna kvävet först

måste brytas ner för att bli växttillgängligt, kan ammonium tas upp direkt av växterna och är därför direktverkande. Ammonium som inte tas upp av växter omvandlas snabbt till nitrat och resulterar i att kvävet blir mer lätttröligt i marken (Jordbruksverket, 2005)

Problemet med stallgödsel är att det är svårt att precisera en lämplig gödslingsnivå. I och med att det innehåller mycket organiskt bundet kväve är det svårt att förutse hur snabb mineraliseringstakten kommer att vara och när kvävet kommer att bli växttillgängligt (Wivstad, m fl., 2009).

Försök har visat att kväve i organisk form mineraliseras till ungefär 60 % inom en till två månaders efter spridning (Wivstad, m fl., 2009).

Flytande gödselmedel som innehåller mer oorganiskt kväve i form av nitrat och ammonium, kan spridas med större precision än fastgödsel och därmed öka kvävehushållningen (Wivstad, m fl., 2009).

Stallgödsel ska inte användas i korta kulturer på grund av att de ofta inte hinner utnyttja kvävet eftersom mycket kväve kommer att mineraliseras efter skörden. Det är framförallt i långtidsväxande kulturer som till exempel fabrikspotatis och sen vitkål som stallgödsel används (Torstensson, m fl., 2004).

Stallgödsel har en långtidsverkande effekt och kan under lång tid hjälpa jorden att behålla bördigheten genom organiskt material och mullämnen. En balanserad mängd stallgödsel gynnar mikroorganismerna i jorden och ökar biologiska processer i marken (Ge, m fl., 2009).

Mineralgödselmedel

Det vanligaste mineralgödselmedlet på marknaden som innehåller kväve, består av både ammonium och nitrat. Kvävet är direktverkande och växttillgängligt när gödseln tillförs (Albertsson, 2009). Ur den synvinkeln har mineralgödselmedel därför miljöfördelar eftersom man lättare kan precisera givan och undvika utlakning, om det används på rätt sätt. Försök visar att vid noggrann preciserad gödsling, kommer mindre än 5 % av det tillförda kvävet av mineralgödsel att läcka ut under de närmaste 3-4 åren (Christensen, 2004). Andra försök har däremot visat att mineralgödselmedel kan ha negativ effekt på mikroorganismer i jorden och på så sätt minska takten på mineraliseringen av organiskt material. Det beror främst på toxicitet och sjunkande pH av ammoniumbaserad gödsling (Ge, m fl., 2009). Lågt pH försvårar i sin tur näringsupptag hos växter (Eriksson, m fl., 2005). Mineralgödsel tillför inte heller lika mycket humusämnen till jorden som till exempel växtrester och stallgödsel och bidrar därför inte till jordens långsiktiga bördighet. På grund av detta används mineralgödsel

idag främst som kompletteringsgödsling. Ur hållbarhetssynpunkt är den höga energiåtgången vid framställning av mineralgödselmedel också en viktig aspekt att beakta (Bertilsson, 2008).

Växtens kvävebehov över tid

Grödans kvävebehov varierar under kulturtiden. Variationer förekommer även från år till år och beror till stor del på vädret under tillväxtperioden. Det finns även skillnad på kväveupptag beroende på sort. Hos till exempel potatis har sorten Kennebec ett upptag på ca 1460 kg/ha per dag, medan sorten Norchip bara tar upp 780 kg/ha per dag (Alva, 2004). Grödans behov är den mängd växtnäring som grödan behöver för att utvecklas på bästa sätt. Det krävs även en viss mängd i marken utöver det som växten behöver för att underlätta upptaget. Detta kommer att finnas kvar som restkväve efter skörd och brukar ligga mellan 20–40 kg N/ha (Torstensson, m fl., 2004).

I början av kulturtiden är det viktigt med ett större grundförråd än senare på säsongen. Det beror på att plantan inte har välutvecklade rötter, men ändå måste kunna ta upp tillräcklig mängd näring. Det medför en ökad utlakningsrisk. Problemet kan lösas genom att en såkallad startgiva av gödsel kan läggas alldeles under fröet eller plantan, istället för en breddgödsling (Torstensson, m fl., 2004).

Växtnäringshushållning

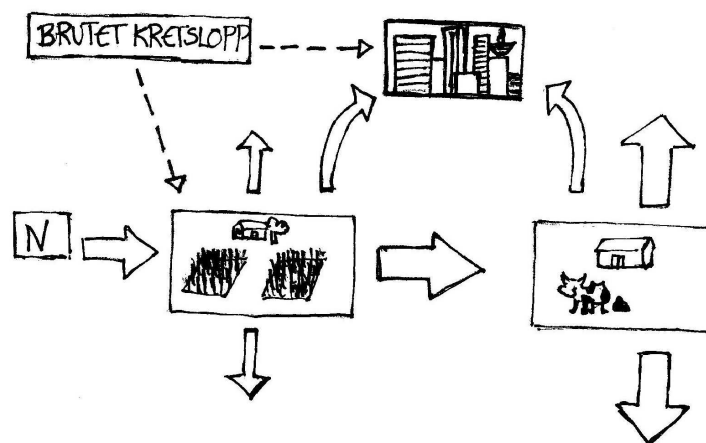
Kvävecykeln har en balans i naturliga ekosystem, som är mer eller mindre slutna. Frigörelse av kväve till atmosfären, genom kvävgas (N_2), sker i ungefär samma takt som kvävefixering och humusbildning. Som redan nämnts så utgör kväve 78 % av atmosfären och är en viktig byggsten i livet på jorden, där det återfinns i allt från aminosyror, proteiner och DNA. Den största delen av kvävet är inte växttillgängligt (Christensen, 2004). Det finns anledningar till det. För mycket kväve i det naturliga ekosystemet skulle till exempel innebära större lustgasbildning. Av ”nytt” kväve (kvävefixering) som tillförs ekosystemet kommer mellan 3–5% av det återföras till atmosfären i form av lustgas. Lustgas är en kraftfull växthusgas, där små mängder kan medverka till att ozonlagret förstörs och kan därför få stora konsekvenser för livet på jorden (Eriksson, m fl., 2005). I ett naturligt ekosystem kan atmosfären ta hand om lustgasen som bildas, problemen uppstår när allt mer kvävgas (N_2) omvandlas till växttillgängligt kväve och införs i kretsloppet som mineralgödsel eller genom kvävefixering (Christensen, 2004).

Idag ökar produktionen på våra odlingar tack vare mineralgödsel och kemiska bekämpningsmedel samtidigt som trycket på kvävecykeln ökar. Det är betydligt mycket mer kväve som pumpas in i systemen än vad som kommer därifrån i form av skörd (Christensen, 2004). Problem uppstår när alltför stora mängder av kväve utlakas och påverkar vår miljö negativt, men även att jordens bördighet försämras av en alltför ensidig gödsling. För att få hållbara odlingar krävs det att skapa så täta näringskretslopp som möjligt och minska tillförseln av kväve samtidigt som man minskar förlusterna (Gruber, m fl., 2008).

Kretslopp i samhället

Idag sker den största matkonsumtionen i storstäder samtidigt som nästan inget avloppsslam i form av kväve och fosfor återgår till jordbruket, så står det på jordbruksverkets hemsida (jordbruksverket, u.å.). Det medför att växtnäringsämnen samlas i urbana områden och riskerar att läcka ut till miljön. En del av den växtnäring som samlas i dessa områden tas upp av reningsverk och en liten del går tillbaka till

jordbruksmarken, men mycket når våra sjöar och hav och resulterar i övergödning (Wivstad m fl., 2009). Näring återfinns i matavfall, avfall från livsmedelsindustrin och avloppsprodukter. I



avloppsprodukter, där den största mängden växtnäring återfinns, är det endast 3 % som återförs till jordbruket. Återanvändning av avloppsprodukter begränsas av innehållande föroreningar. En möjlighet är att källsortera urin och fekalier. Det blir både renare och lättare att spåra var föroreningar kommer ifrån, i jämförelse med slam och avloppsvatten (Wivstad, m fl., 2009). 70-100 % av humanurin innehåller oorganiskt kväve. Det innebär att kvävet kan tas upp av växter med en gång. Det är en fördel för att kunna precisera gödslingen (Båth, 2008). Problemet med urin är att det kan innehålla hormoner och läkemedelsrester. I övrigt är smittoämnen i urin väldigt låga. I fekalierna är smittoämnen betydligt mycket större och måste därför behandlas genom rötning eller kompostering. För en ökad användning av avloppsprodukter krävs förändringar i infrastrukturen och kan därför bli tillgängligt först på lång sikt. Vid recirkulerig av urin och fekalier skulle näringsutsläppen från reningsverk och enskilda avlopp minska väsentligt (Wivstad, m fl., 2009).

Avfall från livsmedelsindustrin återförs idag i stora mängder, framförallt som foder men även som gödselmedel. Det är i huvudsak slakteriavfall som produceras till mjölkformigt gödselmedel (Wivstad, m fl., 2009).

Av källsorterat matavfall från hushåll, storkök och restauranger är det endast 7 % som återgår till jordbruket. Rötat matavfall från biogasanläggningar ökar, men begränsas av att det bara är 20 % av allt matavfall som källsorteras idag (Wivstad, m fl., 2009). Av 20 % är det endast två tredjedelar som komposteras, resten rötas i biogasanläggningar. Det komposterade materialet används mest i hemträdgårdar och för användning i jordblandningar. Trenden visar att en mångdubbling av rötning av matavfall i biogasanläggningar kommer att ske inom de närmaste åren. Det innebär att det kan komma att ske en ökad användning av rötat matavfall inom jordbruket i en nära framtid (Wivstad, m fl., 2009).

Kvävebalans

Näring som tillförs jordbruksmark kommer framförallt ifrån mineralgödsel och stallgödsel. Även kvävefixering utgör en stor inkommande näringskälla (SCB, 2007).

Den totala tillförseln av näring till jordbruk ligger idag i genomsnitt på ungefär 125 kg/ha. Av den näringen hittar man bara ca 80 kg/ha i skördade produkter. Det innebär att den resterande del dvs. överskottet antingen binds i marken eller i sjösediment, men kan även utgöra en fara för miljön vid utlakning till luft och vatten (Danell, 2007).

Genom att beräkna växtnäringsbalansen på en gård kan en analys göras av växtnäringshushållningen. Fälthalans (Soil surface) är en metod där man enbart beräknar tillförsel och bortförsel av växtnäringsämnen från marken. Alltså den näring som tillförs, den näring som bortförs från fält och det överskott som blir kvar i jorden (Albertsson, 2009). Växtnäringsbalansen kan även beräknas utifrån gårdsnivå (Farm gate), där uträkningar avser tillförsel och bortförsel för hela jordbrukssektorn, med både växtodling och djurhållning som utgångspunkt. Med hjälp av dessa uträkningar kan man få hjälp att hitta problemen med ojämn kvävebalans och på så vis hitta lösningar för att få bättre kvävehushållning och därmed minska miljöpåverkan och kostnader (Jordbruksverket, 2007).

Jordbrukens struktur

Specialiseringen som skett inom jordbruket har medfört att kopplingen mellan växtodlingar och djurgårdar brutits. Idag minskar djurgårdarna i antal men ökar i storlek. Växtodlingar och djurgårdar ligger i många fall också placerade i olika delar av landet. Djurgårdar är koncentrerade till vissa platser medan växtodlingar är koncentrerade till andra områden. Den

brutna kopplingen medför att handelsgödsel köps in till växtodlingar och foder köps in till djur- och mjölkgårdar och medför ansamlingar av näringsämnen. Gödselmängderna ökar på djurgårdarna medan åkermarken att sprida gödseln på är densamma. Problemen idag handlar också ofta om att jordbrukare har för små lagringsutrymmen för mängden gödsel (Wivstad m fl., 2009).

Minska kväveutlakningen

De faktorer som styr kväveutlakning går i vissa fall inte att påverka som nederbörd, jordmån och vinterklimat. Det finns dock många faktorer som odlaren kan påverka som odlingsteknik, växtföljd, val av grödor, gödselstrategi och jordbearbetning. Kväveutlakningen är viktig att hålla låg med tanke på miljön, men även för att hålla kostnaderna nere i odlingen (Wivstad m fl. 2009). Nedan kommer konkreta åtgärder för hur kväveutlakning kan minska i odlingen.

Miljömål och åtgärdsprogram

Beräkningar som gjorts av SCB har visat att kväveöverskottet från svensk åkermark har minskat betydligt sedan mitten av 1990-talet. Från 1995 till 2005 minskade det outnyttjade kvävet i marken med en tredjedel och minskningen fortsätter (SCB, 2007). Det beror på en rad faktorer. Ökad användning av fånggrödor, ökad vårplöjning, förändrade gödseltidpunkter och förbättrad kväveeffektivitet för att nämna några viktiga åtgärder (Johnsson m fl., 2008).

Åtgärderna kan till viss del ses som ett resultat av de åtgärdsprogram som arbetats fram med utgångspunkt från Sveriges miljömål. Sveriges riksdag har, som jag redan nämnt, satt upp 16 miljömål med syfte att minska samhällets belastning på miljön. Det är mål som ska nås till 2020. "Ingen övergödning" är ett av miljömålen som tar upp problemen med onaturlig ökning av närsalter som läcker ut från samhälle och jordbruk med negativ inverkan av miljön (Jordbruksverket, 2007). Målets definition är följande: "Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningarna för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten" (SCB, 2007).

Jordbruket står för ungefär hälften av det kväve som härstammar från mänsklig aktivitet, som läcker ut till våra vatten. Om våra miljömål ska nås krävs det kraftiga åtgärder inom lantbruket. För att få växtnäringsförluster att minska från lantbruk arbetade man fram ett åtgärdsprogram i slutet av 1980-talet. Åtgärdsprogrammet arbetar utifrån lagstiftning, ekonomiska styrmedel, rådgivning och försöks- och utvecklingsverksamhet. Lagstiftning som

rör kväveutlakning innehåller bland annat bestämmelser om mängden av gödsel som får tillföras till åkermarken, särskilda regler för spridning av gödsel samt bestämmelser om höst- och vinterbevuxen mark. Ekonomiska styrmedel handlar framförallt om ersättning som odlare kan söka för att minska växtnäringsförluster genom att införa fånggrödor och vårbearbetning (jordbruksverket, 2007).

Gratis rådgivning till jordbrukare genomförs av jordbruksverket och länsstyrelsen. Rådgivningsprojektet *Greppa näringen* startades i slutet av 1990- talet och drivs som ett samarbete mellan jordbruksverket, länsstyrelserna, rådgivningsorganisationer och jordbrukets organisationer. De arbetar också mycket med uppföljning av de råd som ges. Genom försöks- och utvecklingsverksamhet arbetas metoder fram för förbättrade odlingsåtgärder och teknisk utveckling (jordbruksverket, 2007).

Odlingsåtgärder

För att uppnå odlingar med ett högt växtnäringsutnyttjande och en minskad miljöpåverkan krävs det god planering. Det är viktigt att ha en väl genomtänkt växtföljd där grödor planeras utifrån växtnäringsbehov, förfruktsvärde och rotdjup. Markens förfruktsvärde är den näring som föregående gröda lämnat efter sig i form av skörderester i och ovan jord. Förfruktsvärde visar också på grödans påverkan av jordstrukturen genom rotmassa och rotdjup. Hur väl grödan har täckt marken har också betydelse (Båth, 2008)

Genom att odla en mindre näringskrävande gröda efter en gröda med stort näringsupptag, och tvärtom, gör att man på ett effektivt sätt blir mer näringshushållande. Detsamma gäller för rotdjup. Djuprotade grödor tar upp näring till matjorden från djupare rotlager. Genom att varva djuprotade med kortrotade grödor får man ett maximalt näringsutnyttjande (Wivstad, m fl., 2009). I beräkningen om förfruktsvärde är det viktigt att ta hänsyn till utlakningsrisken från matjorden under höst och vinter.

Planering krävs även för vilka odlingsåtgärder som krävs, som tillexempel gödsling och jordbearbetning, och vid vilken tidpunkt utföranden ska ske (Torstensson, m fl., 2004).

Gödslingsstrategier

Tillgången på växttillgängligt kväve i marken kan variera kraftigt beroende på tidigare grödors näringsupptag, tidigare stallgödsling och mullhalt i jorden. Det är därför viktigt att ta hänsyn till detta vid val av gröda och gödsling (Torstensson, m fl., 2004). Mängden gödsel ska anpassas efter grödans förväntade skördenivå, förfruktsvärde och markens innehåll av

växttillgänglig näring (Wivstad, m fl., 2009).

Att ge högst 50- 70 % av det förväntade behovet vid grundgödsling och sedan komplettera under växtsäsongen, kallas delad kvävegiva. Det minskar risken för onödiga mängder kväve i odlingen (Torstensson, m fl., 2004). Det är speciellt viktigt den första tiden vid odling av grödor med grunt rotsystem och litet näringsupptag (Båth, 2008).

Eftersom grönsaker ofta odlas på lätta jordar är det extremt viktigt att hantera gödslingen på rätt sätt. Mängd, spridnings- och nedbrukningstidpunkt ska passa till grödans förväntade behov (Wivstad, m fl., 2009). Med GPS teknik är det nu möjligt att fastställa olika markförhållanden på fält och var skördenivån varit på olika delar av fältet. Detta kan användas vid gödselspridning för att öka precisionen och därmed minska överskott av näringsämnen (Albertsson, 2009).

Att gödsla på hösten medför kväveförluster, speciellt vid användning av flytgödsel(Christensen, 2004). I vissa särskilt känsliga områden finns det strikta restriktioner vid spridning av stallgödsel under hösten på grund av detta. Undantaget är spridning av obrunnen fastgödsel eller gödsel med strö. Det kan man sprida under hösten utan någon nämnvärd ökning av kväveförluster. Kolet i strömedlet gör att mineraliseringstakten av det organiska materialet bromsas kraftigt (Torstensson, m fl., 2004).

Vårspridd fastgödsel ger en ökad risk för kväveutlakning i jämförelse med flytgödsel. Det beror på att fastgödsel har en högre halt av organiskt kväve, som kan komma att frigöras under följande höst, medan vårspridning av flyt- eller kletgödsel ofta har liten påverkan på kväveutlakningen vintern därpå (Albertsson, 2009).

Att radmylla växtnäring samtidigt som plantering eller sättning minskar risken för gasförluster, samtidigt som effektiviseringen av upptaget ökar (Torstensson, m fl., 2004). Fastgödsel ska brukas ner inom 4 timmar, medan flytgödsel ska brukas ner redan efter 2 timmar, för att minska kväveförluster (Albertsson, 2009).

Att använda sig av stallgödsel kan vara osäkert ur växtnäringssynpunkt på grund av svårigheten att säkerhetsställa mineraliseringstakten av bundet kväve. Detta gör att risken för feldosering kan vara större vid användning av stallgödsel än av mineralgödselmedel. Det är därför väldigt viktigt att använda sig av fångstgrödor speciellt vid användning av stallgödsel (Albertsson, 2009). Flytgödsel ger bättre förutsättningar för precision på grund av mer växttillgängligt kväve som nitrat och ammonium, framförallt för grödor som tidigt under kulturtiden behöver kväve. Viktigt med flytgödsel är att använda sig av bra spridningsteknik och att gödseln myllas ner i jorden direkt efter spridning, så ammoniakförluster undviks. Mineralgödsling används främst som ett komplement till stallgödsel (Wivstad, m fl., 2009).

Vall och gröngödsling

Det är viktigt att odla vall i växtföljden. Vallen har djupa rotsystem som luckrar upp undre jordlager och tar upp näring som grödor med kortare rotsystem inte når. Utlakningsrisken minskar med grödor som har lång växtsäsong, och utlakningsrisken minskar ännu mer med fleråriga grödor. Vall som till exempel odlas under två växtsäsonger minskar kväveutlakningen väsentligt. Det beror på färre vallbrott och mindre jordbearbetning (Danell, 2007). Att vallen får stå i två år är även positiv för ogräskontroll och för bättre växtnäringsutnyttjande (Wivstad, m fl., 2009). Det är viktigt att hålla marken bevuxen. Därför ska vallen helst brytas på våren (Jordbruksverket, 2005).

Gröngödsling med baljväxter som använder sig av kvävefixerande bakterier för att ta upp luftens kväve (N_2) gör det möjligt att använda sig av kväve som "producerats" lokalt (Christensen, 2004). Det krävs ingen fossil energi (förutom eventuell körning), inga transporter och ingen lagring (Bertilsson, 2008). Eftersom djurgårdar ligger ganska koncentrerade till vissa områden idag, kan det vara svårt med tillgång av organiskt gödselmedel. Därför utgör baljväxter en viktig del i utnyttjande av lokala resurser (Båth, 2008). Att odla gröngödselgrödor kan däremot ge en ökad risk för utlakning av kväve, speciellt vid nedbrukning av ettåriga kväverika baljväxter på lätta jordar (Wivstad, m fl., 2009).

I ekologiska odlingar blir det allt vanligare med fodervallar och större inköp av gödsel, istället för kortvariga gröngödslingvallar. Det medför ökad möjlighet till styrning av växtnäringsstillförsel. Att använda sig av fodervallar som kan stå längre medför även en minskad jordbearbetning (Wivstad, m fl., 2009).

Skörderester

Kväverika skörderester är viktiga att utnyttja för att ge kväve tillbaka till marken. Problem kan uppstå vid alltför tidig nedbrukning på hösten som leder till en snabb nedbrytning och hög utlakningsrisk. Det är speciellt riskfyllt när det handlar om färskt och fortfarande grönt material som det oftast är på grönsaksodlingar, som till exempel färsk potatisblast.

Grönsaksodlingar har därför ofta högre lättillgängligt kväve kvar i marken efter skörd, i jämförelse med till exempel spannmålsgrödor (Torstensson, m fl., 2004).

Olika växtmaterial har olika snabb nedbrytning. Skörderester från till exempel morot och rödbeta bryts ner långsammare än skörderester från lök och sallad. Om skörderesterna lämnas intakta på fält tar nedbrytningen längre tid. I det fallet kan de till och med fungera som

fånggröda, och fortsätta ta upp överblivet kväve från marken. Om resterna blir överkörda och skadade på fält kommer nedbrytningen att gå snabbare och risken för utlakning ökar (Torstensson, m fl., 2004).

Jordbearbetning och vinterbevuxen mark

Jordbearbetning leder till en ökad mineraliseringstakt och mer rörligt kväve. Det är detsamma under alla tidpunkter på året. Det är dock vid jordbearbetning på hösten som det är störst risk för utlakning på grund av ökad nederbörd och minskad vattenavdunstning. Den ökade risken gäller framförallt för lätta och moränleriga jordar. Tidig höstbearbetning på lätta jordar medför att frigörelseprocessen får verka under lång tid i varmare jord och medför en hög risk för utlakning. På styvare lerjordar är skillnaden mellan tidig och sen bearbetning mindre. Sen bearbetning på lerjordar ska man däremot undvika på grund av risk för markpackningsskador (Torstensson, m fl., 2004).

För att minska utlakningsrisken kan man använda sig av vinterbevuxen mark eller att hitta metoder som gör det möjligt att undvika höstplöjning (Torstensson, m fl., 2004).

Vinterbevuxen mark kan minska utlakningen med upp till 40 %. Det beror på den minskade jordbearbetningen, men även på grund av att vinterkulturen tar upp överblivet kväve i marken. I Götaland finns det en lag som säger att minst 50 – 60 % av åkerarealen ska vara vinterbevuxen, där även stubb är inräknat (Wivstad, m fl., 2009).

Vintergrön mark kan vara ett problem för ogräsbekämpningen, framförallt mot kvickrot. Därför är det viktigt att utveckla ogräskontroll och bekämpning i växande gröda (Wivstad, m fl., 2009).

Fånggrödor

Fånggrödans uppgift är att binda det kväve som den föregående grödan lämnat efter sig, men även det kväve som kommer att frigöras under hösten. Det mesta av det kväve som fånggrödan tar upp ger ett långsiktigt kväveförråd i marken (Wivstad, m fl., 2009).

Användning av fånggrödor är speciellt viktigt efter tidiga kulturer som lämnar efter sig mycket kväverika skörderester, eller grödor som skördas vid hög tillväxt. Exempel på sådana grödor är färskpotatis och vissa sorter av sallad. Det ska även användas efter alla grödor som skördas i augusti och september, om inte den skördade grödan efterföljs av en höstsådd gröda (Torstensson, m fl., 2004).

Effektiviteten hos olika fånggrödor beror på odlingssäsongens längd och varierar därför beroende på vart man befinner sig i landet, och vid vilken tidpunkt grödan skördas (Wivstad, m fl., 2009). Det är även viktigt att tänka på grödans rotdjup. En fånggröda med djupt rotsystem, som råg och raps, är att föredra när det finns risk för mycket kväve i djupare jordlager, som tillexempel efter kulturer med grunt rotsystem, som sallad och lök. Vid nedbrukning av fånggrödan frigörs sedan kväve i det högsta jordlagret, som kan tas upp av nästa gröda med grunt rotsystem. Nedbrukning av fånggrödor under hösten kan medföra hög utlakningsrisk och ska därför gärna stå kvar till våren, om ingen efterföljande vintergröda sås in (Torstensson, m fl., 2004).

Diskussion

För att minska kväveutlakningen i grönsaksodlingar måste kvävet kretslopp effektiviseras i alla led. Problemformuleringar som ställs i början av arbetet lyder: Hur kan kvävet kretslopp effektiviseras för att få uthålligare odlingssystem? Och på vilka sätt kan kväveutlakning minimeras i våra grönsaksodlingar? De två problemformuleringarna hänger tydligt samman. För att minska kväveutlakningsrisken krävs det att odlingsåtgärder sätts in med hänsyn till kvävet rörelse i marken och grödornas förväntade kvävebehov. Det handlar även om att ur ett större perspektiv öka kretsloppstänkandet och balansen mellan inkommande och utgående kväve i odlingssystemen.

När man minskar ingående näringsämnen till odlingen minskar man ansamlingen av kväve på odlingen och även risken för kväveutlakning. Genom att utnyttja lokala resurser minskar inflödet av energi till odlingen. Med lokala resurser menas tillexempel att man utnyttjar grannens stallgödsel eller odlar grön gödselingsgrödor, istället för att köpa in mineralgödsel. På detta sätt undviker man energiåtgången vid transporter och framställning av gödselmedel. Processen vid mineralgödselmedelproduktion avger växthusgaser och är en viktig anledning till en minskad användning. Även det faktum att man tillför ”nytt” kväve (N_2) till kretsloppet vid användning av mineralgödselmedel, som i sin tur medför en ökad naturgas bildning, visar på att man borde överväga en minskad användning.

För att skapa ett kretslopp är det viktigt att börja återinföra den näring som lämnar odlingen i form av skörd. Idag sker en ansamling av kväve i våra städer med följderna att det blir ett stort tryck på reningsverk som i sin tur medför höga utsläpp. Det är endast en liten del av den näring som konsumeras som återförs till marken. En stor möjlighet att förbättra återtillförsel av den näring som konsumeras är genom att återföra matavfall genom rötning i

biogasanläggningar och genom kompostering. Idag återförs matavfall i liten utsträckning. Det är bara 20 % av allt matavfall som komposteras idag. Här finns möjlighet till förbättring.

Biogasanläggningar blir allt vanligare och fler och fler väljer att källsortera sitt matavfall.

Humanurin är även det någonting som borde återföras till jordbruket i större utsträckning än vad den gör idag. Urin innehåller höga halter näring som skulle ha betydande effekt i odlingar och på så vis minska annan gödseltillförsel. En stor del av kvävet i humanurin är oorganiskt kväve som, i likhet med mineralgödsel, kan ha stor fördel för preciserad gödsling. En ökad användning av humanurin skulle innebära stora förändringar i infrastrukturen, såsom utbyggnad av urinsorterat avfallsystem och reningsverk samt krav på ny teknik för spridning och lagring. Det innebär att det är mycket arbete kvar att göra innan användningen av humanurin kan bli verklighet. Politiska beslut krävs där ansvarsområden delas ut.

Genom att undvika kväveutlakning genom säkrare odlingsåtgärder, kan man minska tillförsel av kväve till odlingarna. Det är mycket som spelar in i arbetet för att minska kväveutlakningen. Lokala betingelser som väder, närhet till havet och jordmån är betydande för utlakningsrisken. På grund av dessa olika faktorer krävs specialanpassade odlingsåtgärder. Även val av grödor ger olika förutsättningar för säkerheten i odlingsystemet. Kvävebehovet skiljer sig mycket mellan olika grödor och olika tidpunkter under kulturtiden.

En god planerad växtföljd är av stor betydelse. Det gäller att i så stor utsträckning som möjligt ta vara på den näring som finns tillgänglig i marken. Gröngödsling är viktigt att få med i växtföljden för att minska behovet av annan gödseltillförsel. Det krävs dock en ökad kunskap och forskning kring hur man använder sig av gröngödsling utan att öka risken för utlakning. Det frigörs en stor mängd kväve vid nedbrukning av gröngödsel, och det måste finnas en efterföljande gröda som tar upp näringen. Det är många odlare som börjat använda sig av fleråriga foderväxter istället för ettåriga gröngödslingsvallar på grund av utlakningsrisken. I och med den minskade kvävekällan köper de istället in mer gödsel. Om det innebär en ökad användning av mineralgödsel är det viktigt att ta hänsyn till växthusgaser som bildas vid framställning och transport. Att istället öka användningen av organiskt gödselmedel innebär en minskad andel ”nytt” kväve till kvävecykeln och ett snävare kretslopp. Det innebär också att markens långsiktiga bördighet förbättras.

Av organiskt material verkar det bästa alternativet vara flytgödsel. Flytgödsel har en större andel oorganiskt kväve än i fastgödsel och medför en mer preciserad gödselgiva. En annan fördel med flytgödsel är att den lättare kan tränga ner i jorden och snabbare får kontakt med markpartiklarna. Men om marken är torr och hård kan marken inte ta till sig mer gödsel och risken för ammoniakavgång ökar. Med en jämn bevattning kan detta undvikas. Det är

viktigt att i största möjliga mån gödsla under våren och låta marken stå täckt under höst och vinter. Om en gödsla måste göras under hösten ska den göras så sent som möjligt, helst just innan tjälen. Flytgödsel ska aldrig användas under hösten. Fastgödsel är då att föredra på grund av långsammare frigörelseprocess av kväve.

Det kan vara svårt att balansera olika näringsämnen i stallgödsel, med grödans förväntade behov. Därför är det viktigt att kunna komplettera med mineralgödsel eller annat växttillgängligt gödsel för att få en god kvalitet på grödorna. Livsmedelsavfall från slakterier, eller humanurin kan vara att föredra framför mineralgödselmedel.

För att få bukt med kväveutlakningen krävs det så lite jordbearbetning som möjligt. Genom att låta marken stå bevuxen med fånggrödor eller höstsådd under höst och vinter kan man undvika jordbearbetning. Att odla mer av fleråriga grödor, som flerårig vall är även det ett bra alternativ. Plöjning är bäst att göra på våren eller sent på hösten. Det gäller framförallt på sandiga jordar. På leriga jordar ska man undvika sen höstplöjning på grund av risk för markpackningsskador.

Användning av fånggrödor är av stor betydelse speciellt på grönsaksodlingar. Många grönsaker behöver stor mängd kväve till slutet av kulturtiden och skördas ofta tidigt under säsongen när marken fortfarande är varm. Det medför en ökad mängd kväve i jorden efter skörd. Skörderesterna som också innehåller en hög halt kväve, som dessutom bryts ner väldigt snabbt, medför också en risk. Fånggrödor tar upp det överblivna kvävet och minskar utlakningsrisken väsentligt.

Kväveöverskottet minskar på odlingar idag tack vare en ökad kunskap om kvävet rörelse i marken, grödornas börvärde och en mer preciserad gödsla. Hur en fortsatt minskning av kväveutlakningen ska gå till är en komplex fråga. Viktiga steg på vägen mot en hållbar odling måste ske via ny forskning, lagstiftning, ekonomiska styrmedel och rådgivningsorgan. Det är viktigt att arbeta för att framtidens odlingssystem kommer att vara näringshushållande med ett utarbetat kretsloppstänk med fokus på uthållighet, där den omliggande miljön inte kommer till skada.

Referenslista

Albertsson Bertil, Jordbruksverket (2009) *Riktlinjer för gödsla och kalkning 2010*, [online] tillgänglig:

<http://www2.jordbruksverket.se/blanketterochtrycksaker.4.29d7ece3112034569ed800049.htm?category=VBD&item=JO09:13#iJO09:13> [10.02.11]

Bertilsson Göte (2008) *Kväveförsörjning i en uthållig växtodling* [online] tillgänglig:
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5800/978-91-620-5871-5/> [10.02.11]

Båth Birgitta (2008), Jordbruksverket, u.å, *Växtnäringsförsörjning och gödsling i ekologisk grönsaksodling*, [online], tillgänglig:
http://www.jordbruksverket.se/download/18.595401461210ae2d589800031873/P7_15Vaxtnaring2008%25E2%2580%2593S%5B1%5D.pdf [10-04-10]

Christensen B.T. (2004), *Tightening the Nitrogen Cycle, i: Managing Soil Quality Challenges in Modern Agriculture*, sid. 47, Danmark, CABI Publishing, ISBN 085199671X

Danell Solveig (2007), *Växtnäring – Övergödning*, Örebro, SCB- tryck, ISBN 978-91-618-1368-1.

Engels Christof, Marschner, (1995), *Plant Uptake and Utilization of nitrogen, i: Nitrogen Fertilization in the Environment*, sid 41, New York, ISBN 0-8247-8994-6

Eriksson Jan, Nilsson Ingvar, Simonsson Magnus (2005) *Wiklanders marklära*, Studentlitteratur, ISBN 978-91-44-02482-0

Eskilsson Rolf (1975) *Växtnäring Gödsling*, Borås, LTs förlag

Ge Gaofei, Li Zhaojun, Fan Fenliang, Chu Guixin, Hou Zhenan, Liang Yongchao, (2009) *Soil biological activity and their seasonal variations in response to long-term application of organic and inorganic fertilizers*, *Plant and Soil* [online] 326:31-44, sid. 3, tillgänglig:
<http://www.springerlink.com/content/t09n9x6746383163/> [10-02-24]

Gruber Nicolas, Galloway James N. (2008), *An Earth- system perspective of the global nitrogen cykle*, [online] vol 451/17, sid. 293, tillgänglig:
<http://www.nature.com/nature/journal/v451/n7176/full/nature06592.html> [10-02-24]

Hansen Søren, Jensen H.E., Shaffer Marvin J., (1995), *Developments in modeling Nitrogen Transformations in soil, i: Nitrogen Fertilization in the Environment*, sid. 83, ISBN 0-8247-8994-6

Jensen Erik Steen, (2002) *Kvaelstof i fremtidens baeredygtige jordbrug, i: Visioner for fremtidens jordbrug*, sid.161, Köpenhamn, Gads forlag.

Johnsson Holger, Larsson Martin, Lindsjö Anders, Mårtensson Kristina, Persson Kristian, Torstensson Gunnar, (2008), Naturvårdsverket, *Läckage av näringsämnen på Svensk jordbruksmark*, , tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5823-4.pdf> [10-03-02]

Jordbruksverket, hemsida, [online] 2009-09-10, tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoocklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html>[10-02-24]

Jordbruksverket (2005) *Spridning av flytgödsel*, [online] tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo05_15.pdf [10-02-17]

Jordbruksverket (2009) *Växthusgaser från jordbruket – en översikt av utsläppsmekanismer och möjliga åtgärdsområden inför arbetet med ett handlingsprogram*, [online] tillgänglig: www.jordbruksverket.se/download/18.2d224fd51239d5ffbf780001529/Vaxthusgaser+fran+jordbruket_1.pdf [10-02-11]

Jordbruksverket (2007) *Åtgärdsprogrammet för att minska växtnäringsförluster från jordbruket – Hur långt har vi nått?* [online] tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr138.pdf [10-02-24]

Nilsson Jonas, CUL – Centrum för uthållig utveckling (2007), *Ekologisk produktion och miljö kvalitetsmålen – en literaturgenomgång*, [online] tillgänglig: http://www.cul.slu.se/publikationer/Ekoprod_o_miljomal.pdf [10-02-24]

SCB - Statistiska Centralbyron (2007) *Kväve och fosforbalansen för jordbruksmark och jordbrukssektor 2005*, [online] Tillgänglig: http://www.scb.se/statistik/MI/MI1004/2007A02/MI1004_2007A02_SM_MI40SM0701.pdf [10-03-02]

SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet (2007) *Ekologiskt lantbruk- produktion och konsumtion Ramprogram för forskning 2007-2009*, [online] tillgänglig: <http://www.cul.slu.se/publikationer/ramprogram2007.pdf> [10-02-28]

Spiertz J.HJ., (2009) *Nitrogen, Sustainable Agriculture and Food Security: A review*, Center for Crop System Analysis, Wageningen University.

Statens offentliga utredningar, 2003, *En hållbar framtid i sikte*, Nationalkommittén för Agenda 21 & habitat [online] tillgänglig:

<http://www.sweden.gov.se/content/1/c4/17/43/3568350a.pdf> [10-02-28]

Svenson M. Jonas, Strand John, Sahlén Göran, Welsner Stefan, (2004) Naturvårdsverket, *Rikare mångfald och mindre kväve- utvärdering av våtmarker skapade med stöd av lokala investeringsprogram och landsbygdsutvecklingsstöd*, [online] tillgänglig:

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5362-0.pdf> [10-04-09]

Torstensson Gunnar, Ekbladh Göran, Linnér Harry (2004), *Kväveutnyttjande i potatis- och grönsaksodling*, [online] tillgänglig:

http://www.greppa.nu/download/18.1c0ae76117773233f7800013594/PrR_07_kvaveutnyttjande+potatis+och+gr%C3%B6nsaker.pdf [10-02-24]

Watkins Kevin (2007), Human Development Report 2007/2008 – *Fighting the climate change; human solidarity in a divided world* [online] tillgänglig:

<http://europeandcis.undp.org/home/show/8577701C-F203-1EE9-BFC704589808AB81> [10-02-28]

Wivstad Maria, Salomon Eva, Spångberg Johanna, Jönsson Håkan. CUL - Centrum för uthålligt lantbruk (2009) *Ekologisk produktion – Möjligheter att minska övergödning*, [online] tillgänglig: <http://www.cul.slu.se/publikationer/Eko-prod-overg%C3%B6dning-syntes-web.pdf> [2010.02.11]