

VÄXTNÄRINGENS FLÖDE GENOM JORDBRUK OCH SAMHÄLLE

- vägar att sluta kretsloppen

Artur Granstedt

Centrum för uthålligt lantbruk



Ekologiskt lantbruk – 29

Växtnäringens flöde genom jordbruk och samhälle
– vägar att sluta kretsloppen

Centrum för uthålligt lantbruk
SLU
Box 7047
750 07 Uppsala

Ecological Agriculture – 29

*Centre for Sustainable Agriculture
Swedish University of Agricultural Sciences
S-750 07 Uppsala*

ISSN 1102-6758

ISRN SLU-EKBL-EL--29--SE

ISBN: 91-576-5971-0

Antal sidor: 40

Ämnesord / *Key words*: Agro-ecosystem, Farming systems, Nutrient leaching, Nutrientbalances, Nutrient recycling efficiency, Organic farms

Förord

I dag går större delen av den växtnäring som tillförs jordbruket förlorat till luft och vatten eller binds i marken. Detta innebär en kostnad för jordbruket och leder samtidigt till skador på den omgivande miljön. Jordbruket bedöms svara för över 40 procent av kväveläcket till Östersjön. Kväveförlusterna till luften i form av ammoniak bidrar också till övergödningen och det sura nedfallet. Målsättningen att halvera kväveförlusterna från jordbruket har inte uppnåtts. Trots att det är endast en liten del av fosforöverskottet i jordbruket som läcker ut i vattendragen har även detta skadliga konsekvenser för miljön i form av övergödning av sjöar, vattendrag och hav.

I föreliggande studie beskrivs växtnäringsflödena i jordbruket och orsakerna till dagens överskott av växtnäring i jordbruket analyseras. Under tidsperioden 1950 – 1980 genomfördes en specialisering i jordbruket med renodlade växtodlingsgårdar och specialiserade djurgårdar. De tidigare mer slutna växtnäringsflödena mellan växtodling och djurhållning blev brutna.

I skriften beskrivs också hur en strategiförändring skulle behövas som ökade växtnäringseffektiviteten i jordbruket med mer slutna näringsflöden, mindre tillförsel av handelsgödselmedel och mindre förluster i enlighet med det koncept som utvecklats inom den ekologiska odlingen.

Vi har varit flera som beräknat och analyserat alla dessa flöden och näringsbalanser. Den första studien gjordes för landets samtliga län och på olika typgårdar för år 1990. I denna första studie var det agronom Lotten Westberg som gjorde mycket av beräkningsarbetet. Finansiär denna gång var Forskningsrådsnämnden (FRN). I denna förnyade studie för år 1995 som jämförelseår var det Paul Granstedt som gjorde mycket av kalkylarbetet. Finansiär denna gång var Skogs och Jordbrukets Forskningsråd (SJFR). Jag vill med detta varmt tacka såväl medarbetare som finansiärer som har gjort detta arbete möjligt. Nu när det överlämnas till läsekretsen sker det i förhoppning att vårt arbete skall leda till en ökad förståelse för orsakerna till förlusterna av växtnäring från jordbruket, en förståelse som också kan leda till åtgärder som på sikt gör att vi får mindre utsläpp från jordbruket av kväve och fosforföreningar, en bättre resurshushållning och bättre miljö.

Järna den 16 november 1999

Artur Granstedt

INNEHÅLL

Inledning	3
Samhällsagroekosystemets växtnäringsspooler	6
Växtnäringssflöden	13
Orsaker till misshushållning med växtnäring och förslag till åtgärder	24
Framtida vägar till bättre resurshushållning och minimerad miljöbelastning	28
Ett recirkulerande, resurshushållande och miljövänligt svenskt jordbruk	31
Litteratur	38
Summary	40

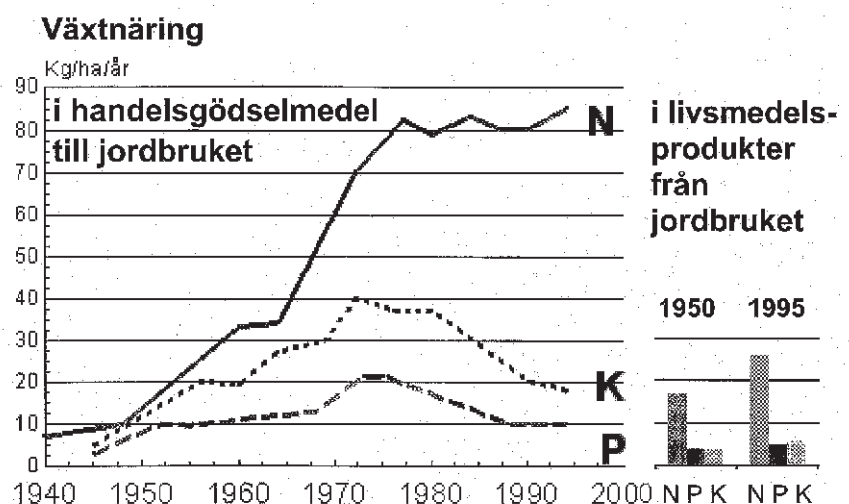
INLEDNING

Syftet med detta projekt är att kartlägga den nuvarande situationen vad gäller växnäringsflöden i jordbruket och samhället, identifiera förekommande brister i växnäringshushållningen samt ge förslag till lösningar.

Insatsen av växnäringsämnen kväve, fosfor och kalium i form av handelsgödsel till det svenska jordbruket ökade kraftigt under tidsperioden 1950 – 1980 i förhållande till utbytet av livsmedelsprodukter. Som framgår av figur 1 var insatsen år 1995 av kväve och kalium i form av inköpta handelsgödselmedel till jordbruket tre och av fosfor två gånger större än innehållet i livsmedelsprodukter från jordbruket. Jordbruket tillförs dessutom växnärning från luften genom biologisk kvävefixering och nedfall. Under den i figuren åskådliggjorda 30-årsperioden ökade insatsen av växnärning i jordbruket utan att en motsvarande ökning av livsmedelsproduktionen skedde. Av figuren framgår också att efter 1980 har insatserna av fosfor och kalium sjunkit i jordbruket, medan kvävegödslingen ligger kvar på samma nivå.

Det stora gapet mellan tillförsel och bortförsel av växnärning innebär en kostnad både för samhället och bonden, liksom en betydande skadlig belastning på den omgivande miljön. Även den växnärning som bortförs från jordbruket i form av livsmedelsprodukter bidrar till miljöbelastningen i den mån kväve och fosforföreningar kommer ut i sjöar och vattendrag. När det gäller kväve innebär den stora tillförseln av handelsgödsel också ett betydande behov av hjälpenergi som åtgår för industriell fixering av atmosfäriskt kväve. Fosforfyndigheterna för handelsgödselframställning, vars utnyttjande också kan leda till betydande miljöproblem, är en starkt begränsad naturresurs och kommer med dagens förbrukningshastighet att ta slut inom några århundraden. Dagens öppna system för växnäringsflödena i jordbruket och samhället innebär ett kortsiktigt slöseri med ändliga resurser och leder till allt större miljöproblem.

Figur 1. Tillförsel av kväve, fosfor och kalium i handelsgödselmedel och bortförsel i livsmedelsprodukter i svenskt jordbruk 1948 – 1995. Skillnaden mellan tillförsel av växnäringsämnen med handelsgödsel och bortförsel i form av vegetabilie- och animalieprodukter (förlusten) ökade kraftigt med en ökad specialisering och uppdelning mellan växtodling och djurhållning.



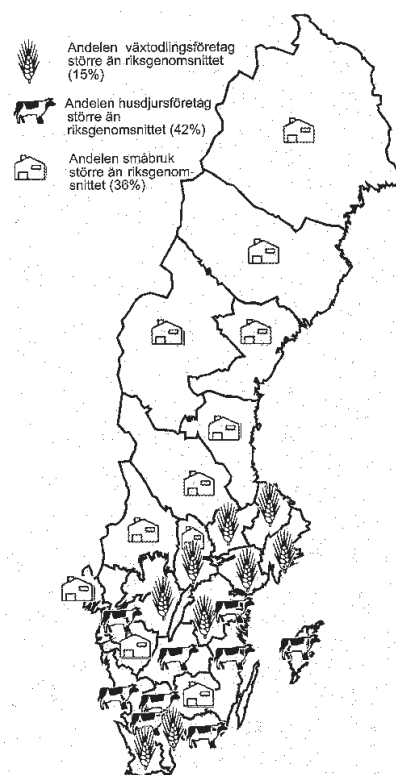
Den i figur 1 åskådliggjorda situationen med avtagande utbyte av handelsgödsel i jordbruket kan sättas i samband med strukturförändringarna i svenskt jordbruk under 1950-, 60- och 70-talen. Cirka 80% av landets åkerareal utnyttjas för foderproduktion. Animalieproduktionen har emellertid under de senaste 40 åren koncentrerats till allt färre enheter och koncentrationen är särskilt stor inom vissa områden (t.ex. delar av Skåne samt Halland). Cirka 5% av landets jordbruksföretag har tagit hand om 90% av slaktsvinproduktionen. Landets uppdelning i regioner med intensiv växtodling och områden med mer intensiv djurhållning framgår av kartorna i figur 2. Inom spannmålsdominerade områden kompletteras växtnärbegreppet med hjälp av handelsgödsel samtidigt som betydande växtnärbegreppet uppstår på de djurintensiva gårdar, där belastningen av kväve och fosforföreningar på miljön blir mycket stor. Negativa konsekvenser för miljön är eutrofiering av sjöar, vattendrag och utsatta kustnära hav liksom hälsorisker till följd av förhöjda nitrathalter i vattentäkter samt punktskador av ammoniak på vegetationen runt mycket djurintensiva gårdar.

Om det framtida jordbruket skall bli mer miljövänligt, måste förutsättningar skapas för mindre användning av fossil energi och ökad recirkulering av växtnäring mellan växtodling och djurhållning, men med hänsyn till villkoren för dagens jordbruk vad gäller teknik och kostnader. Beräkningar av växtnärbegreppet för olika län i landet visar behovet av en jämnare fördelning av djurhållningen mellan de olika länen, men också inom de enskilda länen. Det är framför allt i de södra länen djurhållningen måste minskas, medan den bör öka i Mellansverige. I Kristianstads-, Blekinge-, Kalmar och Hallands län måste djurhållningen minskas med minst en tredjedel, samtidigt som den måste fördelas jämnare inom länen, för att det skall bli balans mellan växtodling och recirkulerande stallgödsel.

Ett recirkulerande jordbruk kräver inte nödvändigtvis att alla jordbruksföretag har både växtodling och djurhållning. Som alternativ är det möjligt med samverkan mellan granngårdar med olika driftsinriktningar. Transportavstånden för foder och gödsel måste emellertid vara ekonomiskt och miljömässigt försvarbara.

Även vallarealens fördelning måste beaktas om man vill åstadkomma största möjliga självhushållning med kväve med hjälp av baljväxter i vallodlingen. I den framtidsmodell för jordbruket som diskuteras längre fram i rapporten fördelas vallarealens omfattning för de olika produktionsområdena med hänsyn till de växtföljder som tillämpas på sådana gårdar där inget handelsgödselkväve används. Baljväxterna i vallarna svarar här för kväveförsörjningen genom biologisk kvävefixering. En ökad vallodling i landet förutsätter en ökad grovfoderbaserad köttproduktion och en motsvarande mindre grisköttproduktion.

Vad gäller den växtnäring som överförs från jordbruket till det övriga samhället i form av livsmedelsprodukter så måste en ökad andel återföras till jordbruket. Samhällets avfall med växtnärbegreppet



Svin per 100 ha åker

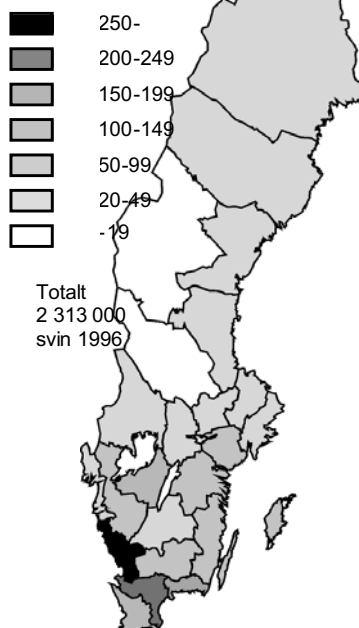


Fig. 2. Driftsinriktningar länsvis samt djurintensiteten i svinproduktionen i förhållande till åkerarealen.

kan indelas i avfall från livsmedelsindustrin, komposterbara matrester från hushållen samt den växtnäring som kommer ut i avloppsystemens toalettavfall. Det är särskilt de två förstnämnda fraktionerna som med relativt enkla åtgärder skulle kunna återföras till jordbruket och trädgårdsnäringen.

SAMHÄLLS- AGROEKOSYSTEMETS VÄXTNÄRINGSPOOLER

Med avseende på cirkulationen av växtnäring inom samhälls-agro-ekosystemet kan jordbruket betraktas som om det var uppbyggt av pooler: en mark-, en växt-, en husdjurs- och en människopool. Flödet av växtnäring sker till och från dessa pooler.

Beräkningar av växtnäringsbalanser har gjorts på gårdsnivå för olika gårdstyper, på regional nivå för olika regioner inom ett enskilt län, på länsnivå samt för landet som helhet. Vid beräkningarna har jordbruket inklusive den mänskliga livsmedelskonsumtionen behandlats som ett ekosystem, kallat samhälls-agroekosystemet. Detta ekosystem är inte slutet. Det pågår en ständig import av växtnäring utifrån, t. ex. via inköp av handelsgödselmedel, samtidigt som det sker en export av växtnäring ut ur systemet, t.ex. genom försäljning av vegetabilier och animalieprodukter och genom förluster till den omgivande miljön (luft och vatten).

Förråden av växtnäringsämnen inom poolerna har här inte beräknats. På lång sikt pågår förändringar av växtnäringsförråden i dessa pooler. Humushalten kan öka respektive minska inom vissa områden. Djurhållningens omfattning, växtodlingen och antalet människor i landet förändras också. Dessa långsiktiga variationer har här inte beaktats, utan samtliga beräkningar är gjorda på ettårsbasis enligt statistiska uppgifter för år 1995.

Markpoolen

Markpoolen tillförs årligen växtnäring via handelsgödsel, stallgödsel m.m. Bortförsel sker i samband med växternas näringsupptag och genom urlakningen av näringsämnen.

Kvävet i marken föreligger dels i en för växterna otillgänglig organisk form, dels som växttillgängligt oorganiskt kväve (ammonium och nitrat). När det gäller kväveflödet har markpoolen därför delats in i en organisk och en oorganisk pool.

Även fosfor föreligger i organisk och oorganisk form, men det finns idag inte tillräckligt underlag för att skilja mellan dessa olika former. Den organiskt respektive oorganiskt bundna formen av fosfor redovisas därför i en och samma pool. Kalium föreligger däremot till övervägande del enbart i mineralisk form, antingen löst i markvätskan eller också bundet i markmineral. Utöver de beräknade kaliumflödena sker vittring även från kaliumrika jordar.

Växtpoolen

Växtpoolen tillförs kväve, fosfor och kalium genom växternas näringsupptag. Flödet ut ur poolen kan ske på följande sätt: via förmultnande rötter och skörderester som går tillbaka till markpoolen, via foderme-

del och livsmedel som används inom det aktuella samhälls-agroekosystemet eller via export av fodermedel och livsmedel som inte används inom systemet.

Djurpoolen

Djurpoolen tillförs kväve, fosfor och kalium i form av foder, antingen via fodermedelsproduktion inom ekosystemet eller via inköp utifrån. Bortförsel sker genom avsalu av animalieprodukter (kött, mjölk och ägg), genom gasavgång från djuren samt genom djurens spillning. Djur-spillningen innehåller både organiskt bundna och mineraliska närings-ämnen. Innan dessa återinförlivas i markpoolen kan ytterligare förluster ske till luft och vatten.

Människopoolen

Människopoolen tillförs kväve, fosfor och kalium från livsmedel, både animalier och vegetabilier, som produceras inom systemet eller som importerats utifrån. Från människopoolen försvinner växtnäringsämnen ut ur systemet med avfall från livsmedelsindustrin, hushållssopor och med toalettavfall. En väsentlig förlust utgörs av näringen i den del av animalieprodukterna som avgår från jordbruket till människopoolen men inte används för humankonsumtion (ben, tarmar och annat slakt-avfall). I figurerna över växtnäringsbalanser på gårdsnivå har människopoolen inte tagits med.

VÄXTNÄRINGSFLÖDEN TILL, FRÅN OCH INOM EKOSYSTEMEN

Importen av växtnäring till agroekosystemet

Tillförseln av kväve till agroekosystemet kan ske på fyra olika sätt: genom kvävefixering via baljväxtbakterier, genom nedfall av kväve från luften, genom inköp av handelsgödselkväve samt genom inköp av fodermedel. Tillförseln av fosfor och kalium kan ske på tre sätt: genom inköp av handelsgödsel och fodermedel samt genom markvittring.

Kvävefixering

Storleken på kvävetillskottet via kvävefixering har skattats genom att 25% av vallarealen i samtliga län har antagits vara ettårsvallar med en kvävefixering motsvarande 100 kg/ha. För arealen foderärter har kvävefixeringen uppskattats till 50 kg/ha.

Atmosfäriskt nedfall

Det atmosfäriska kvävenedfallet från luften varierar stort i olika delar av landet. De allra sydligaste länen får ta emot minst 12 kg/ha medan nedfallet i norra Sverige ligger kring 2 kg/ha. Siffrorna anger resultatet av mätningar och beräkningar av vått och torrt nedfall gjorda vid Naturvårdsverket. Det värde som här anges är den antagna nettoeffekten efter det att avdunstning från marken beaktats. Det atmosfäriska nedfallet av fosfor är mindre än 1 kg/ha och har därför inte tagits med i balanserna. Inte heller de små mängder kalium som kan tillföras via nedfall har beaktats.

Handelsgödsel

De angivna mängderna växtnäring som tillförs via handelsgödsel baseras på uppgifter om försäljningen av handelsgödsel till jord- och trädgårdsbruk i respektive län (brukningsarealer större än 2,5 hektar).

Import av fodermedel

Beräkningen av importen av växtnäring via fodermedel bygger på differensen mellan husdjurens totala behov av foder och växtnäringen i den fodermedelsproduktion som sker inom respektive område. När det gäller stråsädesgrödorna har förutom havre och korn hälften av höstveteskörden antagits gå till foderkonsumtion.

Import av animalier och vegetabilier

Förekommande import av växtnäring via livsmedel har beräknats som skillnaden mellan produktion och befolkningens beräknade konsumtion av livsmedel baserad på årsmedelkonsumtion per invånare. Ca 60% av människans kväve- och fosforbehov och 40 % av kaliumbehovet

har förutsatts täckas av animalielivsmedel och resten av vegetabilier.

Överföring av växtnäring inom agroecosystemet

Mineralisering

Den övervägande delen av kväveförrådet i marken är otillgängligt för växterna och bundet i den organiska substansen. Genom mineralisering, d.v.s. mikrobiell nedbrytning av det organiska materialet, överförs kvävet i oorganisk form, ammonium, som i sin tur oxideras till nitrat av nitrifikationsbakterier. Vid god tillgång till energirikt organiskt material i marken kan kvävet också användas till uppbyggnaden av markmikroorganismernas egen biomassa, d.v.s. fastläggas. Man brukar tala om nettofastläggning respektive nettomineralisering beroende på om fastläggningen är större än mineraliseringen eller tvärt om. Storleken på den årliga nettomineraliseringen hänger samman med en rad faktorer som jordart, mullhalt, markklimat, det befintliga kväveförrådets storlek, tillförsel av nytt organiskt material och sammansättning vad gäller förhållandet mellan kväverikt och kvävefattigt material (kol/kväveknoten) i organiskt material. I vårt land beräknas nettomineraliseringen ligga kring 50 – 100 kg/ha. För exakta värden på den årliga mineraliseringen krävs mätningar i fält.

Den årliga mineraliseringen har i studien antagits motsvara den mängd organiskt kväve som varje år tillförs genom skörderester och stallgödsel. Detta är dock en mycket grov skattning. Mängden mineralkväve som i verkligheten frigörs kan, som redan nämnts, vara både avsevärt större och avsevärt mindre, beroende på om det sker en nettoförbrukning av organiskt bundet kväve eller en nettoackumulation av kvävet i marken i form av humus. Det är emellertid svårt att avgöra om det totalt sett sker en nettoökning eller nettominskning av markens organiska kväve i landet. Här föreligger naturligtvis skillnader i olika regioner.

Växtnäringsupptaget

Grödornas upptagning av växtnäring är baserad på normskördarna. Eftersom normskördarna grundar sig på skördeuppgifter från flera år, är påverkan av skördevariationer som hänger samman med årsmån mindre än för enskilda år. Här har normskördarna för 1995 använts.

Villkorliga och ovillkorliga skörderester

Med villkorliga rester avses halm och blast som antingen kan bortföras från åkern eller brukas ned. De ovillkorliga resterna såsom rötter och stubb kommer däremot alltid att direkt återföras till marken. Här har dock antagits att alla skörderester brukats ned. I praktiken återförs dock en viss del av halmen som strömedel via djurhållningen och stallgödselhanteringen.

Foderkonsumtionen

Foderbehovet för svin, fjäderfä och nöt har beräknats utifrån gällande rekommendationer för utfodring.

Djurgödsel

Mängden växtnäring i djurgödsel från de olika djurslagen har beräknats med hjälp av tabelluppgifter i rapporten "Växtnäring/hushållningsmiljö". Djurgödselberäkningarna baserar sig på vad som gäller vid tolv månaders stallperiod för samtliga djurslag, vilket inte riktigt överensstämmer med verkligheten. Speciellt under vår och försommar med höga halter protein i vallväxterna, kan betande nötkreatur få i sig betydligt mer kväve än vad som åtgår till mjölkproduktion och köttansättning.

Kväveavgången från betesdjuren sker huvudsakligen med urinen, och viss del avgår vidare upp i luften i form av ammoniak.

Ammoniakavgången varierar betydligt med marktemperatur och väderlek. Studier i Nya Zeeland visar att hela 70% av kvävet i urinen kan avgå som ammoniak. Några motsvarande svenska undersökningar har inte varit tillgängliga.

Humankonsumtion

Befolkningens totala behov av N, P och K bygger på det förenklade antagandet att någon tillväxt av befolkningen inte sker och att det totala intaget därigenom motsvarar den totala avgången. I verkligheten försvinner en del växtnäring även genom ansättning i människokropparna. Cirka 60% av människans kväve- och fosforintag och 40% av kaliumintaget kommer från animalieprodukter, resten kommer från vegetabilier. Tillförseln av kväve, fosfor och kalium till människopoolen via animalieprodukter är dock nästan dubbelt så hög som den egentliga konsumtionen. Den näring, som i form av hela djurkroppar avgår från jordbruket till människopoolen men inte används i humankonsumtionen, utgör 50, 43 respektive 36% av det totala innehållet av N, P och K i animalieprodukter. Detta bortförs från människopoolen via en post kallad "Förlust genom livsmedelshanteringen" (se nedan).

Bortförsel

Andnings-, ventilations-, lagrings- och spridningsförluster från träck och urin
All den fosfor och 90% av det kalium som finns i stallgödseln antas komma åkermarken till godo. Från marken sker dock urlaknings och avrinningsförluster. När det gäller fosfor kan betydande ytavrinning ske av organiskt bunden fosfor vid stallgödselspridning under olämpliga förhållanden. Urlaknings- och avrinningsförlusterna av fosfor och kalium har antagits uppgå till storleken 10% av tillförd mängd via stallgödsel. Beroende på djurslag och stallgödselhantering antas i storleksordningen 25% av kvävet försvinna genom ventilation och lagring. Av återstående mängd totalkväve beräknas mellan 25 och 90% föreligga i form av ammoniumkväve, som i sin tur kan avdunsta i samband med spridningen. Mellan 10 och 80% av gödselns innehåll av ammoniumkväve kan försvinna beroende på bland annat spridningssätt och spridningstidpunkt. Har här antagits att 30% av ammoniumkvävet försvinner i samband med spridning i samtliga län och regioner. De förluster som sker från djur i betesgång har bedömts ligga på samma nivåer.

Denitrifikation/utlakning/fastläggning

Denitrifikationen och utlakningen är två möjligheter för kvävet att via marken försvinna ut ur agroekosystemet. Om markvätskan tillförs mer nitratkväve än grödan av någon anledning förmår ta upp, eller om det överhuvudtaget inte finns någon gröda som tar upp nitratkvävet (t.ex. under höst och vinter), kan detta resultera i att kvävet i stället kan läcka ut i sjöar och vattendrag. Kväveförluster kan också uppkomma om marken inte tillförs tillräckligt mycket energirikt organiskt material för mikrobiell immobilisering. Under vissa förhållanden, t. ex. om jorden är vattenmättad eller packad uppstår syrebrist i marken. Syrebristen kan medföra denitrifikation, vilket innebär att bakterier omvandlar nitratkvävet till kvävgas.

Denitrifikationen är större på lerjordar än på lätta jordar, medan den andel kväve som förloras genom utlakning är större på sandjordar. På senare år har man uppmärksammat att förluster av kväve även sker från vissnande organiskt material. Dessa förluster ingår balansmässigt i de värden över kväveförluster från marken som beräknats.

Klimat, jordart, temperatur, syretillgång och det organiska materialets nedbrytbarhet i marken samt kol/kväveknoten i det organiska material som tillförs med hänsyn till växtföljd och odlingssystem är faktorer som påverkar ovan beskrivna processer. Mängden nitratkväve som utlakas respektive denitrifieras kan därför variera kraftigt. Denitrifikationen kan i Sverige resultera i en kväveavgång på mellan 10 och 100 kg per hektar, läckaget av nitratkväve kan variera i stort sett lika mycket.

Kväveförlusterna har beräknats som summan av det mineraliserade kvävet och det kväve som tillförs marken i oorganisk form minus det som tas upp av växterna. Någon beräkning av hur kväveförlusterna från marken fördelas mellan luft och vatten i de olika länen och regionerna har inte varit möjlig inom ramen för detta arbete. Andelen förluster genom utlakning är större på sandjordar än lerjordar. På täta lerjordar skapas lättare anaeroba förhållanden, varvid förluster genom denitrifikation lättare sker.

Fosfor och till viss del kalium, är i vanliga fall hårt bundet i marken. Den fosfor som tillförs genom växtrester och stallgödsel blir liksom kvävet tillgängligt för växterna genom mikrobiell mobilisering. En betydande del av denna fosfor, liksom den som tillförs via lättlösliga fosforgödselmedel men som inte utnyttjas av växterna, kan fastläggas i mer eller mindre svårtillgängliga fosforföreningar. Underlag för beräkningar av denna fastläggning finns inte. En viss utlakning av fosfor kan förekomma tillsammans med dräneringsvattnet eller genom yttransport av fasta partiklar. På lerjordar kan denna form av fosforförluster bli betydande vid spridning av stallgödsel under olämpliga betingelser, t. ex. på odlad och gräsbetäckt mark där ytavrinning sedan kan förekomma i samband med mildväder. För kalium föreligger en större utlakningsrisk framförallt på lätta jordar.

Export av fodermedel och vegetabilier

De fodermedel och vegetabilier som produceras inom ekosystemet men som inte behövs för att försörja husdjur och befolkning har antagits gå till försäljning.

Export av animalier

Den beräknade avgången av N, P och K i försålda animalieprodukter baseras på uppgifter över försålda mängder och deras innehåll av N, P och K. Den teoretiska mängden näringsämnen i stallgödseln blir då skillnaden mellan husdjurens totala näringsintag och näringsinnehållet i animalieprodukterna. Dessa resultat kan därvid jämföras med beräkningar baserade på stallgödselanalyser. Förluster av kväve i form av ammoniak gör att de påvisade mängderna kväve i stallgödsel och urin är lägre.

Länsvisa uppgifter om animalieproduktionen saknas. Slakteriernas och mejeriernas upptagningsområden är varierande. Animalieproduktionen är därför baserad på de olika länens relativa andel av olika djurslag för hela landet och den totala animalieproduktionens storlek för olika animalieprodukter.

Rester från hushåll – i livsmedelsavfall och toalettavfall

All den växtnäring som befolkningen konsumerar antas, som redan nämnts, återfinnas i livsmedels- och toalettavfall. Värdena är beräknade på medelkvantiteter per invånare och år och har legat till grund för kalkylerna för olika områden i Sverige.

Förluster genom livsmedelshantering

Den växtnäring som försvinner med avfallet i samband med förädlingen av jordbruksprodukter har enbart beräknats vad gäller animalieprodukter. Förlusten avser den del av animalieprodukterna som inte används för humankonsumtion (avfall från slakterier). Detta avfall är, liksom avfallet från befolkningen, en potentiell resurs för agroekosystemet. Hela djurkroppar har ett kväve-, fosfor- och kaliuminnehåll som för griskött är ca 2,6, 0,5, och 0,2% samt för nötkött 2,5, 0,7 och 0,2% av totala levande vikten (varierar med djurslag och ålder vid slakt). Bara ca 50% av kvävet, 57% av fosfor och 64% av kaliumet har beräknats finnas i den del av djurkroppen som konsumeras, medan resten utgörs av avfall. Den procentuella fördelningen mellan djurkropparnas ätbara och icke ätbara delar har baserats på förhållande mellan animalieproduktionen och den faktiska konsumtionen av animalieprodukter.

Siffrorna över växtnäringens flödet i landet som helhet baseras på de uppgifter som finns för samtliga län kompletterat med uppgifter om exporten och importen av jordbruksprodukter år 1995.

VÄXTNÄRINGSFLÖDEN

Hela Sverige

Flödesdiagrammet, figur 3, visar totalbudgeten för kväve, fosfor och kalium för hela landet år 1995. Växtnäringsflödena är grupperade på tillförsel (import), överföringar och bortförsel (export) i relation till de olika poolerna. Flödespilarna i figur 3 visar tillförsel till och bortförsel från mark-, växt-, djur- och livsmedelspoolerna samt tillförsel och export i förhållande till hela samhälls-agroekosystemet.

Tillförsel av kväve, fosfor och kalium till jordbruket uppgår till totalt 110, 12 och 21 kg per ha. Avsalu av kväve, fosfor och kalium i livsmedelsprodukter (humankonsumtion inom landet och export) uppgår till 29, 6 och 7 kg per ha. Växtnäringen i importerade fodermedel är betydligt större än exporten varför nettoproduktionen av växtnäring i livsmedelsprodukter i form av kväve, fosfor och kalium endast är 19, 4 och 4 kg per ha. Vad gäller fosfor sker dessutom tillköp i form av mineralfoder.

Av det till agroekosystemet tillförda mängden kväve blir 25% till protein i livsmedelsprodukter och 75% går förlorat som förluster till miljön (huvudsakligen till luft och vatten). Av fosfor går 50% förlorat och av kalium 70% på vägen genom agroekosystemet. De beräknade genomsnittliga förlusterna per hektar av kväve, fosfor och kalium inom själva jordbruket (agroekosystemet) uppgår till totalt 89 kg, 8 kg respektive 15 kg fördelat på förluster av 22 kg kväve, 1 kg fosfor och 3 kg kalium från djurhållningen samt 66 kg kväve, 7 kg fosfor och 12 kg kalium i marken genom gasavgång (endast kväve), utlakning och fastläggning. Den genomsnittliga utlakningen av kväve från åkermarken har beräknats till ca 25 kg per ha och år eller ca 35% av de här beräknade totala kväveförlusterna från markpoolen och vad som förloras vid spridning av stallgödsel. Förlusterna till luften från åkermarken sker huvudsakligen genom denitrifikation och uppgår till storleksordningen 40 kg per ha och år i denna beräkningsmodell. Variationerna är emellertid stora mellan olika områden.

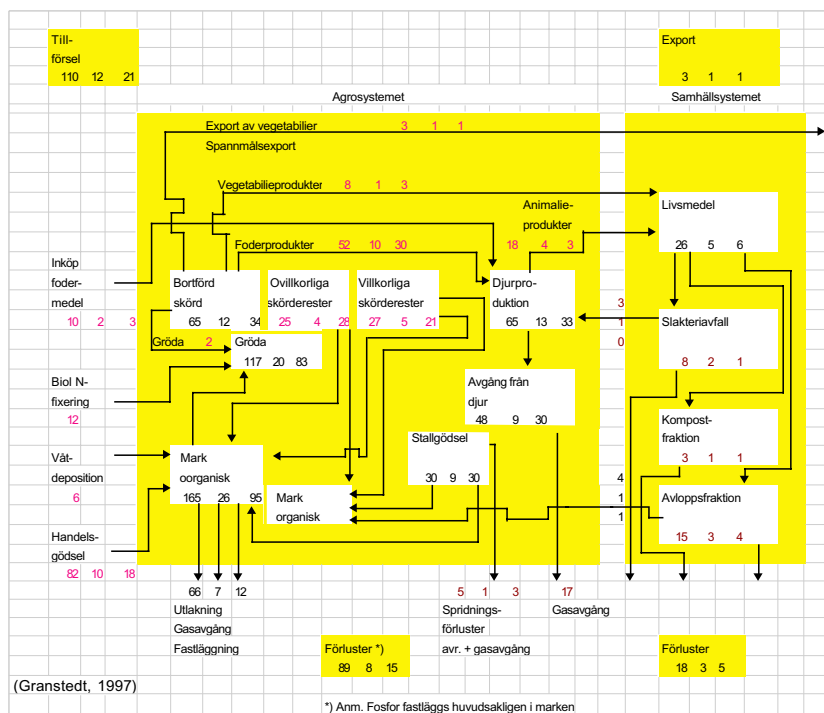
Vad gäller fosfor så fastläggs uppskattningsvis 80–90 % i marken. Den förhållandevis lilla andelen fosfor som avges från marken ut genom vattendragen till sjöar och hav utgör dock ett väl så allvarligt hot mot miljön som kväveutlakningen genom att fosfor liksom kvävet bidrar till eutrofieringen av sjöar och hav.

Växtnäringsförlusterna från samhället har uppdelats på de förluster som sker i livsmedelshanteringen i form av slakteriavfall, hushållsavfall samt vad som tillförs avloppssystemen som toalettavfall. Cirka hälften av växtnäringsinnehållet i animalieprodukterna har här beräknats bli slakteriavfall som till viss del överförs till jordbruket i form av köttmjöl till fodermedelstillverkningen. Den växtnäring som går bort i hanteringen av vegetabilieproduktionen består huvudsakligen av frånrens i kvarnindustrin och som återförs i form av fodermedel.

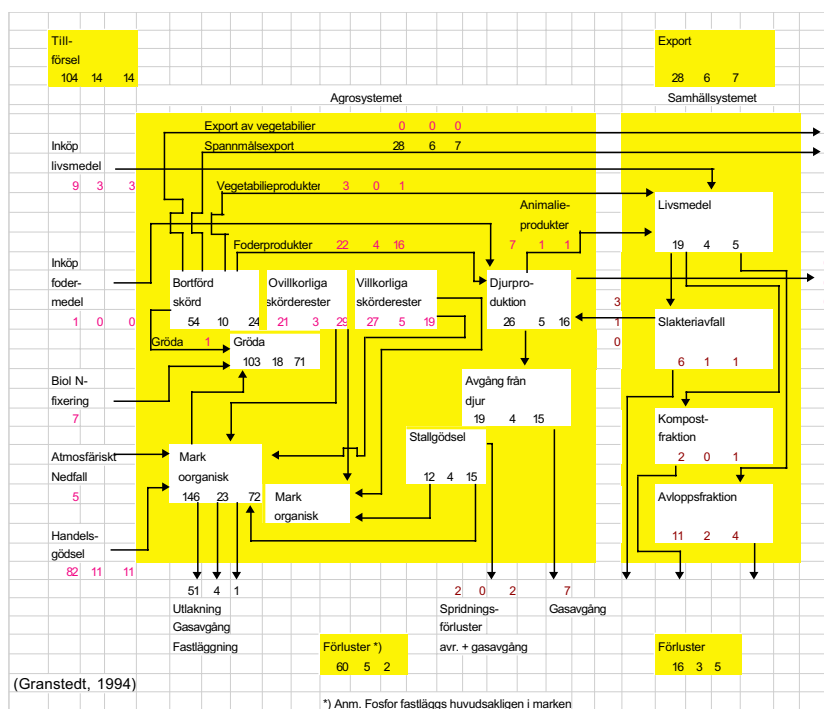
Växtnäringsflödena för enskilda län

Tillförsel av växtnäring, växtnäring i livsmedelsproduktion och förluster avviker stort mellan de olika länen. Växtnäringsflödena för tre län, varav ett med liten djurhållning, ett med medelstor djurhållning och ett med stor djurhållning har sammanställts i figurerna 4, 5 och 6.

Förlusterna på de rena växtodlingsgårdarna utgörs av markförluster. Dessa förluster består av utlakning, gasavgång och fastläggning, beroende på vilka betingelser som råder beträffande klimat, jordarter, bruksmetoder och de mängder växtnäring som tillförs.



Figur 3. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha åker och år i samhälls-agroekosystemet Sverige.



Figur 4. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha åker och år i samhälls-agroekosystemet Västmanlands län 1995.

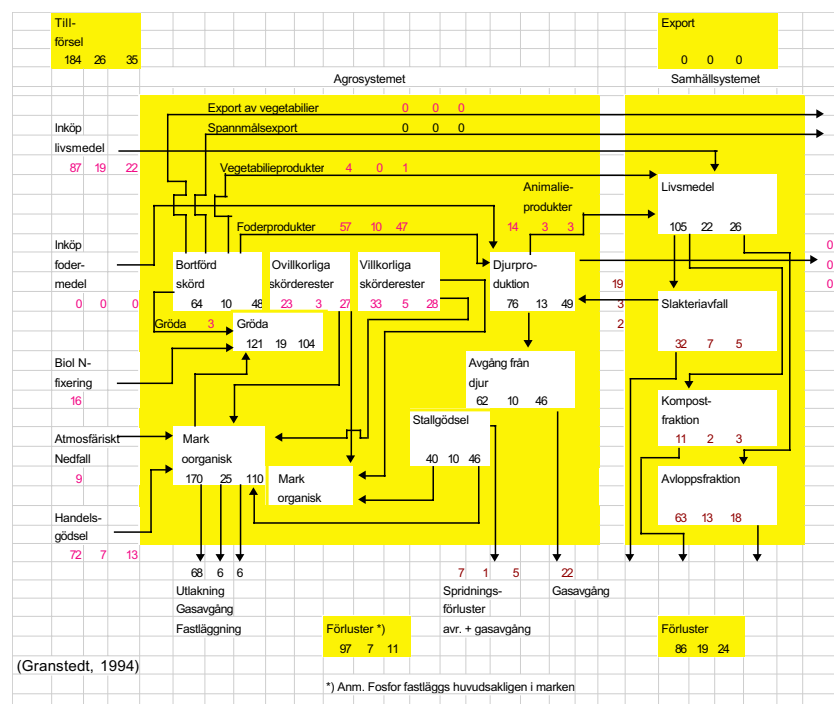
Man räknar med att en viss kväveavgång i form av ammoniak sker från vissnande organiskt material från marken och som alltså också ingår i de här kalkylerade värdena för kväveförluster från marken.

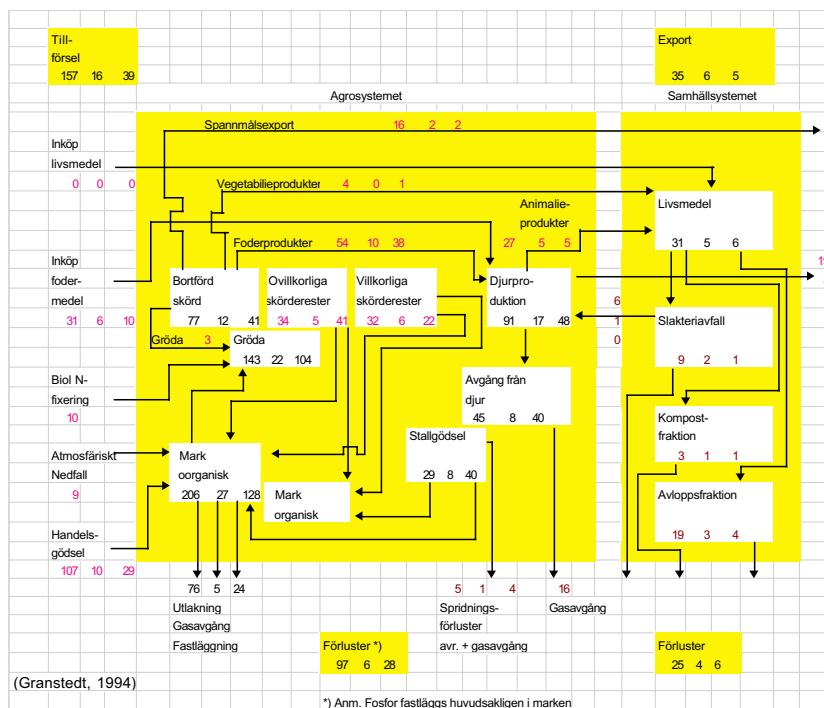
Med ökande djurantal ökar förlusterna av kväve även från djurhållningen och stallgödselhanteringen. Dessa växtnäringsförluster från gödsel och urin utgörs huvudsakligen av gasformiga kväveförluster i de olika hanteringsleden. Utlakningsstudier på djurgårdar visar emellertid att man också bör räkna med vissa avrinningsförluster av fosfor och kalium från stallgödsel. Den procentuella andelen av dessa förluster torde vara större på mer djurintensiva gårdar men har här generellt uppskattats till ca 10% av stallgödselinnehållet. Avrinningsförluster av fosfor och kalium är beroende av tidpunkt och betingelser för stallgödelspridningen och kan reduceras genom en omsorgsfull hantering. En del av djurspillningen hamnar också utanför åkerarealen på naturbeten.

I figur 7 har en karta sammanställts som visar de beräknade förlusterna länsvis. Figur 7a visar förlusterna av kväve, fosfor och kalium i siffror och figur 7b visar var kväveförlusterna är störst. Förlusternas storlek sammanfaller med några undantag med den områdesvisa fördelningen av djurintensiteten (markerad på kartan, figur 7c).

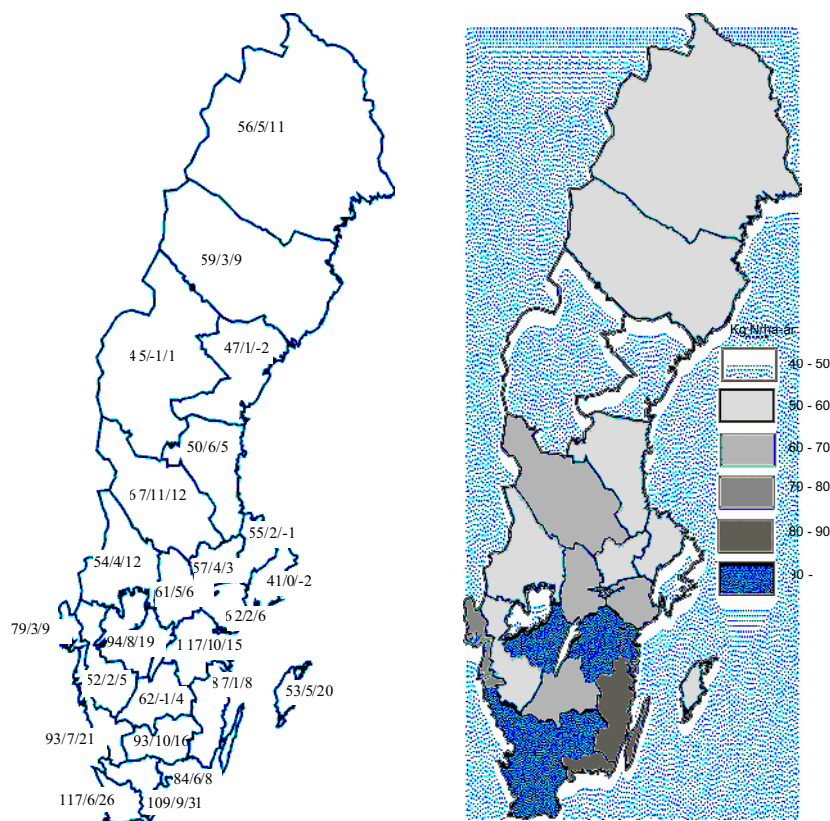
En förenklad sammanställning av tillförsel, bortförsel samt förluster har gjorts i tabellerna 1 a, b och c där länen har grupperats efter djurhållningens storlek. I de län där djurhållningen är lägre än genomsnittet sker en export av växtnäring i form av både livsmedel och fodermedel. Detta kompenseras genom tillförsel av handelsgödsel (tabell 1a).

Figur 5. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha åker och år i samhälls-ekosystemet Göteborgs- och Bohus län, 1995.

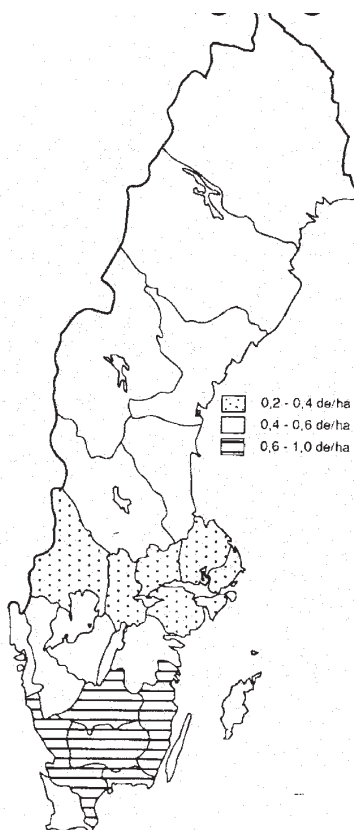




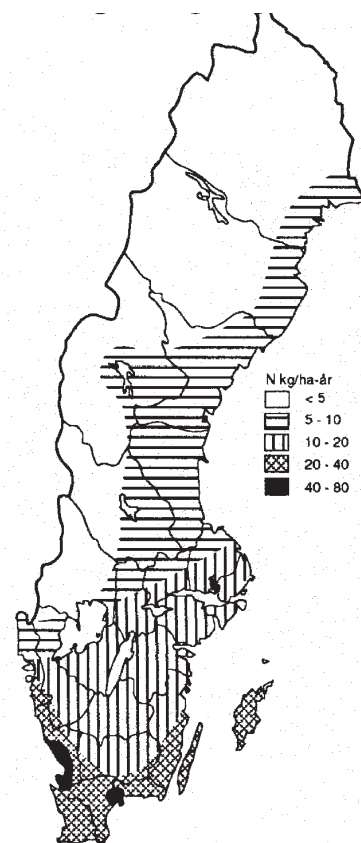
Figur 6. Växtnäringsflöden N/P/K/ kg/ha åker och år i samhälls-agroecosystemet Kristianstads län, 1995.



Figur 7c. T. v. Länen grupperade efter djurintensitetens storlek 1 de (djurenhet) = 1 ko eller 2 ungdjur eller 3 sugor eller 10 slaktsvin eller 100 höns.



Figur 7d. T.h. Läckageförluster av kväve och fosfor från åkermark i Sverige (Brink, 1990).



Tabell 1.a Växtnäringsbalanser för län med mellan 0,2-0,4 de/ha											
			Tillförsel			Avsalu, varav fodermedel			Förluster		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K
Stockholms län (0,3de/ha)			81	8	7	40 ²⁴	8 ⁴	9 ⁵	41	0	-2
Södermanlands län (0,4 de/ha)			95	10	12	33 ¹²	8 ³	6 ³	62	2	6
Uppsalas län (0,3 de/ha)			90	9	8	35 ²³	7 ⁵	9 ⁶	55	2	-1
Västmanlands län (0,2 de/ha)			95	11	11	38 ²⁸	7 ⁶	8 ⁷	57	4	3
Värmlands län 0,3 (de/ha)			77	9	17	23 ¹¹	5 ²	5 ²	54	4	12
Örebro län (0,3 de/ha)			94	12	18	33 ¹⁹	7 ⁴	12 ⁸	61	5	6
Medelvärde			89	10	12	34	7	8	55	3	4
Tabell 1.b Växtnäringsbalanser för län med mellan 0,4-0,6 de/ha											
			Tillförsel			Avsalu			Förluster		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K
Östergötlands län (0,4 de ha)			145	16	22	28	6	7	117	10	15
Gotlands län (0,6 de/ha)			101	14	31	48	9	11	53	5	20
Malmöhus län (0,4 de/ha)			139	10	30	22	4	4	117	6	26
Göteb. & Bohus län (0,4 de/ha)			97	7	13	18	4	4	79	3	9
Älvsborgs län (0,5 de/ha)			72	6	10	20	4	5	52	2	5
Skaraborgs län (0,4 de/ha)			127	13	26	33	5	7	94	8	19
Kopparbergs län (0,4 de/ha)			90	15	19	23	4	7	67	11	12
Gävleborgs län 0,4 de/ha)			63	8	9	13	2	4	50	6	5
Västernorrlands län (0,4 de/ha)			59	3	6	12	2	8	47	1	-2
Jämtlands län (0,5 de/ha)			58	2	5	13	3	4	45	-1	1
Västerbottens län (0,5 de/ha)			72	6	13	13	3	4	59	3	9
Norrbottnens län (0,5 de/ha)			67	7	14	11	2	3	56	5	11
Medelvärde			91	9	17	21	4	6	70	5	11
Tabell 1.c Växtnäringsbalanser för län med mellan 0,7-1,0 de/ha											
			Tillförsel, varav fodermedel			Avsalu			Förluster		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K
Jönköping län (0,9 de/ha)			85 ¹²	4 ⁰	11 ⁰	23	5	7	62	-1	4
Kronobergs län (0,9 de/ha)			119 ²⁶	15 ⁴	23 ¹³	26	5	7	93	10	16
Kalmar län (1,0 de/ha)			121 ¹⁷	7 ¹	15 ¹	34	6	7	87	1	8
Blekinge län (1,0 de/ha)			139 ⁵⁰	17 ¹¹	17 ⁰	55	11	9	84	6	8
Kristianstads län (0,8 de/ha)			156 ³¹	16 ⁶	39 ¹⁰	47	7	8	109	9	31
Hallands län (0,8 de/ha)			142 ²⁷	14 ⁵	28 ³	49	7	7	93	7	21
Medelvärde			127	12	22	39	7	8	88	5	15

Länen med en djurtäthet mellan 0,4 – 0,6 de/ha (de = djurenheter), har en djurhållning som motsvarar foderproduktionen (tabell 1b). Produktionsnivåerna och handelsgödselanvändningen är dock olika i olika delar av landet.

Förlusterna av växtnäring är störst i de län där djurhållningen är så omfattande att foderproduktionen inom länet är otillräcklig. Växtnäring tillförs här både genom inköp av handelsgödselmedel och import av fodermedel och skillnaden mellan växtnäringsimport och avsalu av växtnäring genom livsmedel blir här stor såsom framgår av tabell 1c. Förlusterna består av markförluster samt förluster från djurhållningen och stallgödselhanteringen.

Den delen av markförlusterna som kan hänföras till utlakning från marken vad gäller kväve och fosfor framgår av figur 7d. Övriga förluster från marken kan hänföras till denitrifikationsförluster av kväve- och ammoniakavgång från växtmaterial och gödselmedel samt ytavrinning vid spridning av stallgödsel.

Växtnäringsbalanserna för dessa tre läns kategorier är sammanställda i figur 8a, i vilken de större växtnäringsförlusterna för länen med den högre djurintensiteten (0,7 – 1,0 de/ha) klart framgår. För dessa län är kväveförlusterna, uttryckta som differensen mellan tillfört och bortfört kväve (kg N/ha), högre än i mellankategorin med 0,4 – 0,6 de/ha och länen med mindre än 0,4 de/ha. Fosforförlusterna i de djurintensiva länen är större än i de djurfattiga länen. Även kaliumförlusterna är höga på de djurintensiva gårdarna i jämförelse med de mindre djurintensiva länen och särskilt länen med liten djurhållning.

De tre läns kategorierna med låg, intermediär och hög djurintensitet är lokaliserade så att områden med mjölkproduktion och grovfoderbaserad djurhållning återfinns i landets skogsbygdsområden. Slaktsvinsproduktion med därmed förbunden nettoimport av fodermedel och intensiv djurhållning återfinns i södra Sverige i Kalmar-, Blekinge-, Kristianstads- och Hallands- samt delar av Malmöhus län.

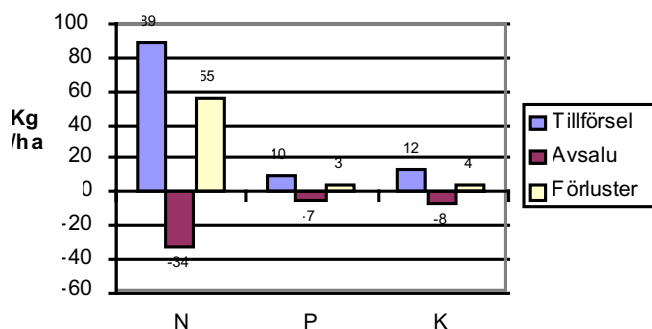
Figur 8a-c åskådliggör det här påvisade sambandet mellan hög tillförsel av växtnäring via inköpt handelsgödsel samt fodermedel och kalkylerbara förluster för de olika länen.

Stora skillnader vad gäller tillförsel, bortförsel och förluster av växtnäring föreligger inom länen beroende på driftsinriktningar.

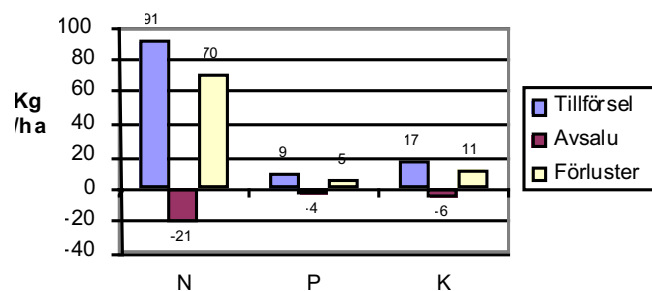
Växtnäringsflöden på gårdsnivå

På gårdsnivå kan man finna de olika driftsinriktningarna renodlade. Figur 9 visar växtnäringsflödena på en ren spannmålsgård i Skaraborgs län. Här sker en bortförsel från gården av 102 kg kväve, 17 kg fosfor och 25 kg kalium per hektar genom vegetabilieprodukter som huvudsakligen går till foder. Denna bortförsel kompenseras av inköp av handelsgödsel och motsvaras av en något större tillförsel av kväve (inbegripet kvävefixering och nedfall) och fosfor samt en något lägre tillförsel av kalium. Växtnäringsförlusterna blir därmed mycket låga i jämförelse med genomsnittsvärdena för det svenska jordbruket. Bortförseln

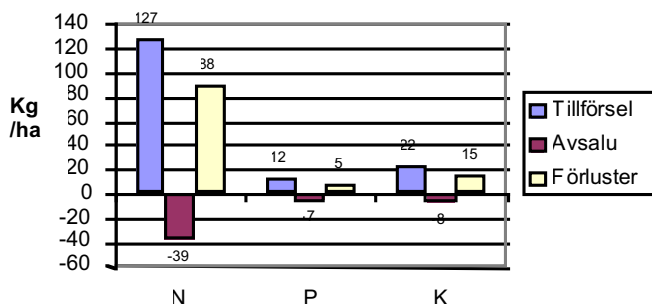
a. Län med 0,2-0,4 de/ha



b. Län med 0,4-0,6 de/ha



c. Län med 0,7-1,0 de/ha



Figur. 8a-c. Tillförsel, bortförsel och förluster (=överskott) av kväve, fosfor och kalium beräknade för 1995 för länen grupperade efter djurintensitet.

av kalium är här högre än tillförseln. Lerjordarnas goda kaliumtillstånd förklarar varför kaliumgödslingen är lägre än inom andra odlingsområden.

Gården med mjölkproduktion med 0,75 de/ha (fig. 10) har en större djurhållning än riksgenomsnittet. Av växtnärbalansen framgår att gården skulle kunna vara självförsörjande med foder om andelen av vegetabilieproduktionen som gick till avsalu minskades. Trots egen gödselproduktion, baserad på eget och inköpt foder, och tillförsel genom nedfall och kvävefixering sker här inköp av kväve med handelsgödsel. Tillförseln av växtnäring överskrider bortförseln med 84 kg kväve per hektar. Gården är däremot självförsörjande på kalium och fosfor.

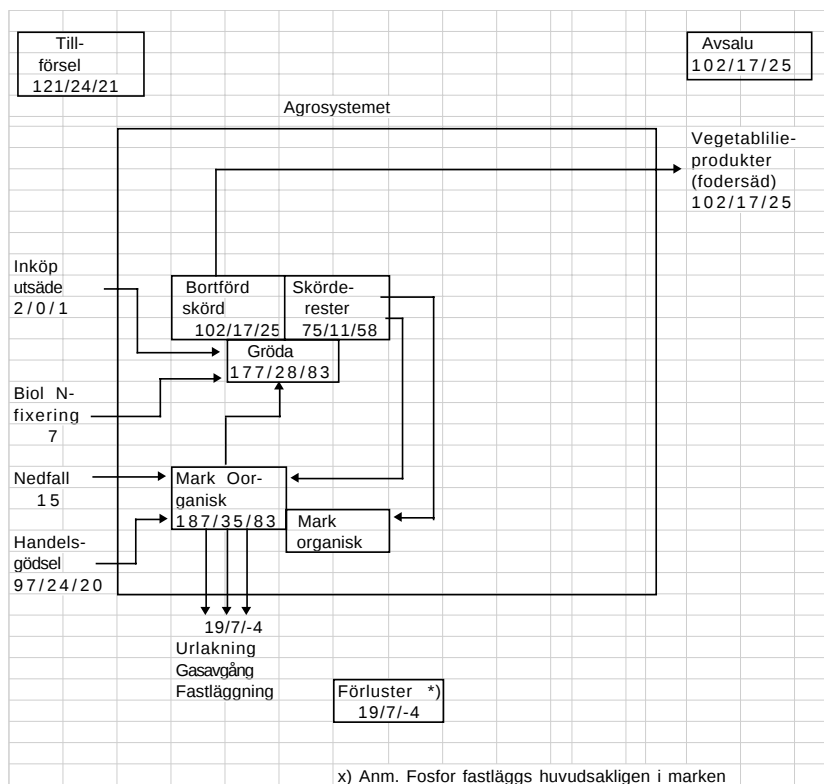
Förlusterna av växtnäring, uttryckta som skillnaden mellan tillförsel och bortförsel, är störst på den djurintensiva gården med 2,4 de/ha (fig. 11). Här är tillförseln per hektar av kväve 166 kg, av fosfor 25 kg och av kalium 60 kg större än bortförseln i form av livsmedels-

produkter. Inköpet av fodermedel är ungefär dubbelt så stort som den egna foderproduktionen. Av kväveförlusterna uppskattas här ventilations- och lagringsförluster uppgå till 31 kg/ha och spridningsförlusterna till 10 kg/ha. De verkliga förlustsiffrorna kan avvika betydligt från dessa kalkylerade genomsnittsvärden beroende på hur stallgödseln hanteras. Trots den här beräknade tillförseln på drygt 100 kg kväve i stallgödseln inköps 103 kg handelsgödselkväve per hektar. Enligt balansberäkningar är mineraliseringen av kväve från marken mycket hög. De här kalkylerade höga kväveförlusterna från marken förutsätter emellertid att ingen nettoimmobilisering av kväve sker i form av humusuppbyggnad.

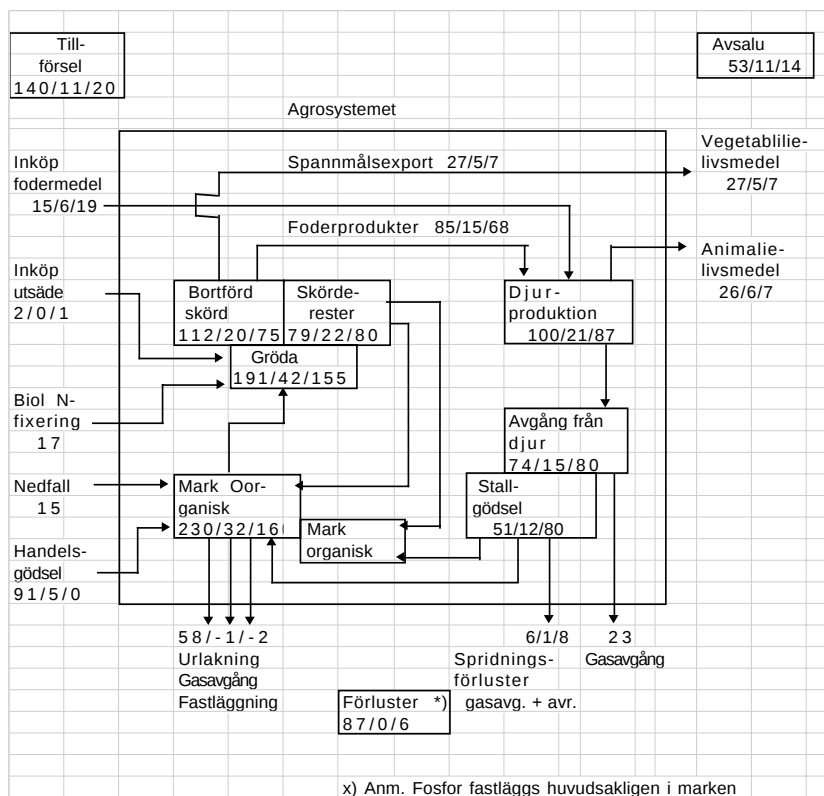
Figur 12 visar exempel på en gård som drivits utan vare sig handelsgödsel eller bekämpningsmedel sedan 1967. Till grund för denna växtnäringsbalans ligger sju års studier av kväveomsättningen i marken, kväveupptagningen i grödorna, produktionen av avsalu-produkter i form av vegetabilie- och animalie-produkter samt återförseln av stallgödsel och urin. Dessa studier har genomförts av Agr. dr Artur Granstedt. Detta exempel med uppmätta värden för en enskild gård kan dock inte direkt jämföras med de räkneexempel som redovisats tidigare. Exemplet visar att man kan komma långt med recirkulation och användning av baljväxter i syfte att skapa ett jordbruk som bygger på självförsörjning av växtnäring.

Förlusterna under det sjuåriga växtföljdsförloppet är här 50% lägre än genomsnittet i svenskt jordbruk och de beräkningsbara förlusterna av fosfor och kalium är obefintliga. Det föreligger i stället ett mindre underskott på fosfor och kalium som troligtvis kompenseras av vittringsprocesser. I praktiken bör man räkna med en utlakning av kalium från marken i storleksordningen 5 – 10 kg/ha, vilket inte hänför sig till odlingen utan till den vittring som sker från lerjordarna.

De kväveförluster som här förekommer utgörs av gasformiga förluster från stallgödselhanteringen medan de påvisbara förlusterna från marken är ca 80% lägre än i det genomsnittliga konventionella jordbruket.

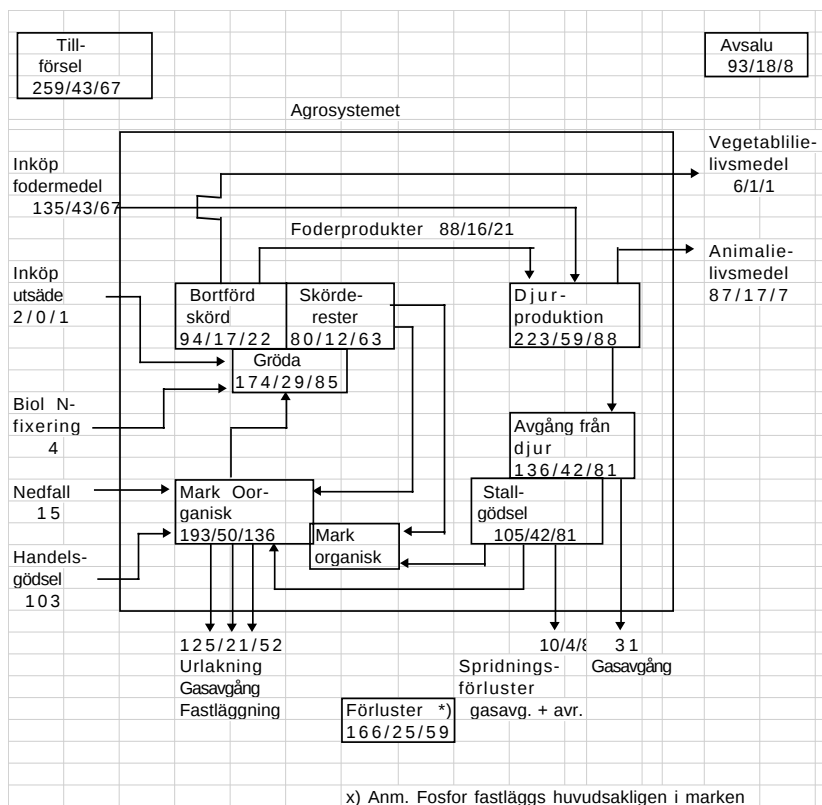


Figur 9. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha och år beräknade för en spannmålsgård i Skaraborgs län, 1990.

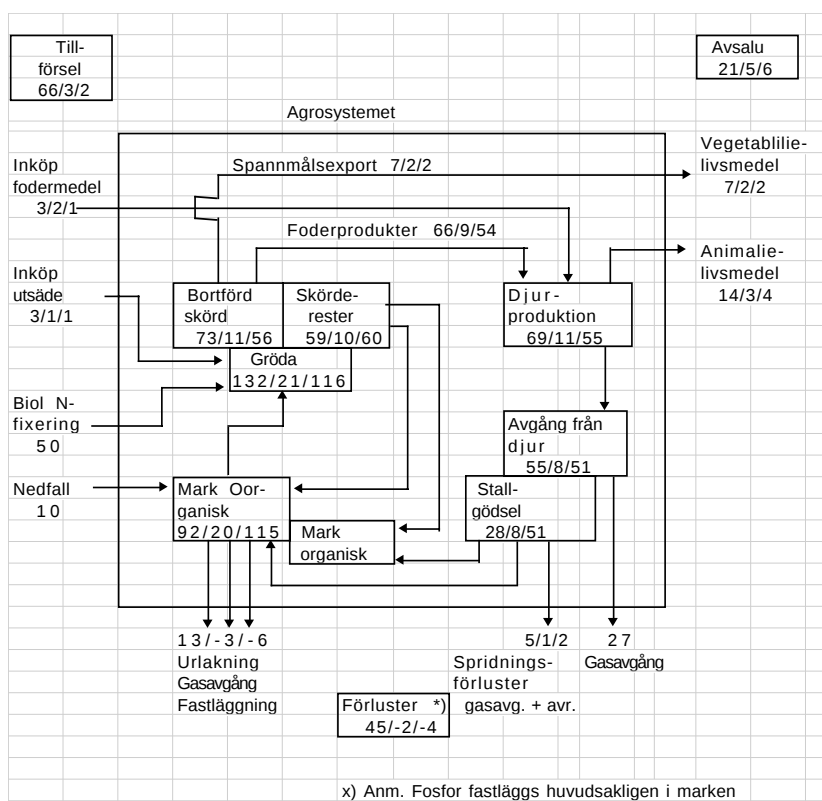


Figur 10. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha och år beräknade för en gård med mjölkproduktion (100 ha, 0,75 de/ha) i Skaraborgs län, 1990.

Figur 11. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha och år beräknade för en svingård (2,4 de ha) i Skaraborgs län, 1990.



Figur 12. Växtnäringsflöden N/P/K kg/ha och år beräknade för gården Skilleby i Sörmland (0,7 de/ha) som odlats biodynamiskt utan handelsgödsel och kemiska bekämpningsmedel sedan 1967 (modifierat efter Granstedt, 1990).



ORSAKER TILL MISSHUSHÅLLNING MED VÄXTNÄRING OCH FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Obalans mellan växtodling och djurhållning

Den obalans som råder mellan växtodling och djurhållning – i hela landet, regionalt och lokalt – är en viktig grundorsak till misshushållningen med växtnäringen i jordbruket. Växtnäringsbalanserna på landsnivå visar betydande förluster (fig. 3). Av de totala, av växterna upptagna mängderna kväve, fosfor och kalium hamnar endast 25%, 30% och 8% i livsmedelsprodukter, medan resten återförs till marken via skörderester, stallgödsel eller går förlorat på vägen. Av de tillförda mängderna kväve, fosfor och kalium går 80%, 65% och 70% förlorade till luft, vatten och mark. Cirka 25% av kväveförlusterna sker från djurhållningen och stallgödselhanteringen medan resten sker via marken. Men även de senare förlusterna har visat sig ha starkt samband med djurhållningen och djurintensiteten på gårdarna.

Den växtnäring som blir till livsmedel för konsumtion inom landet har här fördelats på slakteriavfall, hushållsavfall och den fraktion som går ut via toaletter och avloppssystem (samhällssystemet i fig. 3). Mellan 40 – 60% av växtnäringsinnehållet i livsmedelsprodukterna hamnar i de två förstnämnda fraktionerna. Av fosfor är det endast 15% av jordbrukets totala fosforupptagning som hamnar i den svårrecirkulerbara avloppsfraktionen, medan resten skulle kunna återföras till jordbruket utan risk för föroreningar av de slag som föreligger i dagens avloppshanteringssystem. För att recirkulera 85% av fosfor och en större del av de övriga växtnäringsämnen i jordbruket krävs dock genomgripande förändringar av växtnäringsflödena i jordbruket och i relationen mellan jordbruket och samhället.

Förlusterna av växtnäringsämnen i jordbruket som redovisats i denna undersökning har visat sig vara mycket olika i olika län, regionerna inom länen och på olika gårdar. Sammanställningarna länsvis efter djurintensitet visar att växtnäringsförlusterna är störst i län där förekomsten av djurintensiva gårdar är störst. Användningen och behovet av tillförda handelsgödselmedel är samtidigt störst i län med liten djurhållning.

Den växtnäring som tillförs växtodlingsgårdarna bortförs genom avsalu av foderspannmål och ansamlas sedan i överskott på djurgårdarna där förlusterna blir särskilt stora. Trots den stora importen av växtnäring med fodermedel till dessa djurgårdar förekommer också inköp av handelsgödsel. Särskilt tydligt blir detta när en växtodlingsgård jämförs med en djurgård (fig. 9 och 11). Foderbehovet på den intensiva djurgården är ungefär tre gånger större än den egna foderproduktionen. Det krävs alltså i princip två renodlade spannmåls-

gårdar för att komplettera foderbehovet på den intensiva djurgården. Växtnäringen från spannmålgårdarna ansamlas därmed på djurgården. Insatsen av handelsgödsel på de specialiserade spannmålgårdarna blir därmed till förluster av växtnäring på den specialiserade djurgården.

Här har alltså åskådliggjorts en viktig grundorsak till det stora behovet av handelsgödsel och samtidigt stora utflödet av växtnäring till miljön i det svenska jordbruket i relation till livsmedelsproduktionens storlek. Vi har här också förklaringen till varför växtnäringsförlusterna är störst där också djurhållningen är intensivast. Växtnäringen tillförs växtodlingen, förs över som fodermedel till den koncentrerade djurhållningen och blir vid denna ansamling till stora förluster när tillförseln vida överstiger vad som bortförs med livsmedelsprodukter. Denna uppdelning i växtodlingsgårdar och djurgårdar kan vi finna lokalt men också områdesvis inom ett län och också mellan olika regioner och områden i landet.

Misshushållningen på gårdsnivå

Obalans mellan växtodling och djurhållning är inte hela förklaringen till dagens stora växtnäringsförluster och behov av inköpta handelsgödselmedel till jordbruket. Exempelen på gårdsnivå visar att inköp av växtnäring i handelsgödsel även sker till djurgårdarna trots det överskott av växtnäring som ansamlas i form av stallgödsel på dessa gårdar. Detta gäller för såväl djurgården med 0,8 de/ha (fig. 10) med en högre grad av recirkulering av växtnäring inom gården som för de gårdar som har en hög djurintensitet med mer än 2 de/ha (fig. 11).

Inköpen av handelsgödsel till djurgårdarna gör att förlusterna av växtnäring blir ännu högre på dessa. Mönstret är detsamma för regioner och hela län med hög djurintensitet som t.ex. Blekinge- och Hallands län, där nettoimporten av växtnäring är hög av både fodermedel och handelsgödsel. Denna misshushållning gäller i första hand kvävet. Det finns emellertid också exempel på många djurgårdar, som trots överskott på fosfor och kalium via fodermedel, under många år dessutom har köpt in dessa näringsämnen som handelsgödselmedel. De senaste årens växtnäringsrådgivning som bygger på beräkningar av växtnäringsbalanser har minskat denna misshushållning.

Även om de gasformiga förlusterna av kväve från stallgödselhanteringen frånräknas, motsvarar växtnäringsinnehållet i stallgödseln på de djurintensiva gårdarna mer än väl grödornas behov. Den årliga tillförseln av organiska gödselmedel har på dessa gårdar lett till en hög frigörning av mineraliskt kväve från marken som, när den inte utnyttjas, blir till kväveförluster. Detta framgår av de här redovisade balanserna och bekräftas av mineraliseringsstudier på gårdar med hög djurintensitet. Under en övergångstid kan en hög djurintensitet leda till en ökad immobilisering av kväve i form av ökad humushalt, men så småningom leder den till en högre mineraliseringsnivå. Mineraliseringsstudier genomförda i långliggande försök med stallgödseltillförsel

i jämförelse med handelsgödsel har visat att det är totalkväveinnehållet i stallgödsel som har betydelse. En gödselrådgivning baserad enbart på det mineraliska kväveinnehållet i stallgödsel har lett till extra höga kväveförluster på djurintensiva gårdar i det svenska jordbruket.

Förbrukning och förluster av växtnäring kan minimeras

Figur 12 beskriver växtnäringsflödet på en gård som drivs helt utan handelsgödsel enligt de principer som tillämpas i s.k. ekologisk odling. Balansen mellan djurhållning och växtodling innebär att nettoutflödet av fosfor och kalium ligger på så låg nivå, att de små tillköpen av foder inklusive mineralfoder samt markvittringen täcker vad som bortförs. Exemplet visar att det är möjligt att utesluta tillköpen av växtnäring utifrån genom en recirkulering inom gården av mer än 70% av den fosfor och 90% av det kalium som bortförs från åkern med skördeprodukter. Avkastningen är densamma som i svenskt jordbruk räknat på samma djurintensitet, men kväveförlusterna är betydligt mindre.

En jämförelse med mjölkgården i figur 10 visar att man även i konventionell drift kan utesluta inköp av fosfor och kalium vid en måttlig djurhållning genom att större delen av växtnäringen i foder recirkulerar till marken med gödsel och urin. Jämförelsen visar emellertid också att kväveförlusterna på den konventionella gården totalt är dubbelt så höga som i exemplet för den ekologiskt drivna gården. Om de procentuella förlusterna från stallgödselhanteringen antas vara desamma, är markförlusterna från den konventionella gården fyra gånger så höga. För att nedbringa dessa förluster och därmed även behovet av handelsgödselkväve krävs ett bättre utnyttjande av markens egen kvävelevererande förmåga så som beskrivits i det föregående avsnittet. Exemplet från den ekologiskt drivna gården visar att detta är möjligt. En högre andel baljväxter i vallarna skulle kunna leda till att behovet av handelsgödselkväve helt upphörde i enlighet med de principer som tillämpas på den ekologiskt drivna exempelgården (fig. 12). Exempel på hur en sådan omställningsprocess kan ske kommer att ges i följande avsnitt.

De redovisade växtnäringsbalanserna har visat nödvändigheten av recirkulation av växtnäringskapitalet mellan växtodling och djurhållning för att därigenom både nedbringa behovet av inköpta handelsgödselmedel och samtidigt reducera förlusterna av växtnäringsämnen till den omgivande miljön. När det gäller kvävet räcker emellertid inte detta. Det organiskt bundna kvävet i stallgödseln bygger upp en mineraliseringspotential som måste utnyttjas mer effektivt genom en bättre anpassning av kvävetillförseln till det verkliga behovet. Kännedom om markens kvävelevererande förmåga kan här vara till en hjälp i kombination med kvävehushållande åtgärder som t.ex. en stor andel marktäckande grödor under hösten och vinterhalvåret.

Kvävehushållningen kan också bli bättre genom tekniker som leder till mindre kväveförluster i stallgödselhanteringen. Tillförseln av handelsgödselkväve kan vidare helt uteslutas om biologisk kväve-

fixering utnyttjas i den utsträckning kvävet trots kvävehushållande åtgärder måste tillföras systemet.

Vad händer med växtnäringen i livsmedelsprodukterna?

Även delar av den växtnäring som överförs från jordbruket till samhället skulle kunna recirkulera till jordbruket. Inom ramen för projektet har det inte varit möjligt att närmare kartlägga det som här kallas för förluster genom livsmedelshanteringen.

Av slakteriavfallet blir några procent hund- och kattmat, medan resten blir köttbenmjöl efter fettavskiljning. I södra Sverige blir slakteriavfall som kommer från friska djur till ca 85% köttbenmjöl för foder-tillverkningen efter det att fettet frånskilts.

Slakteriavfall från sjuka djur går inte till djurfoder. Även av detta görs köttbenmjöl efter det att fettet frånskilts (används som brännolja). Halva denna produktion (ca 1 000 ton år 1991) säljs som ingrediens i organiska gödselmedel. Resten av slakteriavfallet i södra Sverige samt delar av produktionen i norra Sverige exporteras till minkfoder-tillverkningen i Finland. Viss okänd del av slakteriavfallet särskilt i norra Sverige deponeras.

Uppskattningsvis återförs ca 60% av växtnäringsinnehållet i slakteriavfallet till jordbruket som fodermedel, medan resten går förlo-rat huvudsakligen som avfall i avloppssystem, deponering eller pro-dukter som inte används i jordbruket. Det finns behov av en mer de-taljerad utredning av dessa växtnäringsflöden.

Vad gäller hushållsavfallet uppskattas att en tredjedel av vik-ten består av matavfall. Flera kommuner i landet har satt igång med källsortering och lokal kompostering. Det förekommer nu också in-samling av organiskt avfall och rötning för biogasframställning. Röt-resterna med sitt värdefulla innehåll av växtnäring återförs till jord-bruket. Av denna komposterbara fraktion av de livsmedelsprodukter som inte äts upp går dock ännu det allra mesta av växtnäringen förlo-rad i dagens traditionella sophanteringssystem och någon återföring till jordbruket sker inte. Detta växtnäringskapital torde till väsentlig del anrikas vid deponeringsanläggningar.

Resten av växtnäringen i livsmedelsprodukterna går i dag ut via avloppssystemen och reningsverk, varav en mindre del återförs till jordbruket genom slamspridning. Under perioden 1990 – 1995 och till i dag har slamspridningen ökat något i omfattning, trots att fortfa-rande betydande kritik riktas mot de föroreningar som kan förekom-ma av kemikalier från industrin, näringslivet, dagvattenavlopp och hushållen. Till detta kommer den hygieniska aspekten och risker för spridning av hormonpreparat, antibiotika och, till följd av medicin-användning även genetiskt modifierade organismer.

FRAMTIDA VÄGAR TILL BÄTTRE RESURSHUSHÅLLNING OCH MINIMERAD MILJÖBELASTNING

Ett gårdsexempel

Åren 1987 – 1989 studerades ett flertal gårdar som lades om från konventionell drift till ekologisk odling. En av dessa gårdar får här åskådliggöra hur en förändring är möjlig från en drift med traditionella insatser av handelsgödsel, så som exemplifierats i de tidigare avsnitten till en drift helt utan inköp av handelsgödselmedel och starkt reducerade inköp av fodermedel.

Gården är belägen i Uppland inom Svealands slättbygder. Gården omfattar 65 ha åker varav 2 – 3 ha används till permanent bete. Det har alltid funnits djur på gården men dock i liten omfattning åren före omläggningen. En ny besättning införskaffades 1987. Driftsriktningen sedan 1987 är mjölkproduktion, självrekryterande slaktsvinsproduktion (utegrisar) samt växtodling med både brödsäd och någon fältmässig grönsaksodling.

Jordarnas växtnäringstillstånd är normala för regionen. Kaliumtillstånden är i allmänhet goda (klass III och däröver), medan fosforyrderna på några skiften är lägre än klass III. Några skiften hade pH-värden under sex vid markkarteringen 1982.

Gården är väl lämpad för spannmålsodling. Vårvete går bra på gårdens jordar. Den bästa grödan är oljevaxter. Ärtor kan betala sig bara vissa år. Brukaren strävar efter att minska markpackningen genom att använda dubbelmontage eller twindäck både på traktorn och tröskan.

Växtodlingens utformning bestäms i hög grad av djurhållningen och dess foderbehov. Därutöver tas hänsyn till både ekonomiska (avsättning och lönsamhet) och biologiska förutsättningar (jordarter, klimat, ogräs, skador och sjukdomar). Följande överväganden ligger till grund för växtföljdens utformning:

- Vallodling på halva arealen för att bygga upp och vidmakthålla god markbördighet och samtidigt motsvara grovfoderbehovet för 17 mjölkkor med rekrytering.
- En tredjeårsvall i växtföljden för att ge ett mer gräsrikt hö.
- En ettårig vall för att utnyttja en sådan valls höga förfruktsvärde.
- Avsalugrödor i form av höstveten eller vårveten på cirka en fjärdedel av arealen med starka förfrukter.
- Ett år i växtföljden med möjlighet till trädesbruk mot ogräs.
- Växtföljden skall motsvara de allmänna principer som gäller för ekologiskt lantbruk vad gäller växling mellan fleråriga, höstsådda samt vårsådda grödor.

Åtta skiften skapades för att passa en åttaårig växtföljd. Utanför skiftesplanen ligger beten. Följande växtföljd planerades:

- korn/havre + insådd
- vall I
- vall II
- vall III
- höstvetes/vårvetes (råg)
- ärt och ärt/havreensilage
- havre/korn + insådd
- vall I (till ensilage eller grönfoder)
- korn/vårvetes, höstvetes.

Andelen omlagd areal ökade från 2,8% år 1987, till 24% år 1988 och 51% år 1989. Medräknas karensarealerna, som inte heller fått någon kemisk behandling, blir siffrorna 24, 51 och 75% mot planerat 13, 19 och 58%. Omläggningstakten har alltså varit cirka en fjärdedel av arealen varje år med uppnådda tre fjärdedelar av arealen 1989. År 1991 var hela gården omlagd.

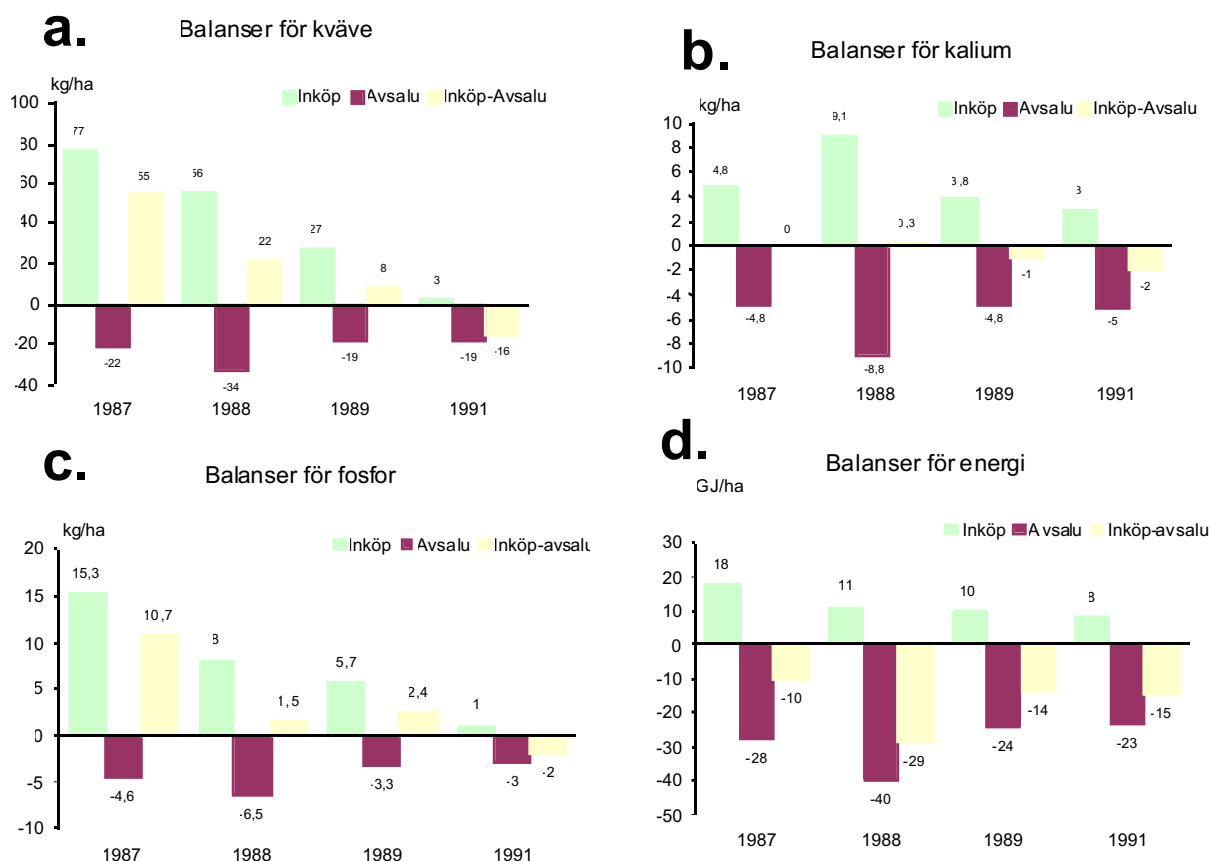
Av de skiftesvisa studierna har det framgått att växtnäringen, och då framför allt kväve, varit en begränsande faktor på en del av skiftena, innan växtföljden med dess förfruktseffekter börjat fungera. Totalbalanser på hela gården har visat att till en början betydligt mera växtnäring har tillförts än bortförts. Av figurerna 13 a, b, c och d framgår emellertid hur skillnaden mellan tillförd och bortförd kväve, fosfor, kalium och energi successivt avtagit, så att bortförseln till och med blivit större än tillförseln för kalium 1989. Vid helt utebliven tillförsel av växtnäring blir nettobortförseln av kväve, fosfor och kalium i storleksordningen 20,3 och 5 kg per hektar (prognos för 1991). Kvoten mellan tillförd och bortförd energi har förändrats mellan åren från kvoten 1,6 år 1987 till 3,5 år 1988 och ett ånyo något sämre utbyte 1989 på 2,4, sammanhängande med en generellt lägre produktion detta år. Beräkning av växtnäringsflödena har genomförts för de tre studieåren.

Växtnäringsbalanserna visar på ett avtagande överskott för kvävet om man jämför tillförsel genom inköp med avsalu. Det minskade inköpet av handelsgödselkväve kompenseras av den ökande klöverandelen och kvävefixeringen i vallarna. Detta har inneburit en måttlig reducering av produktionen om man jämför avsalu av kväve i livsmedelsprodukter 1989 med 1987. Övergången till självförsörjning med kväve synes inte ha lett till en lägre skörd av kväve räknat i kg per hektar. Detta beror dock till en del på den ökande andelen vall och kväveskördarna i dessa.

Trots avtagande överskott för fosfor och kalium är det endast kalium som har ett underskott beräknat för hela gården när 75% av gården odlas utan handelsgödsel. Även vid en total omläggning är nettoutflödet marginellt i förhållande till förråden. Detta är möjligt tack vare den stora andelen växtnäring som cirkulerar inom gården enligt figurerna. Denna högre grad av självförsörjning med växtnäring samt solbaserad självförsörjning med kväve är också förklaringen till det höga energiutbytet. Resultaten överensstämmer väl med den tidigare

sjuåriga studien av kväveförsörjningen i ekologisk odling (fig. 12).

Stegvis har här insatsen av växtnäring kunnat reduceras samtidigt som förlusterna till den omgivande miljön också minskat. Efter omlägningsperioden har situationen blivit den omvända mot dagens konventionella jordbruk. Avsalu av växtnäring är större än inköpen. De genom en god recirkulering av växtnäring begränsade nettouttagen av mineralämnen kan erfarenhetsmässigt täckas av markvittringen på denna typ av jordar och den här begränsade bortförseln av kväve och kväveförluster finansieras av den biologiska kvävefixeringen genom klöverandelen i vallarna. Den största förluskällan i ett sådant ekologiskt jordbruk är kväveförlusterna till luften i stallgödselhanteringen. Detta är ett område som kräver ett fortsatt utvecklingsarbete. Ytterligare åtgärder krävs för att ännu bättre anpassa odlingsåtgärderna och för att minimera kväveförlusterna från marken. Detta gäller särskilt på lättare jordar i södra Sverige.



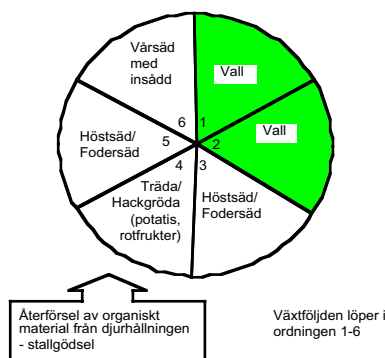
Figur 13. Upplandsgård under omläggning från konventionell till ekologisk odling 1987 – 1991. a. Balanser för kväve. b. Balanser för kalium. c. Balanser för fosfor. d. Balanser för energi. (Tillförsel av inköpt hjälpenergi i form av drivmedlet elkraft, fodermedel och energi som åtgått för framställning av förnödenheter som handelsgödselmedel.

ETT RECIRKULERANDE, RESURSHUSHÅLLANDE OCH MILJÖVÄNLIGT SVENSKT JORDBRUK

Grundprinciperna

Den genomförda analysen av växtnäringens flödena i svenskt jordbruk samt de anförda gårdsexemplen kan ligga till grund för följande principer för ett resurshushållande jordbruk:

- *Hushållning med kväve och övrig växtnäring* genom största möjliga recirkulation av växtnäring inom agroekosystemet samt genom optimalt utnyttjande av markens egen växtnäringsslevererande förmåga. Grödornas växtnäringssupptag kommer till största delen djurhållningen tillgodo. Av denna växtnäring avges 60 – 90% av djuren i form av stallgödsel och urin och måste återföras till marken med minsta möjliga förluster. För detta krävs en djurhållning som är anpassad till arealen både lokalt, regionalt och i hela landet samt att stallgödselns växtnäringssinnehåll tas väl tillvara. I den utsträckning det är möjligt bör även växtnäringen i de livsmedelsprodukter som levereras till samhället recirkulera till jordbruket.
- *Växtnäringens omlopp – både fastläggning och frigörelse av kväve och övrig organiskt bunden växtnäring* – måste regleras så att tillgången på näring så långt som möjligt står i överensstämmelse med grödornas behov. Då kan också förlusterna till omgivningen hållas på en mycket låg nivå. Till exempel är det viktigt med fleråriga vallar av både gräs och klöver för att inte få en alltför snabb tillgång på kväve när man bryter vallodlingen. Valet av gröda, tekniken för jordbearbetning och tidpunkten för olika odlingsåtgärder måste anpassas till klimat- och jordförhållanden. En så stor andel som möjligt av marken skall vara bevuxen under höst- och vinterperioden.
- *Tillförsel av kväve* kan ske med mindre förbrukning av fossil energi genom att baljväxterna utnyttjas för kvävefixering. Sådan ”sol-baserad” kväveförsörjning förutsätter vallodling med stort inslag av baljväxter på minst en tredjedel av åkerarealen. Det markbundna förrådet av växtnäring kan utnyttjas bättre genom odling av växter med djupgående rotsystem och genom att markens mikroliv stimuleras.



Figur 14. Principskiss av en vanlig sexårig växtföljd vid ekologisk odling.

Figur 14 åskådliggör den principiella växtföljden för en gård som drivs enligt de här angivna principerna med vallbaljväxter på minst en tredjedel av arealen och fodergrödor som totalt omfattar 80% av odlingsytan (genomsnittet i svenskt jordbruk). En förändring av jordbruket enligt de här beskrivna grundprinciperna innebär:

- Kreaturslösa gårdar måste antingen skaffa egna djur – som motsvarar gårdens egen foderproduktion – eller samarbeta med närliggande

gårdar som har djur. Gårdar med intensiv djurhållning måste minska antalet djur så att de motsvarar gårdens foderproduktion. Dessa två åtgärder leder till att vi får balans mellan växtodling och djurhållning. Det blir också en bättre regional balans i djurhållningen än vi har idag. Totalt sett i hela landet blir dock djurtätheten i jordbruket ungefär som dagens genomsnitt. Härigenom åstadkoms även en bättre omvårdnad och en drägligare djurmiljö.

- För att helt kunna undvara inköp av handelsgödselkväve skulle baljväxtdominerad vallodling behöva införas på ungefär 30% av samtliga gårdars åkerareal.
- Alla gårdar måste eftersträva en väl genomtänkt växtföljd, som är anpassad till de naturgivna förutsättningarna där den aktuella gården ligger. Inom ramen för denna kan uppbyggnaden och nedbrytningen av det organiskt bundna kvävet regleras genom väl anpassade bruksåtgärder. För att undvika angrepp av skadeinsekter, svampsjukdomar och ogräs är den varierade växtföljden också helt avgörande.

Självfallet förutsätter sådana förändringar att ekonomiska möjligheter skapas för den här åsyftade förbättrade miljö- och resurshushållningen i jordbruket.

Framtidsbilden

Två genomgripande förändringar av jordbrukets struktur och utformning skulle behövas för förverkligande av de principer som här har angetts:

- En fördelning av djurhållning mellan olika regioner, inom regioner och mellan enskilda gårdar. Det är endast lokalt en samverkan mellan gårdar är möjlig så att en eller flera granngårdar kan ha ett utbyte av foder och gödsel.
- En fördelning av vallodlingen och en förändring av denna så att alla gårdar har minst en tredjedel baljväxtvall i växtföljden i enlighet med den principiella växtföljden i figur 14.

Med utgångspunkt från dessa principer kan man göra beräkningar av hur ett resurshushållande ekologiskt framtida jordbruk skulle kunna se ut. Därvid måste man noga beakta de skilda produktionsförutsättningar som råder i olika delar av landet med hänsyn till klimat och jordar. Erfarenheterna från det ekologiska jordbruket är ett viktigt grundmaterial.

En omfördelning av djurhållningen mellan länen, inom länen och ned på lokal nivå skulle innebära en betydande strukturförändring inom landets jordbruk (se fig. 7c). En normering av djurintensiteten över hela landet till motsvarande landets genomsnitt skulle innebära en halvering av djurintensiteten i de mest djurintensiva länen som Blekinge, Kristianstads och Hallands län. För att gynna en sådan förändring skulle helt bestämda jordbrukspolitiska åtgärder behövas.

Om alla gårdar odlade vall på minst en tredjedel av åkerarea-

len skulle det för hela landet innebära en vallodling på 45% av Sveriges åkermark mot i dag 31%. Dessutom skulle vallarealen behöva omfördelas inom landet, så att vallen ökar i slättbygdsområdena och på de gårdar där man idag driver jordbruk med ensidig spannmålsodling.

Av landets jordbruksareal finns idag 10% i Norrland, där man får räkna med en fortsatt stor vallareal (70%). Även i landets skogsbygdsområden bör man räkna med att andelen vall kommer att ligga högt, omkring 55%.

I gengäld kan man räkna med lägre vallandel i södra Sverige, där kvävefixerande baljväxter som gröngödslings- och mellangrödor kan ersätta odling av vallfoder.

Typiska växtföljder och vad de innebär för vallarealens omfattning i de olika produktionsområdena (här sammanförda till områdena Norrland, skogsbygd, mellanbygd och slättbygd) framgår av tabell 2 och figur 15.

En beräkning har gjorts av den framtida odlingen av brödsäd, fodersäd och vall i ett framtida jordbruk, anpassat till de även i slättbygdsområdena mera valldominerade växtföljderna (tabell 3). I tabell 3b har beräkningar gjorts av den omfördelning som skulle behöva ske av animalieproduktionen vid en ökad andel grovfoderbaserad djurhållning. Beräkningarna bygger på svensk jordbruksstatistik för perioden 1990-1995 vad gäller produktion, konsumtion och handelsbalans rörande jordbruksprodukter. Spannmålsproduktionens storlek i ekologisk drift har beräknats till 80% av de svenska genomsnittsskördarna i dag.

I den alternativa modellen blir det ingen överproduktion av spannmål. Om brödsäd odlas på 9% av arealen motsvarar det dagens konsumtion i Sverige av brödsäd och övrig spannmål (om man räknar de lägre skördarna per hektar i ett alternativt/ekologiskt jordbruk). Varken nedläggning av åker eller ekonomiska bidrag till träda behövs. All åker kommer till användning när vallarealen ökar och spannmålsproduktionen blir lägre.

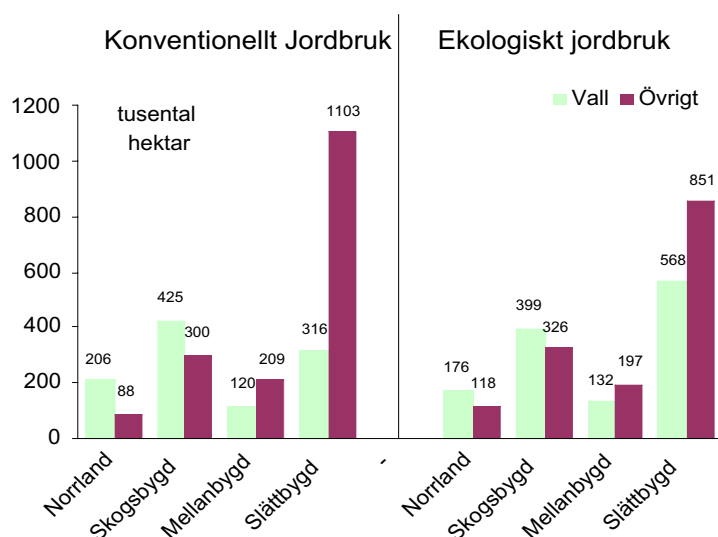
Beredskapslagring för att klara en avspärrning med begränsad tillgång på produktionsmedel skulle inte behövas i samma utsträckning. Å andra sidan krävs en viss överlagring för att balansera års- och månsvariationerna.

En lägre produktion av fodersäd och en större vallareal gör det nödvändigt att minska produktionen av slaktsvin och fjäderfä med en tredjedel. Denna djurhållning bygger helt på spannmålsbaserat kraftfoder och är ofta förlagd till mycket djurintensiva gårdar. Som ersättning för denna minskning av griskött- och fjäderfäproduktionen behöver den grovfoderbaserade köttproduktionen öka i motsvarande grad. Kalkylen baserar sig alltså på en animalieproduktion som är lika stor som dagens köttkonsumtion. En lägre animaliekonsumtion skulle leda till frigörelse av odlingsareal för annat än livsmedel för inhemsk konsumtion.

Region	Åkerareal	Typväxtföljd (hektar)	Andel vall (procent)
Norrland	294 000	Vall Vall Vall Stråsäd Stråsäd / grönfoder	70
Svealands och Götalands skogsbygder	725 000	Vall Vall Vall Stråsäd Stråsäd Stråsäd / grönfoder	55
Svealands och Götalands mellanbygder	329 000	Vall Vall Stråsäd Stråsäd / ärt / etc. Stråsäd Stråsäd / grönfoder	40
Götalands norra slättbygder och Götalands södra slättbygder	1 419 000	Vall Vall Stråsäd Stråsäd Ärter / bönor / rotfrukter Stråsäd	40
SUMMA	2 767 000		45

Tabell 2. Områdesvis fördelning av arealer i hektar (1988) och typväxtföljder i ett ekologiskt lantbruk, samt andelen åkerareal som skulle odlas med vall i ett fullt genomfört framtida resurshushållande jordbruk.

Figur 15. Arealen vall och övrig åkermark i konventionellt jordbruk (1995) och i ett framtida ekologiskt lantbruk.



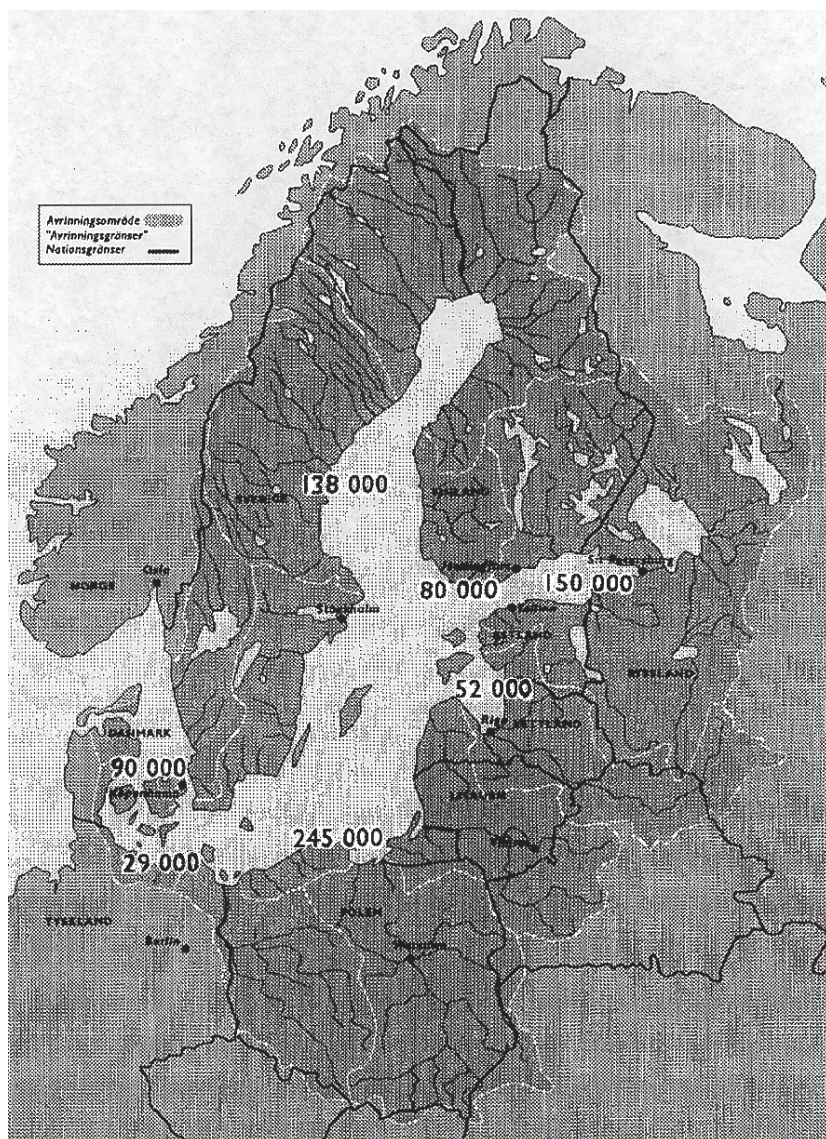
a. Växtodlingen

	Åkerareal				Totalskörd per år, milj. kg	
	Konventionell odling, ha	%	Ekologisk odling, ha	%	Konventionell odling	Ekologisk odling
Brödsäd	305 000	11	250 000	9	1 550	850
Fodersäd	803 000	29	830 000	31	2 950	2 550
Vall	1 080 000	39	1 250 000	45		
Övrigt	582 000	21	450 000	16		
Totalt	2 770 000		2 770 000		4 500	400

b. Animalieproduktionen

Animalieproduktionen, milj. kg per år (1990-1995)		
	Konventionell odling	Ekologisk odling
Mjölk	3 300	3 300
Nöt, får mm	151	200
Fläsk	310	210
Fjäderfä	64	30
Ägg	109	100
Totalt	3 934	3 840

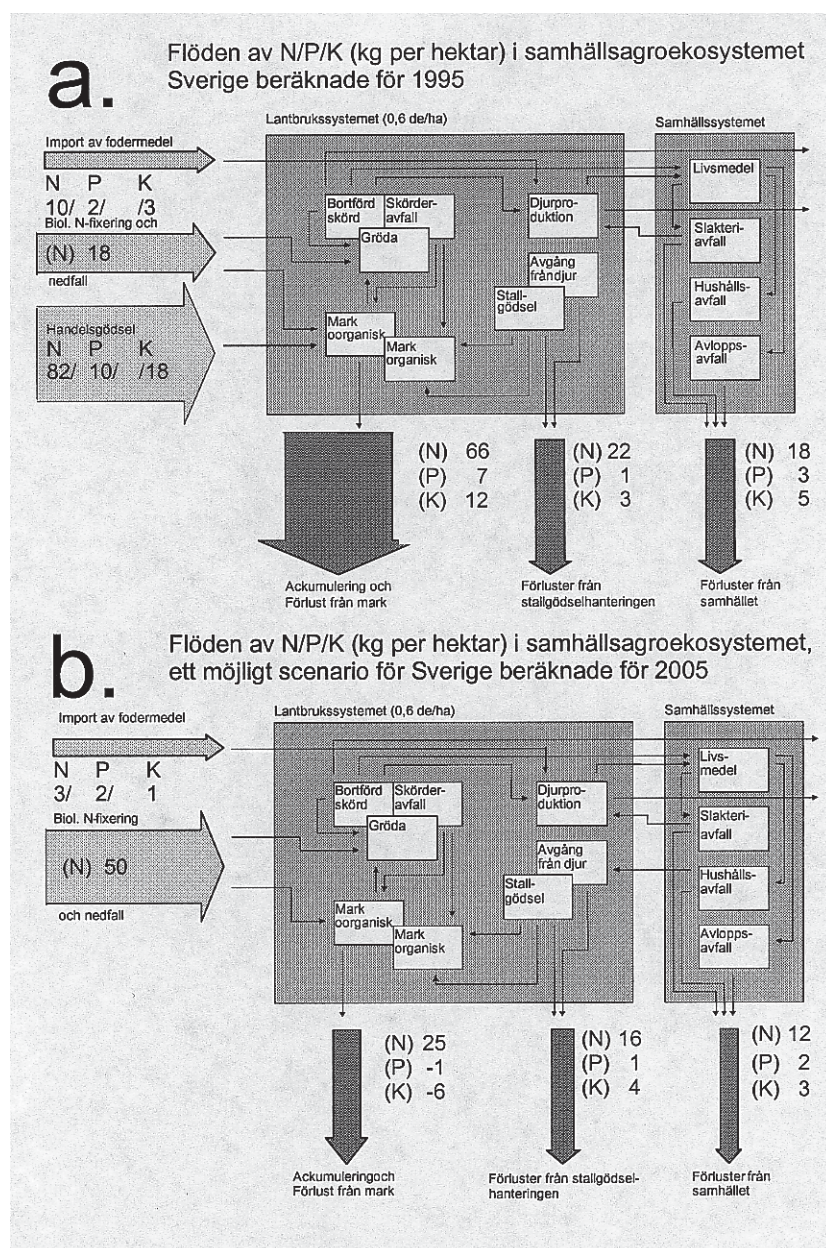
Tabell 3. Svenskt jordbruk 1995 i konventionell och kalkylerad ekologisk drift.



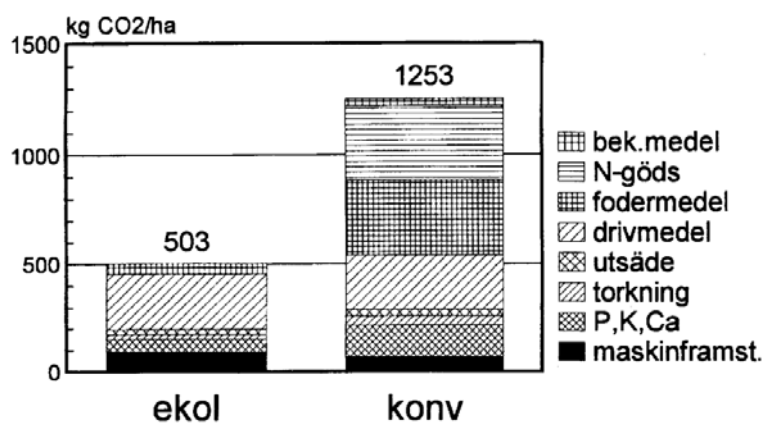
Figur 16. Kväveförlusterna från länderna till Östersjön (HELCOM, 1990).

Två grundmotiv

De här föreslagna förändringarna ses av författarna av denna skrift som nödvändiga för att förverkliga den halvering av kväveförlusterna från jordbruk och samhälle som länderna runt Östersjön satt upp som mål. Figur 17 a beskriver år 1995. Figur 17 b visar ett framtidsscenario hur det skulle kunna se ut med en halvering av förlusterna till följd av en ökad recirkulering och därmed mindre tillförsel av växtnäring till jordbruket. För detta krävs en omställning av jordbruket i enlighet med vad som här beskrivits. Detta skulle också innebära en mindre användning av fossil energi i jordbruket. I figur 18 återges en undersökning från institutionen Organischen Landbau, Rheinische Friedrich Wilhelms Universität i Bonn där man har arbetat med jämförande systemstudier vad gäller jordbrukets "klimatleverans" (Haas et al 1995). Dessa studier visar att det ekologiska jordbrukets koldioxidbelastning är 60% lägre än det genomsnittliga konventionella jordbrukets och att effektiviteten av insatt koldioxid i förhållande till genom växterna bunden koldioxid är ungefär dubbelt så hög.



Figur 17. Växtnäringsflöden och förluster a. i dagens jordbruk och b. ett alternativ vid omläggning av svenskt jordbruk i enlighet med vad som här beskrivits.



Figur 18. Koldioxidutsläpp från direkt (drivmedel) indirekt (bekämpningsmedel, N-gödsel, o.s.v.) energianvändning i ekologiskt och konventionellt jordbruk (Haas et Al. 1995).

LITTERATUR

- Brink, N., 1990. *Land Use Changes in Europe. Processes of Change Environmental Transformations and Future Patterns* (ed. FM. Brouwer, A.J. Thomas & M.J. Chadwick). London: Kluwer Academic Publishers.
- Claesson, S. & Steineck, S., 1991. *Växtnäring / hushållning - miljö* (Sveriges lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 41). Uppsala.
- Claesson, S., Granstedt, A., Gustavsson, A. & Steineck, S., 1991. *Kväveflöden i jordbruket, överflöd eller hushållning* (Aktuellt från lantbruksuniversitetet, Allmänt 399). Uppsala.
- Granstedt, A., 1995. *Studies on the flow and supply and losses of nitrogen and other plant nutrients in conventional and ecological agriculture systems in Sweden*. Biological Agriculture and Horticulture, vol. 11, no. 1-4, s. 51-67.
- Granstedt, A., 1998. *Ekologisk odling i framtidens kretsloppssamhälle*. Naturskyddsföreningen förlag.
- Granstedt, A., 1990. *Fallstudier av kväveförsörjning i alternativ odling*. Avhandling (Sveriges lantbruksuniversitet, Forsknings- och försök-nämnden för alternativ odling 4). Uppsala.
- Granstedt, A. & Naess, H., Opublicerat. Studier av gårdar under omläggning i Mellansverige.
- Granstedt, A. & Westberg, L., 1992. *Växtnäringsflöden och naturresurs-hushållning i svenskt jordbruk och samhälle - nuläge och framtids-möjligheter, en förstudie*. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för ekologiskt lantbruk. Uppsala.
- Granstedt, A., Lund, U., Rölin, Å., Bovin, H. & Brorsson, K. A., 1998. *Ekologiskt lantbruk*. LT:s förlag.
- Haas, G., Geier, U., Schulz, D. G. & Köpke, U., 1995. *Vergleich Konventioneller und Organischer Lanbau*. Klimarelevanz des Agrarsektors der Bundesrepublik Deutschland: Reduzierung der Emission von Kohlendioxid. Berichte über Landwirtschaft 73, 401-415.
- Jansson, S. L., 1983. *Kväve- och fosforbudget för två regioner i Sverige (Malmöhus- och Värmlands län) med särskild hänsyn till jordbrukets roll*. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift, suppl 18, s.9-3. Stockholm.
- Jordbruksstatistisk årsbok 1996*. Statistiska Centralbyrån. Stockholm.
- Jönsson, E., 1990. *Hur mycket växtnäring finns i fjäderfägödseln?* (Sveriges lantbruksuniversitet, Konsulentavdelningens rapporter, Husdjur 10).
- Kirchmann, H. & Witter, E., 1991. *Växtnärings-mängder i husdjurs-gödsel och tätortsavfall - potentiell recirkulation*. *Lantbrukskonferensen 1991* (Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Info/ Rapporter, Allmänt 175). Uppsala.
- Lundin, G., 1988. *Ammoniakavgång från stallgödsel*. (Jordbrukstekniska institutet, JTI-rapport 94). Uppsala.

- Simonsson, A., 1990. *Omsättning av kväve, fosfor och kalium i svinprodukter* (Sveriges lantbruksuniversitet. Konsulentavdelningens rapporter, Husdjur 1). Uppsala.
- Sobelius J. & Granstedt, A., 1992. *Omläggning till ekologiskt lantbruk. Del 1 En litteraturstudie* (Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för ekologiskt lantbruk). Uppsala.

SUMMARY

Agreements to halve the quantity of nutrients reaching the marine environment by 1995 were made within the Helsinki Commission (base year 1987) and at the North Sea Conference/Paris Commission (base year 1985). This goal has not been achieved. Agriculture has contributed substantially to an increase in nutrient leaching. From 1950 to 1980, the inputs of nitrogen, phosphorus and potassium in the form of inorganic fertilizer increased strongly in relation to their outputs in the form of agriculturally produced foodstuffs such as milk, meat and bread grain in Sweden. After 1980 the surplus of nitrogen remained at the same level. A comparison of the nitrogen surplus in the agricultural system for 1995 with that in 1990 shows that it increased from 86 kg N ha⁻¹ to 89 kg N ha⁻¹. Based on the results of these studies it was concluded that the local and regional specialization of farms is one important reason for the high losses of plant nutrients: One type of farm specializes in crop production based on the use of artificial fertilizers, while the other specializes in animal production with high inputs of purchased fodder and a surplus of plant nutrients in the form of ineffectively utilized manure from the animals.

In this publication, examples are presented showing that it is possible to conserve and minimize the losses of nitrogen and other plant nutrients through careful recycling within the agro-ecosystem. However, to achieve high levels of production and recycling efficiency, there needs to be a good balance between the intensity of animal production and crop production hectarage at the local, regional, and national levels.

I denna serie har utkommit:

1. Næss, H. 1988. Alternativ odling på Ekenäs gård. Biologiska och ekonomiska konsekvenser.
 2. Brorsson, K-Å. 1989. Ekonomiska effekter av omställningsbidrag till alternativ odling.
 3. Andersson, M. 1989. Alternativodlade köksväxter – en expanderande marknad.
 4. Granstedt, A. 1990. Fallstudier av kväveförsörjning i alternativ odling.
 5. Granstedt, A. 1990. Proceedings of Ecological Agriculture. NJF-Seminar 166. March 1990. Sektion XI – Miljövård.
 6. Granstedt, A. 1990. Nödvändigheten av en naturresursbaserad jordbrukspolitik och hur en sådan kan förverkligas.
 7. Svensson, I. 1991. Statligt stöd till alternativ odling 1989. En enkätundersökning.
 8. Rydberg, T. 1991. Ogräsharvning – inledande studier av ogräsharvning i stråsäd.
 9. Günther, F. 1991. Jordbruk och bosättning i samverkan – en lösning på miljöproblemen.
 10. Sobelius, J. & Granstedt, A. 1992. Omläggning till ekologiskt lantbruk. Del I. En litteraturstudie.
 11. Sobelius, J. 1992. Omläggning till ekologiskt lantbruk. Del II. Biodynamiskt lantbruk i Skåne, Blekinge och Halland.
 12. Nilsson, E. & Salomonsson, L. 1991. Agroecosystems and ecological settlements. Colloquium in Uppsala, May 27th – 31th. 1991.
 13. Höök, K. & Wivstad, M. 1992. Ekologiskt lantbruk inför framtiden. 1991 års konferens om ekologiskt lantbruk, 12 – 13 november 1991.
 14. Granstedt, A. 1992. Nordisk forskar- och rådgivarträff i Öjebyn den 8 – 9 augusti 1991. Studieresa till ekokommunen Övertorneå den 10 augusti 1991.
 15. Höök, K. 1993. Baljväxter som grüngödslingsgröda. En kartläggning av arter och sorter i fältexperiment.
 16. Ekblad, G. & Ekelund Axelsson, L. & Mattsson, B. 1993. Ekologisk grönsaksodling – En företagsstudie.
 17. Höök, K. & Sandström, M. 1994. Konferens Ekologiskt lantbruk. Uppsala den 23 – 24 november 1993.
 18. Mathisson, K. & Schollin, A. 1994. Konsumentaspekter på ekologiskt odlade grönsaker – en jämförande studie.
 19. Ekblad, G. 1998. Utvärdering av odlingsåtgärder för ekologisk grönsaksproduktion – undersökningar inom forskningsprogrammet "Alternativa produktionsformer inom trädgårdsnäringen".
 20. Sundås, S. 1996. Konferens Ekologiskt lantbruk. Uppsala den 7 – 8 november 1995.
 21. Pettersson, P. 1997. Forage quality aspects during conversion to ecological agriculture. A study with multivariate and near infrared spectroscopy.
 22. Gäredal, L. 1998. Växthusodling av tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) i avgränsad odlingsbädd, baserad på näringsresurser från lokalt producerad stallgödselkompost och grönmassa.
 23. Eksvärd, K. 1998. Från idé till samverkan – en undersökning av möjligheterna att lägga om systemen för toalett- och organiskt hushållsavfall i Fornbo.
 24. Eksvärd, K. 1998. Mjuka starter och ödmjukt deltagande – nödvändiga inslag i processen uthålligt lantbruk?
- (Nr 25 – 27 under bearbetning)
28. Ekologiskt lantbruk, 10 – 13 mars 1998, Konferensrapport. 1999.

Växtnäringens flöde genom jordbruk och samhälle - vägar att sluta kretsloppen

Förutsättningar måste skapas för recirkulering av växtnäring mellan växtodlingen och djurhållningen samt mellan jordbruket och det övriga samhället. I denna rapport redovisas länsvis en kartläggning av växtnäringsflödena i dagens jordbruk och samhälle samt förlustvägarna. Projektet har finansierats av Forskningsrådsnämnden och SJFR.

Skillnaden mellan tillförsel och bortförsel av växtnäringen inom jordbruket innebär en kostnad både för samhället och för bonden samt en betydande skadlig belastning på den omgivande miljön. Även den växtnäring som bortförs från jordbruket till övriga samhället innebär en betydande miljöbelastning, när fosfor och kväveföreningar kommer ut i vattendrag, sjöar och kustnära hav i stället för att återföras i det biologiska kretsloppet tillbaka till jordbruket.

När det gäller kväve innebär tillförseln av handelsgödsel till jordbruket också ett betydande behov av hjälpenergi, som åtgår för industriell fixering av atmosfäriskt kväve. Förbättrad återföring av växtnäringskapitalet och utnyttjande av vall med baljväxter leder till en minskad förbrukning av handelsgödsel och ändliga resurser samt minimerad belastning på miljön. Men det kräver en betydande omstrukturering av jordbruket med en förbättrad regional fördelning av djurhållningen samt valodling även inom slättbygdsområdena. Hur ett sådant framtida jordbruk kan se ut diskuteras avslutningsvis.

Författare är Agr. dr Artur Granstedt, tidigare statskonsulent i ekologiskt lantbruk vid Sveriges lantbruksuniversitet. Lotten Westberg, växtodlingsagronom och Paul Granstedt, försöksassistent vid Stiftelsen Biodynamiska Forskningsinstitutet i Järna har medverkat i resultatsammansättningen och bearbetningen av det omfattande statistiska materialet.



Centrum för uthålligt lantbruk
Box 7047
750 07 Uppsala