



Examensarbeten inom Trädgårdsingenjörsprogrammet 2004:18

(ISSN: 1651-8152)

Kan Sverige försörja hela sin befolkning på ekologiskt odlad vegankost?

Is it possible for Sweden to sustain its population on organic farming without animals?

Marika Annell

10 poängs examensarbete

Handledare:

Siri Caspersen

Birgitta Båth

Examinator:

Håkan Asp

SLU

Institutionen för Växtvetenskap

230 53 Alnarp

mars 2004

Ett stort tack

till mina handledare Siri Caspersen och Birgitta Båth för all uppmuntran och stöd under arbetets gång. Jag vill även tacka Anita Gunnarsson, Hans Larsson, Staffan Melin, Olle Petersson och Thord Karlsson för hjälp med idéer och information till arbetet.

Alnarp 9 november 2003

Marika Annell

Sammanfattning

Under 1990-talet har flera rapporter och studier framhållit köttkonsumtionen som ett miljö- och försörjningsproblem. En studie (Bruce et al., 1997) där vegankost, vegetarisk kost och blandkost jämförs, visar att produktionen av vegankost kräver minst energi, upptar endast 43 procent av den areal åker som krävs för att producera blandkost samt innebär lägst utsläpp av metan och olika kväveföreningar.

I vegankostalternativet skulle åkermark friställas och kunna användas till exempelvis energiodling och odling av vallgrödor till rötning. Kosthållningen påverkar också fördelning mellan olika grödor. Arealen för blandkost i nationell skala domineras av spannmål, vall och oljeväxter medan den för vegankost domineras av baljväxter. För att proteinbehovet ska kunna tillgodoses för en person som är självförsörjande på vegankost krävs att en tredjedel av arealen odlas med baljväxter.

Den stora andelen baljväxter som krävs för att tillgodose proteinbehovet i vegankost alternativet utgör en risk för uppförökning av växtföljdssjukdomar som ärtrotträta. För att tillgodose det stora behovet av baljväxter utan att samtidigt riskera att uppföröka ärtrotträta är det nödvändigt att ha med en trindgröda i växtföljden som inte uppförökar sjukdomen. Bondböna *Vicia faba* är ett möjligt alternativ.

I mitt examensarbete har jag valt att låta vegankosten produceras ekologiskt. För att Sverige ska kunna odlas ekologiskt krävs att näring återcirkuleras från stad till land. Näring kan återcirkuleras från organiskt avfall såsom; hushållsavfall, restprodukter från livsmedelshandel, storkök och restauranger samt humangödsel. Det organiska avfallet kan tas om hand genom kompostering eller rötning och därefter återförs till åkermarken. Tillförsel av växttillgänglig näring sker också genom frigörelse från markens egna förråd samt genom nedfall. Bortförsl av näring från odlingsmarken sker främst med skörden, men näring försvinner också genom utlakning och gasförluster.

Kväve tillförs i ekologisk odling till stor del via baljväxter som har förmågan att binda in luftens kväve i sin växtmassa genom symbios med kvävefixerande bakterier. För att inte ytterligare öka risken för angrepp av ärtrotträta är det viktigt att använda baljväxter som inte drabbas av samma växtföljdssjukdomar som de som odlas för att konsumeras av människan. Gullupin *Lupinus luteus*, rödklöver *Trifolium pratense* och vitklöver *Trifolium repens* verkar inte drabbas av ärtrotträta och skulle därmed kunna vara lämpliga baljväxter i grön gödselns väll. Grönmassan från vallarna skulle i vegankostalternativet kunna användas till rötning och därmed bidra till såväl biogas som en näringsrik rötrest att återföra till odlingen.

Om all mat i Sverige producerades ekologiskt i vegankostalternativet och det organiska avfallet återcirkulerades skulle förmodligen behovet av kväve kunna tillgodoses utan problem. Däremot skulle det uppstå en brist på fosfor och kalium. På kort sikt innebär inte underskottet något större problem eftersom markens leveransförmåga av näring kan kompensera bristerna. I ett längre perspektiv är utarmningen av markens näringsförråd dock inte hållbart, och underskottet av fosfor och kalium måste kompletteras. En vanlig missuppfattning är att det krävs djur för att tillgodose näringsbehovet i ekologisk odling. Djuren i sig producerar dock ingen växtnäring, utan konsumtionen av foder och användningen av stallgödsel är endast ytterligare ett steg i kretsloppet.

Summary

Several reports and scientific studies made during the 1990s, have called attention to the environmental and food distribution problems attributed to the consumption of meat. A comparison (Bruce et al., 1997) of vegan, vegetarian and meat based diets, shows that the vegan diet consumes the least energy, only 43 percent of the acreage needed as compared with the meat based diet, and has the lowest output of methane and different nitrogen sources.

The vegan alternative frees arable land from food production. This can be used for growing crops for energy and biogas production. The distribution of different crops is also affected by the diet. The area used for the meat based diet on a national scale is dominated by cereals, pasture plants and oil crops while leguminous plants dominate the vegan alternative. In order to secure the protein need for a vegan, one third of the land has to be cultivated with leguminous plants.

The large proportion of leguminous plants results in an increased risk of acquiring diseases associated with crop rotation. Root rot of peas caused by the fungus *Aphanomyces euteiches* is the most common and serious parasite on peas. In order to provide the large amount of leguminous plants (35 percent) and not acquiring this fungus, you have to plan your crop rotation carefully and introduce a plant that the fungus cannot parasitize on. The favabean *Vicia faba* is one possible alternative.

In this thesis the vegan food is produced organically. In order to produce all food in Sweden organically it is necessary to recycle nutrients from the city to the farms. Different sources can be used: domestic waste, leftovers from the groceries and restaurants as well as human manure. The organic waste can be prepared by composting or biogas production and then returned to the soil. Other sources include the natural release of nutrients from the soil as well as rain. The main loss of nutrients from soil occurs at harvest, and to a lesser amount through leaching and gaseous loss.

Nitrogen supply is secured by using nitrogen-fixing leguminous plants. Yellow lupin *Lupinus luteus* as well as red clover *Trifolium pratense* and white clover *Trifolium repens* don not seem to be affected by the root rot of peas and could be useful in the crop rotation allotment as green manure. This manure could in the vegan diet system be used for the production of biogas. The leftovers are rich in nutrients and can be brought back into the system.

If all food in Sweden were grown organically, the supply of available nitrogen would not be a problem in a vegan system. However lack of potassium and phosphorus could be a problem. A common misconception is the belief that animals are needed in order to provide all the essential nutrients in organic farming. The animals per se do not produce any plant nutrients – they only introduce one additional step into the circulation.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Inledning.....	7
Bakgrund	7
Syfte och frågeställningar.....	8
Metod	8
Total arealanvändning	9
Arealfördelning	10
Växtföljd för vegankost.....	11
Växtnäringskällor	12
Gröngödslingsvall	12
Återcirkulering av organiskt avfall	13
Hushållsavfall.....	13
Livsmedelshandel, storkök och restauranger	14
Humangödsel.....	14
Hur mycket av det organiska avfallet kan återcirkuleras?	14
Övriga växtnäringskällor.....	15
KRAV-godkända gödselmedel	15
Bio Kali	15
BioVinass	15
Aska.....	15
Apatit.....	15
Nedfall.....	15
Markens förråd och leverans av växtnäring	16
Kväve	16
Fosfor	16
Kalium.....	16
Påverkan på leveransförmågan.....	17
Mykorrhiza	17
Nedbrukning av organiskt material och odling av gröngödslingsväxter.....	17
Metoder för att återföra och lagra organiskt avfall och gröngödsling.....	17
Kompostering	18
Rötning.....	19
Växtnäringsförluster.....	21
Utlakning.....	21
Kväve	21
Fosfor	21
Kalium.....	22
Gasförluster	22
Ammoniakförluster	22
Denitrifikation	22
Minska förlusterna.....	22
Våtmarker.....	22
Odlingstekniska åtgärder.....	22
Total tillförsel och bortförsel av näring.....	23
Bortförsel.....	23
Bortförsel av kväve, fosfor och kalium via skörden	23
Förluster	24
Tillförsel.....	24

Skillnad mellan tillförel och bortförel.....	24
Diskussion	25
Källförteckning.....	27
Litteratur.....	27
Muntliga källor.....	28

Inledning

Bakgrund

Under de senaste tjugo åren har det skett en närmast explosionsartad ökning av forskning och litteratur inom ämnet djuretik. De allra flesta forskare anser idag att djur bör tas med i den etiska omsorgscirkeln (Gålmark, 1998), och av etiska skäl väljer allt fler människor att bli vegetarianer eller veganer. Det är framförallt unga människor födda på 70-80-talet som väljer att avstå från kött (Pettersson, 1999). Att äta vegankost innebär att man utesluter allt som härstammar från djurriket. Vegetarisk kost var ursprungligen samma sak som vegankost, men i folkmun används begreppet vegetarian när man talar om personer som även äter mejeriprodukter och eventuellt också ägg.

Under 1990-talet har flera rapporter och studier framhållit köttkonsumtionen som ett miljö- och försörjningsproblem. En studie (Bruce et al., 1997) där vegankost, vegetarisk kost och blandkost jämförs, visar att produktionen av vegankost kräver minst energi, upptar endast 43 procent av den areal åker som krävs för att producera blandkost samt innebär lägst utsläpp av metan och olika kväveföreningar.

Att framställningen av animaliska produkter kräver mer energi än framställningen av vegetabilier beror på att djuren konsumerar mer energi och protein än vad de ger tillbaka (Bruce et al., 1997). För att producera protein i griskött krävs t.e.x. tre gånger så mycket energi jämfört med att producera samma mängd protein genom baljväxtodling.

Den minskade arealåtgången vid övergång till vegankost skulle dessutom öka möjligheten att försörja världens befolkning. Enligt naturvårdsverket bör vi sänka konsumtionen av kött med 75 procent för att kunna föda alla jordens invånare (Naturvårdsverket 1997:a). Dessutom bör ostkonsumtionen halveras och mjölkkonsumtionen minska med 25 procent. Anledningen är att djur som föds upp för att bli mat konsumerar hälften av all föda som produceras varje år i världen (Goodland, 1997). Detta innebär att stora ytor jordbruksmark idag används för att producera djurfoder, 38 procent av världens produktion av spannmål är foderspannmål (Worldwatch Institute, 1999), eller används till betesmark. I Sverige liksom i resten av västvärlden tas ungefär två tredjedelar av den odlade marken i anspråk för att producera föda till djur inom köttindustrin (Gregow, 2000).

Vid sidan om den stora energi- och arealåtgången utgör utsläppen av kväve ett problem vid köttproduktion. Från djurs urin och exkrementer frigörs stora mängder ammoniak. Djurhållningen och stallgödselhanteringen står för omkring 90 procent av ammoniakutsläppen i Sverige eller ca 60 000 ton per år (Bruce et al., 1997). Ytterligare ett miljöproblem vid köttproduktion är emissionen av metangas, en av de största bidragsgivarna till växthuseffekten. Idisslarna står idag för 15- 20 procent av världens metanutsläpp (Gålmark, 1998).

Ytterligare ett argument för vegankost är bristen på vatten. Brist på vatten är i dagens Sverige inget större problem, men globalt sett är det en av vår tids stora miljö- och överlevnadsfrågor. I proteintermer krävs det 100 000 liter vatten för att producera ett kilo nötköttprotein (Pimpentel, 1993). För att producera ett kilo sojaprotein krävs 2000 l vatten.

När miljö- och resurshållningsproblem diskuteras görs det ofta med förutsättningen att eventuella åtgärder ska kunna underkastas den samhällsordning vi vant oss vid idag. Den livsstil vi som konsumenter väljer styr dock ytterst de resurser som behöver tas i anspråk för

att tillfredsställa vår livsstil. Kostens sammansättning har t. ex. oftast större betydelse än valet av teknik och produktionssystem, om man har som mål att utnyttja så litet som möjligt av det ekologiska utrymmet (Bruce et al., 1997).

Syfte och frågeställningar

Det är mycket som talar för att framtiden kommer innebära en mer vegetabilisk kosthållning. Kanske kommer animalieproduktionen helt att avskaffas en dag. Mitt syfte med detta arbete är därför att titta på om Sverige skulle kunna vara självförsörjande på ekologiskt odlad vegankost. Ändrade kostvanor skulle påverka hela samhället och är i stor utsträckning en ekonomisk och politisk fråga. Ändrade kostvanor skulle också ge en rad olika effekter i odlingslandskapet och förmodligen påverka såväl biodiversiteten som förekomsten av patogener. Eftersom arbetet skulle bli alldeles för stort om jag skulle försöka täcka in alla områden som skulle påverkas har jag medvetet valt att göra en förenklad bild. Min huvudsakliga frågeställning har varit hur arealbehovet påverkas och hur behovet av näring i odlingsystemet ska kunna tillgodoses. Jag har koncentrerat arbetet på behovet av kväve, fosfor och kalium.

Metod

Detta examensarbete baseras till största delen på litteraturstudier och intervjuer. Jag har även valt att göra egna beräkningar utifrån det underlag jag hittat i litteraturen.

För att alla grödor som omfattar matproduktionen ska kunna odlas helt ekologiskt i Sverige krävs att näring återcirkuleras från stad till land. Eftersom det saknas uppgifter om hur mängden avfall och näringsinnehållet i det organiska avfallet skulle påverkas om vi övergick till vegankost har jag i arbetet utgått från mängden och näringsinnehållet i avfallet som produceras idag och som baseras på nuvarande levnadsvanor. Förmodligen skulle kväveinnehållet i avfallet från vegankost vara lägre eftersom animalisk kost innehåller större mängder protein; i Sverige äter vi ca 40 procent mer protein än vad vi behöver (Gålmark, 1998). Enligt Naturvårdsverkets rapport *Biff och Bil?* (1997:b) skulle kväveutsläppen endast vara en tredjedel av dagens 90 gram per person och dag om Sveriges invånare gick över till en helt vegetarisk kost.

Idag finns ca 280 000 hästar i Sverige som skulle finnas kvar även om vi går över till vegankost. Dessa liksom andra betesdjur som behövs för att hålla landskapet öppet skulle inte behöva ingå i matproduktionen. Betesdjuren i vegankostalternativet kommer förutom naturbetesmarkerna också att ta en del åkerareal i anspråk för odling av foder. Eftersom de inte längre kommer att ingå i livsmedelsproduktionen har jag valt att inte räkna med behovet av åkerareal för foderproduktion i veganalternativet. Jag har även valt att bortse från den gödsel som djuren bidrar med eftersom jag räknar med att den återcirkuleras inom foderproduktionen.

Total arealanvändning

Idag finns ca 1,5 miljarder ha åkermark i världen (Hallberg, 2000). Om jordens åkermark skulle delas lika mellan dess invånare skulle det i dagsläget innebära 2400 m² per person, men ytan minskar ständigt på grund av erosion och försaltning. Delar man upp den svenska åkerarealen blir andelen åkermark som tillkommer varje svensk ca 3200 m². Skog och betesmark i Sverige upptar 25 000 m² respektive 600 m² per person. Med ändrade konsumtionsmönster kan ytan som behövs för livsmedelsproduktion minskas. Vegankostalternativet skulle enligt nedanstående båda studier innebära att åkermark friställs och t. ex. kunna användas till energiodling (Naturvårdsverket, 1997:c).

Ett projekt på Ekhaga försöksstation visar att det vid ekologisk odling krävs 2 500 m² åkermark plus 600 m² betesmark för att producera maten till en person som äter blandkost (Hallberg, 2000), jämfört med 800 m² i ett vegankostalternativ (Ullmark, 1999). I blandkostalternativet har behovet av areal beräknats utifrån att köttkonsumtionen minskat till tre fjärdedelar av dagens konsumtion med tanke på miljö, hälso- och djuretiska aspekter. Av åkermarken åtgår 1 300 m² för att tillfredställa foderbehovet för projektets djur varav 400 m² korn (motsvarar ungefär 60 kg rent foder), 200 m² havre (60 kg), 100 m² ärtor/bönor (30 kg) och 600 m² klövervall.

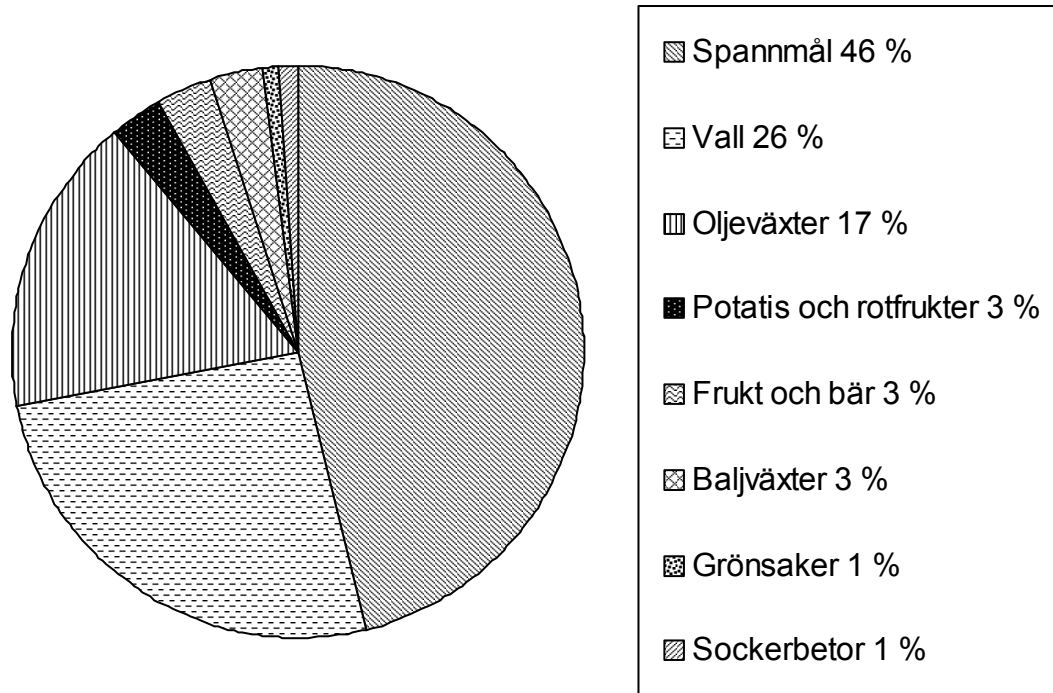
I studien *Vegan, vegetarian, allätare* (Bruce et al., 1997) visar räkneexempel att den areal som skulle behöva utnyttjas för blandkost i en konventionell odling är ca 2 300 m² åkermark och 800 m² naturbetesmark. För den laktovegetariska kosten behövs ca 1 500 m² åkermark och 100 m² betesmark och för vegankosten 1000 m² åkermark. Om hela Sveriges befolkning skulle övergå till en vegansk kosthållning skulle det dock behövas ca 1 500 m² åkermark per person. Orsaken till det större arealbehovet är risken för växtföljdssjukdomar.

Ett vanligt argument för att hålla betesdjur för animalieproduktion är att de håller landskapet öppet. Enligt naturvårdsverket bör ca 60 000 ha naturliga betesmarker i landet hävdas. Beräkningar av hur många nötkreatur som krävs för att hävda dessa betesmarker visar att vi skulle kunna minska köttkonsumtionen med 75-80 procent och ändå klara av hävden (Karlsson & Pettersson, 1997). Betesdjur måste dock inte användas för animalieproduktion, vilket försök med betesdjur som naturvårdare i Örebro och Stockholm visar (Holm, 2002). I Örebro började man för sju år sedan använda sig av kor och får för att hålla landskapet öppet. Djuren får leva så länge de mår bra och betar, vilket för kornas del innebär ca femton år. Kommunen spar på detta sätt in pengar i jämförelse med vad det skulle kosta att hålla landskapet öppet med människokraft.

Arealfördelning

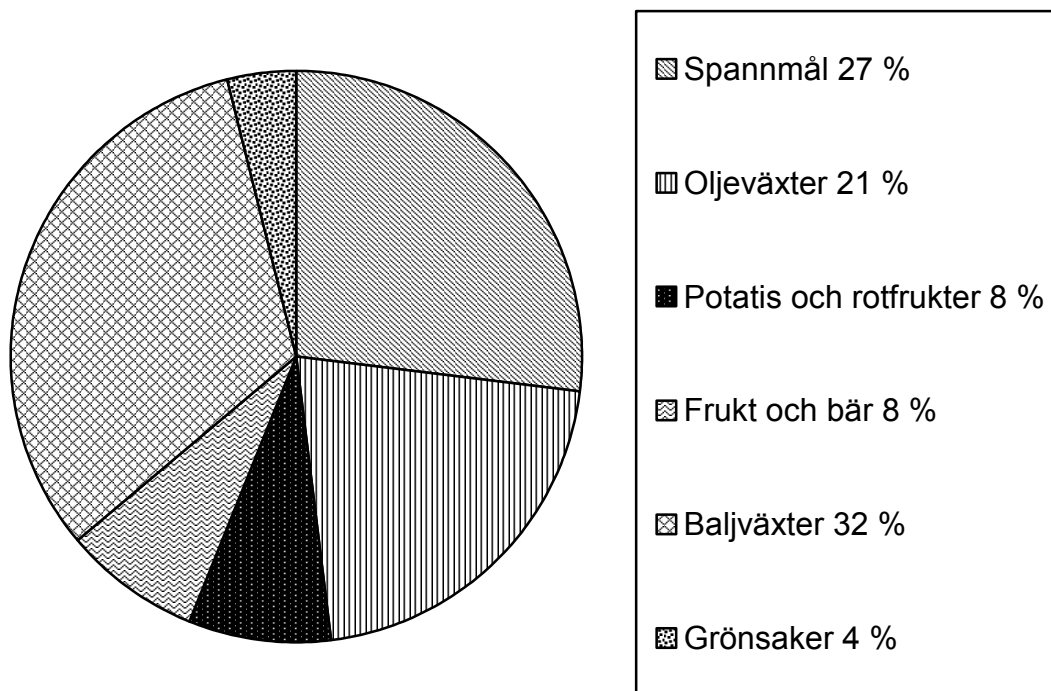
Den odlade arealens fördelning på olika grödor påverkas av kosthållningen. Enligt studien *Vegan, vegetarian, allätare* (Bruce et al., 1997) skulle arealen för blandkost i nationell skala domineras av spannmål, vall och oljeväxter (Fig 1).

Figur 1. Arealfördelning för blandkostalternativet (Bruce et al.,1997)



Med vegankostalternativet skulle arealen enligt samma studie behöva odlas med ca en tredjedel baljväxter för att tillgodose proteinbehovet (Fig 2).

Figur 2. Arealfördelning för vegankostalternativet (Bruce et al.,1997)



Växtföljd för vegankost

Tabell I visar behovet av olika födoämnen samt arealåtgången för en person som är självförsörjande på vegankost.

Tabell 1. Behov i kg per person och år av olika födoämnen vid övergång till vegankost samt behovet av areal och arealfördelning för att tillgodose detta behov (Bruce et al., 1997).

	Behov av födoämnen	Arealbehov	Arealfördelning
	<i>kg / person/år</i>	<i>m² / person</i>	<i>%</i>
Spannmål	180	270	18
Oljeväxter	32	210	14
Potatis och rotfrukter	225	80	5
Baljväxter	90	320	21
Grönsaker	170	40	3
Frukt och bär	200	80	5
Socker	3	1	<1
Grüngödslingsvall		520	34
Summa	900	1 521	100

Växtföljder med stor andel baljväxter är vanliga inom ekologisk odling (Levenfors et al., 2001). På gårdar med djur är den höga proteinhalten i baljväxter viktigt för foderstaten. I ett odlingsalternativ för vegankost behövs det inte odlas baljväxter för foderstaten, men en stor andel baljväxter måste odlas för att tillgodose vårt proteinbehov, som i vegankostalternativet går direkt till människan och inte via djuren. Genom sin förmåga att i symbios med bakterier tillgodogöra sig luftens kväve är baljväxterna också nödvändiga för att förse grödorna i växtföljden med kväve. För att tillgodose behovet av kväve till växtföljden behöver ca en tredjedel av arealen odlas med kvävefixerande grüngödslingsgrödor.

Jordbundna sjukdomar uppförökas lätt vid ofta återkommande odling av en och samma gröda. Ärtrotträta orsakad av svampen *Aphanomyces euteiches* är den vanligaste och allvarligaste rotparasiten på ärt (Gunnarsson, pers. med.). Svampen drabbar förutom ärtor även flera andra baljväxter som lucern, phaseolus-böna och vicker medan gullupin, vitklöver och rödklöver inte verkar drabbas. För att undvika sjukdomen bör växter som drabbas inte återkomma oftare än vart 8-9 år i växtföljden. I dagsläget finns inga kemiska bekämpningsmedel eller resistent sorter som kan användas mot sjukdomen. Angreppet sker i slutet av juli, varvid svampen angriper plantans rötter som först blir mjuka och vattniga för att senare mörkna. Smittan kan också spridas upp i stjälkens nedre del. En angripen planta växer dåligt, bladen gulnar och om stjälkbasen angrips vissnar plantan. Bakteriellknölarna på rötterna kan också hämmas eller helt försvinna (Gunnarsson, pers. med.). Hur lätt sjukdomar som ärtrotträta uppförökas beror också på jordart. De baltiska moränlerorna har t. ex. visat sig mer motståndskraftiga, vilket innebär att det kan räcka med en sexårig växtföljd (Gunnarsson, pers.med).

Tabell 2 visar ett exempel på hur en växtföljd skulle kunna se ut för att tillgodose en persons behov med vegankost. Eftersom frukt och bär är perenna grödor är de borttagna ur växtföljden. Det totala arealbehovet uppgår utan frukt och bär till 1 441 m² per person vilket innebär ca 160 m² per skifte i en nioårig växtföljd.

Tabell 2. Exempel på en nioårig växtföljd i ett vegankost alternativ. Arealbehov per person.

1. Spannmål med insådd	160m ²				
2. Gröngödslingsvall 1	160m ²				
3. Gröngödslingsvall 2	160m ²				
4. Höstraps	160m ²				
5. Bondböna	160m ²				
6. Potatis & rotfrukter	80m ²	Gröngödslingsvall 1	80m ²		
7. Spannmål	110m ²	Gröngödslingsvall 2	50m ²		
8. Solros	50m ²	Grönsaker	40m ²	Gröngödslingsvall 1	70m ²
9. Ärtor & bruna bönor	160m ²				

För att tillgodose det stora behovet av baljväxter utan att samtidigt riskera att uppföröka ärtrotträta är det nödvändigt att ha med en trindgröda i växtföljden som inte uppförkar sjukdomen (Gunnarsson, pers. med.). Bondböna *Vicia faba* är ett möjligt alternativ. Fördelen med bondböna är också att den har ett högt proteininnehåll. Ärtor och bruna bönor skulle kunna odlas på ett skifte och bondböna på ett annat utan risk för uppförökning av ärtrotträta. Även andelen oljeväxter är stor, och för att undvika växtföljdsjukdomar skulle det vara lämpligt att en del odlades med raps och en annan med solros. Genom att ha en nioårig växtföljd skulle baljväxter för matproduktion inte behöva återkomma på mer än två skiften. I exemplet i tabell 2 upptar gröngödslingsvallar ca en tredjedel av arealen. Eftersom ärtor och bruna bönor redan ingår på ett skifte skulle gullupin *Lupinus luteus*, vitklöver *Trifolium repens* och rödklöver *Trifolium pratense* kunna vara lämpliga kvävefixerare i gröngödslingsvallarna för att minska risken för ärtrotträta. Av gröngödslingsvallens totala yta på 520 m² är 310 m² år förstaårsvall, och 210 m² andraårsvall. Genom att ha en andraårsvall förbättras framförallt strukturen i jorden. Grönmassan från vallarna skulle i ett veganalternativ kunna användas till rötning och därmed bidra till såväl biogas som en näringsrik rötrest att återföras till odlingen (se sid 19 om rötning).

Växtnäringskällor

Gröngödslingsvall

Gröngödsling definieras som plantmaterial som brukas ned i jorden, före eller vid mognad för att förbättra jordens struktur och förse efterföljande gröda med näring (Båth, 1997). Baljväxterna i gröngödslingsgrödorna kan binda in luftens kväve i sin växtmassa genom symbios med kvävefixerande rhizobiumbakterier. I utbyte mot fotosyntesprodukter förser bakterierna baljväxterna med kväve. Hur mycket kväve som fixeras påverkas bland annat av kväveinnehållet i jorden. Normalt använder sig baljväxter i första hand av jordens lättillgängliga kväve och beroende på innehållet av kväve i marken räknar man med att mellan två tredjedelar och tre fjärdedelar av kvävet i baljväxter kommer från fixering och därmed utgör ett nettotillskott av kväve till jorden.

Hur mycket fixerat kväve som brukas ned med gröngödslingsgrödan påverkas också av faktorer som sortval, årsmån, baljväxtandelen i vallen och skördeutbytet. Då dessutom olika mätmetoder för kvävefixering ger olika resultat visar försök som gjorts på varierande resultat (Albertson Juhlin, 2000). Tabell 3 visar riktlinjer för normal kvävefixering hos ett antal olika grödor.

Tabell 3. *Kvävefixering hos ett antal olika grödor (Albertson Juhlin, 2000)*

Gröda	Normal kvävefixering Kg/kväve/ha/år
Vall 1(klöverrik)	180-250
Vall 2	100-150
Vall 3	50-70
Vitklöver/gräsvall	100-150
Lusern, renbestånd	130-300
Ärt, renbestånd	100-150
Åkerbönor	190-210
Vicker	70-170

Gröngödslingen har stor betydelse i ekologisk odling genom att den bygger upp ett växtnäringförråd i marken (Båth, 1997). När gröngödslingen brukas ner påbörjas nästan genast frigörelsen av kväve och andra näringsämnen. Mängden kväve som kommer följande gröda tillgodo kan uppskattas till mellan 20 och 40 procent. Mellan 30 och 60 procent kommer grödorna tillgodo under de kommande åren eller förloras från odlingsystemet genom utlakning och gasförluster. Slutligen humifieras 20-30 procent av kvävet och byggs därmed in i föreningar med en omsättningstid räknat i decennier och årtusenden. Efterverkan från en klöverrik tvåårig gröngödslingsvall uppskattas vara ca 60 kg N/ha första året och ca 30 kg N/ha andra året (Naturvårdsverket, 1997:c).

Om man utgår från växtföljdsförslaget i tabell 2 och en befolkning på 9 000 000 så skulle det innebära ett totalt arealbeov på 279 000 ha förstaårsvall och 189 000 ha andraårsvall. En förstaårsvall fixerar ca 200 kg N/ha och en andraårsvall fixerar ca 100 kg N/ha (tabell 3). Uppdelat på den totala odlingsarealen 1 368 900 ha (grödor för matproduktion 900 900 ha och 468 000 ha gröngödslingsvall) tillförs ca 55 kg N/ha med gröngödslingsgrödorna i växtföljdsförslaget enligt tabell 2.

Återcirkulering av organiskt avfall

I ett resursbevarande odlingsystem bör en gård sträva efter att vara självförsörjande på växtnäring. Ett sätt att hushålla med växtnäringen är återförsl av organiskt material i form av skörderester, gröngödsel med mera. Men även om man lyckas återföra en stor del av näringen försvinner näring via skörden. För en hållbar samhällsutveckling behövs därför recirkulering av samhällets organiska restavfall till åkerjorden. Dagens hantering av organiskt material innebär ett brutet kretslopp, där ca 50 procent av hushållsavfallet deponeras, 45 procent bränns och endast 5 procent komposteras (Steineck et al., 2000). Ekologisk odling har ofta en negativ kalium och fosforbalans och det är därför speciellt viktigt med återcirkulering av växtnäring till denna typ av gårdar (Båth, 1997). Behovet av att återcirkulera näringen till jorden och sluta kretsloppet gäller för såväl ekologisk odling med som utan djur. En vanlig missuppfattning är att det krävs djur för att näringsbehovet i en ekologisk odling ska kunna tillgodoses. Djuren i sig producerar dock ingen växtnäring, konsumtionen av foder och användningen av stallgödsel är endast ytterligare steg i kretsloppet (Källander, 1989).

Hushållsavfall

Varje person i Sverige producerar ungefär 100 kg organiskt matavfall per år, dvs totalt 0,9 miljoner ton organiskt avfall i Sverige (Steineck et al, 2000). Matavfallet innehåller ca 7 000 ton kväve, 1 000 ton fosfor samt 3 000 ton kalium som skulle kunna återföras till åkern.

Livsmedelshandel, storkök och restauranger

En stor del av de organiska restprodukterna från livsmedelshandeln, storkök och restauranger består också av matavfall. Totalt uppskattas mängden organiskt avfall till 180 000 ton per år, varav ca 80 procent är matavfall från storkök och restauranger (Steineck et al., 2000).

Växtnäringsinnehållet från restauranger, storkök och livsmedelshandel uppskattas till 900 ton kväve, 230 ton fosfor och 540 ton kalium.

Humangödsel

I Sverige produceras årligen totalt 3-5 miljoner ton urin och 0,3 miljoner ton fekalier, som innehåller ca 40 600 ton kväve, 4 900 ton fosfor samt 11 400 ton kalium. Varje vuxen person bidrar med 1-1,5 liter urin samt ca 100 g fekalier per dygn (Steineck et al., 2000). Största delen av näringsämnen finns i urinen, (ca 85 procent av kvävet, 65 procent av fosfor samt 70 procent av kaliumet), som är det tätortsavfall som innehåller den största mängden växtnäring (Kirchman et al., 1995). Den urinseparerande, dubbelspolande toaletten som utvecklades under 80-talet har öppnat en möjlighet för att återcirkulera växtnäringen i humangödsel till odlingsmarken (Kirchman et al., 1995). Fosfor och kalium i fekalierna är bundet till det organiska materialet. Detta gör att en stor del av växtnäringsämnen i fekalierna kan återvinnas i reningsverk (Pettersson, 1994). Med urinseparering kan den mer lösliga naringen i urinen hanteras och cirkuleras för sig (Pettersson, 1994). Försök som gjorts har inte visat på några hygieniska problem eller negativa effekter på växtligheten som gör att en återcirkulering av humanurin till odlingen inte skulle vara möjlig. Enligt studier vid smittskyddsinstitutionen tycks lagring av urin i 3-4 månader ge den hygienisering som behövs för senare användning i jordbruket (Lindén, 1997). Undersökningar visar även att humanurin är ett mycket rent vad det gäller innehållet av tungmetaller.

Hur mycket av det organiska avfallet kan återcirkuleras?

I tabell 4 presenteras den totala mängden kväve, fosfor och kalium som finns i det organiska avfallet. Mängden av dessa näringsämnen per hektar är beräknade utifrån arealbehovet per person vid vegankost (tabell 1) och en befolkningmängd på 9 000 000 vilket ger ett arealbehov på 1 368 900 ha.

Tabell 4. Total mängd av kväve, fosfor och kalium i det organiska avfallet producerat på ett år (Steineck et al., 2000).

	Kväve	Fosfor	Kalium
	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Hushållsavfall	7 000 000 (5 kg / ha)	1 000 000 (0,7 kg / ha)	3 000 000 (2,2 kg / ha)
Livsmedelshandel	900 000 (0,7 kg / ha)	230 000 (0,2 kg / ha)	540 000 (0,4 kg / ha)
Humangödsel	40 600 000 (30 kg / ha)	4 900 000 (3,6 kg / ha)	11 400 000 (8,3kg / ha)
Summa	48 500 000 (36 kg / ha)	6 130 000 (4 kg / ha)	14 940 000 (11 kg / ha)

Hur stor återvinningspotentialen är beror på hur stora mängder organiskt avfall som är praktiskt och ekonomiskt rimligt att insamla, behandla och avsätta samt miljö- och energimässigt försvarbart att återvinna (Naturvårdsverket, 2002). Naturvårdsverket har gjort bedömningen att 25 procent av allt hushållsavfall och 50 procent av livsmedelshandelns avfall skulle kunna återvinnas år 2010. Den högre återvinningsgraden för livsmedelshandeln beror på antagandet att det innebär lägre samhällsekonomiska kostnader eftersom det krävs färre hämtningar per ton avfall. Regeringen föreslår i en proposition för återvinning av avfall att minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker ska återvinnas genom biologisk behandling senast år 2010 (Miljö- och jordbruksutskottet, 2003/04). I Naturvårdsverkets rapport *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp* siktar man på att

minst 60 procent av fosfor i avloppsvattnet ska återföras till produktiv mark, varav minst hälften till åkermark (Naturvårdsverket, 2003). Procenttalet anges som ett nationellt mål där hänsyn tagits till regionala skillnader i möjligheten att återvinna avfallet. Även återvinning av andra viktiga näringsämnen som kväve, kalium, humusämnen och essentiella grundämnen diskuteras i rapporten. I tabell 5 presenteras hur mycket näring som är realistiskt att återföra till åkermarken utifrån återvinningspotentialen. Jag har räknat med 25 procent av hushållsavfallet, 35 procent av livsmedelshandelns organiska avfall och 60 procent av humangödslen oavsett näringsämne.

Tabell 5. *Kväve, fosfor och kalium som kan återcirkuleras/år*

	Kväve	Fosfor	Kalium
	<i>kg /ha</i>	<i>kg /ha</i>	<i>kg /ha</i>
Hushållsavfall	1,25	0,18	0,55
Livsmedelshandel	0,24	0,07	0,14
Humangödsel	18,00	2,16	4,98
Summa	19	2	6

Övriga växtnäringskällor

KRAV-godkända gödselmedel

De flesta KRAV-godkända gödselmedel består av djurgödsel eller slakteriavfall. Det finns dock medel som inte härrör från animalieproduktionen och som skulle kunna användas för att komplettera näringsbehovet i odlingsystem vid vegankost.

Bio Kali

Kalium kan tillföras med BioKali 20, som är en restprodukt från jästtillverkningen. Den förekommer i pelleterad form och innehåller 20 % kalium

BioVinass

Även BioVinass är en restprodukt från jästtillverkning, och innehåller framför allt kalium (4 %) och kväve (6 %). På grund av att kvävet till största delen är bundet i proteiner är det lättomsättbart. Gödselmedlet bör spädas med vatten före spridning (Jerkebrink, 2000).

Aska

Träaska från lövträd innehåller ca 8 % K samt 1,7 % P, och barrträd ca 6 % K och 1,1 % P. Träaska får endast användas om den kommer från trä eller virke som inte behandlats kemiskt efter avverkningen (Jordbruksverket, 2003).

Apatit

Fosfor kan tillföras med apatit (råfosfat) som innehåller 16 % fosfor (Jordbruksverket, 2003)

Nedfall

Det atmosfäriska kvävenedfallet från luften innebär även det ett växtnäringsstillskott till åkerjorden. Kvävenedfallet varierar mycket i olika delar av landet. I Norra Sverige ligger det årliga nedfallet kring 2 kg/ha medan de i de allra sydligaste delarna ligger kring 12 kg/ha (Granstedt, 1999). Det atmosfäriska nedfallet av fosfor är mindre än 1 kg/ha och även mängden kalium är liten. Det genomsnittliga nedfallet av kväve per hektar och år i Sverige har beräknats till ca 9 kg (Steineck et al., 2000).

Markens förråd och leverans av växtnäring

Kväve

Den största delen av kväveförrådet i marken är organiskt bundet (Granstedt, 1999). Genom mineralisering av det organiska materialet överförs kväve till ammonium, som i sin tur oxideras till nitrat av nitrifikationsbakterier. Hur mycket av kvävet som mineraliseras beror på flera olika faktorer som jordart, mullhalt, markklimat, tillförsel av nytt organiskt material, det befintliga kväveförrådets storlek och förhållandet mellan kväverikt och kvävefattigt material (C/N-kvoten) i det organiska materialet. I tabell 6 visas innehållet av kväve i olika jordtyper och mineraliseringen under odlingsäsongen.

Tabell 6. Exempel på förråd och leveransförmåga per ha av kväve hos ler-, sand- och mulljord under växtperiod. Genomsnitt för Sverige (Claesson & Steineck, 1991).

	Sandjord	Lerjord	Mulljord
Matjord 0-25 cm	4 ton	8 ton	30 ton
Alv 25-100 cm	2 ton	4 ton	90 ton
Årlig leverans under växtperioden	30-50 kg / ha	100-250 kg / ha	100-250 kg / ha

Fosfor

Även markens förråd av fosfor föreligger såväl i organisk som oorganisk form (Granstedt, 1999). Det sammanlagda fosforförrådet i en åkerjord kan vara 1- 4 ton per hektar (Persson & Ottabong, 1994). Mängden växttillgänglig fosfor är dock mindre än 0,5 kg fosfor per hektar, men under säsongen frigörs fosfor successivt.

Tabell 7. Exempel på förråd och leveransförmåga per ha av fosfor hos ler-, sand- och mulljord under växtperioden (Claesson & Steineck, 1991).

	Sandjord	Lerjord	Mulljord
Matjord 0-25	1,5 ton	1,5 ton	0,1-0,5 ton
Alv 25-100	2-3 ton	2-3 ton	0,3-1,5 ton
Årlig leverans under växtperioden	5-20 kg / ha	5-20 kg / ha	5-15 kg / ha

P-halterna i svenska åkermarker är ofta mycket höga (P-klass IV-V) och det kan vara en fördel om förråden minskas. Mykorrhizasymbiosen bildas t. ex. inte vid för höga P-nivåer (Caspersen, 1999). Enligt jordbruksverket är fosforklass tre eftersträvansvärt på kort sikt och man går därför ut med gödselrekommendationer som i P-klass IV-V innebär ett tärande på fosforförråden (Jordbruksverket, 2003).

Kalium

Kalium i marken förekommer enbart i mineralisk form, antingen löst i markvätskan eller bundet i och till lermineral samt till organiska föreningar (Granstedt, 1999). Det finns gott om växttillgängligt kalium i lerjordar (Båth et al, 1999). Däremot kan kaliumförsörjningen bli ett problem på sandjordar eftersom det kalium som finns där inte är växttillgängligt. Odling av djuprotade grödor i växtföljden, bidrar till att föra upp kalium till matjorden från djupare jordlager.

Tabell 8. Exempel på förråd och leveransförmåga per ha av kalium hos ler-, sand- och mulljord under växtperioden (Claesson & Steineck, 1991)

	Sandjord	Lerjord	Mulljord
Matjord	60 ton	60 ton	0,1-0,5 ton
Alv	180 ton	180 ton	0,3-1,5 ton
Årlig leverans under växtperioden	10-50 kg / ha	50-150 kg / ha	10-50 kg / ha

Påverkan på leveransförmågan

Det finns flera faktorer som påverkar markens leveransförmåga av näring. Jag har valt att nämna mykorrhizas betydelse samt nedbrukning av organiskt material och odling av grüngödslingsväxter eftersom dessa är betydelsefulla faktorer inom ekologisk odling.

Mykorrhiza

Mykorrhiza har en positiv påverkan på växternas näringsförsörjning (Caspersen, 1999). Genom ett vidsträckt nätverk av svamphyfer i jorden får växterna tillgång till en större jordvolym och kan därmed framförallt utnyttja jordens förråd av fosfor bättre. Arbuskulär mykorrhiza bildas på de flesta jordbruks- och trädgårdsväxter, och kan motverka rotsjukdomar som orsakas av svampar eller nematoder. Hos ärtor med arbuskulär mykorrhiza har man tillexempel funnit minskade angrepp av rotsvampen *Aphanomyces euteiches* (Caspersen, 1999). Mykorrhiza kan även bidra till att kvävefixeringen hos baljväxter ökar (Båth, 1997). En varierad växtföljd gynnar utvecklingen av mykorrhiza medan tillförsel av lättlösliga näringsämnen, bekämpningsmedel och tungmetaller har en negativ inverkan.

Nedbrukning av organiskt material och odling av grüngödslingsväxter

I en undersökning 1990 visade det sig att nedbrukning av organiskt material ökade mängden växttillgängligt fosfor i jorden oberoende av fosforinnehållet i nedbrukade skörderester (Ivarsson, 1998). Mängden växtrester hade störst inverkan på tillgängligheten av fosfor, därefter växtmaterialens ursprung. Orsaken till att tillgängligheten av fosfor påverkas är att organiska syror bildas när grüngödslingsgrödor eller annat organiskt material bryts ner, och att dessa binder metaller som annars skulle fastlagts fosfor.

Under omsättningen av den tillförda grönmassan frigörs även kalium (Källander, 1989). Baljväxterna har förmåga att absorbera svårtillgängligt kalium från jorden, och med hjälp av djupt rotsystem kan de föra upp kalium från djupare liggande jordlager till matjordslaget där det blir tillgängligt för kulturgrödorna.

Metoder för att återföra och lagra organiskt avfall och grüngödsling

År 2000 infördes depositionsskatt på avfall i Sverige och från och med år 2005 infördes förbud mot deponering (Steineck et al., 2000). Detta gör att det finns ett stort intresse bland landets kommuner för att finna lösningar för avfallshantering där produkten kan återföras till åkermarken.

Kompostering

Ett sätt att ta hand om organiskt avfall är kompostering. Genom att återföra kompost till åkerjorden recirkuleras inte bara växtnäringen utan också organisk substans som behövs för att förbättra strukturen och djurlivet i jorden (Larsson, 2002:b). Kompostering av organiskt avfall innebär nedbrytning av organiskt material i syrerik miljö. Genom komposteringen minskar mängden torrsbstans med mellan 40-50 procent (Steineck et al., 2000, Båth, 1997). Kompostering är därmed ett sätt att minska mängderna organiskt avfall men innebär samtidigt förluster av kväve och kol i form av ammoniak och koldioxid. Förluster på mellan 20 och 50 procent kväve är inte ovanligt. Innehållet av framförallt kol, kväve, vatten samt pH-värdet styr förloppet (Steineck et al., 2000). Under komposteringen ökar temperaturen vilket har betydelse för hygieniseringen av avfallet med avseende på patogener, parasiter och ogräsfrön. Komposteringsprocessen påverkas också av förhållandet mellan kol och kväve. Om C/N-kvoten är hög får mikroorganismerna brist på kväve och nedbrytningen går långsamt. Om däremot C/N-kvoten är låg finns det ett överskott på kväve som kan avgå i form av ammoniak. Källsorterat hushållsavfall har en låg C/N-kvot vilket gör att man kan behöva tillsätta kolrikt material för att minska förlusten av kväve.

Vid ett komposteringsförsök med källsorterat hushållsavfall i Uppsala uppgick kväveförlusterna till 52 procent (Kirchman & Widén, 1994). En femtioprocentig inblandning av kvävefattigt parkavfall ledde till en halvering av kväveförlusterna. Kompostering i slutna rum eller behållare med rening av frånluften är ytterligare en möjlighet att minska avgången till atmosfären. Spridningsförlusterna på åkern är däremot små, eftersom huvuddelen av kvävet i mogen kompost är bundet i stabila föreningar (Båth, 1997). Däremot är förlusterna av kalium och fosfor små under komposteringsprocessen vilket innebär en anrikning, räknat på torrsbstanshalten, av dessa näringsämnen i komposten.

Kompost framställt av källsorterat hushållsavfall kan jämföras med fastgödsel vad det gäller näringsinnehåll (Kirchman & Widén, 1994). Näringsinnehållet i komposterat hushållsavfall som användes vid ett försök med ekologisk odling i Alnarp var i genomsnitt 2,4 procent kväve, 0,8 procent fosfor och 1,0 procent kalium av torrsbstansen (Larsson, 2002:b). Komposten hade hög natriumhalt, vilket även komposten i försöket med källsorterat hushållsavfall i Uppsala visade upp. Natriumet tros härröra från koksalt i matresterna och den höga natriumhalten liksom ett ofta högt ledningstal gör att användningen för odlingsändamål förutsätter att komposten blandas med jord eller annat substrat (Kirchman & Widén, 1994). Totalanalyser visade inga förhöjda halter av tungmetaller i försökets grödor; vitkål, sockerbetor, klövervall, korn, vårvete och höstråg (Larsson, 2002:b). Däremot kunde förhöjda halter konstateras i daggmaskar, vilka är kända för att ackumulera tungmetaller. Kadmium var den tungmetall som anrikades mest. Halten i daggmaskarna var ca 10 gånger högre än i komposten (Larsson, 1999, Larsson 2002:b).

Försök visar på ett mycket varierat innehåll av tungmetaller i olika komposter av källsorterat hushållsavfall (Wolgast, 1995). Innehållet av tungmetaller i komposten i Alnarpsförsöket var t.ex. generellt lågt i jämförelse med det tidigare nämnda försöket i Uppsala, vilket visar på en väl genomförd källsortering (Larsson, 2002:b). Förekomsten av höga halter av tungmetaller och oönskade föroreningar har gjort att kompost av osorterat hushållsavfall inte återcirkulerats. Flera analyser visar dock att halten av tungmetaller är avsevärt lägre i källsorterat organiskt hushållsavfall än i osorterat. Källsortering och separat insamling av hushållsavfallet skulle därför göra det möjligt att återcirkulera näringen till odlingsmarken. I tabell 9 visas analysresultat från två kompostprojekt.

Tabell 9. Tungmetaller i mg/kg torrsubstans, medianvärde (Larsson, 2002:b, Kirchmann & Widén, 1994)

	Kompost Malmö	Kompost Uppsala	Stallgödsel	SNV:s gränsvärde för slam
	<i>mg/kg ts</i>	<i>mg/kg ts</i>	<i>mg/kg ts</i>	<i>mg/kg ts</i>
Kadmium (Cd)	0,2	1,3	0,28	2
Krom (Cr)	23	31	4,5	100
Kobolt (Co)	0,6	5,2	2,0	
Koppar (Cu)	34	177	37	600
Kvicksilver (Hg)	0,09	0,32	0,08	2,5
Nickel (Ni)	2,8	23	7,1	50
Bly (Pb)	4,5	148	5,6	100
Zink (Zn)	74	379	190	800

Innan städernas avfall kan återföras till åkermarken måste hanteringen ske på ett sätt som gör att avfallet inte förorenas med t. ex. tungmetaller. Tillförseln av tungmetaller till åkermarken har ökat under 1900-talet (Eriksson, 1992). Kadmium, kvicksilver och bly har ökat med 33, 46 respektive 14 procent. Detta beror främst på den ökade användningen av handelsgödsel och ökade utsläpp från fabriker men även användningen av kalk, fungicider, slam och stallgödsel (genom mineralfodertillsatser till djuren) bidrar till ökningen.

Vid användning av handelsgödsel tillför man hela tiden tungmetaller, framförallt kadmium, till jordbruksmarken (Larsson, 2002:a). Genom att använda komposterat hushållsavfall i odlingen cirkuleras tungmetaller mellan hushållen och odlingsmarken. Enlig Bo Mattiasson, professor i bioteknik vid Lunds universitet, är det dock möjligt att rena jordbruksgrödor och hushållsavfall från kadmium med hjälp av mikroorganismer, och därmed få en renare produkt som kan återcirkuleras till åkermarken. Idag finns det teknik som skulle kunna fungera för detta ändamål (Mattiasson, pers. med.).

I ett odlingsförsök med kompost i grönsaksodling som genomfördes på Alnarp visade totalanalyserna att kompost även kan innehålla rester av antimögelmedel (Larsson, 1999). I försöket påträffades carbendazim och thiabendazol som förekommer i importerade frukter och grönsaker. Dessa medel är persistenta och passerar komposteringsprocessen. De är också mycket giftiga för dagmaskarna.

Rötning

Ett annat sätt att behandla organiskt material är rötning, som är en biologisk process där bakterier i olika steg bryter ned och omvandlar organiskt material (Steineck et al., 2000). Till skillnad mot komposteringsprocessen bryts det organiska materialet ner under syrefria förhållanden vid rötning. Vid rötning utvinns förnyelsebar energi i form av biogas, samtidigt som restprodukten från processen, rötresten, innehåller en stor andel växttillgänglig näring som kan återföras till odlingsjorden. Rötningprocessen innebär också en hygienisering av biomassan.

Under rötningen omvandlas en stor del av det organiskt bundna kvävet till ammoniumkväve (Båth, 1997; Christensson & Linné, 2000). Omkring 60-80 procent av totalkvävet förekommer i den färdiga rötresten som ammoniumkväve (Christensson & Linné, 2000). Till skillnad från kompost är rötrest flytande med en torrsbstanshalt på mellan 5-10 procent (Båth, 1997). Växtnäringsinnehållet beror till stor del på ursprungsmaterialet. Förutom kväve,

fosfor och kalium innehåller rötresten svavel och mikronäringsämnen som är viktiga för grödan (Steineck et al., 2000). I ett veganskt odlingsystem skulle följande material kunna vara aktuella:

- Biomassor från lantbruket som halm, blast, grüngödslingsgrödor.
- Matavfall från hushåll, restauranger, storkök, handel och grossister.
- Latrin och svartvatten, toalettavloppsvatten.
- Slam från avloppsrening och trekammarbrunnar

En väl genomförd rötning innebär inga utsläpp eller förluster av näringsämnen (Christensson & Linné, 2000). Vid spridningen av rötrest finns det dock risk för ammoniakavgång till luften samt därefter en viss risk för ökad utlakning till yt- och grundvatten. För att näringsämnena inte skall förloras till luft eller vatten krävs att rötresten på samma sätt som flyt- och stallgödsel myllas ner direkt efter spridning.

Biogas består huvudsakligen av koldioxid och metangas, men även små mängder av svavelväte, vattenånga samt kvävgas ingår (Steineck et al., 2000). Metan är den energirika delen. Biogas är ett rent och enhetligt bränsle som ger låga emissioner när gasen används som drivmedel för fordon, i pannor eller för elproduktion (Norin, 1998). Intresset för biogas i utvecklingen av det svenska energisystemet växer. Den produktionskälla som man fokuserar mest på är odlade grödor. De anses ha en betydande roll när det gäller samhällets biogaspotential. Biogasgrödor på en miljon hektar skulle ge knappt 20 TWh per år i biogasutbyte. Biogaspotentialen i landets organiska avfall har uppskattats till mellan 5 och 7 TWh per år.

Odling av vallgröda som råvara för produktion av biogas och återföring av rötrest till odlingsjorden kan innebära ett steg mot ett långsiktigt uthålligt samhälle. En ökad andel vallodling för biogasproduktion skulle kunna ge flera positiva effekter; ett minskat behov av industriell kvävefixering under förutsättning att vallen innehåller kvävefixerande arter, minskad förlust av växtnäring genom utlakning eftersom marken vid odling av fleråriga vallar är bevuxen större delen av året samt en ökad mullhalt (Tegnér & Emmervall, 1999). Vid rötning av den mängd vallgröda som man får från ett hektar kan man årligen utvinna energi motsvarande 2 100 liter olja (Edström & Nordberg, 2000). Andra exempel visar att en klövergräsvall skulle kunna ge en nettoavkastning på mellan 30 000 och 33 000 kWh/ha, vilket i sin tur skulle ge biogas som skulle räcka till en körsträcka på 3 000 mil/ha.

Om det material som rötas först passerat och brutits ned i en djurmage blir energiutbytet lägre än om materialet rötas direkt (Steineck et al., 2000). T. ex. uppgår biogasproduktionen vid rötning av flytgödsel endast till motsvarande 15-20 liter olja per ton våtvikt, medan rötning av matavfall som inte passerat någon matsmältningsorgan ger motsvarande 100 liter olja per ton våtvikt.

Rötning kan både ske i stor och liten skala. I Europa finns ett femtiotal större anläggningar belägna i Sverige, Danmark och Tyskland (Steineck et al., 2000). I Tyskland finns det också uppemot ett tusental gårdsbaserade biogasanläggningar, som i huvudsak rötar gårdens gödselproduktion. Idag sker rötning av organiskt hushållsavfall endast i enstaka anläggningar i Sverige (Magnusson, 1999). Mycket tyder dock på att rötning av organiskt material med biogasproduktion kommer att bli allt vanligare då det innebär ett effektivt utnyttjande där både bränsle och en näringsrik rötrest bildas.

Växtnäringsförluster

Bortförel av näring från marken sker via växternas näringsupptag. En del av näringen som växterna tagit upp förs dock tillbaka till jorden via förmultnande rötter och skörderester, medan resten försvinner via skörden. Men näring kan också försvinna från odlingsystemet genom utlakning till vattendrag och grundvatten samt genom gasavgång till atmosfären.

Utlakning

Kväve

Kväve är det växtnäringsämne som löper störst risk att utlakas, då nitratkväve är lätttröligt i marken (Båth et al., 1999). En del av kvävet transporteras långa sträckor till sjöar och hav där det leder till miljöproblem i form av övergödning, en annan del hamnar i grundvattnet där nitrat i höga koncentrationer kan vara ett hälsoproblem. Huvudorsaken för kväveutlakningens storlek är växtföljdens utformning och de faktorer som styrs av växtföljden. Den enskilt viktigaste faktorn är hur mycket mark som är bevuxen under vintern eftersom marken levererar nitratkväve även under vår och höst (Steineck et al., 2000). Men även mängden skörderester, kulturväxternas rotsystem, avståndet mellan plantorna i fält samt gödslings- och bevattningsstrategi är viktiga faktorer för utlakningens storlek (Bergström & Kirchman, 2000). Risken för läckage påverkas också av nederbörd och jordart, bland annat mängden organiskt material i jorden (Båth et al., 1999). Risken för läckage är större på lättare jordar än på jordar med hög lerhalt. Längre norrut avtar risken för läckage då mineraliseringsperioden är kortare och marktemperaturen lägre (Steineck et al., 2000). Under tjälperioden avtar eller stoppas utlakningen helt. Kväveutlakning från svensk åkermark varierar kraftigt beroende på jord, gröda och klimat (Bruce et al., 1997). I allmänhet räknar man med ett läckage på ca 30-40 kg kväve per ha och år från en sandjord i södra Sverige och ca 5-10 kg från en lerjord i mellan Sverige. Tar man hänsyn till jordfördelningen i Sverige innebär det ett läckage på ca 25 kg per ha och år (Torstensson pers.med).

Den totala utlakningen av kväve från jordbruket har uppskattats till 66 800 ton (Steineck et al., 2000). Vegankost skulle innebära mindre kväveutlakning än vad blandkost gör, främst beroende på det mindre arealbehovet (Bruce et al., 1997).

Fosfor

Även fosfor kan utlakas med dräneringsvatten, men utlakningsförlusterna sker främst genom yttransport av fasta partiklar (Jordbruksverket, 1999). Utlakningen av fosfor leder till övergödning, framförallt i kustvatten, sjöar och vattendrag. Förluster av fosfor varierar med jordart, och störst tycks den vara från de grovkornigaste (mojordar) och de finkornigaste (mellanleror, styva leror) jordarna (Jordbruksverket, 1999). Under de senaste decennierna har svenska jordbruksjordar gödslats upp med fosfor och nivån är idag generellt hög. Detta innebär en ökad risk för utlakning. Trots att man idag har dragit ner på fosforgödslingen kommer det ta flera år innan förlusterna minskar. Den totala mängden fosfor som utlakas från jordbruksmarken i Sverige ligger idag på mellan 0,3-1,0 kg P /ha och år (Carlsson & Stiger, 2000). Det saknas idag kunskap om hur fosforförlusterna skulle påverkas av en vegansk kosthållning i jämförelse med en blandkost, men enligt Båth (personligt meddelande) är det troligt att det blir mindre förluster om grön gödslingen brukas ner direkt istället för att gå via djur och stallgödsel eftersom förluster sker i varje led i cykeln mellan fältet och tillbaka till jorden igen.

Kalium

Även kalium kan lakas ut på lätta jordar, eftersom det är lätttröligt i marken. Däremot är kaliumförlusterna mycket små på lerjordar där de binds till lerpartiklar (Båth, 1999). I Sverige varierar utakningen av kalium mellan 1 och 30 kg/ha (Höök et al., 1997). Utlakning av kalium leder dock inte till några miljöproblem, men det är ett viktig näringsämne och utlakning innebär resurslöseri.

Gasförluster

Ammoniakförluster

Ammoniak är en gas med basisk verkan men efter deposition och olika markprocesser verkar den försurande på mark och vatten. Ammoniak bidrar också till övergödning av skogar och vatten (Jordbruksverket, 1999). Stora mängder ammoniak frigörs från djurs urin och ekskrementer. Djurhållningen och stallgödselhanteringen står för omkring 90% av jordbrukets ammoniakutsläpp i Sverige, ca 60 000 ton per år (Bruce et al., 1997). Förlusterna sker under hanteringen i stallet, vid lagring och vid spridning av stallgödsel (Jordbruksverket, 1999). Förluster sker även från gödsel från betande djur. Totalt bidrar djurhållningen till ammoniakförluster på ca 15 kg per ha och år enligt beräkningar som baserats på nuvarande förhållanden. Även handelsgödsel bidrar till ammoniakavgången, liksom växtrester. Ammoniakavgång från växtmaterial sker när ovanjordiska växtdelar vissnar och proteinerna bryts ned till ammoniak (Steineck et al., 2000). Hur stora mängder det rör sig om är svårt att fastställa. I konventionella odlingsystem räknar man med en ammoniakavgång på mellan 5 och 10 kg/ha. Slås kväverika gröngrödlingsgrödor av och lämnas på marken kan avgången bli högre (Höök et al., 1997).

Denitrifikation

Kväveutsläpp till luften kan även ske genom denitrifikation, en process som innebär att bakterier omvandlar nitratkväve till luftkväve (Steineck et al., 2000). Processen gynnas av anaeroba miljöer med god tillgång till C i form av t. ex. nedbrukat organiskt material. Till stor del bildas kvävgas (N_2), som inte har någon negativ påverkan på miljön, men under vissa förhållanden bildas också kväveoxider varav dikväveoxid (N_2O), ”lustgas”, som är skadlig för ozonskiktet är mängdmässigt störst

Minska förlusterna

Våtmarker

Våtmarker och dammar vid vattendrag kan fånga upp kväve, och därmed fungera som kvävefällor (Eriksson, 1992). En metod för att minska kväveläckaget skulle kunna vara att skörda växtmaterial från våtmarker till produktion av biogas. Detta skulle då även ge en näringsrik rötrest som skulle kunna föras tillbaks till odlingsjorden.

Odlingstekniska åtgärder

En välbalanserad växtföljd med vall kan bidra till att minska näringsförlusterna via utlakningen (Naturvårdsverket, 1997:c). Utlakningen kan också minskas genom fånggrödor, dvs grödor som växer sedan huvudgrödan skördats (Naturvårdsverket, 1997:d). Fånggrödan tar upp näring som finns kvar eller bildas genom mineralisering efter skörd av huvudgrödan så att näringen kan frigöras kommande vegetationsperiod. Genom att hålla marken beväxten under vintertid kan kväveläckaget minska med minst 20 kg kväve per hektar (Steineck et al., 2000). Sannolikt minskar även utlakningen genom reducerad jordbearbetning (Naturvårdsverket 1997:c). Om energiskog skulle odlas på mark som idag har stort läckage

vid livsmedelsproduktion skulle kväveläcket kunna minska från drygt 50 till 5 kg N per ha och år.

Total tillförsel och bortförsel av näring

Bortförsel

Bortförsel av kväve, fosfor och kalium via skörden

I tabell 10 presenteras hur mycket kväve, fosfor och kalium som bortförs med skörden per hektar. Uppgifterna är hämtade från flera källor. Grovt kan man räkna med att de baljväxter som odlas till direkt matkonsumtion tillför lika mycket kväve genom fixering som den kväve som förs bort via skörden (Båth, pers.med).

Tabell 10. Bortförsel av kväve, fosfor och kalium per hektar med skörd. (Bruce et al, 1997; Båth et al, 1999; Jordbruksverket 1992)

	Kväve	Fosfor	Kalium
	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>
Spannmål	85	16	21
Oljeväxter	70	12	16
Rotfrukt & potatis	75	18	150
Baljväxter		8	60
Grönsaker	100	15	100
Frukt och bär	16	8	20
Sockerbetor	90	10	100

Tabell 11 visar hur mycket näring som totalt förs bort via skörden. För att få det totala arealbehovet har jag använt arealen som krävs för att en person ska kunna vara självförsörjande på vegankost (tabell 1) och multiplicerat det med antalet invånare i Sverige (9 000 000). Bortförseln per hektar är hämtad från tabell 10.

Tabell 11. Bortförsel av kväve, fosfor och kalium via skörd beräknat utifrån befolkningens mängden 9 miljoner

	Total areal	Kväve	Fosfor	Kalium
	<i>ha</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Spannmål	243 000	20 655 000	3 888 000	5 103 000
Oljeväxter	189 000	13 230 000	2 268 000	3 024 000
Rotfrukter & potatis	72 000	5 400 000	1 296 000	10 800 000
Baljväxter	288 000		2 304 000	17 280 000
Grönsaker	36 000	3 600 000	540 000	3 600 000
Frukt och bär	72 000	1 152 000	576 000	1 440 000
Sockerbetor	900	81 000	9 000	90 000
Gröngödslingsvall	468 000			
Summa	1 368 9 00	44 118 000 (32 kg/ha)	10 881 000 (8 kg/ha)	41 337 000 (30 kg/ha)

Förluster

Näring försvinner också från odlingsystemet via utlakning och genom gasavgång till atmosfären genom t. ex. ammoniak, kvävgas och lustgas. Tabell 12 presenterar förlust av näring via utlakning och ammoniakavgång. Eftersom det inte finns några siffror att tillgå vad gäller denitrifikationsförlusterna i Sverige finns dessa inte med i beräkningarna. Vad det gäller läckage av kväve har jag räknat med 25 kg per hektar och år, vilket är en rimlig siffra med tanke på jordfördelningen i Sverige (Torstensson pers.med). Vidare har jag valt att använda dagens medelvärden för utlakningsförluster av fosfor dvs ca 0,7 kg per ha och för kalium ca 15 kg per ha (se sid 22). Hur stor ammoniakavgången från växtdelar kan vara är svårt att fastställa. I konventionella odlingsystem räknar man med en ammoniakavgång på mellan 5 och 10 kg per ha (Höök et al.,1997). Slås kväverika grüngödslingsgrödor av och lämnas på marken kan avgången bli högre. Eftersom det krävs att ca en tredjedel av arealen i ett ekologiskt och veganskt odlingsystem odlas med grüngödslingsvall, och hanteringen av vallen innebär en risk för ammoniakavgång, har jag räknat med en avgång på 10 kg/ha.

Tabell 12. Förlust av kväve, fosfor och kalium via utlakning och ammoniakavgång.

	Kväve <i>kg/ha</i>	Fosfor <i>kg/ha</i>	Kalium <i>kg/ha</i>
Utlakning	25	0,7	15
Ammoniakavgång	10		
Summa	35	0,7	15

Tillförsel

I tabell 13 presenteras hur mycket näring som i nationell skala tillförs med grüngödslingsvallarna i växtföljden med återcirkulerat organiskt avfall och genom nedfall. Av det organiska avfall som samhället producerar kan man räkna med att det skulle vara möjligt att återvinna ca 50 procent (tabell 5). Tillskottet genom fixering är beräknat till 55 kg kväve per hektar och det genomsnittliga nedfallet av kväve till ca 9 kg. Eftersom nedfallet av fosfor och kalium är mindre än 1kg/ha har jag valt att inte ta med det som ett tillskott. Jag har heller inte räknat med markens leveransförmåga av näringsämnen som en källa till näringstillförsel eftersom förråden bör hållas konstanta.

Tabell 13. Tillförsel av kväve, fosfor och kalium i nationell skala.

	Kväve <i>kg/ha</i>	Fosfor <i>kg/ha</i>	Kalium <i>kg/ha</i>
Återcirkulering	19	2	6
Grüngödslingsvall	55		
Nedfall	9		
Summa	83	2	6

Skillnad mellan tillförsel och bortförsel

I tabell 14 presenteras skillnaden mellan tillförsel och bortförsel av näring, och därmed också hur mycket näring som behövs tillföras utifrån. Kvävebehovet tillgodoses utan problem. Däremot blir det ett underskott på fosfor (-7 kg/ha) och kalium (-39 kg/ha).

Tabell 14. Skillnad mellan bortförsel och tillförsel av kväve, fosfor och kalium.

	Kväve	Fosfor	Kalium
	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>
Tillförsel	83	2	6
Bortförsel	67	9	45
Summa	16	-7	-39

Diskussion

Skulle Sveriges befolkning övergå från dagens konsumtionsvanor till vegankost så skulle åkerareal friställas, då den inte skulle behövas i livsmedelsproduktionen. Idag använder vi ca. 3 200 m² åkermark per person till matproduktion (inklusive produktionen av djurfoder), i ett veganalternativ skulle det åtgå ca. hälften av denna areal. Positiva konsekvenser av minskad arealåtgång är att friställd åkerareal t. ex. kan användas till odling av energiskog och energigrödor och att de sammanlagda utlakningsförlusterna skulle minska. En negativ effekt är att det öppna landskapet riskerar att växa igen. Men som nämnts i arbetet så visar beräkningar att köttkonsumtionen skulle kunna minska med 75-80 procent utan att hävden av de naturliga betesmarkerna behövde äventyras. De betesdjur som skulle behövas för att hålla betesmarkerna öppna skulle i likhet med i projekten i Örebro och Stockholm, där betesdjur används som landskapsvårdare, inte behöva ingå i livsmedelsproduktionen. Projekten visar att kommunerna spar pengar med denna strategi i jämförelse med att hålla landskapet öppet med människokraft, och att det därmed är ekonomiskt försvarbart.

Ett problem som självförsörjningen av ekologisk odlad vegankost för med sig är att det i odlingsystemet ingår en stor andel baljväxter. Dels baljväxter som odlas för att tillgodose människans behov av protein och dels kvävefixerande baljväxter i grüngödslingsvallen som behövs för att tillföra kväve till odlingsystemet. Den stora andelen baljväxter ökar risken för växtföljdsjukdomar. Ärtrottröta som drabbar en rad olika baljväxter är den vanligaste och också den allvarligaste. Genom att välja baljväxter som inte uppförökar svampen är det dock möjligt att undvika växtföljdsjukdomar. Den stora andelen grüngödslingsvall (ca 1/3) kan tyckas ekonomiskt oförsvarbart i ett odlingsystem utan djur, men vallgrödorna skulle kunna användas för rötning och därmed skulle förnyelsebar energi kunna utvinnas i form av biogas. Intresset och utvecklingen på området visar att detta mycket väl kan komma att bli viktigt för energiförsörjningen i framtiden och därmed också ekonomiskt lönsamt.

En kritik mot vegankost är att maten, med en stor andel ärtor, bruna bönor och bondbönor, skulle bli ensidig. Det är dock möjligt att förädla produkterna och därigenom få växtmjölk, ostar, biffar m.m. Genom förädling är det också fullt möjligt att få fram nya sorters baljväxter som kan odlas i Sverige. En övergång till vegankost innebär heller inte att vi inte skulle kunna ha utbyteshandel med andra länder och därmed få en större variation av produkter.

En vanlig missuppfattning är att det krävs djur för att näringsbehovet i ekologisk odling ska kunna tillgodoses. Djuren i sig producerar dock ingen växtnäring, utan vägen över foder och stallgödsel är endast ytterligare ett steg i kretsloppet från fältet och tillbaka till jorden igen. Att ha djur är emellertid ett sätt att lagra näring över året. Detta kan dock även göras genom kompostering och rötning. Ett problem med ekologisk odling som ofta påtalas är att det i detta odlingsystem är svårt att förutse när näringen frigörs och att näringen kommer växterna tillgodo för sent på säsongen. Även i detta sammanhang innebär användning av rötrest en stor

fördel eftersom den kan förvaras och spridas på åkern när plantorna har ett behov av kvävetillskott.

För att hela Sverige ska kunna odlas ekologiskt krävs att näring återcirkuleras. Ekologisk odling har ofta en negativ kalium och fosforbalans och det är därför speciellt viktigt med återcirkulering av näring. Dagens hantering av avfall innebär ett brutet kretslopp, där samhällets organiska restavfall inte återförs till åkerjorden. Genom att röta eller kompostera avfallet skulle näring kunna föras tillbaka till åkermarken. Allt organiskt avfall kan dock inte återföras pga av svårigheten att få ett fungerande system för återvinning. Återvinning innebär heller inte självklart miljö – och resursfördelar. Avståndet till kompost och rötningsanläggningar får inte vara för stort eftersom det krävs energi att transportera avfallet. Transporter på vägarna innebär också en miljöbelastning i form av utsläpp av miljöfarliga ämnen.

Ett annat problem är förekomsten av tungmetaller i avfallet. Eftersom kadmium, kvicksilver och bly tillförs via handelsgödsel, fungicider och stallgödsel bör dock ekologisk odling av vegankost innebära en minskning av tillförseln av tungmetaller. Idag finns en utvecklad metod för att rena jordbruksgrödor och hushållsavfall från kadmium med hjälp av mikroorganismer, vilket innebär att en renare produkt skulle kunna återcirkuleras till åkermarken. Även om målsättningen att återföra 25 procent av hushållsavfallet, 50 procent av livsmedelshandelns organiska avfall och 60 procent av humangödseln till odlingsmarken skulle uppfyllas så skulle det ändå uppstå ett underskott på kalium och fosfor. Genom att kväve kan fixeras från luften med hjälp av baljväxter är behovet av detta näringsämne lättare att tillgododse. Jag har inte räknat med markens leveransförmåga av näringsämnen som en källa till näringstillförsel eftersom förråden av näring i marken bör hållas konstanta. Vad det gäller fosfor är dock P-halterna i svenska åkermarker ofta mycket höga (P-klass IV-V) och det kan vara en fördel om förråden minskas. Mykorrhizasymbiosen fungerar t. ex. inte vid för höga P-nivåer. Det skulle dröja många år innan förråden av näring i marken är uttömda och det uppstår brist på näring. Med bakgrund av detta innebär underskottet av fosfor (-7 kg/ha) inte något större problem på kort sikt. I ett längre perspektiv är utarmningen av markens näringsförråd dock inte hållbart, och bristen måste kompletteras. Fosfor skulle kunna tillföras med t. ex. apatit. Vad det gäller underskottet på kalium (-39 kg/ha) är det inte heller något större problem på kort sikt. Frågan är dock hur länge markens förråd av näring kommer att räcka, samt om markens vittring är tillräckligt snabb för att täcka ett underskott. Bristen på kalium skulle kunna kompenseras med KRAV-godkända, icke- animaliska gödselmedel som t. ex. BioKali, BioVinass och träaska. Det är dock osäkert om dessa gödselmedel skulle kunna täcka in hela behovet. Det är också möjligt att öka tillförseln av näring genom att höja återvinningspotentialen. Ökad återvinning av humanurin skulle t. ex. innebära ett viktigt tillskott av framförallt kalium. Jag har i detta arbete räknat på hur stor bortförseln av näring via skörd skulle vara om Sverige försörjde hela sin befolkning på vegankost, medan jag vad det gäller mängden näring i det organiska avfallet utgått från våra kostvanor idag. Den odlade arealens fördelning på olika grödor påverkas av kosthållningen. Arealen för vegankost domineras t. ex. av baljväxter (fig 2) som innehåller betydligt mer kalium än spannmål (tabell 10) som är den gröda som dominerar arealen för blandkost (fig 1). Detta gör att bortförseln av kalium och fosfor via skörd för vegankosten (tabell 11) är betydligt större än vad som återfinns i det organiska avfallet från dagens blandkost (tabell 4). Det är därför troligt att underskottet på kalium och fosfor inte skulle bli så stort som mitt räkneexempel visar. Sammanfattningsvis skulle jag vilja säga att utifrån de aspekter som jag har tittat på är kalium- och fosforförsörjningen den största utmaningen att lösa om Sveriges befolkning ska kunna vara självförsörjande på ekologiskt odlad vegankost.

Källförteckning

Litteratur

- Albertson Juhlin, M-L. (2000). Kalknings- och gödslingsråd för ekologisk odling Hushållningssällskapet i Kristianstad.
- Bergström, L. & Kirchman, H. (2000). Minskar ekologisk odling utlakningen av kväve? Fakta jordbruk nr 20, SLU.
- Bruce, Å. Egonsson, D, Karlsson, T. & Petersson, O. (1997). Vegan, vegetarian, allätare. SLU-kontakt 3.
- Båth, B. (1997). Gröngödsling och hushållsavfall i frilansodlade grönsaker. Jordbruksinformation 10, SJV.
- Båth, B. Richert - Stinzing, A. & Ögren, E. (1999). Växtföljden och odlingsystemet vid ekologisk odling av frilandsgroönsaker. Jordbruksinformation 20. Jordbruksverket.
- Carlsson, E. & Stiger, G. (2000). Startfosforgödsling- ekomomiskt försvarbart i Sverige. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, SLU.
- Caspersen, S. (1999). Mykorrhiza kan främja växthälsan. Fakta trädgård Nr 4, SLU
- Christensson, K. & Linné, M. (2000). Production of Biogas for an Improved Nitrogen Economy and Retention. Skåne Energy Agency.
- Claesson, S. & Steineck, S. (1991). Växtnäring, hushållning-miljö. Speciella skrifter 41. SLU, Uppsala.
- Edström, M. & Nordberg, Å. (2000). Biogasens roll i ekologisk odling. Forskningsnytt om ekologisk lantbruk i Norden, SLU.
- Eriksson, S. (1992). Tungmetaller i åkermark. Fakta Mark/Växter Nr 9, SLU.
- Goodland, R. (1997). Environmental Sustainability in agriculture: diet matters: Ecological Economics NO 23.
- Granstedt, A. (1999). Växtnäringens flöde genom jordbruk och samhälle-vägar att sluta kretsloppen. Ekologiskt lantbruk nr 29, centrum för uthålligt lantbruk, SLU.
- Gregow, K. (2000). Hur många svenskar tål världen? Svenska naturskyddsföreningen.
- Gålmark, L.(1998). Djurrätt. En fråga om frihet, jämlikhet, solidaritet. Nya Doxa, Nora.
- Hallberg, M. (2000). Pedagogisk demonstrationsodling vid Ekhaga föröksgård. CUL, SLU.
- Holm, J. (2002). Kor som landskapsvårdare. Djurens rätt nr 2
- Höök, K. Westerberg, L. Ivarsson, K. Heimer, A. Nilsson, H. & Ögren, E. (1997). Växtnäring. Jordbruksverket.
- Ivarsson, K. (1998). Fosfor finns i mängd-svår att utnyttja för växterna. Fakta mark/växter nr 12. SLU, Uppsala.
- Jerkebrink, K. (2000). Anpassad kvävegödsling i ekologisk odling av frilandsgroönsaker, SLU, Uppsala.
- Jordbruksverket. (1992). Ekologisk trädgårdsoodling. Från teori till praktik. Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket. (1999). Ammoniakförluster från jordbruket-Förslag till del mål och åtgärder. Rapport 1999:23. Jordbruksverket.
- Jordbruksverket. (2003). Gödselmedel för ekologisk odling.
- Karlsson, T. & Pettersson, O. (1997). Hur mycket kött kan produceras från de naturliga betesmarkerna? Opublicerat material, Sveriges lantbrukuniversitet, Uppsala.
- Kirchman, H. & Widén, P. (1994). Kompost av källsorterat hushållsavfall. Fakta Mark/växter Nr 1, SLU.
- Kirchman, H. Jönsson, H. Olsson, A. Petersson, S. & Stenström, T-A. (1995). Källseparerad humanurin-växtnäring och hygien. Mark/växter Nr 1, SLU.
- Källander, I. (1989). Jordbruksbok för alternativ odlare. LTs förlag, Borås.
- Larsson, H. (1999). Ekologiska odlingsystemet på Alnarp. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växsjö, Nr 50, SLU.
- Larsson, H. (2002)a. Kompostering av hushållsavfall på Augustenborg. Ett försök till utvärdering. Opublicerat material, SLU.
- Larsson, H. (2002)b. Slutrapport över forskningsprojekt: Recirkulering av källsorterat, komposterat hushållsavfall till åkerjorden, Opublicerat material, SLU.
- Levenfors, J. Lager, J. & Gerhardson, B. (2001). Svampsjukdomar i baljväxtrika växtföljder, Fakta jordbruk nr 1, SLU.
- Lindén, B. (1997). Humanurin som kvävegödselmedel tillfört i växande gröda vid ekologisk odling av höstvetete och havre. Föredrag vid regional växtodlings- och växtskyddskonferans i Uddevalla. Västra jordbruksdistriktet.
- Magnusson, L. (1999). Förutsättningar för biogas från jordbruksgrödor. Statens energimyndighet.
- Miljö- och jordbruksutskottet (2003/04). Ett samhälle med giftfria och resurssnåla kretslopp. MJU4.
- Naturvårdsverket (1997)a. Att äta för en bättre miljö-Slutrapport från systemstudie Livsmedel. Rapport 4830.
- Naturvårdsverket (1997)b. Biff och Bil?-Om hushållens miljöval. Rapport 4542.
- Naturvårdsverket (1997)c. Det framtida jordbruket. Slutrapport från systemstudien för ett miljöanpassat och uthålligt jordbruk. Rapport 4755.
- Naturvårdsverket (1997)d. Tillståndet i svensk åkermark. Rapport 4778.
- Naturvårdsverket (2002). Ett ekologiskt hållbart omhändertagande av avfall. Rapport 5177.
- Naturvårdsverket (2003). Aktionsplan för återföring av fosfor ut avlopp. Rapport 5221.
- Norin, E. (1998). Biogas eller vad man kan göra med ruttna äpplen. Svenska biogasföreningen.
- Persson, J. & Ottabong, E. (1994). Markens bördighet. Åkermark SNV. Rapport 4337.

Pettersson, B. (1999). Vegansk näringslära på vetenskaplig grund. HÄLSAböcker/Energica Förlag AB, Orsa.

Pettersson, S. (1994). Humanurin som växtnäringskälla. Examensarbete Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.

Pimentel, D. (1993). World Soil Erosion and Conservation. Cambridge University Press.

Steineck, S. Gustavsson, A. Richert-Stinzing, A. Jalomon, A. Myrbeck, A. Albiñ, A. & Sundberg, M. (2000). Växtnäring i kretslopp. SLU kontakt 11, Uppsala.

Tegnér, L. & Emmervall, J.(1999). Förutsättningar för biogas från jordbruksgrödor. Statens energimyndighet.

Ullmark, H. (1999). Kan din trädgård ge dig all mat du behöver? Fakta trädgård-fritid nr 75, SLU.

Wolgast, Å. (1995). Flöden av fosfor och kadmium vid recirkulation av organiskt avfall. Mark/växter Nr 2, SLU.

Worldwatch Institute (1999). Tillståndet i världen.

Muntliga källor

Båth, Birgitta Institutionen för Ekologi och Växtproduktionslära, SLU, Ultuna.

Gunnarsson, Anita Institutionen för växtvetenskap, SLU, Alnarp.

Mattiasson, Bo Institutionen för bioteknik, Lunds universitet.

Torstensson, Gunnar Institutionen för markvetenskap, SLU, Ultuna.