

## Möjligheterna att odla 'Stockless Organic' i södra Sverige

- Kan vi få tillräckligt med näring till eko-jordbruket kombinerat med en minskad animalieproduktion?

Possibilities for Stockless Organic farming in the South of Sweden.

- Can we provide enough nutrients to organic farms combined with a reduced animal production?

*Louise Rehnström*



Självständigt arbete • 15 hp  
Trädgårdsingenjör: Odling – kandidatprogram  
Alnarp 2018

### **Möjligheterna att odla 'Stockless Organic' i södra Sverige**

- Kan vi få tillräckligt med näring till eko-jordbruket kombinerat med en minskad animalieproduktion?

Possibilities for Stockless Organic farming in the South of Sweden.

- Can we provide enough nutrients to organic farms combined with a reduced animal production?

*Louise Rehnström*

**Handledare:** Lars Mogren, SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

**Examinator:** Linda-Maria Mårtensson, SLU, Institutionen för Biosystem och teknologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

**Kurskod:** EX0495

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjör: Odling – kandidatprogram

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Blommande vicker i en grüngödsling, © Louise Rehnström

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Ekologisk produktion, växtnäring, odlingssystem, grüngödsling, hållbarhet

**Keywords:** Ecological production, plant nutrients, production systems, green manure, sustainability

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

## Förord

Detta examensarbete är skrivet inom trädgårdsingenjörsprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. Jag vill tacka alla kunniga och inspirerande lärare, vilka under dessa tre år har sått kunskapens små frön i alla oss studenter. Som student kan man ganska ofta ha känslan av att vara en ung "pluggplanta" som först får möjligheten att under en period rota sig på SLU's campus i Alnarp och där suga åt sig närande kunskap, innan man sedan blir redo att planteras om på någon annan plats för att där kunna ta upp ännu mer kunskap och erfarenhet. Med tiden kommer alla att utvecklas till unika individuella plantor, som alla fyller en funktion i vårt samhälleliga ekosystem. För det är ju just så som naturen fungerar, en mångfald av liv där allt har sin funktion. Det var just intresset för denna mångfald i naturen med alla olika organismer och processer i ekosystem och hur man på ett hållbart och bra sätt ska ta hand om dessa och ändå kunna producera tillräckligt med livsmedel som fick mig att söka till utbildningen som trädgårdsingenjör.

Denna uppsats handlar om en av grundförutsättningarna för ett fungerande jordbruk, nämligen näringsförsörjningen, som även kan ha stor negativ påverkan på vår miljö och dess ekosystem. Som handledare till min kandidatuppsats har jag haft förmånen att få lov att ha Lars Mogren och vill till honom rikta min tacksamhet för god och konstruktiv vägledning under hela processen: Tack! Sist men inte minst vill jag även tacka min familj för att de alltid finns där med sitt stöd och sin positiva inställning till mitt val av utbildning.

Louise Rehnström

Alnarp, 2018



## Abstract

Organic farming is increasing all over the world, as well as the consumer demand for organic products. At the same time farms and whole farming areas get more specialized in producing different types of food. This means that organic vegetable farmers must import animal manure to the farm in order to sustain the crops nutritional needs. If an organic farm instead could produce its own fertilizers out of plant biomass, the farm would gain larger resilience and less environmental negative impact. The term Stockless Organic means that the crops get their nutrients from different growing methods instead of animal manure. At a Stockless Organic farm, the farmer has to work with organic material, which is incorporated to the soil, and the nutrients get available to the plants by different biological processes. These processes are affected by the properties of the soil, and to succeed with Stockless Organic the farmer must have knowledge of these properties and processes.

By growing a large amount of green manure in the crop rotation, a Stockless Organic farm can provide enough nutrients for the crops. There are different methods of how to manage the green manure, if it should grow as ley one or several seasons or as a cover crop in between the main crops. The biomass from the green manure, which is cut during the growing period, can be left out on the field, moved to other fields or taken away to be anaerobically digested in order to get a mobile manure.

What is problematic with green manure is that it uses fields that otherwise could have been used for a main crop that would gain profit to the farm. The growth of the green manure is also, like the main crop, dependent of many factors, including weather, to be successful. Therefore, there can be great variations in yield from year to year, which makes green manure a more risky nutrient supply than if you annually buy the amount of manure which is needed. Still, green manure leads to higher soil fertility, which in the long term leads to a larger harvest.

## Sammanfattning

Andelen ekologisk odling ökar runt om i världen, liksom konsumenternas efterfrågan på ekologiska produkter. Samtidigt blir enskilda jordbruk och hela jordbruksområden mer specialiserade på ett fåtal typer av livsmedelsproduktion. Detta medför att ekologiska gårdar som enbart producerar vegetabiliskt livsmedel måste importera stallgödsel för gårdens näringsförsörjning. Ett ekologiskt jordbruk hade fått en större grad av resiliens samt även mindre miljöpåverkan om grödornas näring kunde skapas på gården utan att behöva importera stallgödsel. Begreppet Stockless Organic innebär att odlaren applicerar olika metoder för att kunna odla utan någon tillsats av animaliskt gödsel. Odlaren arbetar då med organiska växtmaterial som tillsätts jorden och höjer andelen upptagbar växtnäring genom att brytas ner i olika biologiska processer. Dessa processer påverkas av markens egenskaper, vilka man därför behöver ha kunskap om för att lyckas med näringstillförseln.

Genom att odla en stor del grüngödsling i växtföljden kan ett jordbruk få tillräckligt med växtnäring till avsalugrödorna. Det finns olika metoder hur grüngödslingen kan odlas, antingen som vallodling en eller flera säsonger eller som en mellangroda, samt olika spridningstekniker av den ovanjordiska biomassan. Klippet från grüngödslingen kan antingen lämnas kvar på platsen för att brytas ner, flyttas och spridas ut på olika fält, eller genomgå en syrefri rötningsprocess som resulterar i ett mobilt gödselmedel.

Problematiken med grüngödsling är att det tar upp jord som annars kunde ha använts till att odla en gröda som ger intäkter, samt att grüngödslingens tillväxt, därmed gårdens gödselmaterial, är lika beroende som grödan av faktorer som gynnsamt väder och frånvaron av patogener för en lyckad tillväxt, och kan därmed visa stora variationer från år till år, vilket inte är fallet om man årligen köper in samma mängd gödsel. Samtidigt ger en ökad andel grüngödsling högre jordbördighet som i längden i sin tur gynnar större skördar.

## Innehållsförteckning

1. Inledning	
1.1. Bakgrund.....	8
1.2. Syfte.....	9
1.3. Material och metod.....	9
1.4. Avgränsningar.....	9
2. Dagens näringsförsörjning i konventionellt och ekologiskt jordbruk	
2.1. Problematik kring dagens jordbruk.....	10
2.2. Växtnäringen i jorden.....	11
2.2.1. Markens egenskaper.....	12
2.2.1.1. Katjonsbyteskapaciteten.....	13
2.2.1.2. Markens pH.....	14
2.2.1.3. Det organiska materialet.....	14
2.2.2. De viktigaste växtnäringsämnen	
2.2.2.1. Kväve.....	16
2.2.2.2. Fosfor.....	17
2.2.2.3. Kalium.....	18
3. Näringsförsörjning i ett Stockless Organic system	
3.1. Vad är Stockless Organic?.....	18
3.2. Växtföljd i ett stockless odlingssystem.....	19
3.2.1. Vallodling som grüngödsling.....	20
3.2.2. Mellangröda.....	23
3.2.3. Förluster av kväve från grüngödslingen.....	25
3.2.4. Grüngödslingens biomassa som mobil gödsel.....	25
3.2.4.1. Röttningsprocessen.....	25
3.2.4.2. Rötresternas gödslingspotential.....	27
4. Diskussion.....	29
5. Slutsats.....	33
6. Källhänvisning.....	34

# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

Trenden idag går mot mer ekologisk odling, både i Sverige, men också nationellt (Willer & Schaack, 2015). Inom den Europeiska Unionen har andelen ekologisk odling fördubblats sedan 2002. Konsumenterna efterfrågar produkter som har olika ekologiska certifieringar, bland annat för att det finns en ökad medvetenhet om baksidorna av konventionell odling och dess möjliga hälsopåverkan på oss människor. Samtidigt har många befintliga ekologiska odlare svårigheter med att hitta tillräckligt med stallgödsel i närheten, då en del av det reglemente som finns kring ekologisk odling är att man inte får använda syntetiskt framställda gödselmedel. Syntetiska gödselmedel innebär att substansen är industriellt producerat (Alsanius & Karlén, 2016).

Många odlingsregioner i världen är antingen specialiserade på produktion av grönsaker eller animalier (Stinner et al., 2008). Detta medför att animalisk gödsel, där inräknat urin, stallgödsel, slakteriprodukter med mera, ibland behöver transporteras långa sträckor, vilket oftast varken är praktiskt eller effektivt, och kan därmed få ett högt koldioxidavtryck som inte går i linje med det ekologiska odlandets tänk. Dessutom har forskning visat på höga delar av jordbrukets växthusgasutsläpp som är kopplade till djurhållning och därför är sannolikheten att gårdar med köttproduktion procentuellt kommer att minska i framtiden (UNEP, 2015).

Ska jordbruket, både den agrikulturella odlingen med sädesslag samt den hortikulturella grönsaksodlingen, kunna möta en växande världsbefolkning, mindre andel användbara jordbruksmarker och samtidigt minska sitt bidragande utsläpp till växthuseffekten, kommer det att behövas ett annat tankesätt och omställning till andra odlingstekniker än vad som har brukats under det konventionella odlandets tid. Ett odlingssätt som forskning har berört mer de senaste åren är så kallat ”Stockless Organic”, det vill säga att odla ekologiskt utan någon tillsats av animaliska gödselmedel. I denna litteraturstudie ska jag belysa möjligheter och potentiella problem med detta odlingssystem, granska metoderna man kan applicera för tillräcklig näringstillförsel samt ge en grundförståelse för hur det fungerar med växtnäringen i jorden.



## 1.2. Syfte

Syftet med denna uppsats är att granska möjligheterna för att odla ”Stockless Organic” med de klimatförutsättningar som råder i södra Sverige. I uppsatsen ger jag en bakgrund till hur det fungerar med växtnäringen. Sedan beskrivs de metoder som potentiellt kan användas istället för att gödsla med animalisk gödsel. Slutligen sammanfattas eventuella för- och nackdelar med att odla ”Stockless Organic”.

Min målgrupp är, förutom personer med bakgrundskännedom om ämnet som kommer att läsa min uppsats i granskande syfte, människor utan tidigare kunskap om ämnet som vill få en bättre förståelse för hur det fungerar med växtnäring i jorden och lära sig vad ”Stockless Organic” är. Därför kommer jag också att förklara vissa processer från grunden, då jag anser att man behöver förstå dessa processer för att sedan lättare kunna få en användbar helhetsbild som kan appliceras på både små som stora projekt.

Mina frågeställningar är följande:

- Hur fungerar de processer som gör växtnäring tillgängligt i marken för växterna?
- Vilka metoder finns det som har potential att ensamma eller i kombination kunna användas inom ”Stockless Organic”?
- Hur fungerar de metoderna?
- Vilka är de positiva och negativa aspekterna med metoderna?

## 1.3. Material och metod

Jag har genomfört en litteraturstudie där jag granskar vetenskapliga artiklar och rapporter om försök som redan har gjorts för att få svar på mina frågeställningar. De källor som jag har använt mig av har jag funnit genom sökningar på Primo eller Google Scholar. Jag har även använt ett par böcker som har varit kurslitteratur i tidigare kurser under utbildningen.

## 1.4. Avgränsningar

I detta kandidatabete har jag valt att fokusera på växtnäringen, dess kretslopp och olika metoder att tillgodose grödorna med näring i en ekologisk odling utan vare sig syntetiskt eller animaliskt gödselmedel. För att detta arbete ska hålla sig inom storleken av ett kandidatarbete måste jag därför avgränsa mig till att inte skriva för detaljerat om de andra odlingsåtgärderna som trots allt behövs för att ett odlingsystem ska fungera i helhet, såsom markbearbetning, bevattning,

växtskydd, med mera, samt heller inte ha en ekonomisk aspekt, förutom att spekulera i om vissa saker är ekonomiskt genomförbara eller ej.

Jag har även valt att fokusera på de tre viktigaste makronäringsämnen: kväve (N), fosfor (P) och kalium (K), ämnen som konventionellt jordbruk tillsätter genom olika NPK-gödselmedel, men jag är medveten om att en växt behöver många fler näringsämnen för en optimal utveckling.

## **2. Dagens näringsförsörjning i konventionellt & ekologiskt jordbruk**

### **2.1. Problematik kring dagens jordbruk**

Dagens konventionella jordbruk har sina rötter i kemins del av den industriella revolutionen. Vid 1800-talets mitt lades mycket fokus på att få upp produktionen på de europeiska fälten och bland annat så importerades det stora mängder guano, fågelspillning, från hela världen (Collis, 1852). Från guanon utvanns det sedan nitrat och fosfat till gödselmedel (NE, 2018). När mer kunskap hade forskats fram om de näringsämnen som växterna behövde och ytterligare tekniska framsteg hade gjorts lyckades kemisten Fritz Haber i början av 1900-talet med en industriell framtagning av ammonium,  $\text{NH}_4$ , av kvävgas,  $\text{N}_2$ , och vätgas,  $\text{H}_2$ , det vill säga på syntetiskt sätt fånga luftens kväve. Metoden går nu under namnet Haber-Bosch-processen, då en annan kemist, Carl Bosch, fick den mer anpassad för industriellt bruk (Fogelfors, 2016). Denna process är väldigt energikrävande, då det krävs hög värme,  $400\text{-}500^\circ\text{C}$ , och högt tryck,  $20\text{Mpa}$ , för att få en reaktion mellan kvävgas och vätgas (Pimentel et al., 2005). I dagens läge kommer denna energi från fossila bränslen, vilket leder till stora koldioxidutsläpp, men även bildning av lustgas, vid tillverkningen av syntetiskt gödselmedel (Evert & Eichhorn, 2013). Dessa gödselmedel brukar benämnas NPK, vilket står för de tre huvudingredienserna och tillika de viktigaste makronäringsämnen för växterna: Kväve, Fosfor och Kalium (Fogelfors, 2016). Det tillverkade ammoniumet blandas in med övriga mineraler, vilka är ett resultat av en gruvdrift som på de platser den sker kan ha stora negativa påverkningar på miljön. Liksom det mesta som tas upp ur marken, räknas även dessa som ändliga resurser, då mycket är oåtkomligt för oss. Därför är syntetiska gödselmedel inte tillåtna i ekologisk odling, som istället vilar på principer om hållbarhet och långsiktig bärkraft, och enligt Jordbruksverket är definitionen på ekologisk odling ”ett sätt att odla där man nyttjar naturresurserna på ett uthålligt sätt” (Jordbruksverket, 2018a). Dock producerar i dagens läge de ekologiska odlingarna mindre

skörd än de konventionella (Westhoek et al., 2014). Som bakgrund till detta ligger inte bara det faktum att de lättapplicerade och kontrollerbara NPK-gödselmedlen är förbjudna, utan även alla icke organiska bekämpningsmedel. Det finns med andra ord en kraftig problematik kring matförsörjningen, då det både krävs större skördar för att förse jordens ständigt växande befolkning med näring samtidigt som miljöhänsyn bör tas, både vad gäller växthusgasutsläpp samt urholkning av markens resurser.

De totala utsläppen av växthusgaser från svenskt jordbruk år 2016 var 7 miljoner ton och förutom syntetiska gödselmedel är djurhållningen en stor bidragande faktor (Jordbruksverket, 2018b). Ett gammalt svenskt talesätt lyder att ”ängen är åkerns moder”, vilket betyder att växterna på djurens betesmark leder vidare till gödsling åt människans grödor på åkern (Fogelfors, 2016). Så har det sett ut under stora delar av jordbrukets historia, men idag betar inte en lika stor del boskap ute på ängar längre, utan förses istället med odlat foder. Den globala produktionen av animaliskt foder använder över 50 procent av det kväve som tillförs genom gödsling, medan vi i slutändan endast får ut cirka 17 procent av den globala kaloriproduktionen från den animaliska sektorn (Liu et al., 2016). Liu et al. (2016) visade att det i genomsnitt krävs 84 gram kväve per 1000 kcal kött jämfört med 16 gram kväve för vegetabilier. Generellt används mycket större andel mark och resurser för att framställa animaliska livsmedel och det hade varit möjligt att förse ytterligare många miljarder människor på jorden med mat om det foder som vi idag odlar till boskapsdjur istället hade gått direkt till humankonsumtion (Westhoek et al., 2014; UNEP, 2015). Om jordens population hade kunnat ändra på sina matvanor till mindre konsumtion av kött och mjölkprodukter hade det därmed gått att få ut en större livsmedelsproduktion till människor, med möjlighet till högre andel ekologisk sådan på samma antal hektar som odlas idag, och då med mindre tillförsel av näringsämnen. Nu blir utmaningen istället hur den ekologiska produktionen ska kunna öka med minskad animalisk gödsel att tillgå. Då krävs det fungerande och effektiva odlingsmetoder inom ett system som inte är beroende av djurhållning, det vill säga ett ”Stockless system”.

## **2.2. Växtnäringen i jorden**

Det finns 14 olika näringsämnen som växter behöver mer eller mindre av för att kunna upprätthålla de komplexa biologiska processer som sker i växternas celler för tillväxt: kväve, kalium, kalcium, magnesium, fosfor, svavel, järn, klor, zink, mangan, bor, koppar, nickel och molybden (Evert & Eichhorn, 2013). Vissa av dessa ämnen är nödvändiga i en viss minimummängd för växtens fortsatta tillväxt, dessa kallas för ”essentiella näringsämnen”

eller ”makronäringsämnen”. De är kväve, kalium, kalcium, magnesium, fosfor och svavel. De flesta av dessa näringsämnen tas in från roten i oorganisk form från den närliggande marklösningen i marken, det vill säga en vattenfilm på markens partikelytor. Med en precisionsgödning med syntetiska gödselmedel kan man tillföra växten näringsämnen i oorganisk form redo att tas upp precis när växten behöver det som mest. Ska man istället använda sig av andra organiska gödslingsmetoder är näringstillgången beroende av en nedbrytning av det organiska materialet till joner i en form som växten kan ta upp via roten (Fogelfors, 2016). I vilken storlek och hastighet denna nedbrytning fungerar varierar stort mellan olika jordar och tidpunkter på året. Målet är att växterna ska kunna tillgodose sig så mycket näring som möjligt med minimalt spill till omgivande miljö. Detta är en utmaning när det kommer till alla organiska gödslingsmetoder, där odlaren tvingas tillförlita sig på väder och markbetingelser för omsättningen av det tillförda organiska materialet. Så för att förstå hur växtnäringen i jorden blir tillgänglig för växterna måste man först se till de egenskaper som marken har på platsen.

### **2.2.1. Markens egenskaper**

Alla jordar består mer eller mindre av organiskt material och mineralpartiklar (Eriksson et al., 2014). Det organiska materialet innefattar allt liv i marken: mikroorganismer, bakterier, svampar med flera, färskt växtmaterial samt nedbrutet humifierat material. Mer om det organiska materialet i marken kommer i ett eget stycke längre fram i arbetet.

Mineralpartiklarna härstammar från våra bergarter och kan antingen vara primära mineraler som bildats i jordskorpan från magman eller sekundära mineraler som bildats från de primära genom olika vittringsprocesser (Eriksson et al., 2014). Tillsammans är det de primära och sekundära mineralernas sammansättning som har stor påverkan på markens näringsförråd. De är uppbyggda av olika ämnen och olika joner med olika laddningar som växten kan ta upp. Jonerna frigörs från mineralerna när de bryts ner genom vittringen, och de olika ämnena i strukturen påverkar också hur pass lätt mineralen kan sönderdelas genom olika starka bindningar mellan dessa joner. Största delen av jordens mineraler är uppbyggda av olika kiseloxidationer tillsammans med andra viktiga ämnen. Exempelvis är bindningen i så kallade silikater mellan kiseljoner,  $\text{Si}^{3+}$  och syrejoner,  $\text{O}^-$  väldigt stark jämfört med en bindning mellan en magnesiumjon,  $\text{Mg}^{2+}$ , och en  $\text{O}^-$  (Fogelfors, 2016).

Sönderdelningen kan antingen ske mekaniskt där partikeln helt enkelt smulas ner i mindre identiska bitar. Det kan vara rötter som växer in i sprickor, vatten som fryser eller temperaturväxlingar som får materialet att sprängas, eller vatten och vind som bearbetar det

(Eriksson et al., 2014). Rötter och vatten ingår även i den så kallade kemiska vittringen, där det istället sker en reaktion med materialet som på sikt löses upp i kisel syra och joner. Detta måste ske i kontakt med vatten, och ökar med temperaturen, lägre pH samt den ”specifika yta” av mineralpartikeln som är åtkomligt för vattnet. Med specifik yta menas den totala andelen av en fast substans som är dess yta. Ju mindre partiklar, desto större specifik yta har de gemensamt, så vittringen går fortare på finkorniga jordar. Rötter utsöndrar även olika organiska syror, ”rotexudat”, som även påverkar den kemiska nedbrytningen.

### **2.2.1.1. Katjonsbyteskapacitet**

De joner som frigörs från mineralerna genom vittring hamnar sedan i marklösningen, vattnet som fyller en del av porerna i jorden (Fogelfors, 2016). Där kan de tas upp av växtens rötter, men också försvinna bort med vattnet som ”perkolerar”, det vill säga rör sig genom markprofilen. Näringsämnen lakas då ut och riskerar att spridas till närliggande vattendrag där konsekvenserna kan bli övergödning. Men jorden har en förmåga att kortsiktigt hålla kvar en del lösta näringsämnen från att försvinna bort. Detta kallas katjonsbyteskapaciteten och förkortas CEC av det engelska namnet ”cation exchange capacity”. Katjonsbyteskapaciteten innebär den kapacitet som partiklarna i jorden har att binda de positivt laddade jonerna, så kallade ”katjoner”. Dessa joner lyckas partiklarna hålla vid sin partikelyta genom att själva ha en negativ nettoladdning som drar till sig de positivt laddade jonerna (Eriksson et al., 2014). Ju fler negativa laddningar på partiklarnas yta, desto högre CEC har alltså jorden. Likaså finns det en anjonskapacitet, AEC, för de negativt laddade anjonerna, men då största delen av partiklarna i svenska marker är negativt nettoladdade är den kapaciteten inte så stor i Sverige. Anledningen till detta är bland annat att det finns en stor del lermineraler i våra unga jordar. Lermineralerna är sekundära mineraler som bildades före istiden. Dessa lerpartiklar är uppbyggda av joner med olika laddningar staplade i skikt:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  och  $\text{Si}^{4+}$  (Fogelfors, 2016). När mineralen bildades skedde en process som kallas Isomorf substitution, som i korthet leder till en permanent negativ laddning för hela strukturen då en jon med mindre positiv laddning, exempelvis  $\text{Fe}^{2+}$ , tog en plats i mineralets struktur från en jon med samma storlek, men med större positiv laddning, till exempel  $\text{Al}^{3+}$ . Katjoner kan då byggas in mellan skikten för att neutralisera laddningarna där och blir då ganska oåtkomliga fram till dess att mineralet vittrar, men längs med kanterna på strukturen mot marklösningen sitter de negativt laddade ytorna som bidrar till CEC (Eriksson, 2014). Lösa joner i jorden kan alltså hållas kvar, adsorberade vid dessa partikelytor genom deras laddningars dragningskraft, men de kan även ersättas då andra joner kan ta deras plats och hamna tillgängliga igen i marklösningen. Därför kallas de för

utbytbara joner och utbytet mellan dessa har en stor påverkan på markens pH, vilket förklaras i nästa stycke.

### 2.2.1.2. Markens pH

Näringsämnenas löslighet i marken påverkas av dess pH (Fogelfors, 2016). Exempelvis är fosfor som mest växttillgängligt mellan ett pH på 6 - 6,5, medan om ett pH sjunker till väldigt sura nivåer kan svårösliga aluminium- och järnfosfater bildas. I jordar med lågt pH blir även mikronäringsämnen mer tillgängliga för växten att ta upp och många av dessa mikronäringsämnen kan i stora mängder vara giftiga. Vittringshastigheten är även den beroende av markens pH, då alltför högt pH saktar ner den kemiska vittringen (Eriksson, 2014). Så ett optimalt pH för växtproduktion ligger strax under det neutrala, där aktiviteten hos de nedbrytande markorganismerna även är hög (Alsanius, 2006).

Dock sker det olika försurningsprocesser naturligt i jordar som sänker dess pH. Markorganismer och rötter andas, vilket tillför koldioxid,  $\text{CO}_2$ , till jorden som där reagerar med vatten,  $\text{H}_2\text{O}$ , och bildar kolsyra:  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (Evert & Eichhor, 2013). Kolsyran kan sedan "dissociera", det vill säga lösas upp till mindre beståndsdelar, till vätejoner,  $\text{H}^+$ , och vätekarbonat,  $\text{HCO}_3^-$ . Mängden vätejoner i markvätskan bestämmer tillsammans med den andra sura katjonen aluminium,  $\text{Al}^{3+}$ , hur lågt pH jorden har. De katjoner som inte har en försurande påverkan kallas för baskatjoner och ju fler av dem, desto mer basiskt pH får jorden. Detta kallas för basmättnadsgrad, vilket är andelen baskatjoner av alla katjoner på partikelytorna som är utbytbara. Rötterna avger  $\text{H}^+$  när de tar upp baskatjoner ifrån marklösningen och då sjunker pH i vattenlösningen. Men om basmättnadsgraden är hög kan detta kompenseras med att en utbytbar baskatjon, som varit adsorberad till lermineralpartikels yta, frigörs och då kan en vätejon istället ta den platsen. Detta är en "buffrande" förmåga som jorden har för att reglera att den inte blir alltför sur. Tillförseln av nya baskatjoner sker som nämnts tidigare via vittringen, men i ett modernt produktivt jordbrukssystem räcker inte den tillförseln till, därför är det även viktigt att tillföra baskatjoner genom gödsling och neutralisera vätejoner genom att kalka (Eriksson, 2014).

### 2.2.1.3. Det organiska materialet

Största delen av markens kväve och fosfor finns bundet i organiskt material. Även om nytt organiskt material hela tiden tillförs till marken är det största förrådet det humifierade materialet, markens humus (Eriksson, 2014). Humus tillkommer som en restprodukt genom

markorganismernas nerbrytning av dött växtmaterial, så kallad färsk förna, och är stabila organiska föreningar som tar väldigt lång tid för att i sin tur brytas ner. Bundet i dessa är många näringsämnen, speciellt fosfor, som är helt oåtkomliga för växterna så länge de är bundna i humusen, och detta kan de vara under flera hundra år. Markens humus har en negativ laddning och bidrar på så sätt även till jordens kapacitet att adsorbera katjoner. Humushalten är extra viktig på lerfattiga sandjordar, där mängden lermineraller är lägre och där det annars sker en stor utlakning av många näringsämnen. Humus i marken bidrar också till den vattenhållande förmågan och strukturstabiliteten i jorden.

Nedbrytningen som sker av markorganismerna kallas för mineralisering och leder till en ökning av baskatjoner i marklösningen, då organiskt kol oxideras till koldioxid och mineralämnena som varit bundna frigörs i en oorganisk form som växterna kan ta upp (Evert & Eichhorn, 2013). Det är denna process som odlaren är beroende av för sin organiska gödsling. Samtidigt konkurrerar markorganismerna om jordens näring, då de även tar upp näringsämnen för sin egen föda, och ”immobiliserar” dem till organisk bundna igen, vilket blir motsatsen till mineralisering. Dessa näringsämnen frigörs när mikroorganismen dör och i sin tur bryts ner. Halten kväve i förnan påverkar nedbrytningshastigheten och immobiliseringen. Finns det gott om kväve i växtdelarna sker det en tillväxt hos mikroorganismerna, de förökar sig och nedbrytningen går fortare. I en jordbruksmark vill man ha ett överskott av nettomineralisering, även om det periodvis alltid skiftar mellan nettomobilisering och nettomineralisering över tid samt på olika platser i jorden (Eriksson, 2014). Nettoimmobilisering sker när växtmaterialet som tillförs marken är kvävefattigt och mikroorganismerna då behöver ta upp löst kväve från marklösningen för att kunna bryta ner växtmaterialet. Detta kväve, som växterna annars kunde tagit upp, binds istället i mikroorganismerna under kortare eller längre tid. Därför vill man ha en hög kvävehalt i växtmaterialet så att en tillräckligt hög andel kväve mineraliseras för att tillfredsställa både mikroorganismerna och växternas behov. Detta mäter man med kol/kvävekvoten, förkortat C/N, och ju lägre C/N-kvot, desto högre kvävehalt. En tumregel är att material med en C/N-kvot större än 25 vanligtvis leder till immobilisering. Hög immobilisering på åkermark under grödans etableringsperiod kan leda till förseningar i grödans utveckling, medan en hög mineralisering under sensommar och höst leder till utlakning, då växtens upptag under denna tid inte är lika stort. Med olika odlingsåtgärder kan odlaren försöka att styra dessa processer från att vara alltför stora under olämpliga perioder och motverka att förlora stora mängder växtnäring. Nedan följer en genomgång av de tre viktigaste växtnäringsämnena med extra fokus på kvävet kretslopp i marken, då brist på kväve i jorden är den största begränsningen för växternas tillväxt. Därmed är den största utmaningen med ett Stockless

Organic odlingssystem att få tillräckligt med kväve under de perioder när växten behöver det som mest.

## **2.2.2. De viktigaste växtnäringsämnena**

### **2.2.2.1. Kväve**

Som nämnts tidigare riskerar näringsämnen att lakas ut när växterna inte kan ta upp dem ur jorden. Kväve finns i två växttillgängliga former, ammoniumkväve,  $\text{NH}_4^+$ , och nitratkväve,  $\text{NO}_3^-$  (Eriksson, 2013). Ammoniumkväve lakas nästan aldrig ut då det lätt adsorberas mot markpartiklarna, men däremot nitratkväve, som är en negativt laddad anjon, är väldigt rörlig i marken och beroende på hur lätt vattnet rinner igenom typen av jorden på platsen kan nitratförlusterna variera mellan 5 - 100 kg/ha/år (Eriksson, 2013; Beaudoin et al., 2005). Störst är nitratutlakningen när jorden inte är bevuxen, men mineralisering fortsätter att ske. Förutom vatten och temperatur påverkas också mineraliseringen av syretillgången i marken. Jordbearbetning, vilken i många fall sker i samband med höstbruket, ökar syretillgången i marken och därmed mineraliseringen.

Mineralisering använder upp syret i marken, och ju mer färskt växtmaterial, desto mer intensiv mineralisering samt syreförbrukning. Är nederbörden samtidigt stor hindras nytt syre från att ta sig ner genom jordens porer. Detta leder till att syrefattiga förhållanden, anaeroba förhållanden, kan uppstå i jorden. Vid sådan syrebrist kan cirka 5 procent av jordens bakterier använda sig av syret i nitraten till deras respiration (Eriksson, 2013). Då reduceras nitraten från  $\text{NO}_3^-$ , till att endast luftkväve,  $\text{N}_2$ , finns kvar och försvinner iväg från åkern. Detta kallas för "dentrifikations-processen" och är en del av kvävet kretslopp. Vid en liten syretillgång kan processen istället stoppas vid  $\text{N}_2\text{O}$ , lustgas, vilket är en kraftig växthusgas som dröjer sig kvar länge i atmosfären (Fogelfors, 2016).

Nitrat tillförs jorden på flera olika sätt. Blixtnedslag eller förbränningsprocesser, där värmen är hög, bildar "försurande nedfall" i form av salpetersyra,  $\text{HNO}_3$ , eller svavelsyra,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , som i sin tur kan reduceras till nitrat,  $\text{NO}_3^-$ , och då blir den sura katjonen  $\text{H}^+$  över i marken. Nitrat bildas även från ammonium via "nitrifikation", som utförs av olika nitrifikationsbakterier vilka utviner energi genom att oxidera ammonium till nitrat. Detta tillför också  $\text{H}^+$  till jorden då ammonium,  $\text{NH}_4^+$ , reagerar med 2 stycken syrejoner,  $\text{O}_2$ , vilket resulterar i  $\text{NO}_3^-$ , 2 stycken  $\text{H}^+$  och  $\text{H}_2\text{O}$  (Eriksson, 2013). De processer som tillför nitrat har därför en pH-sänkande verkan på åkern.



Ammonium tillkommer genom mineralisering av det organiska material som hamnar i jorden. Ammonifikationsbakterier tillverkar ammoniak,  $\text{NH}_3$ , av det döda växtmaterialet och när ammoniak sedan reagerar med vatten bildas ammonium. Lämnas växtrester kvar uppe på åkern förloras mycket kväve i form av ammoniak, som ju är en gas, och även under hanteringen av stallgödsel sker det stora förluster av ammoniak. Förlusterna kan uppgå till 50 procent av den totala mängden kväve i materialet (Fogelfors, 2016).

När växten sedan tar upp ammonium eller nitrat från marklösningen byggs kvävet åter in i olika organiska föreningar, såsom proteiner, DNA, RNA, klorofyllmolekylen med flera (Evert, Eichhorn, 2013). Därför har kvävebrist stora påverkningar på växten. Brist kan man oftast se som klena plantor med dålig tillväxt, en förtidig blomning och mognad samt att de äldre bladen tappar sin gröna färg och till slut vissnar, detta kallas kloros.

Vissa växter har ytterligare ett sätt att se om sin kväveförsörjning, de så kallade kvävefixerande växterna. Dessa lever i symbios med olika rotbakterier, *Rhizobium* av olika släkten, som kan fixera luftkväve till ammoniumjoner (Evert & Eichhorn, 2013). Rotbakterierna infekterar rötterna och bildar rotknölar där de finns inne i växtens celler och reducerar  $\text{N}_2$  med ett specifikt enzym som heter nitrogenas. Från växten får de föreningar från fotosyntetiseringen som gör att de lyckas med den energikrävande process som kvävefixeringen är för dem. En förutsättning för detta är att rätt bakteriesort finner rätt art av växt, då de är värdspecifika. I svenska jordar brukar de *Rhizobium*-arter som lever i symbios med exempelvis ärtor, åkerböna och klöver finnas naturligt i jordarna. Men till exempel vid odling av sojaböna, som inte är en naturlig växt i vårt klimat, behöver man alltid inokulera, tillsätta, rätt bakterier för en lyckad kvävefixering. Dessa bakterier brukar man få blandade med ett torvsubstrat som man tillsätter vatten och rör runt med utsädet innan sådd (Fogelfors, 2016). Med rätt förutsättningar och en bra tillväxt för värdväxten kan dessa bakterier fixera flera hundra kilo kväve per hektar och år. Alltför god kvävetillgång i marken är dock negativt för rotknölsbildningen, då växten inte har behov för de kvävefixerande bakterierna, och fixeringen blir då mindre (Hansson 2004; Fogelfors 2016).

#### **2.2.2.2. Fosfor**

Den växttillgängliga mängden fosfor i jorden är inte särskilt stor (Eriksson, 2014). Exempelvis kan mängden löst fosfor i marklösningen i en jord ligga runt 0,05 kilo per hektar, men en grödas behov kan vara uppemot 20 kilo per hektar. Detta är för att fosfor mestadels är bundet i svårtillgängliga former till markpartiklarna, då fosfatjonerna  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  och  $\text{HPO}_4^{2-}$  inte adsorberas lika lätt som katjonerna gör, utan istället oftast binder så kallade ”ytkomplex” med

partiklarna, en kemisk bindning som kan göra jonerna för hårt bundna för att vara växttillgängliga (Fogelfors, 2016). Våra unga jordar i Sverige har dock en bättre fosforförsörjning än många äldre jordar världen över, då det fortfarande finns fosfatmineraler i form av mineralen apatit, som tillsätter fosfor genom vittring. Fosfor är även bundet i organiskt material, då fosfor ingår som byggsten i bland annat DNA, RNA, energimolekylen ATP samt cellmembranens fotolipider (Evert & Eichhorn, 2013). Mineraliseringen av denna fosfor har betydelse för att växterna inte ska uppvisa fosforbrister som korta plantor, dålig fruktsättning, mörkgröna blad och en sämre utveckling i största allmänhet.

Mykorrhiza, som är en växt- och svampsymbios, kan underlätta växtens fosforupptag, då svamphyferna lyckas att ta upp hårt bunden fosfor som då kan bli tillgängligt för växten. Idag är fosforförrådet i marken stort eftersom en medveten uppgödsling av åkerjordarna skedde under andra hälften av 1900-talet. Detta gjordes för att göra den lilla del av fosfor som frigörs varje år större.

### **2.2.2.3. Kalium**

Kalium,  $K^+$ , finns i många primära mineraler, men eftersom de vittrar långsamt är andelen kalium i marklösningen liten jämfört med det totala förrådet svenska jordar egentligen har (Fogelfors, 2016). I lerjordar är halterna av växttillgängligt kalium dock högre, då där oftast finns mer av mineralet illit som är kaliumrikt och vittrar lätt (Eriksson, 2014). I växten är kalium viktigt för regleringen av klyvöppningarna som växten respirerar, andas, igenom, men även som enzymaktivator i fotosyntesen samt upprätthållandet av växtens turgortryck, som ger stadgan i cellerna (Evert & Eichhorn, 2013). Brister visar sig som kloros, gulnade partier, och nekros, döda partier, på äldre blad och ett allmänt kient växtsätt.

## **3. Näringsförsörjning i ett Stockless Organic system**

### **3.1. Vad är Stockless Organic?**

Stockless Organic innebär att odla ekologiskt utan gödsel med animaliskt ursprung. Det är oklart exakt hur stor utbredningen är i dag, men siffror från Stinner et al säger att år 2008 var att 21 procent av alla jordbruk i Tyskland odlade Stockless. Oftast är det dock mindre jordbruk med lokal distribution som odlar på detta sätt. I Storbritannien har det utvecklats en

livsmedelsmärkning, ”Stockfree Organic”, som också är ett nätverk för odlare världen över som odlar Stockless eller vill konvertera sitt jordbruk (Stockfreeorganic, 2018).

### **3.2. Växtföljd i ett Stockless odlingsystem**

En av grundtankarna för Stockless Organic är att näringen i största mån ska recirkuleras inom gårdens odlingsystem (Stockfreeorganic, 2018). I ett naturligt växtsystem tillkommer alltid näring till de levande växterna av de döda som bryts ner på plats och det sluts i ett kretslopp, men i ett odlingslandskap bortförs hela tiden näring med skörden (Fogelfors, 2016). Detta skulle till slut utarma jorden på både näring och organiskt material om inte odlaren ersatte utförseln av näring med gödsling. I ett Stockless odlingsystem, utan djurhållning som kan omvandla det odlade fodret till stallgödsel, behöver odlaren istället förlita sig på markens långsiktiga bördighet med en fungerande mineralisering, men behöver även tillsätta näring till jorden för att upprätthålla en balans (Watson et al., 2002). Den vanligaste odlingsmetoden som används då är odling av någon sorts gröngödsling med kvävefixerande baljväxter i växtföljden (Li et al., 2014; Fogelfors, 2016, Watson et al., 2002). Gröngödsling innebär att man odlar ett eller flera växtslag med huvudsyfte att gödsla andra grödor med sin biomassa genom olika metoder (Hansson, 2004). Detta kallas att grödan har ett förfruktsvärde till nästkommande grödor och hur bra förfruktsvärdet är beror på hur mycket näring gröngödslingen lämnar efter sig eller andra positiva fördelar (Rölin, 2003).

Denna gröngödsling och de grödor som man i slutändan kan sälja, så kallade avsalugrödor, ingår i jordbrukets växtföljd. Av många olika anledningar, såsom jordbördighet och växtskydd, är det inte hållbart att odla monokulturer med samma gröda på samma mark år efter år (Fogelfors, 2016). Därför bör man i såväl ekologisk som konventionell odling ha en växtföljd där grödor roterar runt på nya fält varje år. Hur lång växtföljden är, alltså hur många år det tar för grödan att få lov att odlas på samma fält igen, beror på vad man odlar och eventuella växtföljdssjukdomar på platsen. I en Stockless växtföljd måste det därför ingå grödor som ”närar” jorden för att man sedan ska kunna odla de avsalugrödor som ”tärar”. Ett exempel på en grönsaksväxtföljd på 7 år från Jordbruksverket (Rölin, 2003) är skrivet nedan:

1. Gröngödsling/Vall
2. Gröngödsling/Vall

3. Familjen *Cucurbitaceae* (gurkväxter såsom squash), *Poaceae* (gräsväxter såsom majs) och *Brassicaceae* (korsblommiga växter såsom kål)
4. Familjen *Apiaceae* (flockblommiga växter såsom morot)
5. Gröngödsling
6. Familjen *Asteraceae* (korgblommiga växter såsom sallat), *Chenopodioideae* (mållväxter såsom spenat),
7. Familjen *Fabaceae* (ärtväxter såsom bönor), *Alliaceae* (lökväxter såsom gul lök).

Vilka olika grödor som odlas i växtföljden får anpassa sig efter markens jordart, det lokala klimatet, jordbrukets bevattningsmöjligheter och jordens bördighet (Fogelfors, 2016). Vissa grödor bör heller inte följa på varandra. Till exempel kål utvecklar inte mykorrhiza och har därför ett missgynnande förfruktsvärde till de grödor som har ett behov av symbiosen med mykorrhiza för sitt näringsförsörjande, såsom lök och morötter (Rölin, 2003). Generellt kan det sägas att för att få en lyckad näringsbalans inom växtföljden bör näringskrävande grödor placeras direkt efter en gröngödsling och sedan följas av de med mindre näringsbehov (Watson et al., 2002). Baljväxter, som fixerar stora delar av det kväve som de behöver, kan därför placeras sist i växtföljden som i detta exempel.

Normalt sett kräver en ekologisk odling mer markbearbetning, då ogräshanteringen måste ske mekaniskt istället för kemiskt, och detta leder till ökad nerbrytning av markens organiska material när syre tillkommer, som vid till exempel harvning (Rölin, 2003; Fogelfors, 2016). En bra markstruktur gynnar grödornas utveckling och högre halt av organiskt material i marken ger både en bättre markstruktur, ökar fuktigheten i jorden så att rötterna kan växa sig längre och bättre ta upp näring samt gynnar även mikrolivet och mineraliseringen av näringsämnen. Ju längre en gröngödslingsgröda odlas, desto bättre är det för markstrukturen. Därför är det, speciellt i mindre bördiga jordar, gynnsamt att odla en ett- eller flerårig vall, även om det i ett Stockless odlingssystem är mindre ekonomiskt givande, då vallen inte kan användas som foder (Rölin, 2003; Watson et al., 2002).

### 3.2.1. Vallodling som gröngödsling

I växtföljdsexemplet börjar växtföljden med en tvåårig vall som bygger upp jordens mullhalt. En flerårig vall stabiliserar jordstrukturen genom att rötterna utsöndrar slemämnen som bygger upp aggregat och ju längre vallen får växa, desto större djup hinner rötterna att växa ner till och ta upp näring samt luckra upp jorden (Hansson, 2004). Vilka arter som gröngödslingen är komponerad av eller om den odlas i renbestånd måste odlaren bestämma utifrån arternas olika

egenskaper, som kan vara eftertraktansvärda. För näringseffektens skull odlas vanligtvis en eller flera kvävefixerande baljväxter, själva eller tillsammans med gräs eller andra arter, som kan kompletta dem med mer djupgående rötter och ta upp överflödigt kväve ur jorden för mindre läckage (Hansson, 2004; Siegmeier et al., 2015). Då utnyttjar man både baljväxternas potential att öka kvävet inom växtföljden samt grässets djuprotade egenskaper som gör att luftutbytet i marken blir bättre så att nästa gröda kan gå djupare ner med sina rötter, och möjligheten att ta upp mineraliserat kväve ur jorden, vilket leder till att baljväxtens fixering blir större.

En vall kan etableras på hösten och då har fördel att den kan komma igång och växa direkt på våren och ta upp näring, jämfört med en vårsådd ettårig grüngödsling (Hansson, 2004). Detta medför ett större rotsystem och bättre ogräskonkurrens. En vall ska inte sås för tätt, då de ovanjordiska delarna av grödorna då måste konkurrera om ljuset och mer näring i plantan transporteras dit för tillväxt. Detta har som konsekvens att rötternas tillväxt hämmas och då de inte kan växa lika djupt ner i jordprofilen riskerar de att lättare få vattenbrist under torkperioder samt få sämre näringsupptag (Fogelfors, 2016).

En vanlig vallblandning kan vara klöversorter samt gräs, såsom olika arter av rajgräs eller svingel (Watson et al., 2002; Hansson, 2004). En vitklöver- och gräsvall kan fixera 100 - 150 kilo kväve per hektar och år, men en baljväxt i renbestånd kan fixera avsevärt mer (Hansson, 2004). Cormack et al (2003) jämförde fyra olika kvävefixerande arter som fick växa i två år som förgröda till vete. I försöket fick rödklöver, *Trifolium pratense* L, de högsta halterna av kväve i sin biomassa ovan jord: 502 kg N ha/år. Lucern, *Medicago sativa* L, var näst mest kväveinnehållsrik med 497 kg N ha/år, och sedan kom vitklövern, *Trifolium repens* L, med 408 kg N ha/år och till sist esparsett, *Onobrychis viciifolia* Scop, med 201 kg N ha/år. Även om rödklövern visade på högst kväveinnehåll, var vetet som växte efter vitklövern det som hade högst andel kväve i skörden. Detta spekulerade författarna om att det kunde bero på arternas olika mönster i mineralisering. Nu odlades baljväxterna i renbestånd, men när vallen bryts är det inte alltid fördelaktigt med för höga halter av kväve, då risken av läckage blir större. Genom samodling med baljväxter och gräs får man sålunda en högre C/N-kvot som minskar risken för förluster vid brytning av vallen.

Baljväxter fixerar kväve tills de går i blom (Dahlin et al., 2011). Därför behövs det göras ett antal klippningar av grüngödslingen under säsongen för att hålla baljväxterna i en vegetativ fas, så att kvävefixeringen kan fortgå. För att kontrollera perenna ogräs och hindra annuella ogräs från att gå i blom och sätta frö är även klippningen en bra strategi och brukar ske 3 - 4 gånger per säsong (Fogelfors, 2016). Klippet låter man antingen ligga kvar på marken,

samlas ihop för att spridas på andra åkrar eller tar det vidare till kompostering eller rötning. Mer om dessa olika metoder senare i arbetet.

Mängden kväve som fixeras beror både på art, markens kvävehalt och den kvävefixerande plantans tillväxt under säsongen (Hansson. 2004). Har baljväxten en dålig tillväxt beroende på vattenbrist, ogräskonkurrens eller dålig jordstruktur kommer den inte att kunna fixera lika mycket som under optimala förhållanden (Unkovich & Pate, 2000).

I ett försök av Schmidt et al (1999) testades det om tre avsalugrödor i en fyraårig växtföljd kunde förses med tillräckligt kväve från ett års grüngödslingsvall. Klövern i grüngödslingen fixerade mellan 20 - 350 kg kväve ha/år under de år som försöket pågick. Variationerna berodde mycket på hur förutsättningarna var för klövern under växtsäsongen. Om väder eller patogener försvagade grüngödslingsgrödan fixerade den mycket mindre kväve och som följd kunde efterkommande grödor riskera att inte få tillräckligt med kväve. Därför är det viktigt med att alla odlingsåtgärder fungerar i systemet, även om man inte kan styra över väder och angrepp av insekter. Detta gör att kväveförsörjningen i ett Stockless odlingsystem genom grüngödsling blir mer osäkert, då stora variationer kan ske från år till år, vilket också Schmidt et al visade genom detta långtidsförsök med data från två olika växtföljdsrotationer på 5 respektive 7 år. Deras slutsats var ändå att en väl etablerad och skött grüngödsling som är kvävefixerande har stor potential att upprätthålla en tillräcklig kväveförsörjning för de tre kommande grödorna under bra förhållanden.

Liknande resultat fick Welsh et al. (2002) efter ett odlingsförsök med Stockless Organic som pågått sedan 1987. Under de elva år som man odlade ekologisk på platsen, efter en tvåårig övergångsperiod, använde man sig av en grüngödslingsgröda av rödklöver som växte under 1 - 2 säsonger och som klipptes 3 - 4 gånger per säsong för att sedan brukas ner inför nästkommande avsalugröda. Detta kunde därefter försörja de olika växtföljderna på 3 - 4 år, som man hade under försökets gång. Det organiska materialet i marken ökade jämfört med en konventionell odling, vilket kan innebära en ökad mineralisering av mikroorganismerna. Även detta försök visade på stora variationer från år till år, men ingen synlig nedåtgående trend på skördenivåerna totalt. Nivåerna av växttillgänglig fosfor och kalium i marken efter över 10 år av Stockless Organic hade sjunkit lite, men var fortfarande acceptabla och stabila.

I ett annat långvarigt försök i Storbritannien av Schmutz et al (2006) granskades en sexårig Stockless växtföljd med 2 år av vall och 4 år av avsalugrödor. Det syntes också en lätt nedgång av kalium och fosfor, vilket kan antyda att det är just de näringsämnen som är

svårare att få tillräckligt av genom endast grüngödsling. Vissa menar dock att baljväxter har förmågan att lättare mobilisera svärmobiliserad fosfor i jorden när de utsöndrar organiska syror (Ohm et al., 2017). Därför kan en ökad andel baljväxter i växtföljden kanske på sikt stabilisera fosfornivåerna. Idag finns det icke animaliskt baserade kaliumgödselmedel som hade kunnat vara komplement om grödorna riskerar att få kaliumbrist, till exempel Vinass som är en restprodukt av livsmedelsindustrin (Bronzyne et al., 2013; Råberg, 2017). Försöket av Schmutz et al (2006) visade också på varierande skördenivåer, men deras slutsats var att det går att upprätthålla acceptabla skördar inom ett Stockless odlingssystem med 67 – 75 procent grönsaker i växtföljden och resten bördighetsbyggande grüngödsling.

### 3.2.2. Mellangröda

Grüngödsling kan även odlas som en delårsgödsling, en mellangröda. En mellangröda odlas mellan två avsalugrödor på samma plats, men skilda i tid (Hansson, 2004). Den odlas alltså på mark som annars skulle ligga obrukad under den perioden och konkurrerar därför inte med de grödor som ger intäkter till gården. Odling av mellangrödor ger även mer mulluppbyggnad, binder extra kol i marken, och det finns förespråkare för mellangrödors potential som en sänka för koldioxid så att jordbruket kan hjälpa till att motverka växthuseffekten (Engdahl, 2015).

En mellangröda kan kallas olika saker beroende på hur man etablerar den samt vad dess huvudsyfte är. En fånggröda odlar man främst för att den näring som blivit kvar i jorden efter den tidigare grödan ska ”fångas” upp i fånggrödans biomassa, så att växtnäringen inte går förlorad. Detta kan minska nitratutlakningen över vintern, då fångstgrödan tar upp överflödigt mineraliserings, och detta ökar möjligheterna till att behålla kvävet i odlingssystemet (Doltra et al., 2013). En fånggröda kan följaktligen ge nästkommande gröda näring efter den brukats ner och mineraliserats. Det som dock är en utmaning med detta är att inte förlora stora mängder kväve igen vid nedbrukningen, då den mikrobiella aktiviteten ökar, speciellt vid kväverika fångstgrödor, och på det följer nitrifikation och dentrifikation (Engdahl, 2015).

Li et al (2014) ser potential för mellangrödor att delvis kunna försörja ett ekologiskt odlingssystem med kväve om mellangrödan består av till en viss andel baljväxter. Då kan mellangrödan både fixera nytt kväve för växtföljden samtidigt som den håller kvar kväve som blev över från tidigare gröda. Liksom för vallodling får en samodling med kvävefixerare och en gräsart en C/N-kvot som gör att mineraliseringen går långsammare, och genom att försöka anpassa grödorna i mellangrödan kan man sträva efter en mineralisering som sker när nästkommande gröda har störst behov och möjlighet att ta upp näring optimalt.

En mellangröda bör heller inte tillhöra en växtfamilj som man kan riskera att få växtföljdsproblem om den återkommer för ofta, såsom kålväxter. Därför är till exempel vitsenap, *Sinapis alba* L, och oljerättika, *Raphanus sativus*, ej idealiska mellangrödor om man odlar någon typ av kål i sin växtföljd, men annars har de bra egenskaper som djupa rotsystem och en sanerande verkan på jorden när de bryts ner (Engdahl, 2015; Hansson, 2004)

Om mellangrödan ska växa över hösten och vintern är det i vårt klimat viktigt att ha en köldhärdig mellangröda, så att den inte dör av en köldperiod. Då kommer näringen som den har byggt in i biomassan under hösten läcka ut innan nästa gröda på våren kan ta upp dem (Li et al., 2014). En förutsättning är också att den hinner utvecklas tillräckligt på hösten och ha en kraftig tillväxt för att kunna ta upp så mycket näring som möjligt (Fogelfors, 2016). Därför gör en mellangröda som etableras för sent inte lika mycket nytta. I södra Sverige får man bäst effekt av en fånggröda om det etableras i mitten av augusti. Antingen kan man så en snabbväxande mellangröda efter skörd eller så in mellangrödan under den växande kulturen, då kallas den för en bottengröda.

En bottengröda sår man in under tiden huvudgrödan fortfarande växer, så att bottengrödan hinner etablera sig före skörd av huvudgrödan. En bottengröda och en fånggröda kan vara samma mellangröda som bara kallas olika för etableringsmetod och syfte. Det som är positivt med en bottengröda är att den har mer tid att etablera sig på och även kan ta upp mer mineraliserat kväve. De negativa aspekterna är att den kan konkurrera så pass mycket med avsalugrödan att skördarna därför blir mindre (Doltra et al., 2013). I ett försök av Känkänen och Eriksson (2007) där de jämförde 17 olika mellangrödor som såddes in i vårkorn, *Hordeum vulgare* L, visade det sig att vitklöver och rödklöver konkurrerade minst med huvudgrödan och italienskt rajgräs hade den största inverkan på vårkornen. Därför måste man noga välja tidpunkt att så in, så att inte huvudgrödan är i ett känsligt stadium och då kan påverkas extra mycket av insådden (Fogelfors, 2016). Hinner även bottengrödan växa igenom avsalugrödan kan det bli problematiskt med skörden, så sår man in tidigt är lågväxta kvävefixerare, såsom vitklöver eller lucern, att föredra (Hansson, 2004). I en annan rapport av Valkama et al (2014) där de jämförde 35 olika studier och försök om mellangrödor från Norden såg man tendenser att insådda bottengrödor drog ner skördenivåerna, speciellt om de inte innehöll baljväxter. Dock kunde en mellangröda med någon sort av rajgräs reducera nitratförlusterna med över 50 procent under vintern, och sett med hänsyn till miljön ansågs detta därför väga upp en lite mindre skörd.

Doltra et al (2013) anser att mellangrödor kan leda till en långsiktig bördighet, vilket kommer att gynna näringsupptaget i marken, men att de kortsiktiga effekterna inte kan



förväntas vara så stora, då det finns många olika faktorer som kan göra att förfruktseffekten av mellangrödan försvagas.

### 3.2.3. Förluster av kväve från grüngödslingen

Förluster av det fixerade och fångade kvävet av grüngödslingen kan ske på många olika sätt. Som nämnts tidigare kan lustgas bildas under kvävetets kretslopp via dentrifikation. Lustgas har ett livs spann på 100 år i atmosfären och en tredubblad uppvärmningspotential jämfört med koldioxid (IPPC, 2007). Globalt beräknat kan jordbruket uppbringa cirka 60 procent av lustgasutsläppen till atmosfären, där det mesta kommer från syntetiska kvävegödselmedel. Det forskas idag på utsläppen av lustgas från grüngödslingsmetoder och hur man ska kunna minska dessa (Möller & Müller, 2012; Brozyne et al., 2013; Li et al., 2014; Råberg, 2017). Mest lustgas kommer från kväverika växtrester i jorden under blöta förhållanden eller stor biologisk aktivitet, då dentrifikationen kan ske under syrebrist. Detta sker året om, men förhöjda nivåer av lustgasutsläpp sammanfaller med nerplöjning av grüngödslingsgrödor. När en vall klipps under sommaren och plantmaterialet lämnas kvar uppe på jorden under torra förhållanden ökar istället risken för ammoniakavdunstningar. Biomassan som lämnas kvar på platsen, *in situ*, bryts ner och en del av kvävet tas upp igen av grüngödslingsgrödan och en del avgår som ammoniak, men denna biomassa har potential att gödsla växtföljdens andra grödor om man istället transporterar bort den till andra fält. Då kommer det kväve som mineraliserar den grödan till godo, men mycket försvinner fortfarande som ammoniak eller läcker ut som nitrat om mineraliseringen inte inträffar då grödan har som störst kväveupptag. En metod som har potential att lösa just detta är att istället ta biomassan och låta den genomgå anaerob rötning innan den får återkomma till fälten, då som mobil gödsel.

### 3.2.4. Grüngödslingens biomassa som mobil gödsel

Att kunna förse grödan med tillräckligt kväve under perioden för grödans kvävebehov är en stor utmaning med näringsförsörjningen i ett Stockless odlingsystem. Flera försök visar dock på en stor möjlighet att få ett mobilt gödselmedel med hög andel redan mineraliserat kväve när man tar grüngödslingens biomassa och låter den processas i en rötningsskammare för biogas (Siegmeier et al., 2015; Brozyne et al., 2013; Stinner et al., 2008; Möller & Müller, 2012; Li et al., 2014; Möller & Stinner, 2009; Råberg, 2017). Detta för att en stor del av det organiskt bundna kvävet under rötningssprocessen mineraliserar och kan tas upp direkt av växten när man applicerar det. Hur denna rötningssprocess fungerar beskrivs i nästa stycke.

### 3.2.4.1. Röttningsprocessen

Anaerob rötning av växtmaterial sker i en sluten röt-kammare under mesofila temperaturer, det vill säga mellan 35 och 40 grader varmt (Möller & Stinner, 2009). Där är det olika grupper av anaeroba bakterier som sönderdelar molekylerna med hjälp av enzymer i olika steg som fortlöper parallellt eller i följd. Detta sker under kontinuerlig omrörning, vilket kan innebära att substraten kan behöva förbehandlas och spädas ut för en fungerande omrörning. Beroende på vilket substrat som matas in i röt-kammaren tar nedbrytningen olika lång tid. Material med högre halter av lignin och cellulosa gör att rötningen går långsammare (Siegmeier et al., 2015; Engdahl, 2015).

För att de anaeroba bakterierna ska trivas måste pH ligga på runt 6 till strax över 7, och under processen måste man även tillsätta vatten, då alltför höga halter av ammoniak och ammonium verkar hämmande på bakterierna (Salomon & Wivstad, 2013). Gasutsläppen tas upp från kammaren under processen och även i en efterröttningsbrunn. Biogasen som då bildas har normalt sett en metanhalt, CH<sub>4</sub>, på 50 – 75 procent samt koldioxidhalt, CO<sub>2</sub>, på 25 – 45 procent (Siegmeier et al., 2015). Detta innebär att halten kol i substraten minskar avsevärt, vilket gör att rötresterna i slutändan totalt sett har en avsevärt lägre torrsubstans än ursprungsmaterialet. Under processen omvandlas då stora mängder organiskt bundet kväve till ammonium (Johansen et al., 2013; Weiland. 2010). Resultatet av rötningen blir sedan ett flytande gödselmedel med en låg C/N-kvot som man kan likna vid flytande animalisk gödsel (exempelvis urin), samt en fast gödsel med hög C/N-kvot, i konsistensen liknande stallgödseln (Stinner et al. 2008; Möller & Müller. 2012). Den flytande gödslingen har alltså ett högre innehåll av kväve och kalium, medan den fasta massan får högre organisk substans och därmed fosforinnehåll (Möller & Müller. 2012). Efter rötningen får odlaren ett ”mobilt” gödsel att använda på de olika grödorna i växtföljden. Efter det att röttningsvätskan och slammet tömts från efterröttningskammaren måste det förvaras i slutna tankar under syrefria förhållanden för minsta möjliga kväveförluster.

Biogasen som samlas upp under röttningsprocessen kan sedan användas som uppvärmning, men ska gasen uppgraderas till drivmedel måste koldioxiden tas bort och för detta krävs idag större dyrare anläggningar (Salomon & Wivstad. 2013). Mindre gårdsanläggningar för biogas har idag inte kapacitet att omvandla biogasen till drivmedel för maskiner på gården. Om detta i framtiden dock görs möjligt genom mer forskning och utveckling finns det stor potential att kunna minska jordbrukets klimatavtryck på grund av de fossila bränslen som används till alla jordbruksmaskiner och gårdarna hade då också kunnat få

en betydligt högre grad av självförsörjning och reciliens (Jordbruksverket, 2018c; Salomon & Wivstad, 2013).

#### 3.2.4.2. Rötresternas gödslingspotential

Stinner et al (2008) menar att man inte får ut grüngödslingens fulla kapacitet genom att lämna biomassan på marken och plöja ner den inför nästa säsong. Då får grödan som kommer direkt efter tillräckligt med kväve, men grödorna därpå kan inte ta tillvara på grüngödslingens fulla effekt. Kvävet, som då förloras genom ammoniakavdunstningar och nitratutlakningar, kan till större del behållas genom att inte lämna kvar växtrester på fälten utan istället låta dem rötas. Detta skapar som nämnt ett mobilt gödselmedel, ett flytande kväve- och kaliumrikt fast gödsel med högre kol- och fosforhalt, som odlaren kan tillsätta åkern när det behövs och på så sätt lättare ge grödan näring när kväveupptaget är som störst (Stinner et al., 2008). Det krävs dock att förvaringen fungerar samt att rötresterna snabbt myllas ner i marken när de appliceras (Möller & Müller, 2012). Appliceras rötresterna vid en tidpunkt då grödans upptag inte är tillräckligt för den stora mängden mineraliserat kväve kan däremot förlusterna istället bli ännu större.

Ett annat försök av Brozyne et al (2013) visar också på potential för ökad kväveeffektivitet inom ett Stockless odlingssystem genom att röta biomassan från grüngödslingen istället för att den lämnas *in situ*. I deras försök gav den årliga skördade biomassan från vallen 240 kg kväve ha/år och från en mellangroda 60 kg, vilket tillsammans kunde försörja rester av de tre grödorna som odlades i växtföljden. I försöket framkom också att kvävemängden i skörden som fick rötrestes var högre, men att grüngödslingen vars klipp lämnades kvar på ytan hade en större fuktighetshalt i jorden samt mer kväve i sig än grüngödslingen vars biomassa togs till anaerob rötning. Detta antogs vara för att klippet bröts ner på marken och kom grüngödslingen själv till godo samt gjorde avdunstningen av vatten från ytan mindre, vilket kunde påverka jordens fuktighet. De fick en skördeökning av grödans torrsubstans på 14 procent och ökat kväveinnehåll i grödorna på 40 procent totalt av att röta biomassan istället för att lämna växtmaterialet på åkern. Jämfört med ett jordbruk som importerar all sin gödsel måste ett Stockless jordbruk låta en stor andel av odlingsbart land upptas till att odla grüngödsling. I detta försök då vallen odlades på 25 procent av växtföljdsytan, men att det endast gav 14 procent höjning av skörden, menar författarna att det fortfarande inte är ekonomiskt lockande på kort sikt, men den långsiktiga jordbördigheten samt möjligheten att vara självförsörjande på gödselmedel gynnar i längden det enskilda jordbruket.

I försök på SLU såg Råberg (2017) att den vall där den klippta biomassan inte lämnades *in situ* fixerade mer kväve. Detta antogs vara för att de kväverika växtresterna gynnade gräset som då växte starkare samt att baljväxterna fixerade mindre om mer kväve fanns tillgängligt i jorden. I försök där man undersökte skörden och kvävehalterna av att lämna kvar klipptet *in situ*, sprida det på andra fält eller sprida det efter rötning såg man ingen tydlig förbättring av att tillföra biomassan som rötad. Det konstaterades dock att det var fullt möjligt att producera livsmedel och biomassa till energi samt företagseget gödselmedel inom samma jordbrukssystem utan att minska skörden och kvävenivåerna i grödorna, jämförelsevis med de andra ekologiska metoderna för grüngödslingen. Det är sålunda väldigt gynnsamt om jordbruket har en möjlighet att investera i en gårdsbaserad biogasrötningsanläggning.

Mängden näring i rötresterna beror på vad för slags material det är som rötas och vad det i första början innehåller (Stinner et al., 2008; Salomon & Wivstad, 2013). Man får inte ut mer näring än vad man matar in i rötningsskammaren, därför är det behjälpligt att ta analyser på rötrestens näringsinnehåll för att veta hur mycket man behöver applicera i fältet. Även om kol försvinner i rötningssprocessen behöver det inte negativt påverka halten av jordens organiska substans, då stabila kolfraktioner inte försvinner i biogasprocessen utan finns kvar i de fasta rötresterna, samt att den underjordiska växtmassan i rötterna fortfarande finns kvar i fältet och bryts ner på plats (Siegmeier et al. 2015; Dahlin et al., 2011). De fasta rötresterna kan spridas på fältet innan det plöjs och användas för att höja mullhalten. I och med att rötresterna har en högre C/N-kvot kan tillsättningen leda till immobilisering av kvävet istället för mineralisering, så de bör därför inte tillsättas under en växande gröda som behöver näring (Stinner et al., 2008).

Huruvida N<sub>2</sub>O-utsläppen överlag minskar eller ökar med strategin att röta biomassan istället för att bruka ner den i jorden granskade Möllers och Stinner (2009). Deras försök visade på en minskning av lustgasutsläppen på 38 procent över hela systemet när man tog bort växtresterna och rötade dem jämfört med att bara bruka ner dem. Det gav fortfarande utsläpp av lustgas efter nermyllning av rötningssresterna, då de höga halterna av ammonium tenderade att genomgå nitrifikation och sedan dentrifikation, vilket kommer att leda till att en viss del utsläpp alltid sker genom dessa naturliga processer. Som odlare kan större utsläpp undvikas genom att mylla ner rötningssresterna vid tidpunkten när växten kan ta upp som flest ammoniumjoner, så att det inte finns så stor andel kvar i jorden som kan omvandlas till nitrat. Genom att även ta hänsyn till vädret och inte applicera rötningssresterna när det väntas starkt regn, vilket riskerar att öka de anaeroba miljöerna i marken som leder till dentrifikation, kan man försöka minska den processen. Om de flytande rötresterna sprids på ytan och inte myllas ner avger de, liksom färsk biomassa, ammoniak (Möller & Stinner, 2009).

## 4. Diskussion

Processer som gör att näringsämnen vittrar från markens mineraler är viktiga för växternas tillväxt. För detta krävs tillgång på vatten. För biologiska processer krävs däremot en mikrobiell aktivitet i jorden samt tillförseln av organiskt material. Därför är det en viktig uppgift för odlaren att se till att marken har en bra mullhalt. Utan detta är jorden bara ett livlöst substrat för växten att hålla sig fast i med rötterna och sedan måste odlaren tillsätta syntetiska gödselmedel. Som konventionell odlare kan man fokusera på kortsiktiga lösningar, men som ekologisk, och i synnerhet som en Stockless odlare, är de långsiktiga lösningarna vad gäller jordens näringsstatus vad man måste arbeta med. Odlaren bör jobba med naturens processer vilket ger ett hållbarare hanteringssätt, både vad gäller jordbördighet som växtskyddsmetoder.

Genom att exempelvis gynna mykorrhizan i marken kan de växter som utvecklar symbios med denna få ett bättre näringsupptag, då speciellt utav fosfor som annars är svårmobiliserad i jorden. Växter som lider kvävebrist kommer även att ta upp mindre av de andra näringsämnena, då deras tillväxt är hämmad. Så genom att förse grödorna med kväve skapas bra förutsättningar för upptag av både fosfor och kalium.

Val av grödor i växtföljden bör väljas både utifrån det lokala klimatets förutsättningar och begränsningar, men även baserat på jordens näringsförsörjningskapacitet. Som odlare kan man därför utgå från hur mycket näring gården kan producera till grödorna och väljer sedan växtart efter det. Många av de arter som tagits fram under modern tid har förädlats fram för konventionella jordbrukssystem där grödorna ges optimala näringsnivåer genom syntetiskt NPK (Watson et al., 2002). Många av de försök jag har refererat till i arbetet visar på att det råder stora variationer växternas kväveinnehåll från år till år, så likartade bra förhållanden vad gäller näringsupptagningen inträffar sällan. Om det därför satsas mer på växtförädling som lämpar sig för de förutsättningar som råder inom ekologiska system, och fokus sätts på växter som klarar att producera acceptabel mängd och kvalitet även under mindre optimala förhållanden, gör det jordbruket mer resilient när vi i framtiden väntas få ett mer extremt klimat. En sådan egenskap är större rotdjup. Genom att växterna då får mer biomassa under jord att ta upp näring med kan de bättre klara av längre torkperioder.

En större andel baljväxter i växtföljden kan gynna näringscirkulationen i växtföljden, både som grüngödsling och som avsalugrödor. Även om en stor del av kvävet försvinner bort i den skördade biomassan från baljväxter som odlas som avsalugrödor finns mycket kvar i biomassan från rötterna (Fogelfors, 2016). På samma sätt som baljväxter och gräs

kan samodlas i en grüngödsling går det även att odla baljväxter tillsammans med olika sädesslag för potentiellt effektivare näringsanvändande (Watson et al., 2002). Strategier för detta håller idag på att utvecklas mer och kan bli vanligare att se ute på de svenska åkrarna i framtiden.

Jordbördighet är ett ekosystemkoncept, skrev Watson et al (2002), och liksom allt inom ett odlingssystem är det komplexa faktorer som interagerar med varandra, och för en lyckad odling krävs kunskap om helheten och hur olika odlingsåtgärder påverkar varandra. Det som är positivt ur en aspekt kan vara negativt ur en annan. Exempelvis stimulerar jordbearbetning mineraliseringen av näringsämnen i marken, men gör också att mullhalten i jorden minskar. Rikligt med vatten är bra för grödans tillväxt, men samtidigt ökar det risken för lustgasutsläpp från åkern. Vissa tunga jordar behöver plöjas innan vintern för att tjälen ska förbättra markstrukturen, men då blir det istället ökade kväveförluster i form av nitratutlakning (Fogelfors, 2016). Därför är det mycket mer som påverkar näringsförsörjningen i ett Stockless Organic odlingssystem än vad som har kunnat tas upp i denna litteraturstudie.

De metoder som har belysts i denna uppsats är olika sätt att använda sig av grüngödsling i en växtföljd, olika etableringsmetoder för dessa, hur länge de kan odlas samt metoder för hantering av ovanjordisk biomassa från underhållsklippning eller skörd. Om baljväxter ingår i grüngödslingen finns potential att ett Stockless jordbruk kan få allt sitt kväve ifrån dessa. Då behövs det en vall på cirka 25 procent av växtföljden. Att odla en stor andel vall i växtföljden har bra effekt på jordstrukturen, men har ingen direkt ekonomisk fördel om inte biomassa som kommer till av de upprepade avslagningarna av vallen kan användas eller säljas som djurfoder. Vallen kan dock ha en indirekt fördel på jordbördigheten som i längden gynnar skördenivåerna.

Mellangrödor som kan odlas mellan varje kultur ökar kväveeffektiviteten genom att fånga kvävet i marken samt komplettera vallens kvävefixering. Mellangrödorna har fördelen att de inte använder upp mark som det kunde växa en salugröda på, vilket vallodlingen som sagt gör. Detta innebär att fler mellangrödor i växtföljden kan minska den andel som vallen behöver ta i anspråk och därmed öka den ekonomiska avsättningen för ett Stockless jordbruk.

Att lämna biomassa från vallen eller mellangrödan *in situ* riskerar att leda till större kväveförluster, och därmed sämre miljöpåverkan. Problematiken med att mineraliseringen av biomassa inte infaller vid tillfället när det bäst behövs gör att tillförlitligheten därför inte är optimal. Om mineraliseringen blir fördröjd kanske kvävet inte gynnar avsalugrödan utan mellangrödan istället. Olika mineraliseringsmönster för olika arter som kan ingå i en grüngödsling hade varit intressant att ta reda på mer om, då man hade kunnat skapa en sammansättning som i teorin skulle mineraliseras när man önskade det. Dock, som

beskrivits i arbetet, är det många externa faktorer som påverkar mineraliseringen, så den kommer aldrig att gå att styra helt ute på ett fält.

En lösning är att använda sig av tekniken för anaerob rötning. Flera olika försök visar på mer biomassa i hela växtföljden och ett effektivare kväveutnyttjande om man applicerar röttningsrester istället för att lämna växtdelar på åkrarna. Man får ett gödselmedel som har så stor mängd mineraliserat kväve att det nästan kan likställas vid ett syntetiskt gödselmedel. Halten växttillgängligt kväve inom systemet ökar, vilket kan gynna kväveanvändandet, men även riskerar ett större utsläpp om hanteringen inte sköts på rätt sätt. En annan fördel är att åkrarna kan ha en mer jämn näringsfördelning utöver växtföljden, än om all näring från grüngödslingen hamnar på samma fält. Att endast använda sig av grüngödsling som jordbrukets näringskälla är dock mer riskabelt än att köpa in samma mängd gödsel varje år, då grüngödslingens skörd som alla andra grödor kan vara olika stora år till år, vilket leder till varierande mängder kväve att tillsätta åkrarna olika säsonger.

Det finns stor energipotential i rester från skörden från avsalugrödor, vall och mellangrödor som kan användas både för rötning till gödsel och produktion av biogas. Då får man ut mer av biomassan än om den bara plöjs ner. Detta skulle gynna ekologiska bönder som har en mindre produktivitet än konventionella, då de även kunde bli självförsörjande på energitillförsel med potential att även kunna exportera denna. I en värld där arealen av odlingsbart land blir mindre och mindre, är detta mer hållbart än att odla energigrödor eller energiskog på åkermark. Genom mer utveckling har bioenergin även möjlighet att i framtiden helt ersätta den fossila energin i drivandet av gårdens maskiner, vilka behövs till den mer intensiva jordbearbetningen jämfört med ett konventionellt jordbruk. Detta hade avsevärt minskat ekologiska gårdars miljöpåverkan.

Gårdarnas miljöpåverkan med lustgasutsläpp kan minskas på vintern genom att röta växtmaterial, samt att använda en fånggröda som tar upp överflödigt kväve. Det är dock oundvikligt att lustgas kommer bildas naturligt på våren när gödselmedlet tillförs jorden. Odlaren kan genom att använda sig av olika åtgärder minska riskerna. Men om åtgärderna utförs felaktigt kan utsläppen av lustgas och ammoniakförluster bli högre med rötad biomassa, vilket är en klar risk och nackdel. Därför behövs det mer utveckling av till exempel appliceringstekniker av flytgödsel. Småskaliga tekniker behöver tas fram för att göra röttningsanläggningarna mer attraktiva för mindre jordbruk att investera i. Dessa skulle även kunna omvandla biogasen till fordonsgas. Flytande rötresten har potential att kunna användas inom ekologisk odling med droppbevattning. Detta hade varit en effektiv metod, då näringen på så sätt kan placeras med precision där den strategiskt behövs i små mängder åt gången, vilket

minskar förlusterna. Framtida forskning om teknik för detta behövs då det idag är problematiskt med sedimentering av organiska flytande gödselmedel i droppbevattning.

Denna uppsats har fokuserat på metoder för att skapa näringen lokalt, men de hade även istället kunnat importeras till gården. Många kommuner samlar idag in matavfall för att kunna driva kollektivtrafiken på biogas. Dessa rötresten har även en potential som gödsling, men de måste i så fall vara certifierade för ekologisk produktion, ha genomgått en hygieniseringsbehandling och ha tillräckligt högt innehåll av näringsämnen för att vara produktiva (Salomon & Wivstad, 2013). Dessa rötresten kan torkas och göras till pellets för lättare transport, men torkningen i sig kan innebära en del kväveförluster (Möller & Müller, 2012). Det som talar för att producera sin egen gödsel av rötresten är att transporter kan undvikas, gårdens kretslopp sluts och man har större kontroll över vad substratet för gödslet är. Med detta sagt hade det även varit ekonomiskt gynnsamt om flera mindre jordbruk hade gått samman och gemensamt investerat i en anläggning som kan nyttjas tillsammans. Det positiva med möjligheten att importera rötat matavfall som näring till gården är att stadens och lantbrukets kretslopp till viss del sluts. Men det hade även krävts att de lokala invånarnas avfall hade återvunnits innan detta hade varit fullbordat. För det behövs mer teknik och forskning, då avloppsslammet är kontaminerat av såväl kemiska och medicinska substanser som humana patogener som det först måste renas från för att kunna få ut de åtråvärda näringsämnena, speciellt fosfor som slammet är rikt på. Vad än för slags substrat som tillförs marken måste man dock alltid ha i åtanke den långsiktiga effekten, så att det inte ackumuleras farliga substanser i jorden som kan vara skadliga för både växter och även senare för människor som äter grödorna.

Slutligen bör det påpekas att boskapsdjur fortfarande behövs i våra landskap för att beta alla de öppna naturmarker som har högt värde både som öar för biologisk mångfald, ståndorter för fridlysta arter samt friluftspplatser för oss människor att vistas på. De platser som genom historien har använts som betesplatser är ofta inte lämpade för jordbruk, och speciellt inte för dagens storskaliga jordbruk. Det kan var steniga landskap med fattiga jordar, och genom boskapsdjurs betning av dessa tar man ändå tillvara på näringen i gräset som vi människor inte kan tillgodgöra oss som föda.

Mycket talar för att jordbruket blir mer hållbart om det inte är beroende av djurhållning eller syntetiska gödselmedel. Ett recirkulerande av resurser på gården där det råder balans mellan vad som exporteras och vad som återförs till åkern gör jordbruket mer resilient mot klimatvariationer och det kan leverera livsmedel även om införseln av resurser plötsligt skulle minska. Detta hade gjort det svenska jordbruket betydligt mer motståndskraftigt under



en tid av kris. Därför behövs en intensifiering av jordbruket som tar hänsyn till natur och miljö, samt innovativa odlingsmetoder som gynnar diversiteten, jordhälsan och omgivningen.

## **5. Slutsatser**

Baserat på den litteraturstudie som redovisas i detta arbete är min slutsats att det är fullt möjligt att kunna få tillräckligt med näring till ett ekologiskt jordbruk utan animalieproduktion. Grundförutsättningarna är en väl vald växtföljd, ett balanserat val av grödor så att ”närande” grödor försörjer ”tärande” och slutligen ett aktivt användande av grüngödslingsgrödor som jordbrukets primära växtnäringskälla.

Metoder för att minimera kväveförlusterna, såsom odling av fånggrödor eller appliceringstekniker av biomassan, bör ingå i odlingssystemet för att hushålla med det kväve som baljväxter genom biologisk kvävefixering förser växtföljden med.

Rötning av biogas ger fler fördelar än bara ett mobilt gödselmedel med högt innehåll av växttillgängligt kväve och kan i framtiden göra gårdar självförsörjande på energi till både hushållsel och fordon.

Kvaliteten och kvantiteten av salugrödorna beror slutligen på hela systemet. Hur väl odlingen lyckas handlar om odlarens kompetens och kännedom om sin jord och dess processer. Därför ser jag stora möjligheter att, med rätt kunskap och förutsättningar, kunna odla Stockless Organic i södra Sverige och ser positivt på ytterligare forskning och nya tekniker inom ämnet i framtiden!

## 6. Källor

Alsanius, B. 2006. *Växtplatsens förråd – växternas behov*. SLU. Institutionen för växtvetenskap Alnarp

Alsanius, B., Karlén, H. 2016. *Stadsbrukets typologi*. Alnarp: SLU

Beaudoin, N., Saad, J. K., Van Laethem, C., Machet, J. M., Mauseux, J., Mary, B. 2005. *Nitrate leaching in intensive agriculture in northern France: Effects of farming practices, soils, and crop rotations*. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 111:1, 292-310.

Brozyne, M.A., Peterson, S.O., Chirinda, N., Olesen, C.J. 2013. Effects of grass-clover management and cover crops on nitrogen cycling and nitrous oxide emissions in a stockless organic crop rotation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181, 115-126.

Collis, John. 1852. *On Peruvian Guano; its history, composition and fertilizing qualities*. London. Longman & Co.

Cormack, W. F., Shepherd, M., Wilson, D. W. 2003. *Legume species and management for stockless organic farming*. *Biological Agriculture & Horticulture*. 21:4, 383-398

Dahlin, A.S., Stenberg, M., Marstorp, H. 2011. *Mulch recycling in green manure leys under Scandinavian conditions*. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 91. 119-129

Doltra, J., Olesen, J. E. 2013. *The role of catch crop in ecological intensification of organic spring cereals under Nordic conditions*. *Eur. J Agron.* 44, 98-108.

Engdahl, K. 2015. *Mellangrödor till biogasproduktion*. Biogas syd.

Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I., Simonsson, M. 2014. *Marklära*. Studentlitteratur. Lund. Upplaga 1:3

Evert, R., Eichhorn, A. 2013. *Raven Biology of Plants*. 8th edition. W. H. Freeman and Company Publishing. New York, USA

Fogelfors, H. 2016. *Vår mat-odling av åker- och trädgårdsgrödor*. Studentlitteratur. Lund

Hansson, A. 2004. *Gröngödsling i ekologisk odling*. Del i kurspärmen ”Ekologisk växtodling”, Jordbruksverket.

IPCC. 2007. *Climate change 2007: The physical science basis*. Working group I contribution to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University press, Cambridge.

Johansen, A., Pommeresche, R., Riley, H., Løes, A. K. 2013. *Effects of applying anaerobically digested slurry on soil available organic C and microbiota*. Organic farming systems for as a driver for change, Bredsten, Denmark, 125-126.

Jordbruksverket. 2018a. *Vad är ekologisk produktion?*

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/ekologiskodling/vadarekologiskproduktion.106.510b667f12d3729f91d80008069.html>

Jordbruksverket. 2018b. *Jordbruket släpper ut växthusgaser*.

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/jordbrukslapperutvaxthusgaser.4.4b00b7db11efe58e66b8000986.html>

Jordbruksverket. 2018c. *Miljövänliga maskiner – MEKA*

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/miljovanligamaskinermeka.4.2ae27f0513e7888ce2280007597.html>

Känkänen H., Eriksson, C., 2007. *Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley*. Eur. J. Agron. 27, 25-34

Li, X. 2015. *Legume-based catch crop for ecological intensification in organic farming* Department of Agroecology, science and technology. Aarhus University, Tejele, Denmark.

Li, X., Petersen, S. O., Sørensen, P., Olesen, J. E. 2014. *Effects of contrasting catch crops on nitrogen availability and nitrous oxide emissions in an organic cropping system*. Agriculture, Ecosystems and Environment 199, 382-393.

Liu, J., Ma, K., Ciais, P., Polasky, S., 2016. *Reducing human nitrogen use for food production*. Scientific reports 6.

Möller, K. Müller, T. 2012. *Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: a review*. Eng. Life Sci. 12,242-257.

Möller, K., Stinner, W. 2009. *Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses*. Eur.J.Agron., 30, 1-16.

Nationalencyklopedin, 2018. *Guano*.

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/guano>

Ohm, M., Paulsen, H. M., Moos, J. H., Eichler-Löbermann, B. 2017. Long-term negative phosphorus budget in organic crop rotations deplete plant-available phosphorus from soil. Agron. Susatin. Dev 37:17

Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R. 2005. *Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems*. BioScience 55:7, 573-582.

Råberg, T. 2017. *Strategic nitrogen management in Stockless organic cropping systems*. Department of Biosystems and Technology, SLU, Alnarp, Sweden

Rölin, Å. 2003. *Växtföljd i ekologisk grönsaksodling*. Del i kurspärmen "Ekologisk odling av grönsaker på friland", Jordbruksverket.

Salomon, E., Wivstad, M. 2013. *Rötrest från biogasanläggningar – Återföring av växtnäring i ekologisk produktion*. SLU, EPOK – Centrum för ekologisk produktion och konsumtion

Schmidt, H., Phillips, L., Welsh J. P., von Fragstein, P. 1999. *Legume breaks in stockless organic farming rotations: nitrogen accumulation and influence on the following crops*. *Biological agriculture and horticulture* 17, 159-170.

Schmutz, U., Rayns, F., Sumption, P. 2006. *10 –year interdisciplinary monitoring of organic stockless, vegetable rotations at Warwick, HRI, Kirton, South Lincolnshire, UK*. *Aspects of Applied Biology* 79.

Siegmeier, T., Blumenstein, B., Möller, D. 2015. *Farm biogas produktion in organc agriculture: system implications*. *Agricultural systems* 139, 196-209.

Stinner, W., Moller, K., Leitholg, G. 2008. *Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems*. *European journal of Agronomy* 9, 125-134

Stockdale, E. A., Lampkin, N. H., Hovi, M., Keatinge, R., Lennartsson, E. K. M., Macdonald, D. W., Padel, S. Tattersall, F. H., Wolfe, M.S., Watson, C. A. 2001. *Agronomic and environmental Implications of Organic Farming Systems*. *Advances in Agronomy* 70, 261-327.

Stockfreeorganic, 2018

<https://stockfreeorganic.net>

UNEP. 2015. *The Emission Gap Report 2015*. UNEP Synthesis Report.

Unkovich, M. J., Pate, J. S. 2000. *An appraisal of recent field measurements of symbiotic N<sub>2</sub> fixation by annual legumes*. *Field crops research* 65:2, 211-228

Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H., Turtola, E. 2014. *Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 203, 93-101

Watson, C. A., Atkinson, D., Jackson, L. R., Rayns, F. W. 2002. *Managing soil fertility in organic farming systems*. *Soil Use and Management* 18, 239-247.

Weiland, P. 2010. *Biogas production: current state and perspectives*. Applied microbiology and Biotechnology 85, 849-860

Welsh, J. P., Philipps, L. 2002. *The long-term agronomic performance of organic stockless rotations*. UK organic research 2002: proceedings of the COR conference 26-28<sup>th</sup> march 2002, Aberystwyth, 47-50

Westhoek, H., Lesschen, J. P., Rood, T., Wagner, S., De Marco, A., Murphy-Bokern, D., Oenema, O. 2014. *Food choices, health and environment: effects of cutting Europe's meat and dairy intake*. Global Environment Change 26, 196-205

Willer, H., Schaack, D. 2015. *Organic farming and market development in Europe. In the world of agriculture. Statistics and emerging trends 2015*. Research institute of organic agriculture (FiBL) and international federation of organic agriculture movements (IFOAM), 174-214.