

# Kan Skåne uppnå en cirkulär förvaltning av näringsämnen?

En systemanalys över mat- och restströmssystemet i Skåne

---

EMMA ENSTRÖM 2021

MVEM12 EXAMENSARBETE FÖR MASTEREXAMEN 30 HP  
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET







**LUNDS**  
UNIVERSITET

**WWW.CEC.LU.SE**  
**WWW.LU.SE**  
**BILDKÄLLA: FOOD AND DRINK PHOTOS**

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning  
Centrum för miljö- och  
klimatforskning  
Ekologihuset  
223 62 Lund

# Kan Skåne uppnå en cirkulär förvaltning av näringsämnen?

En systemanalys över mat- och restströmssystemet i  
Skåne

Emma Enström

2021



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Emma Enström

MVEM12 Examensarbete för masterexamen 30 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Robin Harder, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Extern handledare: David Gustavsson, Sweden Water Research

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning

Lunds universitet

Lund 2021

# Uppsatsbeskrivning: Mervärde och distinktion mellan uppsatserna

Uppsatsen har gjorts i samarbete med Sweden Water Research och fått handledning av David Gustavsson från Sweden Water Research och Robin Harder från Sveriges lantbruksuniversitetet (SLU). Metoden i studien är en modell utvecklad utifrån ett ramverk av Robin Harder. Ramverket och äldre versioner av modellen har tidigare använts i en studie av Robin Harder för Okanagan, Kanada. Ramverket i denna studie utgick från mat- och restströmssystemet i region Skåne och det globala mat- och restströmssystemet som det är kopplat till. Således syftade modellen till att simulera, förenkla, skapa förståelse för systemet. Systemet inkluderade delsystemen jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion, livsmedelskonsumtion och avfallshantering. Arbetet från Sweden Water Research och Robin Harder var komplext nog att det delades upp mellan två studenter; Emma Enström från Lunds universitet och Sharareh Farshchiha från Göteborgs universitet. Mervärdet av att två studenter var delaktiga i uppdraget var möjligheten att inkludera hela mat- och restströmssystemet i modelleringen. Detta bidrog bland annat till en kartläggning av det regionala systemets befintliga självförsörjningsgrad avseende näringsämnen samt kunskap om systemets öppenhet vilket motsvarar graden av näringsberoende regionen besitter gentemot det globala matsystemet och vice versa. Detta bidrog även till en kartläggning av näringstillgänglighet i återvunnet avfall som återförs till jordbruket.

Till en början ämnade denna studie att studera jordbruksdelen av systemet vilket inkluderar produktion och konsumtion inom delsystemen jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion och livsmedelskonsumtion. Sharareh Farshchiha ämnade att studera restströmssystemet, vilket inkluderat avfallshanteringen av avfall från de andra delsystemen; stallgödsel, slakteriavfall, omvandlingsavfall från livsmedelsindustrin, matavfall och mänskligt exkret. Studien nedan testade därmed att modellera jordbruksdelen av systemet enligt Robin Harders ramverk baserat på den tidigare studien för Okanagan, Kanada. Denna metodutveckling visade sig inte vara möjlig att uppnå inom tidsramen för detta masterarbete, bland annat eftersom data skilde sig från data som användes för Okanagan, Kanada. Studien fick därmed ett annat fokus och arbetsfördelningen nedan gjordes:

Emma Enström studerade mat- och restströmssystemet för Skåne och har således

- Samlat in data för jordbruksdelen i av systemet, inkluderat jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion för Skåne och Sverige.
- Utvidgat modellen genom modellering av matavfall inom delsystemet avfallshantering.
- Modellerat, tillsammans med Sharareh Farshchiha, avfallshantering för slakteriavfall och stallgödsel.
- Förstått modellens uppbyggnad, antaganden, begränsningar och förenklingar.
- Testat om modellen producerar rimliga resultat och diskuterat dessa resultat.

Sharareh Farshchiha studerade mat- och restströmssystemet för Sverige och har således

- Insamlat statistik för avfallshanteringen, inkluderat avfall från jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion för Skåne och Sverige.
- Utvidgat modellen genom modellering av avloppsreningsverk inom delsystemet avfallshantering.

Robin Harder har

- Utvecklat modellen för matsystemet i Skåne och Sverige, vilket inkluderar delsystemen jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion.



# Abstract

Nitrogen, phosphorus, and potassium are essential for the survival of humans, animals, and plants. The production and usage of mineral fertilizer has contributed to an over-use of these resources, leakage, and emissions of nutrients. This study aims to simplify and simulate the food system of Scania through a conceptual model. The model maps nutrient flows of N, P and K within the internal food system of Scania as well as connected nutrient flows within the global food system. Moreover, the study investigates the openness of the system, which is the relation between nutrients in organic waste and nutrients in crop yield, as well as the nutrient self-reliance. The result of the study indicates that four out of five million tons crops produced in the region is consumed as food. Moreover, three fourths were exported from Scania. Around 40% N, 16% P and 36% K of the added nutrients ends up in food commodities and the rest largely ends up in manure internally, especially the nutrient K. Around half of the total nutrients in organic residuals are recirculated back to agriculture land. The system openness indicates a decrease of nutrients available in organic residuals in the region. Accordingly, the external system has an increased nutrient availability, which is likely due to the export of crops and thus nutrients from Scania. The self-reliance of the region is low, which also seems to be due to the extensive export of goods. To improve the self-reliance in the internal system, a more extensive recycling of nutrients internally and externally is essential, in combination with recovered nutrients being sent back to the region. This would represent a likewise situation as if all agriculture production would be internalized in the region. Moreover, the model can study future scenarios, for example scenarios with changed populations and diets.

**Keywords:** *Nutrient management, system analysis, Scania, self-reliance*





# Innehållsförteckning

<b>Uppsatsbeskrivning: Mervärde och distinktion mellan uppsatserna .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Innehållsförteckning .....</b>	<b>7</b>
<b>Inledning .....</b>	<b>11</b>
<i>Näringsämnen .....</i>	<i>11</i>
<i>Mat-, avfallssystem och flödesanalys .....</i>	<i>13</i>
<b>Syfte och frågeställningar.....</b>	<b>15</b>
<i>Frågeställningar.....</i>	<i>15</i>
<i>Avgränsningar.....</i>	<i>16</i>
<i>Etisk reflektion .....</i>	<i>16</i>
<b>Metod .....</b>	<b>19</b>
<i>Val av metod .....</i>	<i>19</i>
<i>Substans-, och materialflödesanalys .....</i>	<i>19</i>
<i>Genomförande av metod.....</i>	<i>20</i>
<i>Omfattning .....</i>	<i>20</i>
<i>Näringsämnen .....</i>	<i>20</i>
<i>Systemgränser .....</i>	<i>20</i>
<i>Konceptualisering av näringsflöden .....</i>	<i>21</i>
<i>Fem delsystem.....</i>	<i>21</i>

Kopplingarna mellan delsystemen .....	23
<i>Datainsamling</i> .....	24
Jordbruk.....	24
Boskap.....	24
Livsmedelsproduktion och konsumtion.....	24
Avfallshantering .....	25
<i>Implementering av modell</i> .....	25
Kartläggning av flöden av foder och mat .....	25
Beräkningar av näringsflöden .....	27
<i>Indikatorer avseende självförsörjning av näringsämnen</i> .....	31
Uttag av näringsämnen från skörd och tillsats av gödslingsmedel.....	31
Näring i organiskt avfall.....	31
Öppenhet i systemet.....	32
Självförsörjningsgrad .....	33
<i>Osäkerhet i data</i> .....	33
<b>Resultat</b> .....	<b>35</b>
<i>Mat- och foderflöden</i> .....	35
<i>Näringsflöden och indikatorer</i> .....	36
Tillförsel av näringsämnen genom gödslingsmedel .....	39
Uttag av näringsämnen från skörd .....	40
Näringsämnen i organiskt avfall .....	41
Öppenhet i systemet.....	44
<i>Självförsörjningsgraden av näringsämnen</i> .....	44
<i>Osäkerhet i data</i> .....	46
<b>Diskussion</b> .....	<b>49</b>
<i>Näringsflöden och indikatorer</i> .....	49
Öppenhet i systemet och självförsörjningsgrad .....	51
<i>Osäkerhet i data</i> .....	54
Jämförelse med tidigare studier .....	56
<b>Slutsats</b> .....	<b>61</b>
<b>Tack</b> .....	<b>63</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>65</b>

<b>Bilaga 1 – Ekvationer .....</b>	<b>77</b>
<b>Bilaga 2 – Datakällor .....</b>	<b>81</b>
<b>Bilaga 3 – Osäkerhet i data .....</b>	<b>87</b>



# Inledning

Mänskligheten har under större delen av sin historia påverkats och begränsats av sin lokala och regionala miljö (Sörlin & Warde, 2009; Steffen et al., 2015). Det finns dock flertalet exempel på hur mänskligheten trots det länge har påverkat sin närmiljö, till exempel genom eld och senare genom jordbruk och boskap (Steffen et al., 2007). Under 1700-talet infanns det tidiga industriella samhället vilket möjliggjorde en organisatorisk och teknisk kraft som påverkade den lokala och regionala miljöns kvalitet och stabilitet (Steffen et al., 2007; Steffen et al., 2015). Detta gav i sin tur upphov till de första regleringarna av utsläpp och användning av naturresurser (Steffen et al., 2015). Emellertid finns många lokala och regionala miljöproblem kvar i dagens samhälle (Steffen et al., 2007). Vidare har miljöproblematiken blivit global till den grad att den stabila tidsepoken Holocen, som upprätthåller mänskligheten och det samhälle som vi känner till, har rubbats (IPCC, 2012, 2013; Steffen et al., 2007). Tidsepoken Antropocen har därmed introduceras från sent 1700-tal, vilken definieras av en ökad halt växthusgaser i atmosfären samt den geofysiska kraft och således påverkan globalt som mänskligheten har uppvisat (Crutzen, 2016; Steffen et al., 2007). Det krävs därför ett paradigmskifte för en fortsatt utveckling av samhället samtidigt som jordens fysiska, kemiska och biologiska processer säkerställs (Steffen et al., 2015). EU antog 2015 sin första cirkulära handlingsplan och i juli 2020 beslutade den svenska regeringen om en strategi för omställningen till en cirkulär ekonomi (Europeiska kommissionen, u.å. ; Regeringskansliet, 2020b). En cirkulär ekonomi innebär att jungfruliga resurser ersätts av befintliga, som sedan cirkuleras i giftfria flöden (Regeringskansliet, 2020a). Detta innebär bland annat att näringsämnen ska återföras i den biologiska cykeln (Ellen MacArthur Foundation, 2019; Regeringskansliet, 2020a).

## Näringsämnen

Kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) är av nödvändiga näringsämnen de som behövs i störst mängd för tillväxten och överlevnaden hos växter, djur och människor (Galloway et al., 2002; Gruber & Galloway, 2008; Harder et al., 2020; van der Wiel et al., 2019). Kväve existerar till största delen inert i atmosfären där

en mindre del omvandlas naturligt genom bland annat biologisk fixering till reaktivt kväve, till exempel ammoniak, ammonium, kväveoxider och lustgas (Galloway et al., 2002; German Advisory Council on the Environment, 2015). Fosfor är vanligtvis bundet till syre som fosfat och cirkulerar i ett vattenbaserat och ett landbaserat kretslopp, som tillsammans kan resultera i ett geologiskt kretslopp där fosfor främst existerar som fosforit i berg, med en omloppstid på allt från dagar till miljontals år (Cordell et al., 2009; Nationalencyklopedin, u.å.). Kalium finns också i större mängder i berg (Santos et al., 2017; van der Wiel et al., 2019). I produktionen av industriellt framställt mineralgödsel fixeras kväve från atmosfären till en reaktiv form genom den energikrävande och fossilt baserade processen Haber-Bosch, medan näringsämnen fosfor och kalium bryts från ändliga geologiska resurser (Cordell et al., 2009; Manning, 2015). Ändliga geologiska resurser kommer med tiden bli både svårare och dyrare att utvinna (International Fertilizer Industry Association, 1998). I dagsläget importerar EU ungefär 90% av efterfrågat mineralgödsel där de största producenterna är Kina, Marocko och USA (Europeiska kommissionen, 2020; Svenskt Vatten, 2015). EU har listat bland annat fosfor, som ingår i mineralgödsel, som en råvara av avgörande betydelse vilket innebär att ämnet är ekonomiskt viktigt och utgör en försörjningsrisk (Svenskt Vatten, 2015). Det finns således en växande oro över den framtida tillgängligheten av mineralgödsel (Barquet et al., 2020)

Syftet med att tillsätta gödslingsmedel samt bekämpningsmedel och bevattning, var initialt en ökad avkastningen i jordbruket, vilket i sin tur kunde tillgodose mat till en ökande befolkning (Harder et al., 2021b). Den globala matproduktionen har ökat kraftigt det senaste århundradet genom just användning av industriellt framställt mineralgödsel där återvinningen av näringsämnen blev alltmer obetydlig för en fortsatt hög avkastning (Arizpe et al., 2011; Conforti & Giampietro, 1997; Trimmer et al., 2019). Vidare har en ökad internationell handel med mat och foder samt utvecklandet av specialiserade jordbruk skapat stora linjära flöden av varor och således näringsämnen (Cadillo-Benalcazar et al., 2020; Jones et al., 2013; Nesme et al., 2018; Renner et al., 2020). Vidare leder handel och specialiserade jordbruk till att matproduktion kontrakteras till andra regioner och till följd därav, dess konsekvenser i form av utsläpp och läckage till miljön (Davis & Caldeira, 2010; Meyfroidt et al., 2010). I Sverige tillförs jordbruket näringsämnen genom betes- och stallgödsel, jordförbättringsmedel, avloppsslam, mineralgödsel, rötat biogödsel samt naturligt genom bland annat kvävefixering och deposition (Naturvårdsverket, 2020c; SCB, u.å-g). Skånes yta består till 45% av åker- och betesmark vilket bidrar till hälften av Sveriges produktionen av livsmedel (Region Skåne, 2020; SCB, u.å-e). Förlusten av näringsämnen från jordbruksmark sker i form av erosion, ytavrinning samt genom läckage av lustgas och kväveoxider (Harder et al., 2020; SCB, 2012; Stockholm Resilience Centre, u.å.). Vidare sker det en förlust av näringsämnen via exkretion från människor och djur (Havs- och vattenmyndigheten, 2019; Naturvårdsverket, 2020d). Jordbruk och



avloppsreningsverk står för de enskilt största förlusterna av näringsämnen i södra Sverige (Havs- och vattenmyndigheten, 2019; Naturvårdsverket, 2020d; SCB, 2012). Detta leder till förlust av arter som trivs i näringsfattiga miljöer, förorening av luft och övergödning av framför allt mark, vattendrag och sjöar i Södra Sverige samt centrala Östersjön med igenväxning, algblooming och syrebrist som följd (Glibert et al., 2014; Naturvårdsverket, 2020a; Stockholm Resilience Centre, u.å.). Fosfor- och kvävecykeln har således rubbats genom mänsklig aktivitet (Stockholm Resilience Centre, u.å.). Åtgärder såsom skydds-zoner av permanent växtlighet samt fånggrödor, som sås in i befintlig växtlighet, har delvis resulterat i minskat kväve- och fosforläckage (Havs- och vattenmyndigheten, 2019). För att ytterligare minska extensiva flöden av näringsämnen och uppnå miljökvalitetsmålet Ingen övergödning krävs vidare åtgärder (Havs- och vattenmyndigheten, 2019; Naturvårdsverket, 2020a).

## Mat-, avfallssystem och flödesanalys

Matsystem består av delsystemen primärproduktion, boskapsproduktion, livsmedelsproduktion och matkonsumtion (HLPE, 2017). I moderna matsystem lever en stor del av populationen i urbana områden där höga inkomster, teknikutveckling och infrastruktur tillgängliggör en stor variation av mat i dessa områden (HLPE, 2017). Således går stora flöden av mat från landsbygden till staden, vilket gör att näringsämnen förflyttas från regioner i behov av näringsämnen för jordbruksproduktion (Jones et al., 2013). Separation av djurhållning och jordbruk skapar därtill regionala och lokala skillnader i näringsförlust (Akram et al., 2020; Granstedt, 2000). Vidare menar Harder et al., (2021b) att återcirkulationen av näringsämnen till stor del hämmas av den urbana livsstilen och dess efterfrågan på mat med hög standard, vilket i sin tur bidrar till matavfall vid både produktion och konsumtion. Vidare leder den urbana livsstilen ofta till ofullständig sortering samt ineffektiv avfallshantering (Ordonez et al., 2015). Andra barriärer för en mer fördelaktig återvinning är bristen på kunskap gällande kostnader för återvinning av näringsämnena samt bristen på storskalig implementering av tekniska lösningar av avlopps- och avfallsanläggningar (Akram et al., 2020; Andersson et al., 2016; Barquet et al., 2020; Cobo et al., 2019). Enligt Akram et al. (2020) har Sverige potential att återvinna en stor del av sina näringsämnen inom mat- och restströmssystemet och således minska sitt beroende av mineralgödsel. För att säkerställa både en lokal och en global säkerhet beträffande näringsämnen bör regioner ta hänsyn till hur behovet av varor och foder tillgodoses genom handel och således hur handelspartners förvaltar näringsämnen (Nesme et al., 2016). Förvaltningen kan exempelvis innebära återvinning av slam, avloppsvatten och matrester vilket har potential att återföra näringsämnen till

jordbruket (Harder et al., 2021b; Trimmer et al., 2019). Vidare kan regionala skillnader i näringsflöden korrigeras för att på så vis undvika läckage alternativt brist på näringsämnen i regionerna (Akram et al., 2020; Harder et al., 2021b; Withers et al., 2020).

Material- och substansflödesanalys används i syftet att kartlägga och beskriva processer och flöden av material eller grundämnen som transporteras eller omvandlas inom ett geografiskt och tidsmässigt definierat system (Brunner & Rechberger, 2004; OECD, 2008). Flödesanalys kan bidra till en förståelse för drivkrafter bakom flöden samt barriärer och möjligheter för mer hållbara flöden (Harder et al., 2021b). Harder et al., (2021b) beskriver i sin studie de två vanligaste avgränsningarna för flödesanalyser, den "territoriella" flödesanalysen, som utgår från ett geografiskt område, och "fotavtrycket", som följer flöden utifrån exempelvis mängden konsumerad mat i ett område. Avgränsningarna utesluter dock exporterad mat vilket ger upphov till avfall i andra regioner och således näringsförlust i den egna. Likaså ger mat och foder som importerats till en region upphov till näringsförlust i andra regioner (Harder et al., 2021b). Enligt van der Wiel et al. (2019) är det ovanligt att flödesanalyser för livsmedelssystem inkluderar flertalet näringsämnen, exempelvis N, P, K trots att de är likvärdigt viktiga för jordbruket. Orsaken förmodas vara komplexiteten i en sådan analys samt osäkerhet i data. Vidare menar studien att alla sektorer samt lokala och tekniska omständigheter måste inkluderas för att kunna analysera cirkulära flöden. Utvecklandet av politiska åtgärder och således en bättre förvaltning kräver kunskap om näringsflöden inom olika geografiska områden och inom olika system (Chowdhury et al., 2014). Genom att kombinera avgränsningarna nämnda ovan kan man enligt Harder et al., (2021b) få en mer heltäckande bild av näringsflöden i ett system. Vidare kan man genom att inkludera en specifik region i det globala matsystemet, uppskatta regionens befintliga och framtida behov av gödslingsmedel samt näringscirkulation och således om det finns potential för regionen att vara självförsörjande på näringsämnen (Harder et al., 2021b).

# Syfte och frågeställningar

Studien syftar till att kartlägga flöden av N, P och K inom region Skånes mat-, jordbruks- och restströmssystem, kopplat till det globala systemet och dess näringsflöden. Mat- och restströmssystemet består således av ett internt system, Skåne, och ett externt system som är det globala matsystemet kopplat till regionen. Vidare syftar studien till att studera öppenheten i systemet, vilket är tillgänglig mängd näringsämnen i organiskt avfall delat med mängd näringsämnen i skördeuttag. Öppenheten i systemet är öppenheten mellan det interna och det externa systemet och skapar en förståelse för hur handeln med varor påverkar tillgången på näringsämnen i en region (Harder et al., 2021a). Studien syftar även till att studera den interna och externa självförsörjningsgraden, vilket beskrivs genom näringsämnen i återvunnet organiskt avfall delat med tillförsel av näringsämnen till jordbruket genom gödslingsmedel. Självförsörjningsgraden av näringsämnen beskriver huruvida näringsbehovet i regionens jordbruk långsiktigt täcks av återvunna näringsämnen från organiskt avfall och således om regionen har ett över- eller underskott på näringsämnen. Studien syftar till att bidra till en förståelse för möjligheter och barriärer i en framtida, mer hållbar förvaltning av näringsämnen inom mat- och restströmssystemet.

## Frågeställningar

Frågeställningarna gäller Skåne och globala näringsflöden kopplade till mat- och restströmssystemet i regionen:

- Hur ser befintliga flöden av grödor, boskap, livsmedel och avfall ut i region Skåne och det globala system som det är kopplat till?
- Hur ser befintliga näringsflöden av N, P och K ut i region Skåne och det globala system som det är kopplat till?
- Hur öppet är systemet till följd av import och export; det vill säga, vad är graden av förflyttning av N, P och K från skördeuttag till organiskt avfall?

- Hur ser Skånes befintliga självförsörjningsgrad ut, det vill säga hur pass stor del av näringsämnena som tillsätts till jordbruket återvinns?

## Avgränsningar

Studien inkluderar endast jordbruks-, mat- och restströmssystemet i region Skåne samt näringsflöden direkt kopplade till det globala systemet genom export och import av varor och näringsämnen. Studien inkluderar följaktligen inte en kartläggning av flöden i det globala jordbruks-, mat- och restströmssystemet som inte är kopplade till Skåne. Studien inkluderar endast näringsämnena N, P och K. Kvävgas ( $N_2$ ) exkluderas från beräkningarna i studien, då ämnet inte är särskilt reaktivt och till stor del ingår i atmosfären. Studien inkluderar inte heller naturliga flöden av näringsämnen, till exempel atmosfärisk deposition, kvävefixering eller vittring, på grund av osäkerhet i data. Vidare exkluderas studien andra flöden i samhället relaterat till dessa näringsämnen, exempelvis transport, skogsbruk eller annan industri än livsmedelsindustrin. Studien utesluter även andra djur än lantbruksdjur. Studien tog inte hänsyn till säsongsbaserade förändringar, detta bör dock inte påverka resultatet om man antar att 1 kg exporterade äpplen på hösten importeras till våren (Harder et al., 2020).

## Etisk reflektion

Uppdrag som utförs med externa uppdragsgivare möjliggör studier samtidigt som man bör beakta styrning, beroende och kontroll av studien (Vetenskapsrådet, 2017). Det bör beaktas att denna studie utförs på uppdrag av en extern uppdragsgivare, Sweden Water Research, där studien baseras på uppdragsgivarens beskrivning av uppgiften. Studien har som mål att uppfylla det generella syftet med uppdraget, emellertid kommer inte studien att styras, vara beroende eller kontrolleras av uppdragsgivaren. Viss handledning kommer att utföras från uppdragsgivaren som även kommer ta del av studien, vidare kommer inte uppdragsgivaren att betala för studien. Systemanalyser beskriver komplexa system och därför kommer studien göra vissa förenklingar och antaganden (Giampietro et al., 2007). Medan detta kommer att möjliggöra analysen, finns risken att det påverkar resultatet (Giampietro & Bukkens, 2015). Studien kommer i diskussionen beakta begränsningar och antaganden i modellen och analysen. Studien bör vidare beakta att finns flera sätt att förstå och beskriva ett system beroende på vilken aktör man är (Giampietro & Bukkens, 2015; Saltelli & Giampietro, 2017). En systemanalys kan därför dra fördel av olika berättelser genom samtal, intervjuer och workshops

alternativt olika typer av multikriterieanalyser, exempelvis social multikriterieanalys som bland annat tar hänsyn till maktförhållanden, konflikter, narrativ och val av kriterier och indikatorer (Giampietro & Bukkens, 2015). Vidare kan samarbete och samtal mellan aktörer definiera gränser för systemet, skapa engagemang, gemensamma lösningar samt ett ägarskap (Wiek & Iwaniec, 2014). När möjligheter och barriärer identifieras tillsammans kan det bidra till en förändring mot ett mer hållbart system. Till följd av tidsramen för studien kommer inga intervjuer, workshops eller samarbeten mellan aktörer att genomföras, inte heller multikriterieanalys kommer att genomföras även om det kan vara något att beakta för framtida studier. Vidare kan framtida studier reflektera över intressekonflikter mellan aktörer samt hur mat- och avfallssystem kan påverkas ekonomiskt av detta. Studiens systemanalys syftar till att beskriva det befintliga systemet och dess konsekvenser för näringsflöden i jordbruks-, mat- och restströmssystemet. Detta kommer förhoppningsvis att bidra till den pågående diskussionen i Skåne avseende mat- och avfallssystemet samt dess näringsflöden och således ge en ökad förståelse för hur ett cirkulärt flöde av näringsämnen kan uppnås.



# Metod

Detta avsnitt avser beskriva metoden för studien. Avsnittet inkluderar en beskrivning av val av metod, substans- och materialflödesanalys genomförande av metod, omfattning, datainsamling och implementering av modell. Vidare beskrivs indikatorer vid förvaltning av näringsämnen samt osäkerhet i data.

## Val av metod

Val av metod baserades på frågeställningar samt metodval i tidigare studier liknande denna studie, det vill säga tidigare substans- och materialflödesanalyser. Denna typ av analys förväntas svara på valda frågeställningar kvantitativt genom att identifierade näringsämnen kan följas i ett definierat system.

## Substans-, och materialflödesanalys

I en material- eller substansflödesanalys kartläggs flöden av material eller substanser i ett system. Inledningsvis identifieras och definieras ingående material och grundämnena för systemet samt systemets geografiska och tidsmässiga gränser (Brunner & Rechberger, 2004; OECD, 2008). Flödena definieras ofta i fysiska enheter, vanligtvis ton. Vidare används ofta indikatorer i flödesanalyser. Exempelvis *indata* vilket relaterar till produktion och handel, *konsumtionsindikatorer* vilket beskriver material som konsumeras genom ekonomiska aktiviteter och *utdata* vilket beskriver material som har använts i ekonomin och som sedan lämnar den, till exempel export, avfall eller utsläpp. En flödesanalys använder tillgänglig data över produktion och konsumtion samt miljödata för att kartlägga flödena (OECD, 2008).



## Genomförande av metod

Metoden genomfördes i följande steg:

1. Omfattning
2. Konceptualisering av näringsflöden
3. Datasamling
4. Implementering av modell
5. Identifiering av indikatorer
6. Osäkerhet i data

## Omfattning

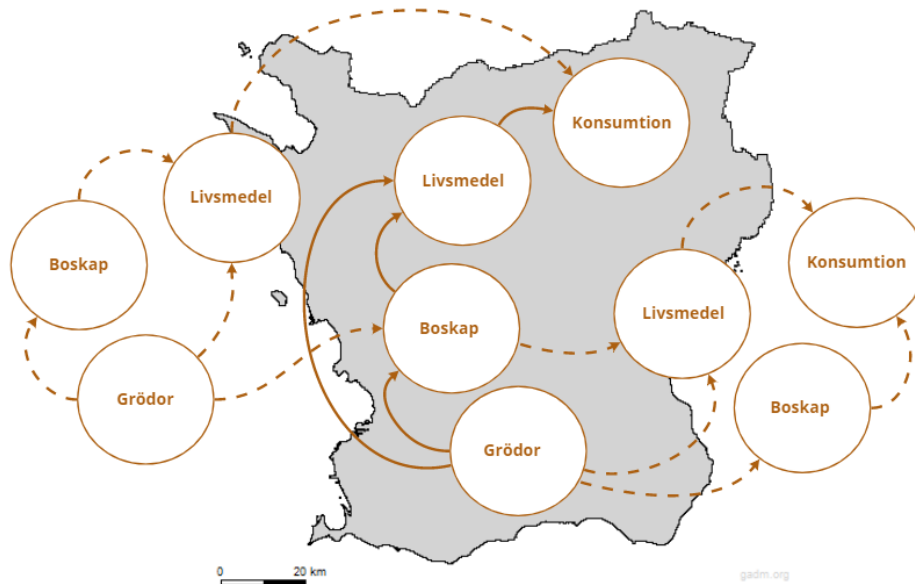
Metoden i denna studie är en modell baserad på ett ramverk utvecklat av Harder et al., (2020). Modellen är en konceptuell modell i syfte att förenkla, förstå och simulera ett mat- och restströmssystemet i en region och det externa system som det är kopplat till (Harder et al., 2020). Nedan beskrivs inkluderade näringsämnen samt systemgränserna för modellen.

### Näringsämnen

Modellen inkluderar flöden av grödor, foder, boskap, varor och avfall kopplat till mängden näringsämnen i N, P och K (ton).

### Systemgränser

Modellens spatiala gränser inkluderar region Skåne och dess befintliga interna näringsflöden samt externa globala näringsflöden kopplade till regionen genom import och export av varor (Figur 1). Att inkludera både det interna och det externa systemet möjliggör en uppskattning av de cirkulära näringsflödena i och utanför regionens spatiala gränser (Harder et al., 2021b). Modellens temporära gränser inkluderar främst statistik från 2017 och 2018. För delsystemen jordbruk, boskap och livsmedelsproduktion och konsumtion kommer största delen av data från år 2017. För delsystemet avfallshantering kommer större delen av insamlade data från år 2018. I brist på data användes data från andra år där data fanns tillgänglig.



**Figur 1 Matsystemet i Skåne och globala flöden kopplade till regionen**

Bilden beskriver produktion av grödor och boskap samt livsmedelsproduktion och konsumtion i region Skåne och det globala matsystemet kopplat till regionen. Heldragna pilar beskriver interna näringsflöden i Skåne och streckade pilar beskriver externa globala näringsflöden relaterade till Skåne. Figurens utformning baseras på Harder et al., (2020). Bildkälla Skånekontur: (gadm, u.å).

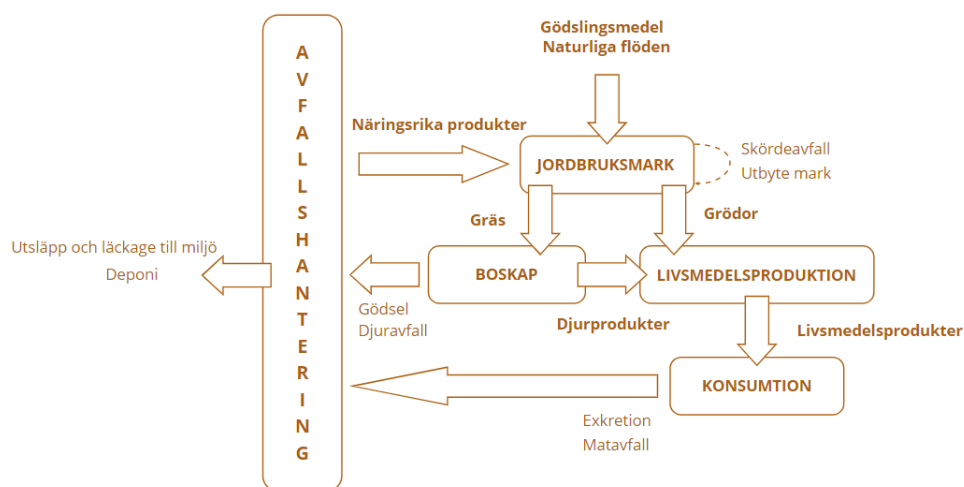
## Konceptualisering av näringsflöden

Nedan beskrivs konceptualiseringen av flöden av grödor, foder, livsmedelsvaror och avfall samt näringsflöden kopplade till dessa. Konceptualiseringen beskrivs genom att modellen delar in systemet i fem delsystem samt i kopplingar mellan dessa delsystem (Harder et al., 2020).

### Fem delsystem

Modellen beskriver mat- och restströmssystemet konceptuellt genom att dela in det i fem delsystem; jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion, livsmedelskonsumtion och avfallshantering (Figur 2). Till delsystemet *jordbruk* tillsätts stallgödsel, betesgödsel samt mineralgödsel till jordbruksmarken. Tillsats av näringsflöden sker även naturligt genom biologisk kvävefixering, vittring, atmosfärisk deposition även om modellen inte beräknar detta. Stora delar av skördeavfallet antas även cirkulera

tillbaka till jordbruket och beräknas inte heller. Likaså beräknas inte utbyte av näringsämnen mellan mark och grödor. Resterande näringsämnen lämnar delsystemet genom skörd av gräs och grödor samt genom utsläpp och läckage av näringsämnen. Vidare används gräs och grödor i delsystemet *boskap* som foder, varav djurprodukter lämnar boskapsproduktionen. Näringsämnen lämnar även delsystemet genom stallgödsel och slakteriavfall. I delsystemet *livsmedelsproduktion* ingår grödor från delsystemet *jordbruk* samt djurprodukter från delsystemet *boskap* varav livsmedelsprodukter, matavfall och omvandlingsavfall från industriella processer lämnar livsmedelsproduktionen. I delsystemet *livsmedelskonsumtion* konsumeras livsmedelsprodukter varpå matavfall och exkretion lämnar delsystemet. I delsystemet *avfallshantering* ingår avfall från ovan nämnda delsystem; stallgödsel och slakteriavfall från boskapsproduktionen, omvandlingsavfall från livsmedelsindustrin vilket inkluderar restprodukter av till exempel fetter, vassle eller drank, matavfall från primärproduktion, handel, storkök, restauranger och hushåll samt mänsklig exkretion. Näringsämnen lämnar vidare avfallshanteringen genom näringsrika produkter, deponering samt genom utsläpp och läckage till miljön (Harder et al., 2020).

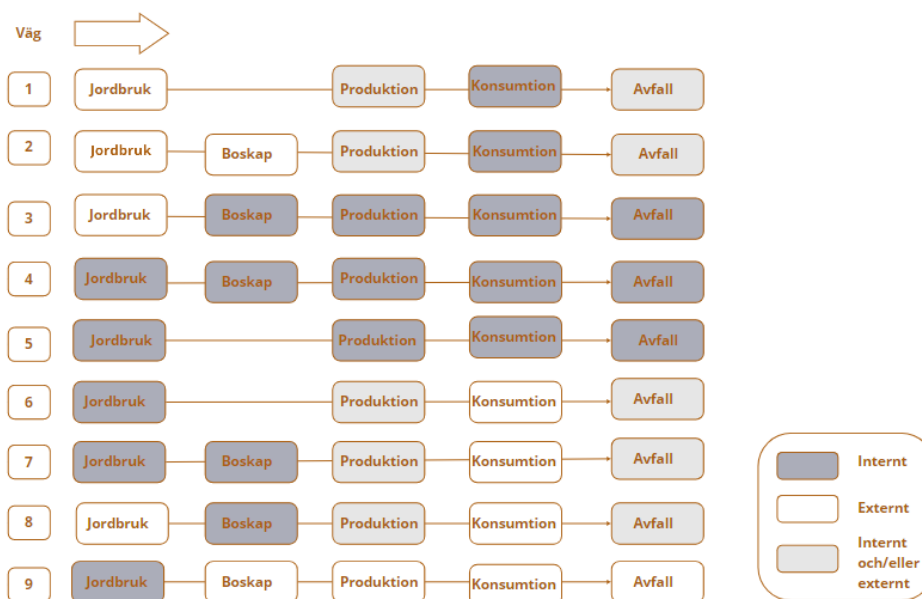


**Figur 2 Mat- och restströmssystemets fem delsystem**

Beskriver de fem delsystemen; jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion, livsmedelskonsumtion och avfallshantering, som enligt ramverket bygger upp mat- och restströmssystemet. Figuren visar även flöden mellan delsystemen, till exempel gräs, grödor och djurprodukter som går från jordbruks- och boskapsproduktion in i livsmedelsproduktion och vidare hur livsmedelsprodukter går in i livsmedelskonsumtion. Näringsrika produkter uppstår i avfallshanteringen av avfall från resterande delsystem. Dessa är tänkta att återanvändas i jordbruket för att på så vis öka självförsörjningen av näringsämnen i regionen (Harder et al., 2020).

## Kopplingarna mellan delsystemen

Genom att först kartlägga flöden av grödor, foder, boskap, livsmedelsvaror och avfall inom delsystemen, inkluderat flöden från import och export, kan studien vidare kartlägga tillhörande näringsflöden. Flödena är i praktiken komplicerade, exempelvis kan boskap konsumera både lokalt producerat foder och importerat foder där djurets mjölk och kött senare kan konsumeras lokalt eller exporteras för konsumtion (Harder et al., 2021b). Modellen redovisar dessa kopplingar genom att dela upp dem i interna och externa flöden, där de interna flödena sker i region Skåne medan de externa flödena sker utanför regionen i det globala mat- och restströmssystemet. Genom att inkludera dessa interna och externa kopplingar kan man beräkna hur stor del av flödena som ursprungligen kommer utanför regionen genom importerade grödor, foder och livsmedelsprodukter samt hur stor del av näringsämnen som flödar från regionen genom export av dessa varor. De interna och externa kopplingarna mellan delsystemen skapar totalt nio potentiella vägar/flöden och beskriver unika kombinationer av produktion, konsumtion och uppkomst av grödor, foder, boskap, livsmedel och avfall (Figur 3).



**Figur 3 Nio vägar inom mat- och restströmssystemet**

Nio vägar som beskriver kombinationer av näringsflöden kopplade till region Skåne och det globala mat- och restströmssystemet som regionen är inbäddad i. Vägar består av fem delsystem; jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion, livsmedelskonsumtion och avfallshantering. Ett mörkgrått delsystem beskriver ett internt flöde, ett vitt delsystem beskriver ett externt flöde och ett ljusgrått delsystem beskriver ett internt och/eller ett externt flöde. Baserat på en figur av Harder et al., (2021b).

## Datainsamling

Datainsamlingen baserades på typ av data som användes i modellen utvecklad av Robin Harder för region Okanagan i Kanada. Datainsamlingen till studien inkluderade till största delen tillgängliga data hos bland annat Jordbruksverket och Statistikmyndigheten SCB. Data över halter av näringsämnen och återvinningsgrad i regionen antogs också stämma för det externa mat-, och restströmssystemet, detta eftersom data saknades eller var otillräcklig avseende vart grödor, foder, boskap och livsmedel exporterades och importerades till och från. Detta antagande ansågs även vara tillräckliga för avsett syfte samt med hänsyn till studiens tidsram. En kartläggning över flöden av grödor, foder och livsmedel och senare av näringsflöden utfördes genom beräkningar baserat på insamlade data. Data som samlades in beskrivs översiktligt nedan för de olika delsystemen. Vidare finns en mer detaljerad redovisning över insamlade data i Bilaga 2.

### Jordbruk

Insamlade data för delsystemet *jordbruk* inkluderade bland annat markanvändningstyp, åker- och betesareal, hektar och totalskörd för olika grödor i Skåne, tillförsel av gödslingsmedel i Skåne och näringsinnehåll i grödor.

### Boskap

Insamlade data för delsystemet *boskap* inkluderade näringsexkretion från djur i Sverige, näringsinnehåll i djurprodukter, slakt av lantbruksdjur och fjäderfä och invägd mängd djurprodukter såsom mejeri och ägg för Skåne, boskapsinventering för Skåne och foderintag för boskap i Sverige.

### Livsmedelsproduktion och konsumtion

För delsystemet *livsmedelsproduktion* samlades data in som redovisade näringsinnehåll i jordbruks- och djurprodukter samt i livsmedel och avfallsfaktorer vilket inkluderar andelen livsmedel som går till handeln och konsument samt hur stor andel som är ätbar och inte ätbar. För delsystemet *livsmedelskonsumtion* inkluderades data över mat som konsumeras i Sverige och populationsmängd i Skåne.

## **Avfallshantering**

Insamlade data för hanteringen av det uppkomna organiska avfallet från de andra delsystemen inkluderade behandlat avfall per avfallshantering och kategori. Exempelvis mängden använt stallgödsel på jordbruksmark i Skåne, slakteriavfall från slakt, omvandlingsavfall från livsmedelsproduktionen, matavfall från olika sektorer i Sverige och Skåne samt andelen avfall som går till biologisk behandling. Data inkluderar också produktion och användning av slam i Skåne, reningsverk per region och reningsmetod, kommunala reningsverk och dess reningsgrad samt koncentration kväve och fosfor i slam.

## **Implementering av modell**

Modellen implementerades i Microsoft Excel version 16. Nedan beskrivs kartläggningen av flöden av grödor, foder, varor, konsumtion och avfall som baseras på data ovan samt antaganden i brist på data. Vidare beskrivs beräkningar av näringsflöden för varje delsystem som baseras på kartläggningen av flöden samt ytterligare data och antaganden.

### **Kartläggning av flöden av foder och mat**

Nedan beskrivs kartläggningen av flöden av bland annat grödor, bete, boskap, varor, konsumtion och avfall som gjordes baserat på insamlade data och antaganden när data inte var tillgänglig (Figur 4). Flödena kartlades i tre delar; lokal konsumtion av livsmedel, lokal efterfrågan av jordbruksprodukter och lokal produktion av jordbruksprodukter. Den fjärde delen inkluderar efterfrågan och tillgång samt import och export vilket utgår från ovan nämnda tre flöden. Kartläggningen av avfallshanteringen beskrivs nedan men ingår inte i figur 4.

#### **1. Lokal konsumtion av livsmedel**

Lokal konsumtion av livsmedel baseras på data avseende tillgänglig mat per capita och år för region Skåne och befolkningens mängd. Beräkningar gjordes för 148 livsmedel baserat på jordbruksprodukter och 13 livsmedel baserat på djurprodukter.

#### **2. Lokal efterfrågan på jordbruksprodukter**

Det utfördes en kartläggning av den totala efterfrågan på jordbruks- och boskapsvaror baserat på konsumtion av livsmedel och faktorer som beräknar hur mycket av en jordbruks- respektive boskapsprodukt som behövs för att producera

de livsmedel som lokalt efterfrågas. Beräkningar avseende jordbruksprodukter beräknades för betesmark samt 79 antal grödor, exempelvis bär, grönsaker och frukt. Ytterligare 39 antal grödor inkluderades som odlades utanför regionen. Beräkningar gjordes även för åtta djurprodukter. Baserat på foderkonsumtion för att producera en viss mängd djurprodukter beräknades efterfrågan av grovfoder, inkluderat gräs, ensilage och hö, samt foder vilket inkluderar 11 fodergrödor. Kartläggningen av boskapssystemet baserades på data över antal djur och ton djurprodukt per djur i modellen. Beräkningarna av mängden foder för boskap baserades på antal djur och det typiska foderförhållandet i Sverige.

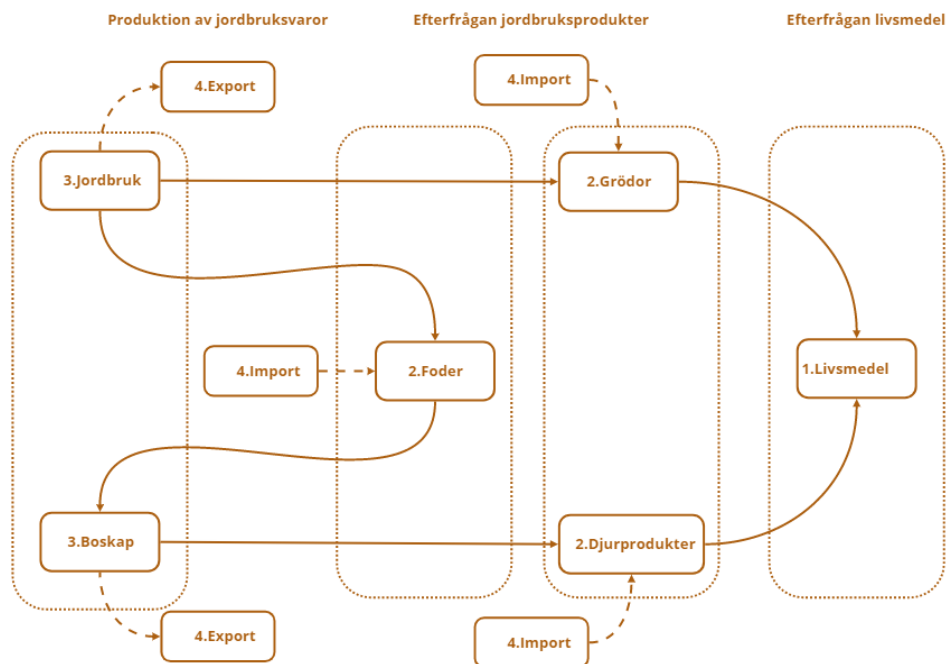
### 3. Lokal produktion av jordbruksvaror

Lokal produktion av jordbruksvaror delas in i total produktion avsett för mat och foder. Flödena baserades på data över produktionsarean i Skåne och avkastningen separat för betesmark samt för 79 antal grödor vilket inkluderar olika typer av spannmål, grönsaker, frukt och bär. Produktionen av djurprodukter i Skåne baserades på data över antal djur i regionen och antal ton producerad djurprodukt i Skåne. Beräkningar gjordes för åtta typer av boskapssystem; mjölkko, köttko, får, gris, slaktkyckling, värpkycklingar, höns och kalkon.

### 4. Efterfrågan och tillgång

Inhemsk produktion av grödor och boskap allokerades främst till lokal efterfrågan av livsmedel. I andra hand allokeras grödor till lokal efterfrågan av foder. Genom att kartlägga hur pass stor del av den lokala efterfrågan av konsumtionen som kan tillgodoses av en lokal tillgång kan studien uppskatta import och export av varor till och från Skåne. Studien antog att grödor, foder, boskap och livsmedel som blir över exporteras och att varor som saknades importerades. Lokalt och importerat foder antogs distribueras proportionellt mellan djurprodukter för lokal konsumtion och export. Studien antar att all mat som produceras och konsumeras i Skåne också processas i regionen. Avseende exporterat livsmedel antogs allt som exporterades vara processat i regionen varorna exporterades till. Avseende importerade varor antogs allt processas internt i regionen (Harder et al., 2020).





**Figur 4 Kartläggning av flöden**

Kartläggning av flöden av grödor, foder, boskap och livsmedel i region Skåne. Flödena delas in i tre delar; lokal konsumtion av livsmedel, lokal efterfrågan av jordbruksprodukter och lokal produktion av jordbruksprodukter. Även flöden av import och export ingår. Baseras på (Harder et al., 2020).

### Avfall

Studien uppskattar även flöden av organiskt avfall, inkluderat stallgödsel, slakteriavfall, omvandlingsavfall, matavfall och mänsklig exkretion. Dessa avfallsflöden uppkommer i ovan nämna kartläggningar. Näringsflödena i avfallshanteringen beskrivs i beräkningarna nedan.

### Beräkningar av näringsflöden

Nedan redovisas uppskattningar och beräkningar av näringsflöden som användes i modellen. Ekvationerna beräknar flöden av näringsämnen N, P och K, i delsystemen jordbruk, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion samt avfallshantering. Ekvationerna baserades på tidigare, ovan nämnda, kartläggning av flöden. Detaljerade beräkningar redovisas i Bilaga 1.

### Jordbruk

Beräkning av mängden gödslingsmedel som användes i jordbruket baserades på data som inkluderar mineralgödsel, stallgödsel samt markanvändning. Beräkningen

inkluderar även beräknat slam från delsystemet *matkonsumtion*, som antas gå tillbaka till jordbruket. Mängden näringsämnen i jordbruksgrödor beräknades baserat på area och avkastning samt näringsinnehåll i olika grödor. Beräkningen av näringsuttag genom skördeavfall beräknades genom näringsinnehåll i grödor från jordbruksproduktion i Skåne samt avkastning eller mängd import av grödor (Bilaga 1).

### Boskap

Näringsinnehåll i foder, djurprodukter och stallgödsel beräknades. Näringsinnehåll i djurprodukter beräknades baserat på näringsinnehåll i produkterna och mängden som producerades av exempelvis mjölk, ägg, kött. Näringsinnehåll i slakteriavfall beräknades genom att ta skillnaden mellan levande vikt och slaktvikt. Näringsinnehåll i djurgödsel beräknades baserat på antal djur och generiska data över mängd näring i exkretion från boskap (Bilaga1).

### Livsmedelsproduktion och konsumtion

Beräkningar av den totala mängden näringsämnen i jordbruks-, och djurprodukter som ingick i livsmedel baserades på näringsinnehåll och mängden jordbruks- och djurprodukter som konsumeras. Den totala mängden näringsämnen som ingick i livsmedelsproduktionen för processad mat baseras på omvandlingsförlust per matprodukt och mängd jordbruks- och djurprodukter. Mängden näringsämnen i livsmedelsprodukterna beräknades också genom tillgänglig mat samt näringsinnehåll. Total mängd näringsämnen i tillgängligt livsmedel för Skåne beräknades genom tillgänglig mat och näringsinnehåll för Skåne. Näring i avfall från livsmedelsindustrin beräknades genom att ta skillnaden mellan näringsinnehåll i jordbruksvaror in i produktionen och livsmedel som lämnar produktionen. Matavfall beräknades genom tillgänglig mat samt näringsinnehåll i livsmedelsprodukt och avfallsfaktorer, andel mat som finns i handel samt andelen av det som var ätbart för Skånes population. Mänsklig exkretion beräknades baserat på tillgänglig mat och mängd mat som konsumerades. Detaljerade beräkningar visas i Bilaga 1.

### Avfallshantering

Beräkningar utfördes för fem typer av organiskt avfall; stallgödsel, slakteriavfall, omvandlingsavfall, matavfall och mänsklig exkretion från avlopp (Bilaga 1). Flöden av återvinning, återanvändning och förluster baserades på en analys av infrastrukturen hos avfallssystemet i Skåne samt data. Strukturen och prestandan på infrastrukturen antogs vara densamma utanför Skåne. Stallgödsel och slakteriavfall uppstår i delsystemet boskap, omvandlingsavfall uppstår inom produktion i livsmedelsindustrin, matavfall uppstår i primärproduktionen, livsmedelsindustrin, handeln, storkök, restaurang samt hushåll och mänsklig

exkretion uppstår i avloppshanteringen. Tillgänglig avfall beräknades individuellt för varje typ av avfall från tidigare beräkningar i delsystemen. Vidare gjordes beräkningar av andelen återvunnet avfall som återgick till jordbruket och där resterande antogs vara förluster, exempelvis till atmosfär, vatten eller deponi.

Avfallshanteringen av stallgödsel beräknades baserat på data över mängden gödsel som användes på åkermark samt mängden näringsämnen från tidigare beräkningar i modellen. Baserat på data för Skåne gick en stor del av producerat stallgödsel till biologisk behandling (SCB, u.å-k). En del komposterades men antogs i denna studie vara förlust då detta inte återgår till jordbruket. Komposterat avfall går bland annat till underhåll av jord vid planering av gräsmattor, träd och buskar, takplantering och balkongglådor (Avfall Sverige, u.å ).

Återvunna näringsämnen i slakteriavfall baserades bland annat på tidigare beräkningar i modellen. Avseende slakteriavfall baserades flödet på skillnaden mellan mängden slaktade djur och mängden djurprodukt. Slakteriavfall delas in i kategori I, II och III i Sverige baserat på risken för smittspridning. Kategori I och II mals ned för att sedan producera bibränslet Biomal. Askan som uppstår vid förbränning går vidare till deponi och anses vara en förlust i denna studie. Kategori III-avfall hanteras genom biologisk behandling och studien antog därför att det är den kategorin som rötas och återgår till jordbruket (Linderholm & Mattsson, 2013). Studien antog att 63% av slakteriavfallet gick till biologisk rötning för både N, P och K. Återvinningsgraden i biologisk behandling antogs vara 100% och baserat på Avfall Sverige (2019) antog studien att all producerad rötrest från biologisk behandling återgick till jordbruket. Biologisk behandling av matavfall innebär kompostering eller rötning. Kompostering innebär att näring tillvaratas medan energin avgår som värme medan rötning innebär att både energi och växtnäring tas tillvara på, ofta i form av biogas (Avfall Sverige, 2019). Ingående avfall vid biologisk behandling är stallgödsel, slakteriavfall, matavfall och avfall och till liten del även energigrödor (Energimyndigheten & Energigas Sverige, 2017).

Flöden av omvandlingsavfall kartlades genom beräkningar från modellen baserat på hur mycket av en jordbruks- eller djurprodukt som gick åt till att producera livsmedel. Biprodukter från tillverkningen av livsmedel ingår inte i avfallsstatistiken för matavfall då dessa återanvänds i till exempel djurfoder (Naturvårdsverket, 2020b). Således antog studien att detta avfall återgick till foder för boskap.

Näringsämnen i avfallshanteringen av matavfall beräknades baserat på tidigare beräkningar av mängden näring i matavfall samt kartläggning av andelen matavfall som uppstår i olika sektorer utefter totala mängden matavfall. Studien har inte tagit hänsyn till att näringsinnehåll kan skilja sig åt i matavfall trots att olika typer av organiskt avfall hamnar i olika delar av hushållsavfallet, exempelvis är det en skillnad i ingående mat i utsorterat matavfall och matavfall som spolas ned i avloppet (Naturvårdsverket, 2020b). Avseende kartläggningen av flöden av matavfall i avfallshantering uppstod matavfall i primärproduktionen, handeln,

restauranger, storkök och catering samt hushåll (Naturvårdsverket, 2020b). I beräkningen av näringsämnen i matavfall har studien utgått från den totala mängden matavfall som uppstod i modellen, 2,4 miljoner ton, samt data som adderat blev 2,3 miljoner ton (Naturvårdsverket, 2020b; SCB, u.å-k). Därför har studien antagit lite högre siffror för vissa sektorer. Det organiska avfallet från primärproduktionen i jordbruket var enligt Naturvårdsverket (2020b) 96 000 ton år 2014 och 34 100 ton 2018 enligt SCB (u.å-k). Vidare uppskattades avfallsmängden från jordbruket till 295 000 ton (Jordbruksverket, 2016). Det är svårt att uppskatta vad som är matavfall och vad som är avfall som uppstått på grund av väderförhållanden samt växt- och djursjukdomar (Naturvårdsverket, 2020b). Studien har baserat på dessa siffror antagit att det organiska avfallet från primärproduktionen var 200 000 ton. Skördeavfall antogs i studien gå tillbaka till jordbruket, även om det potentiellt kan gå till energiproduktion (SOU 2007:36).

Matavfall från livsmedelsindustrin exkluderar visst matavfall, exempelvis djuravfall som tarminnehåll, fjädrar och rester från potatis i stärkelsestillverkningen. Därav har studien antagit att livsmedelsindustrin producerar ungefär 300 000 ton matavfall per år baserat på det totala flödet på 37 000 ton respektive 419 000 ton enligt Naturvårdsverket (2020b) och SCB (u.å -i). Vidare uppskattades flödet från livsmedelsbutiker, restauranger och storkök till 100 000, 73 000 respektive 75 000 ton (Naturvårdsverket, 2020b). Avfallet från livsmedelsbutiker inkluderar inte avfall från grossister, centrallager eller e-handel (Naturvårdsverket, 2020b). Siffrorna från restauranger är osäkra eftersom siffrorna baseras på en studie som inkluderade 487 restauranger från sex kommuner där matavfall vägdes vilket anses osäkert. Avseende matavfall från storkök ansågs mängden beräknat matavfall från 2014 vara osäker, mängden från 2018 liknar mängden från 2014 och kan därmed också anses osäker (Livsmedelsverket, 2020). Matavfall som spolades ned i avloppet från livsmedelsbutiker, restauranger och storkök inkluderas inte heller i statistiken (Naturvårdsverket, 2020b). Baserat på ovan uppskattade studien i stället matavfallet till 125 000 ton vardera från storkök och restaurang samt 250 000 ton från livsmedelsbutiker. Hushållsavfallet uppskattades enligt Naturvårdsverket (2020b) och Avfall Sverige (2020) till 917 000 ton och baserat på det uppskattade studien flödet till 1 000 000 ton. Andelen matavfall som gick till biologisk behandling baserades på Sveriges uppföljning av miljömålen 2021. Enligt rapporten gick 33% av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger (Naturvårdsverket, 2021a). Vidare antogs en insamlingsgrad på 65% för skolkök (Svenska MiljöEmissionsData (SMED), 2011). Återvinningsgraden antogs vara 100% och hänsyn togs inte till förluster från rötresten vid spridning och lagring (Naturvårdsverket, 2020a). Studien antar att det som inte sorteras som matavfall går till restavfall. Restavfallet förbränns och därmed sker en förlust av näringsämnen (NSR, u.å). Vidare exkluderas matavfall som är kvar i förpackningar (Avfall Sverige, 2019). Återvinning av näringsämnen i mänsklig exkretion och matavfall som hamnar i avlopp beräknades baserat på tidigare beräkningar från

delsystemet matkonsumtion samt näringsinnehåll i avfallet. Återvinningsgraden antogs för enskilda avlopp vara 0,22 för N, 0,60 för P och 0,05 för K. För centrala avloppsreningsverk antogs återvinningsgraden vara 0,23 för N, 0,96 för P och 0,06 för K. Vidare beräknades fördelningen av hur slammet används, baserat på beräkningen och kartläggningen av flöden till olika användningsområden.

## Indikatorer avseende självförsörjning av näringsämnen

För att studien ska kunna utforska självförsörjningen av näringsämnen i regionen krävs det indikatorer som är relevanta i förvaltningen av näringsämnen (Figur 5). Syftet hos de tre valda indikatorerna är att bedöma det cirkulära näringsflödet där organiska rester återgår till jordbruket (Harder et al., 2020).

### Uttag av näringsämnen från skörd och tillsats av gödslingsmedel

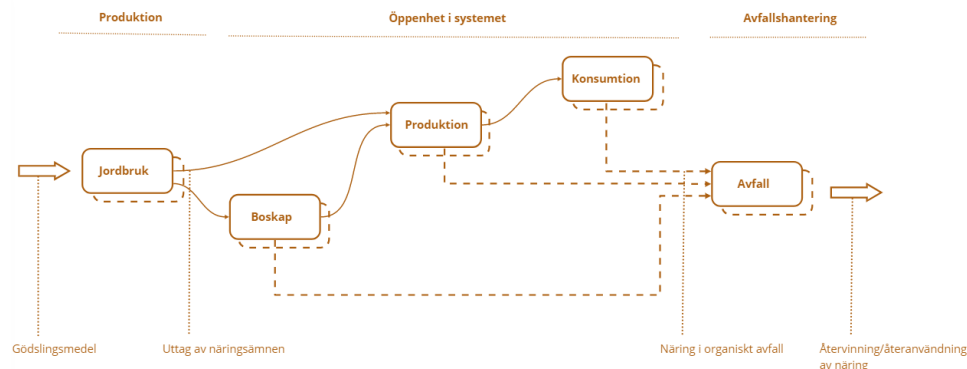
Dessa indikatorer beskriver ödet hos näringsämnen i jordbruket och ger en förståelse för behovet av gödslingsmedel samt dess samband med skörd, annan näringstillförsel och näringsförlust (Harder et al., 2021b). Uttaget av skörd kan ge en indikation på behovet av gödslingsmedel och näringsförlust från jordbruket. Desto större mängd grödor och således näringsämnen som tas från jordbruket, desto mer gödslingsmedel måste tillsättas för att ersätta näringsförlusten. Detta leder i sin tur till större förluster av näringsämnen till miljö (Harder et al., 2020). Brutto-näringsbehov är näringsuttaget från skörd avsett till mat och foder. Netto-gödslingstillförsel är mängden näringsämnen som måste appliceras med gödslingsmedel för att systemet ska vara i balans avseende tillförsel och uttag.

### Näring i organiskt avfall

Näringsämnen i organiskt avfall är en indikator på näringstillgänglighet samt näringsförluster i hanteringen av det organiska avfallet. Desto mer näring som finns i det organiska avfallet desto mer finns också tillgängligt för återanvändning och återvinning inom jordbruket i form av näringsrika produkter. Detta kan dock potentiellt leda till större förluster till miljön om förvaltningen inte sker på rätt sätt i avfallshanteringen eller vid lagring och spridning av återvunna produkter (Harder et al., 2020). Detta kan skapa en förståelse för effektiviteten i avfallshanteringen samt mellan olika typer av avfall och en specifik avfallshantering (Harder et al., 2021a). Brutto-näringstillgänglighet beskriver mängden näring i avfall och netto-näringstillgänglighet beskriver återvunna näringsämnen.

## Öppenhet i systemet

Öppenheten i systemet är tillgänglig näring i organiskt avfall, brutto-näringsstillgänglighet, delat på mängden näringsämnen i skördeuttag, brutto-näringsbehov. Öppenheten i systemet är förhållandet mellan det interna och det externa systemet och inkluderar inte förluster som till exempel läckage från vattendrag. Öppenheten hos systemet skapar en förståelse för hur handeln med varor ökar tillgången på näringsämnen i det organiska avfallet i en region samtidigt som tillgången minskar i en annan (Harder et al., 2021a). Vidare beskriver det hur pass beroende regionen är av de globala näringsflödena och hur de interna och externa näringsflödena interagerar genom import och export. Tillförd näring kan flöda till och från en regions organiska avfall genom att mat eller foder importereras eller exporteras. Om systemet är stängt och således självförsörjande alternativt om import och export vore balanserat bör uttaget av näringsämnen från skörd vara densamma som mängden näringsämnen i restströmmarna. Om detta inte existerar finns den en obalans mellan de interna och externa näringsflödena i systemet. Avseende systemets öppenhet är det ursprunget hos mat och foder som bestämmer ursprunget hos näringen som senare hamnar i det organiska avfallet. Exempelvis antar studien att näringsämnen i gödsel producerat av boskap i regionen som får importerat foder, antas ha ett ursprung utanför regionen (Harder et al., 2020).



**Figur 5 Indikatorer som påverkar näringsflöden**

Indikatorer; uttag av näringsämnen, näringsämnen i organiskt avfall och öppenhet i systemet. Dessa påverkar balansen mellan användningen av gödslingsmedel och näring som återvinns från organiskt avfall till jordbruket. Heldragna boxar beskriver det interna systemet och streckade boxar beskriver det externa systemet. Baseras på Harder et al. (2020).

## Självförsörjningsgrad

Självförsörjningsgraden tar hänsyn till indikatorerna ovan. Studien beräknade självförsörjningsgraden genom att göra en jämförelse mellan återvunna näringsämnen från det organiska avfallet, netto-näringstillgängligheten, samt netto-gödslingsstillförsel vilket är tillförseln av näringsämnen till jordbruket genom gödslingsmedel. För att utforska effekten av import och export beräknade studien både självförsörjningen internt i regionen och externt i det globala mat- och restströmssystemet, både separat och tillsammans. Internt jämfördes näringstillgängligheten och behovet för Skåne. Externt jämfördes näringstillgängligheten och behovet externt, men relaterat till region Skåne. Generell självförsörjningsgrad är intern och extern självförsörjningsgrad kombinerat där näringstillgänglighet och behov relaterar till matproduktion och konsumtion i regionen, oavsett om produktion eller konsumtion sker internt i regionen eller externt. Självförsörjningsgraden av näringsämnen beskriver huruvida näringsbehovet i regionens jordbruk långsiktigt täcks av återvunna näringsämnen från organiskt avfall och således om regionen har ett över- eller underskott på näringsämnen. Detta kan uppfyllas genom återanvändning eller återvinning av näringsämnen från organiska restströmmar. Ett underskott av näringsämnen likställs med att återanvändningen av näringsämnen från organiska restströmmar är otillräcklig för att tillgodose jordbruket med näring långsiktigt. Därmed behöver jordbruksmarken tillföras näringsämnen i form av exempelvis kvävefixering, mineralgödsel eller genom import av återvunna näringsämnen. Ett överskott av näringsämnen betyder att appliceringen av återvunna näringsämnen från organiska restströmmar överstiger det långsiktiga behovet av näring inom jordbruket.

## Osäkerhet i data

För att kartlägga osäkerheter i data användes ett ramverk av Hedbrant & Sörme (2001), som tidigare använts i material- och substansflödesanalyser (Danius, 2002; Egle et al., 2014; Linderholm et al., 2012). I stället för att klassificera osäkerheten som ett likformigt flöde klassificeras det som faktorer. Först klassificerades data baserat på en förbestämd osäkerhetsnivå genom typen av data och dess pålitlighet, därefter beräknas ett osäkerhetsindex genom att den beräknade osäkerhetsfaktorn multipliceras och divideras med det beräknade flödet (Egle et al., 2014). Osäkerhetsfaktorn ger ett intervall där det riktiga värdet för flödet med 95% sannolikhet ligger (Hedbrant & Sörme, 2001). Se Hedbrant & Sörme (2001) för detaljerade ekvationer. Vissa flöden är baserade på flera källor och därmed är vissa osäkerhetsfaktorer en kombination av flera faktorer (Lorick, 2019). Inom tidsramen

för denna studie beräknades osäkerheten för de totala näringsflödena, det vill säga de interna och externa flödena tillsammans. Dessa beräkningar redovisas i Bilaga 3.

**Tabell 1 Metod för att kartlägga osäkerhet (Egle et al., 2014; Hedbrant & Sörme, 2001)**

Visar metod utvecklad av Hedbrant & Sörme (2001) och där osäkerhetsnivåer och faktorer baseras på Egle et al. (2014). Osäkerhetsnivå 1 har en låg osäkerhet, osäkerhetsnivå 2 har en måttlig osäkerhet och osäkerhetsnivå 3 har en hög osäkerhet.

OSÄKERHETS- NIVÅ	OSÄKERHETS- FAKTOR	KÄLLA	EXEMPEL
0		Generellt värde från litteratur	Omvandlingsfaktorer, molekylvikt
1	*/1,1	Officiell statistik, vetenskaplig litteratur	SCB, näringsämne i jordbruksprodukter
2	*/1,33	Inofficiell statistik, presentationer	Näringsämnen i avfall
3	*/2	Antaganden, publikationer litterär källa	Användningen av mineralgödsel, omvandlingskoefficienter

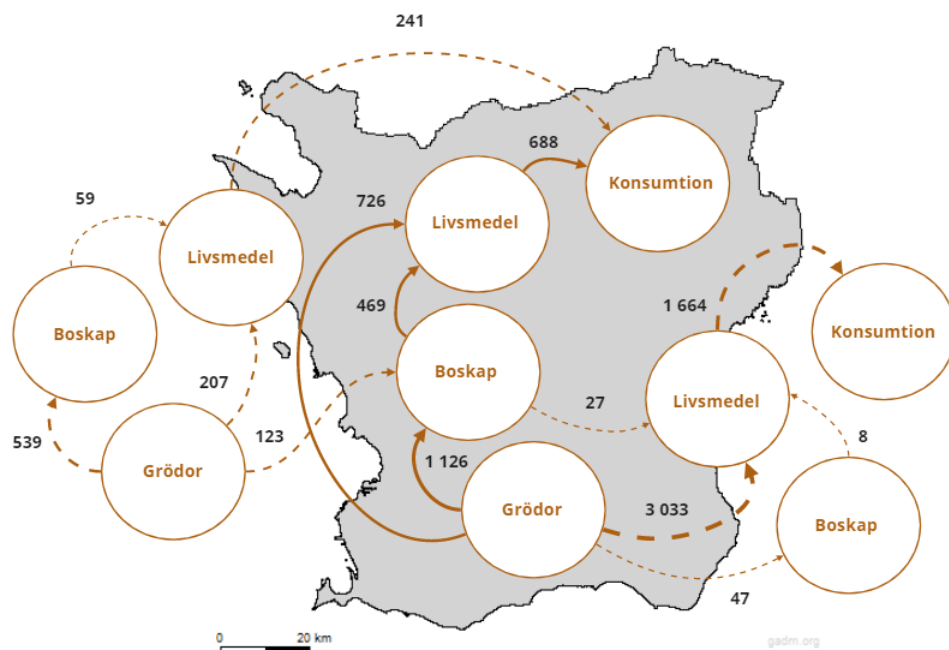


# Resultat

Resultatet nedan inkluderar mat- och foderflöden samt näringsflöden av N, P och K för region Skåne och dess globala flöden kopplade till regionen. Vidare inkluderar resultatet indikatorer nämnda i metoden; uttag av näringsämnen från skörd, tillsatt näring via gödslingsmedel, näring i organiskt avfall och öppenhet i systemet. Resultatet inkluderar också befintlig grad av självförsörjning internt och externt samt osäkerhet i data.

## Mat- och foderflöden

Skåne använde 2017 ungefär en halv miljon hektar mark till jordbruk där ungefär hälften användes till produktion av grödor avsett för foder och bete och andra hälften till produktion av grödor för mat. Nästan fem miljoner ton grödor producerades i regionen varav fyra femtedelar var avsett för livsmedelskonsumtion, internt och externt, resterande konsumerades som bete och foder (Figur 6). Tre miljoner ton av grödorna avsedda för mat exporterade till det externa systemet som hade en livsmedelskonsumtion på totalt 1,6 miljoner ton. Lite mindre än två miljoner ton grödor konsumerades lokalt i regionen, varav mindre än hälften konsumerades som mat och resterande som bete och foder. Den totala livsmedelskonsumtionen var ungefär en miljon ton internt, varav en fjärdedel importerades. Skåne importerade således en sjättedel av den en miljon ton grödor som producerades externt. Större delen av producerade djurprodukter i regionen konsumerades lokalt.



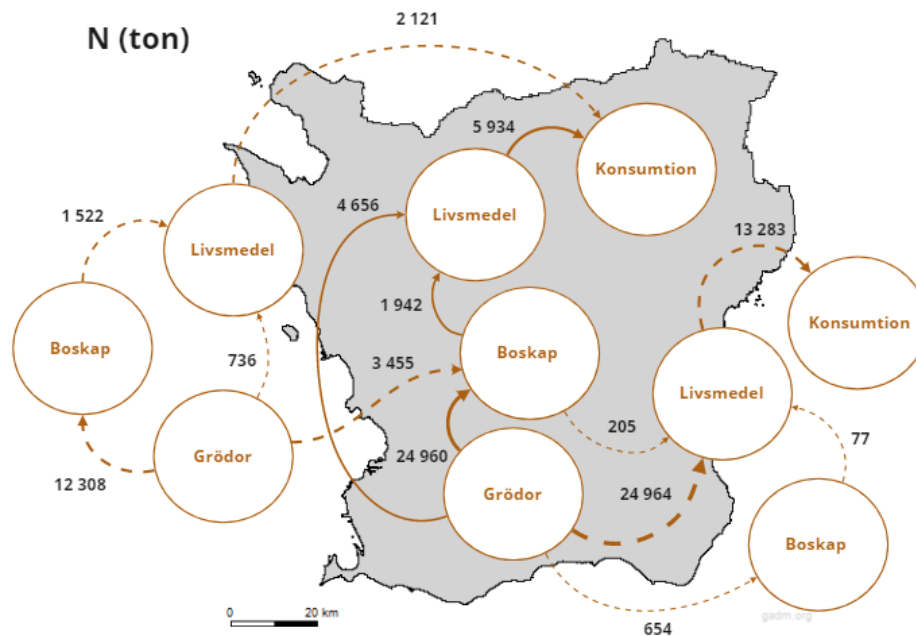
**Figur 6 Flöden av grödor, bete, boskap och livsmedel i Skånes matsystem och globala flöden kopplade till regionen, i tusen ton**

Beskriver flöden i tusen ton för grödor, bete, boskap och livsmedel i Skåne samt globala flöden kopplade till regionen. Heldragna pilar visar interna flöden och streckade pilar visar externa flöden. Pilarnas storlek baseras på hur stora flödena är i förhållande till varandra. Bildkälla Skånekontur: (gadm, u.å).

## Näringsflöden och indikatorer

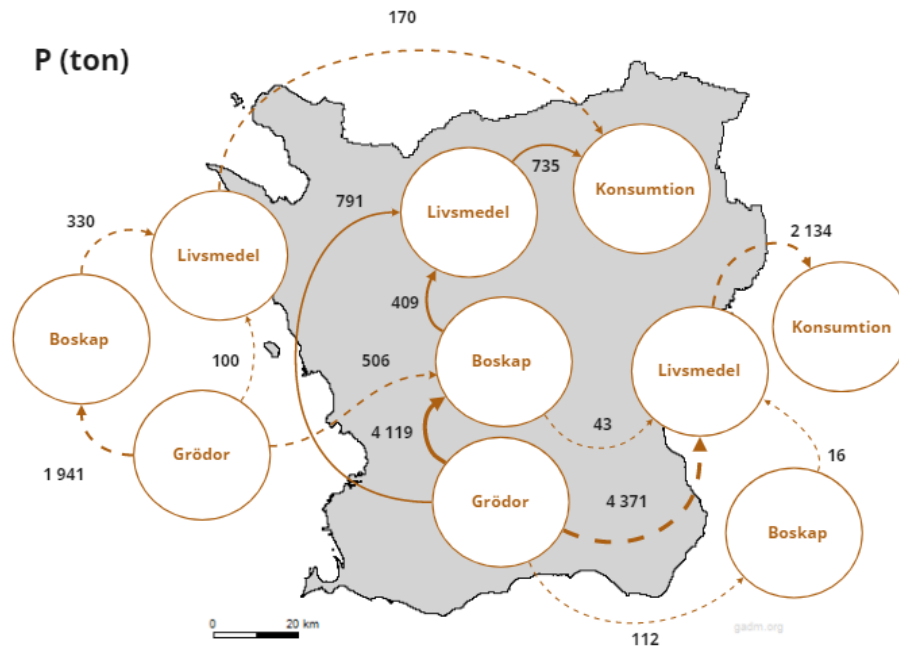
Nedan beskrivs resultatet för näringsflöden och indikatorerna *uttag av näringsämnen från skörd och tillförsel av gödslingsmedel, näring i organiskt avfall*

och öppenhet i systemet. Näringsflöden av N (Figur 7), P (Figur 8) och K (Figur 9) i ton redovisas nedan internt och externt, det vill säga de globala flödena kopplade till regionen. Näringsflödena av N och P var av samma storleksordning. För näringsämnet K gick en dubbelt så stor andel från intern produktion av grödor till intern konsumtion för boskap jämfört med grödor till extern konsumtion av livsmedel. Från intern produktion av boskap gick en mindre andel K vidare in i den interna och externa livsmedelsproduktionen jämfört med N och P. Vidare gick en mindre andel K från extern boskapsproduktion till intern livsmedelsproduktion jämfört med N och P. Således gick också en mindre andel K in i matkonsumtionen internt från extern produktion.



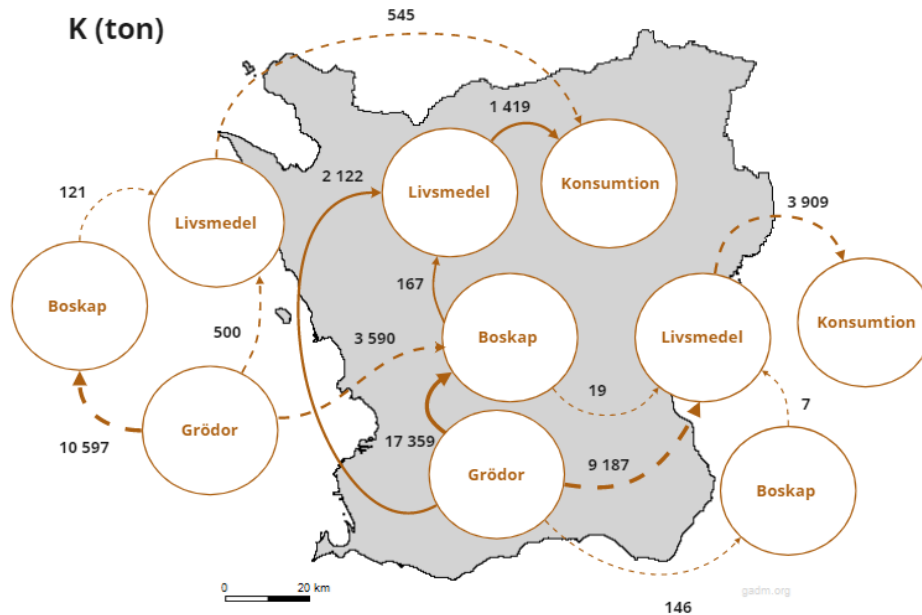
**Figur 7 Flöden av näringsämnet N i ton i Skånes matsystem och globala flöden kopplade till regionen, i tusen ton.**

Beskriver flöden i ton för näringsämnet N i Skåne samt globala flöden kopplade till regionen. Flödena inkluderar grödor, bete, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion. Heldragna pilar visar interna flöden och streckade pilar visar externa flöden. Pilarnas storlek baseras på hur stora flödena är i förhållande till varandra. Bildkälla Skånekontur: gadm (u.å).



**Figur 8 Flöden av näringsämnet P i ton i Skånes matsystem och globala flöden kopplade till regionen, i tusen ton.**

Beskriver flöden i ton för näringsämnet P i Skåne samt globala flöden kopplade till regionen. Flödena inkluderar grödor, bete, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion. Heldragna pilar visar interna flöden och streckade pilar visar externa flöden. Pilarnas storlek baseras på hur stora flödena är i förhållande till varandra. Bildkälla Skånekontur: gadm (u.å).

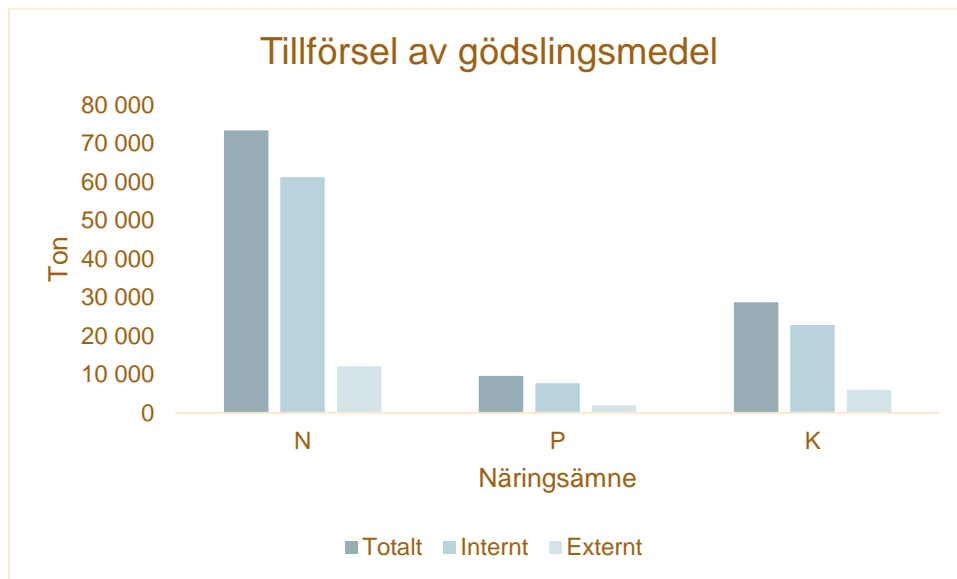


**Figur 9** Flöden av näringsämnet K i ton i Skånes matsystem och globala flöden kopplade till regionen, i tusen ton.

Beskriver flöden i ton för näringsämnet K i Skåne samt globala flöden kopplade till regionen. Flödena inkluderar grödor, bete, boskap, livsmedelsproduktion och konsumtion. Heldragna pilar visar interna flöden och streckade pilar visar externa flöden. Pilarnas storlek baseras på hur stora flödena är i förhållande till varandra. Bildkälla Skånekontur: gadm (u.å).

### Tillförsel av näringsämnen genom gödslingsmedel

Näringsämnen från gödslingsmedel inkluderade mineralgödsel, stall- och betesgödsel samt slam, där tillförseln internt översteg mängden som tillförs externt (Figur 10). Näringstillförseln beräknat i modellen, netto-gödslingstillförsel, var 73 343 ton N, 9 643 ton P och 28 747 ton K. Majoriteten av gödslingsmedel tillfördes till grödor avsedda för mat där en stor del av näringsämnena gick till export med grödorna.

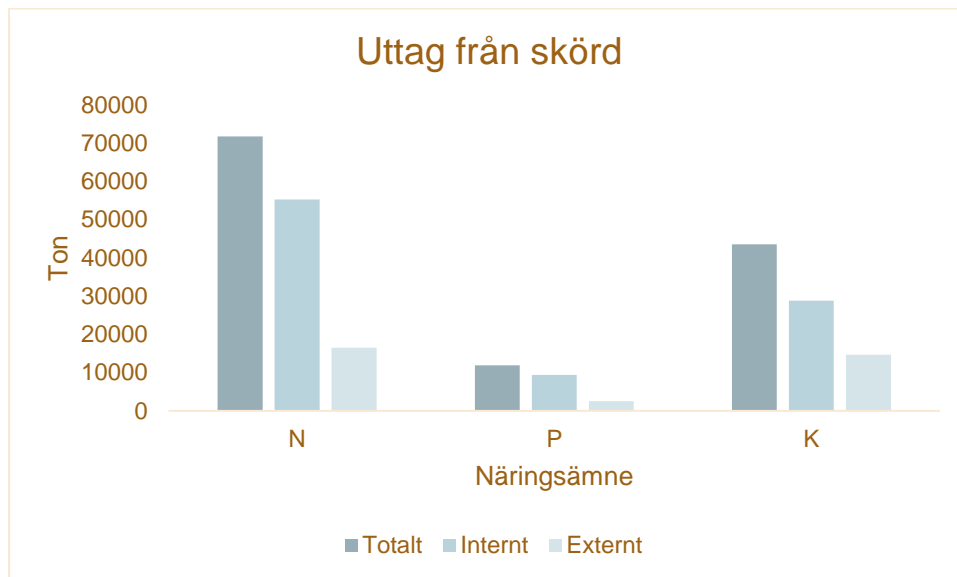


**Figur 10 Tillförsel av gödslingsmedel**

Visar tillförsel av näringsämnen genom gödslingsmedel, netto-gödslingstillförsel, totalt, internt och externt för näringsämnena N, P och K i ton.

### Uttag av näringsämnena från skörd

Uttaget av näringsämnena från skörd, brutto-näringsbehovet, var totalt 71 732 ton N, 11 940 ton P och 43 502 ton K (Figur 11). Näringsuttaget från skörd var större för P och K jämfört med tillförseln av näringsämnena genom gödslingsmedel ovan som låg på 9 643 ton P respektive 28 747 ton K.

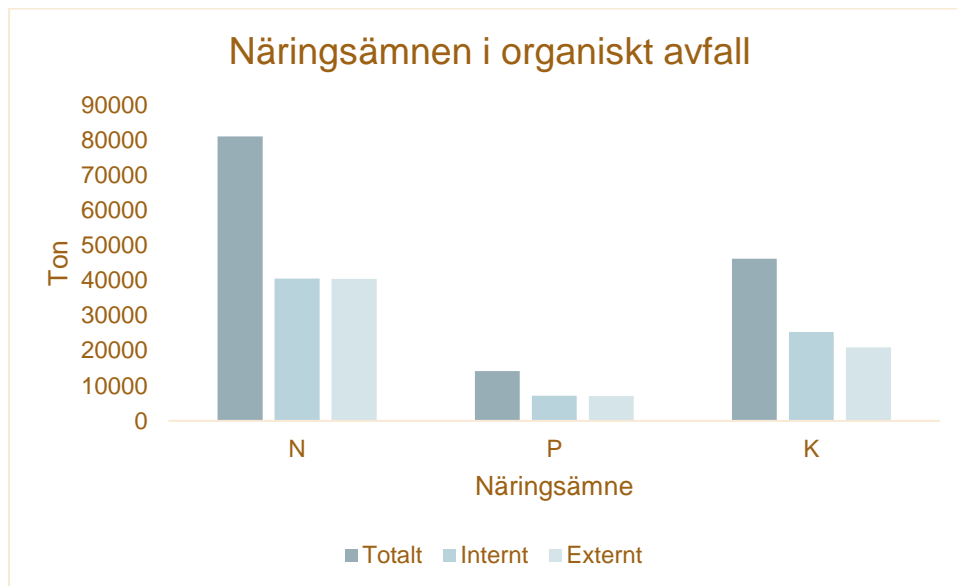


**Figur 11 Uttag från skörd**

Visar uttag av näringsämnen genom skörd, brutto-näringsbehov, i ton totalt, internt och externt för näringsämnena N, P och K.

### Näringsämnena i organiskt avfall

Brutto-näringsstillgängligheten beskriver näringen som återfanns i organiskt avfall. Av de näringsämnena som lämnade jordbruket genom skörd hamnade cirka 38 % av N, 36 % av P och 16 % av K i livsmedel för konsumtion, resterande hamnar direkt i organiskt avfall, vilket inkluderar stallgödsel, slakteriavfall och omvandlingsavfall. Den totala mängden näring som återfanns i organiskt avfall var 80 982 ton N, 14 222 ton P och 46 195 ton K (Figur 12). Ungefär hälften av näringen återfanns internt och den andra hälften återfanns externt, med en viss skillnad för K där en större mängd hamnar i det interna avfallet. Den största andelen näringsämnena hamnade i stallgödsel både internt och externt, totalt ungefär 50% av N och P samt 70% av K. Av den totala mängden stallgödsel hamnade ungefär 67% internt. Vidare fördelade sig näringsämnena i slakteriavfall jämnt mellan det interna och det externa systemet. Av omvandlingsavfallet hamnade 70–80% av näringsämnena externt, 60–70% i matavfall externt och cirka 70% i mänskligt exkret externt.



**Figur 12 Näringsämnen i organiskt avfall**

Visar näringsämnen i organiskt avfall, brutto-näringsstillgängligheten, i ton totalt, internt och externt för näringsämnena N, P och K.

Netto-näringsstillgängligheten beskriver näringen som återvinns från det organiska avfallet i den befintliga avfallshanteringen (Tabell 2). Avseende återvunnet organiskt avfall återvanns cirka en 43% av N, 59% av P och 52% av K, specifikt 34 674 ton N, 8 299 ton P och 24 256 ton K. I återvunnet organiskt avfall internt återfinns ungefär 62 % av N och P i stallgödsel, medan 85% av återvunnet K kommer från stallgödsel. Vidare kommer 21% av N, 28% av P och 12% av K från omvandlingsavfall. Resterande näringsämnen kommer från slakteriavfall, matavfall och mänsklig exkretion. Avseende återvunna näringsämnen från organiskt avfall externt, kommer 62% av N, 53% av P och 46% av K från omvandlingsavfall. Vidare kommer 25% av N och P samt 50% av K från stallgödsel. Resterande mängd uppstår i slakteriavfall, matavfall och mänsklig exkretion. Förluster från återvinningen fördelar sig lika mellan det interna och externa systemet.



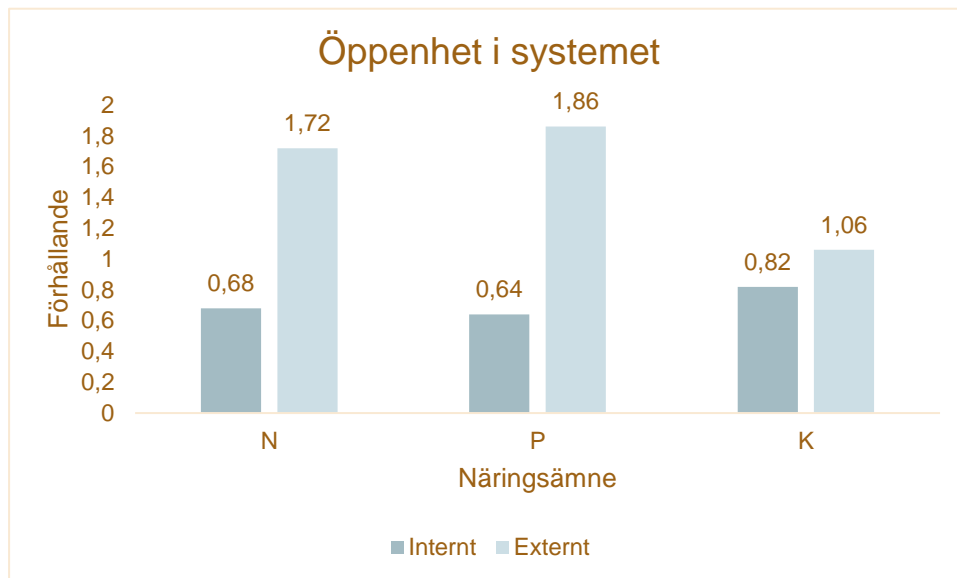
**Tabell 2 Återvunna näringsämnen i organiskt avfall**

Visar återvunna näringsämnen i organiskt avfall, netto-näringstillgänglighet, i ton totalt, internt och externt samt internt och externt för varje avfallstyp; stallgödsel, slakteriavfall, omvandlingsavfall, matavfall och mänsklig exkretion samt förluster. Detta redovisas för näringsämnena N, P och K.

Återvunna näringsämnen i organiskt avfall	N (t)	P (t)	K (t)
<b>Totalt</b>	<b>34 674</b>	<b>8 299</b>	<b>24 256</b>
<b>Internt</b>	<b>15 066</b>	<b>3 941</b>	<b>12 674</b>
Stallgödsel	9 890	2 320	10 790
Slakteriavfall	592	126	50
Omvandlingsförluster	3 236	1 139	1 575
Matavfall	758	83	225
Mänsklig exkreta	590	273	34
Förlust	20 148	2 610	10 878
<b>Externt</b>	<b>19 608</b>	<b>4 358</b>	<b>11 582</b>
Stallgödsel	4 920	1 123	5 768
Slakteriavfall	355	78	28
Omvandlingsförluster	12 100	2 320	5 342
Matavfall	1 268	201	369
Mänsklig exkreta	967	636	76
Förlust	20 798	2 660	9 321

## Öppenhet i systemet

Öppenhet i systemet uppskattas genom att jämföra mängden näringsämnen tillgängligt i organiskt avfall, brutto-näringsstillgänglighet, med mängden näringsämnen i uttaget från skörd, brutto-näringsbehov, internt och externt (Figur 13). Nettoackumulering eller nettoreducering av näringsämnen beskriver om näringsämnena i avfall har tillförts internt eller externt i jordbruket. Internt minskade näringsstillgängligheten i organiskt avfall för N, P och K och externt ökar näringsstillgängligheten med 72% för N, 86% för P respektive 6% för K.



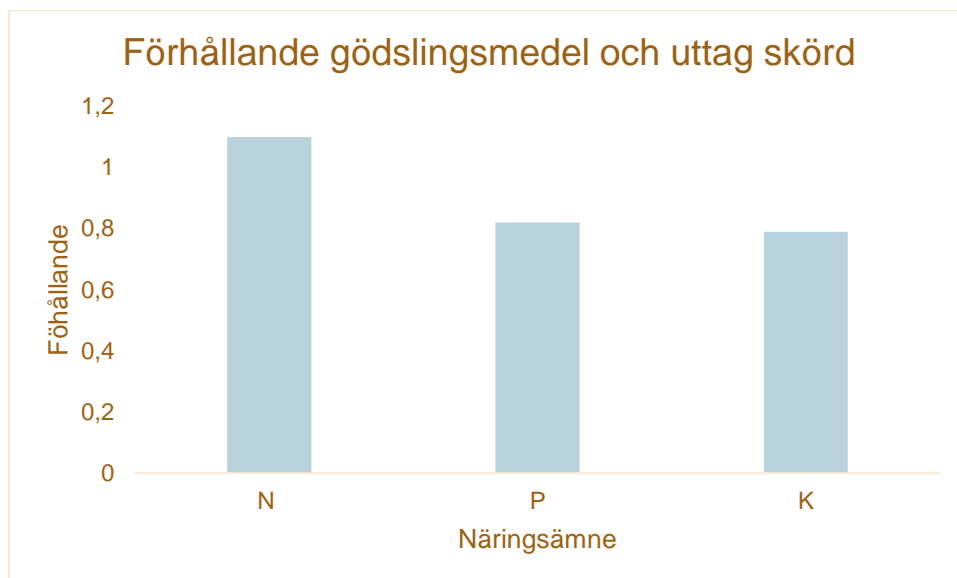
**Figur 13 Öppenhet i systemet**

Visar öppenheten i systemet, vilket är en jämförelse mellan mängden näringsämnen tillgängligt i organiskt avfall, brutto-näringsstillgänglighet, och mängden näringsämnen i uttaget från skörd, brutto-näringsbehov. Detta visas internt och externt för näringsämnena N, P och K

## Självförsörjningsgraden av näringsämnen

En jämförelse mellan det interna brutto-näringsbehovet, vilket är näringsuttaget från skörd, och netto-gödslingsstillförsel, vilket är tillsatsen av gödslingsmedel till jordbruket, visade att 10% mer N tillsattes till jordbruket än vad behovet är.

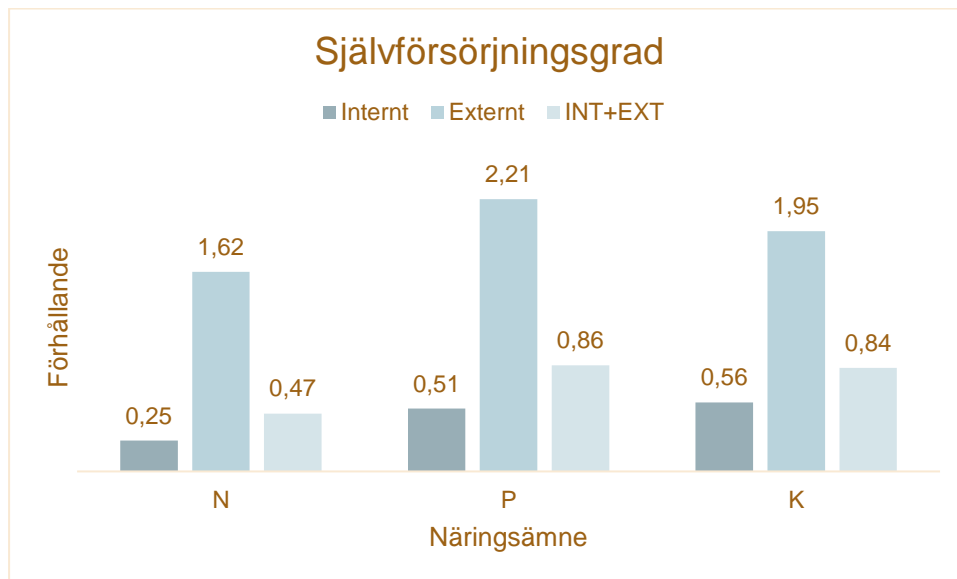
Jämförelsen visar även att gödslingen av P och K låg på ungefär 80% av behovet (Figur 14).



**Figur 14 Förhållandet mellan brutto-näringsbehov och netto-näringstillförsel**

Visar en jämförelse mellan näringsuttag från skörd, brutto-näringsbehovet, och tillsatsen av gödslingsmedel, vilket är netto-gödslingstillförseln. Detta redovisas för N, P och K internt.

En jämförelse mellan netto-näringstillgänglighet, vilket är återvunna näringsämnena, och netto-gödslingstillförsel visar på en låg självförsörjningsgrad internt; 0,25, 0,51 och 0,56 för N, P respektive K (Figur 15). Externt var självförsörjningsgraden 1,62, 2,21 och 1,95 för N, P och K. Tillsammans, internt och externt, var självförsörjningsgraden 0,47, 0,86 och 0,84 för N, P och K.



**Figur 15 Självförsörjningsgrad internt, externt och INT+EXT**

Visar självförsörjningsgraden baserat på en jämförelse mellan netto-näringsstillgänglighet, vilket är återvunna näringsämnen, och netto-gödslingstillförsel internt, externt och tillsammans internt och externt (INT+EXT). Redovisas för näringsämnena N, P och K

## Osäkerhet i data

När flöden baserades på antaganden i brist på data, muntliga källor eller data för Sverige som använts för region Skåne ansågs källorna osäkra och fick därför en osäkerhetsnivå 3 samt medföljande osäkerhetsfaktor. Baseras flöden på faktorer, till exempel omvandlings- eller avfallsfaktorer, näringsinnehåll i grödor, äldre rapporter och rapporter från myndigheter med uttalad eller explicita osäkerheter fick de en osäkerhets nivå 2 som anses lägre. Baserades flöden på tillförlitlig statistik data på lokal nivå ansågs osäkerhetsnivån låg och data fick därmed osäkerhetsnivån 1 (Bilaga 3). Ett flöde som ansågs ha hög osäkerhet var slakteriavfall i organiskt avfall, där variationen låg mellan 943 – 3774 ton N, 204 – 806 ton P respektive 77 – 306 ton K. Vidare ansågs återvunnet slakteriavfall och återvunnet omvandlingsavfall ha en hög osäkerhet. De flöden som ansågs ha måttlig osäkerhet var uppdelningen mellan skördeuttag avsett för mat respektive foder, djur- och matprodukter, omvandlingsavfall, matavfall och mänskligt exkret i organiskt avfall samt stallgödsel och matavfall i återvunnet organiskt

avfall. Exempelvis låg variationen för återvunnen stallgödsel på 11 135 – 19 697 ton N, 6 239 – 11 038 ton P och 12 450 – 22 022 ton K. Låg osäkerhet ansågs flöden av gödslingsmedel, skördeuttag, stallgödsel i organiskt avfall och återvunnet mänskligt exkret vara. Exempelvis hade gödslingsmedel en variation på 66 075 – 81 411 ton N, 8 687 – 10 704 ton P och 25 899 – 31 910 ton K. För detaljerade resultat se Bilaga 3.



# Diskussion

Nedan följer en diskussion av studiens resultat i förhållande till tidigare studier, bland annat över näringsflöden, öppenhet i systemet, självförsörjningsgrad samt osäkerhet i data. Studiens beräknade flöden av grödor, boskap, livsmedel och avfall samt näringsflöden i regionen jämförs främst med två andra masterstudier utförda av Hellstrand (2015) och Seweling (2015). Dessa studier beräknade näringsflöden av N respektive P i ton för region Skåne 2010 (Tabell 3).

## Näringsflöden och indikatorer

Skånes jordbruksmark användes till hälften för produktion av grödor avsedda för mat och till hälften för bete och foder till boskap. Studien visade att ungefär fyra femtedelar av grödorna gick till matkonsumtion, vilket beror på att matgrödorna generellt har en större avkastning jämfört med grödor för foder och bete. Trots det hamnade en stor del av näringsämnena från skördeuttaget; 59% N, 61% P och 76% K, i stallgödsel vilket verkar stämma väl överens med studier utförda av Hellstrand (2015) och Seweling (2015). För K var näringstillgängligheten större internt jämfört med N och P, således var näringstillgängligheten av K mindre externt jämfört med N och P och översteg behovet med endast 6%. Det interna systemet hade cirka 5000 ton mer K jämfört med det externa systemet, vilket beror på att en större andel K stannade i delsystemet *boskap* jämfört med N och P. Att mer K stannade i delsystemet *boskap* beror antagligen på antagandet att en stor del av foder och bete konsumerades internt av boskap. Vidare betar sig näringsämnena olika där K har en tendens att stanna i stallgödsel medan N och P oftare hamnar i djurprodukter, således följer dessa näringsämnen med produkter som exporteras från regionen (Akram et al., 2020). Vidare kräver vissa grödor mer K än andra, till exempel vall som används till foder (Jordbruksverket, 2004).

En jämförelse mellan näringsuttaget från skörd och tillsatsen av gödslingsmedel till jordbruket gjordes internt för regionen. Baserat på denna jämförelse, utan tillförsel från naturliga flöden, verkade det ha tillsatts 10% mer N än nödvändigt. Om jämförelsen även hade inkluderat tillförseln av 9000 ton N från naturliga flöden hade överskottet blivit större (SCB, u.å -1). Hellstrand (2015) beräknar naturliga flöden av N genom atmosfärisk deposition, biologisk fixering

samt vittring vilket gör att kvävetillförseln slutgiltigt blir nästan 10 000 ton mer i den studien jämfört med min studies tillförsel av N till jordbruket. Hellstrands (2015) data verkar också stämma överens med ovan presenterad data över naturlig tillförsel av näringsämnen från 2016 (SCB, u.å -1). Det totala läckaget av N från jordbruket i min studie skulle potentiellt kunna uppgå till 14 000 ton för Skåne vid inkludering av både överskottet från tillförsel av gödslingsmedel samt data över naturlig tillförsel (SCB, u.å -1), vilket är snarlikt Hellstrands (2015) 19 000 ton N som inkluderar läckage till både vatten och luft. Den stora förlusten av N från jordbruket är väntad eftersom utsläpp av ammoniak sker när stallgödsel kommer i kontakt med atmosfären, till exempel vid boskapsproduktion, spridning och lagring (Garcia-Ruiz et al., 2012). Totalt är det ett utsläpp på 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år, främst metan och lustgas, från boskap, lagring av stallgödsel och markanvändning inom jordbruket i Sverige (Naturvårdsverket, 2021b, 2021c).

Vidare visade jämförelsen att gödningen med P och K låg på ungefär 80% av behovet. Detta kan stämma med tanke på att fosforbalansen var -539 ton för Skåne 2016, inkluderat naturliga flöden av P (SCB, u.å -1). Även om att det kan verka som att Skåne inte har en brist på näringsämnen, så skulle det potentiellt synas om import av mineralgödsel och varor inte längre var möjlig (Länstyrelsen Skåne, 2019; Svanbäck & McCrackin, 2016). I min studie var det totala uttag av näringsämnen från skörd större för P och K jämfört med den totala tillförseln av näringsämnen i studien. Detta kan delvis bero på att studien inte har beräknat naturlig tillförseln av näringsämnen genom till exempel atmosfärisk deposition och vittring. Data visar att ungefär 138 ton P deponeras till jordbruksmarken i Skåne varje år (SCB, u.å -1). Det kan även bero på användning av annat gödslingsmedel som studien missat alternativt att marken innehar ett överskott av näringsämnen från tidigare gödsling (SCB, u.å -1; Svanbäck & McCrackin, 2016). Enligt SCB (u.å -1) var läckaget av P i regionen 177 ton vilket överensstämmer med läckaget av P i studien utförd av Seweling (2015), detta syns dock inte i min modell eftersom näringsämnen i uttaget av skörd var större än tillförseln av gödslingsmedel.

Ungefär 38 % av N, 36 % av P och 16 % av K av tillförda näringsämnen hamnade direkt i livsmedelskonsumtionen, resterande hamnade i organiskt avfall där näringsämnen hamnade i stallgödsel internt och omvandlingsavfall externt. Både internt och externt hamnade en stor mängd K i stallgödsel. Detta beror på den stora mängden grödor som går till boskap, främst internt, där en större andel K stannar i stallgödsel av ovan nämnda anledningar. Internt fanns det en mindre mängd näringsämnen i det organiska avfallet jämfört med uttaget från skörd vilket antagligen beror på den stora exporten av grödor. Således uppstod en större mängd näringsämnen i det organiska avfallet externt, framför allt i omvandlingsavfall, matavfall och mänsklig exkretion, jämfört med uttaget från skörd. Detta beror som ovan nämnt på den stora exporten av grödor internt, men även på antagandet att en stor mängd grödor processas utanför regionen. Totalt återvanns cirka 50% av



näringsämnen i organiskt avfall, där en stor andel näringsämnen, ungefär 60% N och P samt 85% K, återvinns från stallgödsel internt. Detta gör regionens återvinning av näringsämnen till stor del beroende av stallgödsel. En minskad boskapsproduktion skulle potentiellt kunna minska efterfrågan på gödslingsmedel eftersom en mindre mängd näringsämnen behöver tillsättas till produktionen av foder. Sveriges livsmedelsstrategi (Näringsdepartementet, 2017) planerar dock för en ökad export och Region Skåne (2020) planerar att expandera jordbruket, således kommer efterfrågan på näringsämnen ändå att öka. Av näringsämnen som går till livsmedel internt hamnar cirka 59% N, 17% P och 30% K i matavfallet, varav 23–24% återvanns internt. Detta var väntat med tanke på att en tredjedel av all mat blir matavfall samt att ungefär 33% av detta återvinns i biologisk behandling i Sverige (FAO, 2011; Naturvårdsverket, 2021a). Externt återvanns en stor andel av näringsämnen från omvandlingsavfall, vilket var väntat med tanke på exporten av matgrödor till det externa systemet. Skåne processar en stor andel av Sveriges livsmedel, därmed bör andelen organiskt avfall i omvandlingsavfall i verkligheten vara mindre externt och således mer internt (Region Skåne, 2020).

## Öppenhet i systemet och självförsörjningsgrad

Öppenheten i systemet visar hur pass beroende regionen och det externa mat- och restströmssystemet är av varandra för näringstillgänglighet i det organiska avfallet. Resultatet visade att näringstillgängligheten i organiskt avfall internt minskar i relation till näringsbehovet medan näringstillgängligheten ökar externt, vilket beror på export av näringsämnen från regionen. Om brutto-näringsbehovet, det vill säga näring i skörd, överstiger brutto-näringstillgängligheten vilket är näring i organiskt avfall, kan det betyda att det finns en signifikant export av mat och foder vilket är fallet i Skåne. Således tyder det på att regionen har en stor andel import om brutto-näringstillgängligheten överstiger brutto-näringsbehovet, vilket stämmer för det externa systemet.

Vidare redovisade studien självförsörjningsgraden där studien jämförde netto-näringstillgängligheten, det vill säga återvunna näringsämnen från det organiska avfallet, och netto-gödslingstillförsel, vilket är tillförseln av näringsämnen genom gödslingsmedel, ett sätt att se hur pass mycket av gödslingsmedlet som kan ersättas med näringsämnen från återvunnet organiskt avfall. Akram et al. (2020) använde, precis som i denna studie, rekommendationer för tillsats av gödslingsmedel i stället för att beräkna näringsbehovet genom uttag från skörd. Graden av självförsörjning baseras på att systemet är öppet, vilket betyder att näringsämnen förflyttas vid handel med varor och vidare att näringen förblir i restströmmarna där de uppstår. Detta innebär att all näring som återvinns från avfallet i regionen stannar i regionen,

även om de härrör från jordbruksproduktionen externt (Harder et al., 2020). I dagsläget är självförsörjningsgraden låg i Skåne, ungefär 25% av N och 50% av P och K kan tillgodoses av återvunna näringsämnen internt. Även om regionen återvinner allt organiskt avfall saknas ungefär 20 000 ton N och 491 ton P, medan överskottet av K ligger på 3500 ton. Detta visar på att det interna behovet av näringsämnen inte kan tillgodoses av den befintliga graden av återvinning internt. Det externa behovet överskrids med ungefär 60% N, 120% P och 95% K på grund av import av grödor från det interna systemet, vilket visar på en ackumulering av näringsämnen externt med risk för läckage och utsläpp. Är återvinningsgraden tillräcklig, som i det externa systemet, kan behovet av en högre återvinningsgrad vara låg (Harder et al., 2020). Även om behovet av näringsämnen verkar vara tillräckligt externt, sker det på bekostnad av det interna systemets självförsörjningsgrad, därmed kan en högre återvinningsgrad externt vara nödvändig för att potentiellt kunna skicka tillbaka näringsämnen till region på grund av dess brist på näringsämnen. För det interna och externa systemet kan ungefär 50% N och 86% P och 84% K tillgodoses tillsammans.

Regionen exporterar mer än hälften av grödorna avsedda för mat, vilket stämmer överens med att Skåne står för produktionen av ungefär hälften av den mat som Sverige producerar (Region Skåne, 2020). År 2030 antas efterfrågan på mat ha ökat med 50% och år 2050 bör en fördubbling av livsmedelsproduktionen ha skett enligt FN (Region Skåne, 2017). Som tidigare nämnt, ska Sverige enligt Sveriges livsmedelsstrategi öka produktionen i jordbruket, både för en ökad export och för en ökad självförsörjningsgrad (Näringsdepartementet, 2017). Vidare har Region Skåne (2020) som mål att expandera jordbruket. Regionen är således viktig för Sveriges livsmedelsförsörjning samt den ökade exporten och därmed kan det bli svårt att internalisera jordbruket helt för att på så vis ta till vara på regionens näringsämnen internt (Sweco, 2017). Vidare menar Akram et al. (2020) att en lokal återvinning av näringsämnen inte räcker för en effektiv förvaltning av näring utan mineralgödsel kan fortfarande behöva användas vid behov. Därmed kan framtida studier även utforska möjligheter att använda näringsämnen från andra källor för att vidare ersätta användningen av mineralgödsel samt för att få en högre självförsörjningsgrad. Exempelvis genom avfall från gruvindustrin eller återvinning av aska från förbränning, vilket kan vara en ytterligare del av den cirkulära ekonomin (Lorick, 2019; Regeringskansliet, 2020a).

Data från år 2010 visade på att 73% av mjölkbesättningen, 80% av de stora företagen med avelssvin och slaktsvin samt 70% av större hönsbesättningar i Sverige fanns i Götaland, vilket inkluderar Skåne (Linderholm & Mattsson, 2013). Således är boskapsproduktionen regionalt koncentrerad till vissa områden. Vidare står tre regioner för 50% av slamproduktionen; Stockholm, Skåne och Västra Götaland (Naturvårdsverket & SCB, 2020). Boskapsproduktion och befolkningstäthet påverkar således var näringsämnena hamnar och som resultat får vissa områden ett överskott av näringsämnen som kan leda till en obalans lokalt

med utsläpp och läckage (Esculier et al., 2019; Granstedt, 2000; McCrackin et al., 2018). Exempelvis har Götaland och Norrland ett överskott på fosfor medan resterande områden i Sverige har ett underskott (Linderholm et al., 2013). De stora spatiala skillnaderna mellan kommuner och regioner bör således korrigeras för att undvika läckage eller brist på näringsämnen (Akram et al., 2020).

Framtida studier kan därför kartlägga var tillgängliga näringsämnen i organiskt avfall härstammar från, det vill säga om de tillsätts internt eller externt till jordbruket. Detta kan bidra till kunskap om hur stor mängd näringsämnen som bör skickas mellan regionerna på grund av brist och överskott av näring. Att skicka tillbaka näringsämnen skulle representera en situation där jordbruket blir internaliserat på samma sätt som om importerade grödor i stället produceras inom regionen och exporterade grödor i stället produceras utanför regionen. Om självförsörjningsgraden korrigeras, så att näringsämnen som härrör utanför regionen skickas tillbaka efter återvinning av organiskt avfall och vice versa, skulle antagligen självförsörjningsgraden minska externt. Vidare skulle självförsörjningsgraden öka internt med tanke på den stora exporten av näringsämnen. Dock bör man ta hänsyn till att en stor andel av näringen som tillsätts till jordbruket är mineralgödsel vilket har importerats till regionen från Finland, Ryssland och Israel, med följd att det sker en minskning av näringsämnen från ursprungslandet (SOU 2020:3). Korrigeringen skulle enligt Akram et al. (2020) potentiellt ske genom transport av näringsämnen från regioner med överskott till regioner med underskott. Detta skulle minska användningen av mineralgödsel med 34% för N, 48% för P och 17% för K i Sverige men kosta 3,7 gånger mer än den befintliga användningen av mineralgödsel (Akram et al., 2020). I framtida studier bör således regionala skillnader och behov kartläggas baserat på till exempel energipriser, tekniska möjligheter, miljöprioriteringar och befolkningens syn på hållbarhet, säkerhet och hälsa (Akram et al., 2020).

Även Trimmer et al. (2019) menar att man bör ta hänsyn till den tekniska och ekonomiska möjligheter och barriärer i regionen, till exempel i produktionen av olika typer av näringssubstrat från organiskt avfall. Vidare är potentialen hos återvunna produkter från organiska restströmmar beroende av jordmånen och produktens kemiska egenskaper (Trimmer et al., 2019). För att undvika fortsatt eller ökat läckage och utsläpp på grund av en ökad återvinning av näringsämnen, med bland annat övergödning som följd, kan man i framtida studier jämföra olika typer av substrat från återvinningen av organiskt avfall med näringsupptaget i det regionala jordbruket, till exempel en jämförelse mellan slam, kompost, urin eller struvit med fosfor eller ammonium (Trimmer et al., 2019). Enligt Trimmer et al. (2019) fungerar urin och struvit bra i Sverige, varav dessa tillverkningsmetoder skulle kunna undersökas vidare. Det kan därför vara nödvändigt att utefter det utveckla och anpassa avloppsreningsverk, näringsåtervinning och återanvändning i jordbruket (SOU 2020:3). Vidare kan det Regeringens utredningen av ett förbud av

spridning av slam komma att påverka hur näringsämnen återvinns i framtiden (SOU 2020:3).

Även om belastningen av näringsämnen minskar kommer det ta lång tid innan målet *Ingen övergödning* nås, vilket beror på den långa omsättningstiden för näringsämnen i vattnet samt att de indirekta och direkta effekterna av övergödning (Havs- och vattenmyndigheten, 2019). Lagret av fosfor i mark och sediment i Östersjön är en stor källa till övergödning, till exempel har mineralgödsel ansamlats från de 35 miljoner ton som tillsats till jordbruksmark de senaste 50 åren (Svanbäck & McCrackin, 2016). En fortsatt utveckling av modellen kan utforska scenarier inom mat- och avfallssystemet, precis som Harder et al., (2021) utforskade scenarier avseende dieter hos befolkningen i sin modell för region Okanagan i Kanada. Exempelvis kan en köttfri diet bidra till en minskning av markanvändningen med 50% och således kräva en mindre tillsats av näringsämnen (Schmid Neset et al., 2008). Samtidigt kan detta leda till att näringsämnena i organiskt avfall minskar, till exempel vid minskad konsumtion av boskap, med en potentiell ökad användning av mineralgödsel som effekt (Harder et al., 2020). En modell som har möjlighet att producera framtidsvisioner tar hänsyn till systemet i sin helhet och dess kopplingar mellan delsystem och regioner. Vidare kan studier som utforskar framtidsvisioner bidra till visioner som kan agera som referens inom forskning, planering och beslutsfattande vid utvecklandet av strategier för en önskvärd framtid (Wiek & Iwaniec, 2014). Material- och substansflödesanalyser är användbara som underlag i miljöförvaltning och i prioritering av åtgärder för att minska miljöpåverkan (Danius, 2002). Vidare ska flödesanalyser användas som ett verktyg för kunskap snarare än för beslutsfattande, vilket metoden i denna studie har bidragit till (Danius, 2002). Alla steg i livsmedelssektorn är kopplade till både problem och lösningar i klimat- och miljöfrågor, där modellen har bidragit till holistisk syn på jordbruk- och avfallssystemet genom att inkludera alla fem delsystem i studien (Wiek & Iwaniec, 2014). För att uppnå miljömålen *Ingen övergödning* samt de svenska målen för omställning till en cirkulär ekonomi krävs en minskad användning av mineralgödsel och en högre självförsörjningsgrad i matsystemet (Naturvårdsverket, 2021a; Regeringskansliet, 2020a). Vidare har lokala och regionala samarbeten en stor betydelse för genomförandet av detta (Naturvårdsverket, 2021a).

## Osäkerhet i data

Statistik är ett sätt att använda flertalet ofullständiga eller felaktiga data för att få kunskap om en enhet (Hedbrant & Sörme, 2001). När flertalet data finns tillgängliga kan bland annat medelvärde, standardavvikelse och fördelning

beräknas. Om studier endast har tillgång till en eller ett fåtal data, använder sig av subjektiva uppskattningar eller använder sig av data som är osäker eller inte självständig kan det vara svårt att använda sig av statistiska metoder. Det är dock fortfarande relevant att använda sig av osäker data vid beräkningar och vidare uppskatta osäkerheten i data som används (Hedbrant & Sörme, 2001). Indelningen av osäkerhetsnivåer i denna studie och medföljande osäkerhetsfaktorer baserades på en metod utvecklad av Hedbrant & Sörme (2001) samt artiklar och andra arbeten som använt denna metod (Danius, 2002; Egle et al., 2014; Lorick, 2019). Egle et al. (2014) beräknade både osäkerheten för flöden av varor och näringsflöden medan denna studie endast beräknade osäkerheten för näringsflöden även om dessa beräkningar också inbegrep data som användes i beräkningar av flöden av varor. Vidare beräknades inte distributionen hos data och likaså inkluderades endast osäkerheten i data som använts och inte hos de flöden som eventuellt utelämnats från studien (Danius, 2002).

Indelningen av osäkerhetsnivåer är delvis osäker eftersom andra artiklar använt sig av annan data jämfört med studien. Statistiska data ansågs generellt vara säker, exempelvis kan säkerheten i statistiska data styrkas genom att metod för insamling av data redovisas. Trots detta kan användningen av statistisk data skapa osäkerheter, bland annat vid användning av nationell data på lokal nivå, till exempel bör inte data över matkonsumtion, foderintag och exkretion från boskap skilja sig nämnvärt mellan Sverige och Skåne, men data anses ändå tillhöra osäkerhetsnivå 3 eftersom data skalats från en högre till en lägre nivå (Hedbrant & Sörme, 2001). Vidare användes i majoriteten av fallen flera källor för att kartlägga och beräkna ett flöde, detta resulterade i att ett medelvärde av osäkerhetsfaktorer beräknades för vissa flöden (Lorick, 2019). Vidare kan vissa data verka relativt tillförlitliga, till exempel rapporterna från SMED (2011) och Naturvårdsverket (2020b) som användes, trots att det generellt saknas kunskap över matsvinn och anledning till förlusterna i Sverige, framförallt i tidiga led (Jordbruksverket, 2021). Vidare nämner Naturvårdsverket (2020b) att insamlad data, till exempel data för restauranger, är osäker. Därmed antogs den totala mängden matavfall vara högre i studien vilket enligt R. Harder (personlig kommunikation, 22 April, 2021) och kollegor ansågs mer korrekt än data i ovan nämnda rapporter (Naturvårdsverket, 2020b; SMED, 2011). Enligt Jordbruksverket (2021) anser de få studier som finns att det finns en betydande mängd matavfall i primärproduktionen, därmed kan studiens antagande anses mer korrekta än ovan nämnda rapporter som antog en mycket liten mängd avfall från primärproduktionen (Naturvårdsverket, 2020b; SMED, 2011). Detta antagande anses dock i den använda metoden som mer osäkert än de nämnda rapporterna vilket kan ses i beräknade intervall i Bilaga 3.

Hellstrand (2015) och Seweling (2015) använde sig av en metod som delar in osäkerhet i ”relativt säkert”, ”relativt osäkert” och ”osäkert”, denna metod skulle möjligtvis varit passande även för denna studie med tanke på tidsramen för studien. Att använda sig av en kvantitativ skala för osäkerhet kan dock skapa förvirring

eftersom till exempel ”relativt osäker” kan betyda olika saker inom olika områden samt för olika människor (Danius, 2002).

## Jämförelse med tidigare studier

Nedan kommer en jämförelse av näringsflöden och deras osäkert göras mellan min studie och studierna utförda av Hellstrand (2015) och Seweling (2015) (Tabell 3), vilket också kan anses vara en metod för att undersöka osäkerhet, så kallad ”cross-checking” (Laner et al., 2014). Denna jämförelse undersöker till största delen om näringsflödena stämmer och inte osäkerheten i data som analysen av Hedbrant & Sörme (2001) utför. Osäkerheten ”relativt säkert”, ”relativt osäkert” och ”osäkert” i Hellstrand (2015) och Seweling (2015) översätts i denna jämförelse till denna studies användning av ”låg osäkerhet”, ”måttlig osäkerhet” och ”hög osäkerhet”.

Mängden tillsatta näringsämnen via gödslingsmedel till jordbruket i denna studien stämmer relativt väl överens med Hellstrand (2015) och Seweling (2015) som också inkluderar mineralgödsel, stallgödsel och slam i beräkningen. Vidare inkluderar Hellstrand (2015) utsäde och jordförbättring medan Seweling (2015) endast inkluderar jordförbättring. Både i min rapport och i Hellstrand (2015) och Seweling (2015) ansågs detta flöde ha låg osäkerhet. Framtida studier bör hänsyn till annan tillförsel och läckage av näringsämnen till och från jordbruket. Exempelvis tillförsel via regnedfall, vittring, kvävefixering, bevattning och utsäde samt läckage av kväve från mark och utsläpp av kväve till luft och utsläpp via denitrifikation och erosion. Detta skulle syfta till att ge en mer heltäckande bild av näringsstillförseln och förlusten till och från jordbruket (Garcia-Ruiz et al., 2012).

Vidare stämmer det totala skördeuttaget väl överens mellan studierna, även om Hellstrand (2015) beräknar ett annat förhållande mellan grödor avsedda för mat respektive foder. Enligt Hellstrand (2015) beräknades ungefär 10 000 ton mer N till foder och således 10 000 ton mindre till mat. Hellstrand (2015) beräknade foderkonsumtionen baserat på ett medelvärde mellan två metoder; första metoden bestod av antagandet att mängden näringsämnen som produceras i mjölk, ägg, stallgödsel och döda djur också bör tillsättas till jordbruket. Den andra metoden baserades på data över mängd konsumerat foder per boskapstyp och livslängd. Min studie baserade i stället beräkningarna på avkastningen för bete samt generiskt foderintag per boskapstyp och mängd djur i Skåne, där mängden som blev över antogs exporteras och mängden som saknades antogs vara importerat. Min studie beräknade även 5 500 ton N och 1400 ton P till övrigt foder, vilket antogs komma från omvandlingsavfall. Därmed närmar sig denna studie Hellstrand (2015) beräknade mängd N i foder. Grödor till mat skiljer sig dock åt, där Hellstrand (2015) beräknade flödet genom att ta total skörd minus skörd för foder medan min studie utifrån data beräknade konsumerad mat i regionen, där mat som saknades

importerades och mat som fanns i överskott exporterades. Det beräknade flödet i min studie ansågs ha en måttlig osäkerhet vilket kan likställas med Hellstrands (2015) och Sewelings (2015) bedömning av sina flöden.

Avseende djurprodukter stämmer studien överens med Seweling (2015) men inte med Hellstrand (2015), som beräknade nästan 2 500 ton mer N i djurprodukter. Detta kan potentiellt förklaras med att slaktvikten skiljer sig mellan studierna vilket både beror på att min studie inkluderade den färdiga produkten medan Hellstrand (2015) använde sig av slaktvikten, men det kan också förklaras med att beräkningarna skiljer sig åt mellan studierna. Exempelvis beräknade denna studie att allt boskap i region Skåne slaktades medan Hellstrand (2015) tog ett medelvärde mellan två metoder; Första metoden antog att 23% av Sveriges boskap slaktades i Skåne. Den andra metoden baserades på slaktade boskap i Skåne och generell livstid för boskap. Flödet i min studie och Hellstrand (2015) ansågs ha en måttlig osäkerhet medan Seweling (2015) ansågs att sitt flöde hade en hög osäkerhet, detta kan tyda på att Hellstrands flöde är ett mer säkert mått på mängden djurprodukter jämfört med Sewelings (2015) och min studie, som fick en mindre mängd djurprodukter jämfört med Hellstrand (2015). Vidare skulle skillnaden i djurprodukter kunna förklaras med den minskning av boskap i Skåne sedan 2010, året som Hellstrand utgick från. Exempelvis minskade antalet mjölkkor med 19% och slaktsvin med 32% mellan år 2010 och 2016 (Lantz & Erlingstam, 2020).

För slakteriavfall stämmer Hellstrand (2015) och min studie inte överens då Hellstrand beräknat nästa tre gånger mer slakteriavfall än denna studie. Skillnaden kan förklaras med tidigare nämnda skillnad i antal slaktade djur mellan åren. Vidare antas återvunnen mängd slaktavfall i min studie vara 62 % för alla näringsämnen, vilket är ett antagande baserat på mängden matavfall som går till biologisk behandling i Sverige varje år (Linderholm & Mattsson, 2013). Det baseras också på antagandet att kategori I och II avfall hanteras genom förbränning där askan deponeras (Linderholm & Mattsson, 2013). Dessa antaganden gjorde mitt flöde osäkert. En stor andel organiskt avfall hamnar också i omvandlingsavfall i min studie, med antagandet att 100% återanvändas till foder. Vidare uppkom en större andel omvandlingsavfall externt, vilket kan förklaras med den stora exporten av grödor och varor, som i studien antas processas i livsmedelsindustrin externt. Även detta flöde ansågs i min studie vara osäkert på grund av detta antagande. Denna studie skiljer sig från uppkommen mängd omvandlingsavfall i Hellstrand (2015) och Seweling (2015), vilket antagligen beror på att studierna antagit olika mängder matavfall från livsmedelstillverkningen där min studie antagit en mängd baserad på SMED (2011), (Naturvårdsverket, 2020b) samt expertkunskap, vilket ansågs måttligt osäkert, medan Hellstrand (2015) och Seweling (2015) baserade sina beräkningar på SMED (2011) och själva ansågs att flödena var, precis som i min studie, måttligt osäkra.

Avseende matavfall stämmer studiens beräknade näringsämnen inte överens med Seweling (2015), där Seweling (2015) återigen utgick rapporten från SMED

(2011), som baserades på totalt en miljon ton matavfall jämfört med min studiens två miljoner ton. Mitt flöde ansågs ha en måttlig osäkerhet vilket även Seweling ansåg om sitt flöde. Däremot stämmer studien överens med Hellstrand (2015) även om man bör beakta att Hellstrand (2015) inte inkluderade matavfall från primärproduktionen. Hellstrand (2015) utgick från SMED (2011) och Avfall Sverige (2012) som även min studie utgick från för år 2019.

Avseende mänskligt exkret har Hellstrand (2015) och Seweling (2015) beräknat en något större mängd näringsämnen jämfört med min studie. Hellstrand (2015) och Seweling (2015) baserade sina beräkningar på bland annat en studie som inkluderade dagböcker över proteinintag under ett år samt en studie över mängden fosfor som en människa gör sig av med på en dag (Jönsson, u.å; Livsmedelsverket, 2012; Naturvårdsverket, 1995). Denna studie baserar i stället näringsinnehållet i mänskligt exkret på tillgänglig mat för konsumtion minus matavfall, vilket ansågs ha en måttlig osäkerhet vilket även Hellstrand (2015) och Seweling (2015) ansåg om sina flöden. I denna studie återvanns internt 11% av N, 45% av P och 2% K, vilket stämmer väl överens med hur avloppsreningsverken är utformade, därmed ansågs flödena ha en låg osäkerhet (SOU 2020:3).

Näringsämnen i den totala mängden avfall internt stämmer relativt överens med Hellstrand (2015) och Seweling (2015). Av det interna organiska avfallet återvanns 34% av N, 47% av P och 50% av K tillbaka till jordbruket, vilket gav en förlust på ungefär 30 000 ton N, 4000 ton P och 23 000 ton K. Avseende den totala återvinningen av näringsämnen skiljer sig studierna åt, ungefär 15 000 ton N och 4000 ton P återvanns i min studie jämfört med 28 000 ton N och 5000 ton P (Hellstrand, 2015; Seweling, 2015). Detta kan förklaras med att det antogs att allt stallgödsel gick direkt tillbaka till jordbruket i studierna av Hellstrand (2015) och Seweling (2015), vilket studierna ansåg ha låg osäkerhet. Min studie antog att stallgödsel återvinns via biologisk behandling vilket gav flödet en måttlig osäkerhet. En utveckling av modellen bör vidare undersöka Sveriges återvinning av stallgödsel.

Att analysera osäkerheter i data kan potentiellt försämra resultaten, men att ignorera osäkerhet i data kan i stället påverka miljön om resultatet används (Hedbrant & Sörme, 2001). Även om vissa flöden kan anses osäkra, bidrar studien med en kartläggning av flöden av varor och näring samt kopplingarna mellan olika delsystem och processer i regionen samt det externa mat- och restströmsystemet kopplat till regionen (Danus, 2002). En utveckling av modellen bör inkludera en känslighetsanalys, som fortsatt kan utforska osäkerheter i modellen samt systemgränser (Saltelli et al., 2013). En känslighetsanalys kartlägger vilka parametrar som påverkar resultatet mest samt hur pass mycket dessa parametrar måste ändras för att påverka resultatet. Vidare bör osäkerheter accepteras som en del av en substans- och materialflödesanalys, även om framtida studier kan förbättra insamling av data för att på så vis minska osäkerheter (Danus, 2002).



**Tabell 3 Jämförelse näringsämnen (ton) med Hellstrand (2015) och Seweling (2015)**

Visar beräknade mängder näringsämnen, N och P, i ton från gödslingsmedel, skördeuttag, tillgänglig mat och foder, djur- och matprodukter, organiskt avfall och återvunnet avfall. Grön = låg osäkerhet, gul = måttlig osäkerhet och röd = hög osäkerhet. För vita kolumner finns ingen beräknad osäkerhet. För återvunnet organiskt avfall i studien finns detaljerade osäkerhetsnivåer i bilaga 3. Jämförelsen görs mellan studien och två masterstudier (Hellstrand, 2015; Seweling, 2015).

Beskrivning	Studiens resultat	Hellstrand (2015)	Studiens resultat	Seweling (2015)
	N (t)	N (t)	P (t)	P (t)
Gödslingsmedel	61 227	59 118	7 667	8 606
Naturliga flöden	-	10 000	-	-
Skördeuttag	55 234	55 225	9 394	9 565
Tillgänglig mat	29 620	19 261	5 162	4 888
Tillgängligt foder	25 614	35 964	4 232	4 677
Övrigt foder	5 500	-	1 387	-
Djurprodukter	4 628	7 171	879	841
Matprodukter	8 054	9 496	905	867
Totalt organiskt avfall	40 574	37 795	7 177	5 860
Stallgödsel	28 330	24 377	4 930	4 125
Slakteriavfall	954	2 605	203	166
Omvandlingsavfall	3 236	1 838	1 139	648
Matavfall	2 803	2 608	309	118
Mänskligt exkreta	5 252	6 627	596	803
Återvunnet organiskt avfall	14 789	27 868	3 882	4 886
Förluster	20 142	23 206	2 894	1 117



## Slutsats

Studiens resultat visade att markanvändningen till hälften producerar grödor för direktkonsumtion och till hälften grödor för boskap. Fyra femtedelar av grödorna som producerades i region Skåne var avsedda för mat, vilket beror på en större avkastning hos dessa grödor, där en majoritet av grödorna exporterades. Ungefär 38 % av N, 36 % av P och 16 % av tillförda näringsämnen hamnade direkt i livsmedelskonsumtionen, resterande näringsämnen hamnade främst i stallgödsel internt och omvandlingsavfall externt. I stallgödsel hamnade en större andel av näringsämnet K jämfört med N och P. Detta kan bero på att vissa grödor kräver en större andel K, till exempel vall, samt att näringsämnet har en större benägenhet att hamna i stallgödsel jämfört med N och P. Vidare stannade en större andel K i regionen, vilket beror på att ungefär hälften av grödorna som konsumerades i regionen gick till boskap.

Internt fanns det en mindre mängd näringsämnen i det organiska avfallet jämfört med uttaget från skörd vilket beror på den stora exporten av grödor, således uppstod en större mängd näringsämnen i det organiska avfallet externt. Av näringsämnen i de totala organiskt avfall återvanns ungefär hälften tillbaka till jordbruket, en högre återvinning lokalt skulle därmed vara möjlig. En stor andel näringsämnen, ungefär 60% N och P samt 85% K, återvinns från stallgödsel internt. Detta gör regionens återvinning av näringsämnen beroende av stallgödsel. Även om en minskad boskapsproduktion skulle kunna minska efterfrågan på näringsämnen och således gödslingsmedel till jordbruket.

En jämförelse mellan tillförsel av gödslingsmedel och uttag av skörd visade på att gödslingen av N överskreds med ungefär 10% av behovet medan 80% av behovet av P och K tillfredsställdes. Denna jämförelse tar dock inte hänsyn till naturlig tillförsel av näringsämnen, till exempel via atmosfärisk deposition, kvävefixering eller vittring, vilket skulle bidra med ett läckage på ytterligare 9000 ton N per år utöver de 10% N som gödslas utöver behovet. Studien visade på ett större skördeuttag av P och K jämfört med tillsats, vidare visade data på ett litet läckage av P och därmed kan det antas att det finns källor av gödslingsmedel som studien exkluderat, exempelvis överskott i mark från tidigare gödslingsmedel.

Öppenheten i systemet visade på en minskad tillgänglighet av näringsämnen i organiskt avfall i regionen och således en ökad tillgänglighet av näringsämnen externt, vilket beror på den stora exporten av grödor från regionen.

Självförsörjningsgraden var låg i regionen, även detta beror på den stora exporten av näringsämnen från regionen. För att öka självförsörjningsgraden i regionen är en ökad återvinning både internt och externt möjlig, återvinna näringsämnen externt kan vidare återföras till det interna systemet.

Modellen kan i framtida studier kartlägga variationen i regionen och i det externa systemet, för att kartlägga hur korrigeringen av näringsämnen bör se ut. För en hög återföring av näringsämnen krävs kunskap om infrastruktur och ekonomiska incitament som möjliggör detta. Vidare har modellen möjlighet att utveckla framtidsscenarioer som kan utforska självförsörjningsgraden hos andra dieter, en ökad befolkning eller en ökad livsmedelsproduktion. En köttfri diet skulle exempelvis minska mängden näringsämnen som måste tillsättas till boskapsproduktion med en minskad efterfrågan på gödslingsmedel som följd. Samtidigt planerar Sverige och regionen att expandera jordbruket och exporten av dess skörd, med en ökad efterfrågan på gödslingsmedel som följd. Framtida studier skulle därmed kunna undersöka återvinning av andra flöden, exempelvis industri- och gruvavfall. Studier som utforskar framtidsscenarioer kan vidare bidra till visioner samt agera som referens för forskning, planering och utveckling av strategier, även om det snarare ska ses som ett verktyg för kunskap snarare än underlag för beslutsfattande. För att uppnå målet *Ingen övergödning* samt omställningen till en cirkulär ekonomi krävs både en minskad användning av mineralgödsel och en större självförsörjningsgrad.

Flöden med störst osäkerhet i studien fanns i data som användes för beräkning av avfallsflöden, varav framtida studier främst kan fokusera på dessa flöden. Trots osäkerhet hos beräknade flöden är det relevant att använda sig av osäkra data för uppskattningar av flöden. Även om en kartläggning av osäkerheter kan försämra resultatet, kan resultatet av att bortse från det potentiellt påverka miljön om det användes. Även om vissa flöden kan anses osäkra, bidrar studien med en kartläggning av flöden av varor och näringsämnen i regionen samt det externa mat- och restströmsystemet kopplat till regionen

# Tack

Tack till Robin Harder för handledning, engagemang och ständig närvaro i arbetet med all den kunskap det bidragit med. Tack till Sharareh Farshchiha för samarbete, stöd och en extraordinär insats. Tack till David Gustavsson från Sweden Water Research och Johanna Alkan Olsson som handleder examenskursen. Tack till Kretsloppsteknikgruppen på SLU och måndagsmötena som upprätthåller en normalitet ”i dessa tider”. Tack till min familj och ert stöd under dessa sex år av studier; Monica Larsson, Ronny Enström, Robin Enström, Ebbot Enström, Sigge Enström och Therese Hasselström.



# Referenser

- Agriculture Division, S. C. (2007). *Canadian Food Statistics: Methods and Data Sources*. Agriculture Division. <http://ivt.bibl.ulaval.ca/aliments/documentation/Methodology%20of%20the%20Food%20Statistics%20Program.pdf>
- Agroscope. (2017). *Principles of fertilisation of agricultural crops in Switzerland (PRIF 2017)*. Agroscope. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/Pflanzenernaehrung/grud.html>
- Akram, U., Quttineh, N.-H., Wennergren, U., Tonderski, K., & Metson, G. S. (2020). Enhancing nutrient recycling from excreta to meet crop nutrient needs in Sweden - a spatial analysis *Scientific Reports*, 10(10264). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55234-3>
- Andersson, K., Dickin, S., & Rosemarin, A. (2016). Towards "Sustainable" Sanitation: Challenges and Opportunities in Urban Areas [Review]. *Sustainability*, 8(12), 14. <https://doi.org/10.3390/su8121289>
- Arizpe, N., Giampietro, M., & Ramos-Martin, J. (2011). Food Security and Fossil Energy Dependence: An International Comparison of the Use of Fossil Energy in Agriculture (1991-2003) [Review]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 45-63. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554352>
- Avfall Sverige. (2012). *Hushållsavfall i siffror - kommun- och länsstatistik 2011*. [https://www.avfallsverige.se/aktuellt/nyhetsarkiv/artikel/hushallsavfall-i-siffror-kommun-och-lansvis-2011/index.php?eID=tx\\_securedownloads&p=42&u=0&g=0&t=1623934160&hash=ef74d9b3e587e4d67671b91504e661544cc0a349&file=/fileadmin/user\\_upload/Rapporter/2012/U2012-18.pdf](https://www.avfallsverige.se/aktuellt/nyhetsarkiv/artikel/hushallsavfall-i-siffror-kommun-och-lansvis-2011/index.php?eID=tx_securedownloads&p=42&u=0&g=0&t=1623934160&hash=ef74d9b3e587e4d67671b91504e661544cc0a349&file=/fileadmin/user_upload/Rapporter/2012/U2012-18.pdf)
- Avfall Sverige. (2019). *Svensk avfallshantering*. [https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user\\_upload/Publikationer/SAH\\_2020.pdf](https://www.avfallsverige.se/fileadmin/user_upload/Publikationer/SAH_2020.pdf)
- Avfall Sverige. (2020). *Hushållsavfall i siffror - Kommun- och länsstatistik 2019*. [https://www.avfallsverige.se/kunskapsbanken/rapporter/rapportera/article/hushallsavfall-i-siffror-kommun-och-lansstatistik-2019/#news-single-report\\_tabs-filepage](https://www.avfallsverige.se/kunskapsbanken/rapporter/rapportera/article/hushallsavfall-i-siffror-kommun-och-lansstatistik-2019/#news-single-report_tabs-filepage)
- Avfall Sverige. (u.å ). *Biologisk återvinning*. Retrieved 2021-05-10 from <https://www.avfallsverige.se/avfallshantering/avfallsbehandling/biologisk-atervinning/>

- Barquet, K., Jarnberg, L., Rosemarin, A., & Macura, B. (2020). Identifying barriers and opportunities for a circular phosphorus economy in the Baltic Sea region. *Water Research*, 171, 10. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115433>
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. [https://thecitywasteproject.files.wordpress.com/2013/03/practical\\_handbook-of-material-flow-analysis.pdf](https://thecitywasteproject.files.wordpress.com/2013/03/practical_handbook-of-material-flow-analysis.pdf)
- Cadillo-Benalcazar, J. J., Renner, A., & Giampietro, M. (2020). A multiscale integrated analysis of the factors characterizing the sustainability of food systems in Europe. *Journal of Environmental Management*, 271, 12, Article 110944. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110944>
- Chowdhury, R. B., Moore, G. A., Weatherley, A. J., & Arora, M. (2014). A review of recent substance flow analyses of phosphorus to identify priority management areas at different geographical scales. *Resources Conservation and Recycling*, 83, 213-228. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.014>
- Cobo, S., Levis, J. W., Dominguez-Ramos, A., & Irabien, A. (2019). Economics of Enhancing Nutrient Circularity in an Organic Waste Valorization System. *Environmental Science & Technology*, 53(11), 6123-6132. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06035>
- Conforti, P., & Giampietro, M. (1997). Fossil energy use in agriculture: an international comparison [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 65(3), 231-243. [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(97\)00048-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(97)00048-0)
- Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2), 292-305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
- Crutzen, P. J. (2016). A Pioneer on Atmospheric Chemistry and Climate Change in the Anthropocene : Geology of Mankind. In (pp. 211-215). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27460-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27460-7_10)
- Danius, L. (2002). *Data uncertainties in material flow analysis: Local case study and literature survey* <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:7404/FULLTEXT01.pdf>
- Davis, S. J., & Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5687-5692. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906974107>
- Dorward, C., Smukler, S. M., & Mullinix, K. (2016). A novel methodology to assess land-based food self-reliance in the Southwest British Columbia bioregion. *Renewable Agriculture and Food Systems* 32(2), 112-130. <https://doi.org/doi:10.1017/S1742170516000053>
- Egle, L., Zoboli, O., Thaler, S., Rechberger, H., & Zessner, M. (2014). The Austrian P budget as a basis for resource optimization. *Resources Conservation and Recycling*, 83, 152-162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.09.009>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Circular economy systems diagram*. Retrieved January 18, 2021 from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>



- Energimyndigheten, & Energigas Sverige. (2017). *Produktion och användning av biogas och rötresten år 2017* (ES 2018:01). Svenskt Vatten. <https://www.svenskvatten.se/globalassets/organisation-och-juridik/vass/biogas/biogasstatistik-2017-ars-data---slutrapport.pdf>
- Esculier, F., Le Noë, J., Barles, S., Billen, G., Créno, B., Garnier, J., Lesavre, J., Petit, L., & Tabuchi, J.-P. (2019). The biogeochemical imprint of human metabolism in Paris Megacity: A regionalized analysis of a water-agro-food system. *Journal of Hydrology*, 573, 1028-1045. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.043>
- Europeiska kommissionen. (2020). *Resiliens för råvaror av avgörande betydelse: Att staka ut vägen mot ökad trygghet och hållbarhet*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>
- Europeiska kommissionen. (u.å.). *EU Circular Economy Action Plan*. Retrieved January 20, 2021 from <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>
- FAO. (2011). *Global food losses and food waste - Extent, causes and prevention*. Rome. <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>
- gadm. (u.å.). Retrieved 2020-05-23 from <https://gadm.org/>
- Galloway, J. N., Cowling, E. B., Seitzinger, S. P., & Socolow, R. H. (2002). Reactive Nitrogen: Too Much of a Good Thing? *Ambio*, 31(2), 60-63. <http://www.jstor.org/stable/4315216>
- Garcia-Ruiz, R., Gonzalez de Molina, M., Guzman, G., Soto, D., & Infante-amate, J. (2012). Guidelines for Constructing Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Balances in Historical Agricultural Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36, 650-682. <https://doi.org/10.1080/10440046.2011.648309>
- German Advisory Council on the Environment, S. (2015). *NITROGEN: Strategies for resolving an urgent environmental problem. Summary*. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9459/-Nitrogen Strategies for resolving an urgent environmental problem-2015Germany NitrogenSt.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9459/-Nitrogen%20Strategies%20for%20resolving%20an%20urgent%20environmental%20problem-2015Germany%20NitrogenSt.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Giampietro, M., Allen, T. F. H., & Mayumi, K. (2007). The epistemological predicament associated with purposive quantitative analysis. *Ecological Complexity* 3, 307-327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2007.02.005>
- Giampietro, M., & Bukkens, S. G. F. (2015). Quality assurance of knowledge claims in governance for sustainability: transcending the duality of passion vs. reason *International Journal of Sustainable Development*, 18(4), 282-209. <https://doi.org/10.1504/IJSD.2015.072662>
- Glibert, P. M., Maranger, R., Sobota, D. J., & Bouwma, L. (2014). The Haber Bosch-harmful algal bloom (HB-HAB) link. *Environmental Research Letters*, 9, 105001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105001>
- Granstedt, A. (2000). Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment experience from Sweden and Finland. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 80(1-2), 169-185. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00141-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00141-9)

- Gruber, N., & Galloway, J. N. (2008). An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature*, 451(7176), 293-296. <https://doi.org/10.1038/nature06592>
- Harder, R., Giampietro, M., Mullinix, K., & Smukler, S. (2021a). Assessing the circularity of nutrient flows related to the food system in the Okanagan bioregion, BC Canada.
- Harder, R., Giampietro, M., & Smukler, S. (2021b). Resources, Conservation & Recycling Towards a circular nutrient economy. A novel way to analyze the circularity of nutrient flows in food systems [Manuscript Draft. VSI:CE indicators in AgriFood].
- Harder, R., Smukler, S., & Mullinix, K. (2020). Nutrient Management in the Okanagan Bioregion [Research Brief: From the Okanagan Bioregion Food System Design Project]. *Institute for Sustainable Food Systems*.
- Havs- och vattenmyndigheten. (2019). *Ingen övergödning: Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålen 2019*
- <https://www.havochvatten.se/download/18.e8d4e81168852243c2431c5/1548678825311/rapport-2019-1-ingen-overgodning-fordjupad-utvardering.pdf>
- Hedbrant, J., & Sörme, L. (2001). Data Vagueness and uncertainties in urban heavy-metal data collection. *Water, Air and Soil Pollution: Focus 1*, 43-53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1017591718463>
- Hellstrand, J. (2015). *Nitrogen flow in Scania – Substance flow analysis on a regional level* (Publication Number SSN 1654-9392 ) Uppsala.
- HLPE. (2017 ). *Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. <http://www.fao.org/3/i7846e/i7846e.pdf>
- International Fertilizer Industry Association, I. (1998). *The Fertilizer Industry, World Food Supplies and the Environment* <https://digitallibrary.un.org/record/468873>
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of Working Groups I and II of the IPCC*. <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>
- IPCC. (2013). Summary for policymakers. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of
- Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change The Physical Science Basis. . <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- Jones, D. L., Cross, P., Withers, P. J. A., DeLuca, T. H., Robinson, D. A., Quilliam, R. S., Harris, I. M., Chadwick, D. R., & Edwards-Jones, G. (2013). REVIEW: Nutrient stripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks [Article]. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 851-862. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12089>
- Jönsson, H. (u.å). *Lägesrapport för källsorterande teknisksystem för enskilda avlopp* Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avloppsslam/02-3-rapport-kallsorterande-system.pdf>

- Jordbruksverket. (2004). *Kalium i ekologiskt lantbruk*.  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_ovrigt/p8\\_7.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p8_7.pdf)
- Jordbruksverket. (2013). *Skillnaden mellan direktkonsumtion och totalkonsumtion av kött*  
 Retrieved 2020-05-24 from  
<https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2013/01/23/skillnaden-mellan-direktkonsumtion-och-totalkonsumtion-av-kott/>
- Jordbruksverket. (2016). *Nordic Project on Reduced Food Waste – Final report*.
- Jordbruksverket. (2018). *Rekommendationer för gödsling och kalkning 2019*.  
[https://www2.jordbruksverket.se/download/18.47f1061167704c09faaa019/1543994500651/jo18\\_18v2.pdf.html](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.47f1061167704c09faaa019/1543994500651/jo18_18v2.pdf.html)
- Jordbruksverket. (2021). *Livsmedelsförluster i Sverige - Metoder för ökad kunskap om livsmedelsproduktionens förluster och resurser*  
[https://www2.jordbruksverket.se/download/18.37a043bf1782ce87bbf5cf30/1615809384643/ra21\\_2v2.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.37a043bf1782ce87bbf5cf30/1615809384643/ra21_2v2.pdf)
- Jordbruksverket. (u.å-a). *Åkerarealens användning efter län/riket och gröda. År 1981-2020*.  
 Retrieved 2021-06-04 from  
[http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Arealer\\_1%20Riket%20I%C3%A4n%20kommun/JO0104B1.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Arealer_1%20Riket%20I%C3%A4n%20kommun/JO0104B1.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-b). *Antal djur och jordbruksföretag med djur efter län. År 1981-2020*.  
 Retrieved 2021-06-04 from  
[http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Lantbrukets%20djur/JO0103F01.px/](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Lantbrukets%20djur/JO0103F01.px/)
- Jordbruksverket. (u.å-c). *Bär på friland. Antal företag, areal, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket*. Retrieved 2021-06-04 from  
[http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Tradgardsodling\\_Odling\\_Atbara%20vaxter/JO0102P3.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Tradgardsodling_Odling_Atbara%20vaxter/JO0102P3.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-d). *Betesarealens användning efter län/riket och gröda. År 2003-2020*. Retrieved 2021-06-04 from  
[http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Arealer\\_1%20Riket%20I%C3%A4n%20kommun/JO0104B6.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Arealer_1%20Riket%20I%C3%A4n%20kommun/JO0104B6.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-e). *Direktkonsumtion*. Retrieved 2021-06-04 from  
[http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Konsumtion%20av%20livsmedel/JO1301K1.px](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Konsumtion%20av%20livsmedel/JO1301K1.px)
- Jordbruksverket. (u.å-f). *Frukt. Antal företag, areal, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket*. Retrieved 2021-06-04 from  
[http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Tradgardsodling\\_Odling\\_Atbara%20vaxter/JO0102P5.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Tradgardsodling_Odling_Atbara%20vaxter/JO0102P5.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-g). *Hektar- och totalskörd efter län och gröda. År 1965-2020*.  
 Retrieved 2021-06-17 from

- [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Skordar/JO0601J01.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Skordar/JO0601J01.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-h). *Köksväxter i växthus. Antal företag, växthusyta, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Tradgardsodling\\_Odling\\_Atbara%20vaxter/JO0102P2.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Tradgardsodling_Odling_Atbara%20vaxter/JO0102P2.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-i). *Köksväxter på friland. Antal företag, areal, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Tradgardsodling\\_Odling\\_Atbara%20vaxter/JO0102P1.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Tradgardsodling_Odling_Atbara%20vaxter/JO0102P1.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-j). *Mejeriproduktion. År 1995-2020.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Animalieproduktion\\_Mejeriproduktion/JO0604A1.px/](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Animalieproduktion_Mejeriproduktion/JO0604A1.px/)
- Jordbruksverket. (u.å-k). *Översikt trädgårdsodling efter odlingsform och län. Antal företag, frilandsareal och växthusyta. Vart tredje år 1981-2017. Län/Riket.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Tradgardsodling\\_Oversikt/JO0102K01.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Tradgardsodling_Oversikt/JO0102K01.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket. (u.å-l). *Partihandelns invägning av ägg. År 1995-2020.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Animalieproduktion\\_Agg/JO0604A7.px/](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Animalieproduktion_Agg/JO0604A7.px/)
- Jordbruksverket. (u.å-m). *Slakt av fjärderfä vid slakterier. 1995-2020.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Animalieproduktion\\_Slakt/JO0604A5.px](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Animalieproduktion_Slakt/JO0604A5.px)
- Jordbruksverket. (u.å-n). *Slakt av större lantbruksdjur efter län. År 2016-2020.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Animalieproduktion\\_Slakt/JO0604B1.px/](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Animalieproduktion_Slakt/JO0604B1.px/)
- Jordbruksverket. (u.å-o). *Totalkonsumtion.* Retrieved 2021-06-04 from [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Konsumtion%20av%20livsmedel/JO1301K2.px/](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Konsumtion%20av%20livsmedel/JO1301K2.px/)
- Jordbruksverket, & SCB. (2020). *Jordbruksstatistisk sammanställning 2020 med data om livsmedel - tabeller*  
[https://jordbruksverket.se/download/18.a0435ae174da57583ee3d34/1601628645765/Hela\\_JS.pdf](https://jordbruksverket.se/download/18.a0435ae174da57583ee3d34/1601628645765/Hela_JS.pdf)

- Laner, D., Rechberger, H., & Astrup, T. (2014). Systematic Evaluation of Uncertainty in Material Flow Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 18(6), 859-870. [https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/jiec.12143](https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jiec.12143)
- Länstyrelsen Skåne. (2019). *Ingen övergödning*. Retrieved 2021-06-06 from <http://skanesmiljomal.info/project/ingen-overgodning-2019/>
- Lantz, M., & Erlingstam, A. (2020). *Klimatneutral eller mer? En potential- och konsekvensanalys av en ökad andel gödselbaserad fordonsgas i Skåne*. <https://lup.lub.lu.se/record/ca32528e-fe4f-4414-b6d1-fda7f78ddbc4>
- Linderholm, K., & Mattsson, J. E. (2013). Analys av fosforflöden i Sverige. [https://pub.epsilon.slu.se/9439/18/linderholm\\_et\\_al\\_130208.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/9439/18/linderholm_et_al_130208.pdf)
- Linderholm, K., Mattsson, J. E., & Tillman, A.-M. (2012). Phosphorus Flows to and from Swedish Agriculture and Food Chain. *Ambio*, 41(8), 883-893. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0294-1>
- Livsmedelsverket. (2012). *Riksmaten - Vuxna 2010-11: Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige*. [https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2011/riksmaten\\_2010\\_20111.pdf](https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2011/riksmaten_2010_20111.pdf)
- Livsmedelsverket. (2020). *Fakta om offentliga måltider 2019: Kartläggning av matsvinn i kommunalt drivna förskolor, skolor och äldreboenden*. <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2020/1-2020-nr-01---fakta-om-offentliga-maltider-2019.pdf>
- Lorick, D. (2019). *Assessing the Possibility of a Circular Economy for Phosphorus in Sweden* (Publication Number E 2019:114 Chalmers]. Göteborg
- Manning, D. A. C. (2015). How will minerals feed the world in 2050? *Proceedings of the Geologists' Association*, 126(1), 14-17. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2014.12.005>
- McCrackin, M. L., Gustafsson, B. G., Hong, B., Howarth, R. W., Humborg, C., Savchuk, O. P., Svanbäck, A., & Swaney, D. P. (2018). Opportunities to reduce nutrient inputs to the Baltic Sea by improving manure use efficiency in agriculture. *Regional Environmental Change*, 18, 1843-1854. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10113-018-1308-8>
- Meyfroidt, P., Rudel, T. K., & Lambin, E. F. (2010). Forest transitions, trade, and the global displacement of land use [Article]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(49), 20917-20922. <https://doi.org/10.1073/pnas.1014773107>
- Näringsdepartementet, R. (2017). *En livsmedelsstrategi för Sverige - fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet* [https://www.regeringen.se/49192c/contentassets/13f0fe3575964442bc51816493165632/handlingsplan\\_lms\\_1702072.pdf](https://www.regeringen.se/49192c/contentassets/13f0fe3575964442bc51816493165632/handlingsplan_lms_1702072.pdf)
- Nationalencyklopedin. (u.å.). *Fosfor* <https://www-ne-se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/fosfor>
- Naturvårdsverket. (1995). *Vad innehåller avlopp från hushåll? Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten*.

- <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-4425-7.pdf?pid=2708>
- Naturvårdsverket. (2020a). *Ingen övergödning*. Retrieved January 27, 2021 from <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ingen-overgodning/>
- Naturvårdsverket. (2020b). *Matavfall i Sverige: Uppkomst och behandling 2018*. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/8800/978-91-620-8861-3.pdf?pid=26710>
- Naturvårdsverket. (2020c). *Utsläpp av ammoniak till luft* Retrieved January 27, 2021 from <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Ammoniak-utslapp-till-luft/>
- Naturvårdsverket. (2020d). *Utsläpp i siffror: Kväve (N-tot)* Retrieved January 27, 2021 from <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Organiska-amnen/Kvave/>
- Naturvårdsverket. (2021a). *Miljömålen: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2021 - Med fokus på statliga insatser*. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/6900/978-91-620-6968-1.pdf?pid=28319>
- Naturvårdsverket. (2021b). *Nettoutsläpp och nettouptag av växthusgaser från markanvändning (LULUCF)*. Retrieved 2021-05-28 from <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-och-upptag-fran-markanvandning/>
- Naturvårdsverket. (2021c). *Utsläpp från växthusgaser från jordbruk*. Retrieved 2021-05-28 from <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-jordbruk/>
- Naturvårdsverket, & SCB. (2020). *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2018*. [https://www.scb.se/contentassets/dfddd9bb71804c4ea0c06891508b1c84/mi0106\\_2018a01\\_sm\\_mi22sm2001.pdf](https://www.scb.se/contentassets/dfddd9bb71804c4ea0c06891508b1c84/mi0106_2018a01_sm_mi22sm2001.pdf)
- Nesme, T., Metson, G. S., & Bennett, E. M. (2018). Global phosphorus flows through agricultural trade [Article]. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 50, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.04.004>
- Nesme, T., Roques, S., Metson, G. S., & Bennett, E. M. (2016). The surprisingly small but increasing role of international agricultural trade on the European Union's dependence on mineral phosphorus fertiliser. *Environmental Research Letters*, 11(2), Article 025003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/025003>
- NSR. (u.å). *Restavfall* Retrieved 2021-05-10 from <https://nsr.se/privat/allt-om-din-sophamtning/kallsortering-och-avfall/olika-typer-av-avfall/restavfall/>
- OECD. (2008). *MEASURING MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY. Volume I. The OECD Guide*. <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>
- Ordonez, I., Harder, R., Nikitas, A., & Rahe, U. (2015). Waste sorting in apartments: integrating the perspective of the user. *Journal of Cleaner Production*, 106, 669-679. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.100>
- Regeringskansliet. (2020a). *Cirkulär ekonomi - strategi för omställning i Sverige*. Miljödepartementet.



- [https://www.regeringen.se/4a3baa/contentassets/619d1bb3588446deb6dac198f2fe4120/200814\\_ce\\_webb.pdf](https://www.regeringen.se/4a3baa/contentassets/619d1bb3588446deb6dac198f2fe4120/200814_ce_webb.pdf)
- Regeringskansliet. (2020b). *Sverige ställer om till en cirkulär ekonomi*. Retrieved January 18, 2021 from <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/07/sverige-staller-om-till-en-cirkular-ekonomi/>
- Region Skåne. (2017). *Skånes livsmedelsstrategi 2030 - Smart mat* [https://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer\\_dokument/rs\\_smartmat\\_0111\\_low.pdf](https://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer_dokument/rs_smartmat_0111_low.pdf)
- Region Skåne. (2020). *Livsmedel och jordbruk* <https://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/miljo-och-klimat/livsmedel-och-jordbruk/>
- Renner, A., Cadillo-Benalcazar, J. J., Benini, L., & Giampietro, M. (2020). Environmental pressure of the European agricultural system: Anticipating the biophysical consequences of internalization [Article]. *Ecosystem Services*, 46, 14, Article 101195. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101195>
- Saltelli, A., & Giampietro, M. (2017). What is wrong with evidence based policy, and how can it be improved? *Futures*, 91, 62-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.012>
- Saltelli, A., Guimarães Pereira, Â., Van der Sluijs, J. P., & Funtowicz, S. (2013). What do I make of your latinorum? Sensitivity auditing of mathematical modelling. *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1504/IJFIP.2013.058610>
- Santos, W. O., Mattiello, E. M., Pacheco, A. A., Vergutz, L., Souza, L. F. D., & Abdala, D. B. (2017). Thermal treatment of a potassium-rich metamorphic rock in formation of soluble K forms. *International Journal of Mineral Processing*, 159, 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.12.004>
- SCB. (u.å-a). *Befolkningsstäthet (invånare per kvadratkilometer), folkmängd och landareal efter region och kön. År 1991-2020*. Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_BE\\_BE0101\\_BE0101C/BefArealTathetKon/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0101_BE0101C/BefArealTathetKon/)
- SCB. (u.å-b). *Behandlat avfall efter typ av behandling och avfallsslag. Vartannat år 2010-2018*. Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0305/MIO305T003/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0305/MIO305T003/)
- SCB. (u.å-c). *Kommunala avloppsreningsverk: In- och utgående mängder och reningsgrad efter fördelningsvariabel och substans. Vartannat år 2014 - 2018*. Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0106/MIO106T07/?rxid=0d74ee81-32d7-4f68-8d24-abe586ee04b3](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0106/MIO106T07/?rxid=0d74ee81-32d7-4f68-8d24-abe586ee04b3)
- SCB. (u.å-d). *Markanvändningen i Sverige efter kommun och markanvändningsklass. Vart 5:e år 2010 - 2015*. Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0803\\_MI0803A/MarkanvKn/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0803_MI0803A/MarkanvKn/)
- SCB. (u.å-e). *Markanvändningen i Sverige efter län och markanvändningsklass. Vart 5:e år 2010 - 2015*. Retrieved 2021-06-17 from

- [http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0803\\_MI0803A/MarkanvLan/?rxid=53395fec-de2f-4608-8aa4-b8a5a88c0a8f](http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0803_MI0803A/MarkanvLan/?rxid=53395fec-de2f-4608-8aa4-b8a5a88c0a8f)
- SCB. (u.å-f). *Näringsämnen, metaller och organiska miljögifter i slam från kommunala reningsverk efter storleksklass och substanser. Vartannat år 2014 - 2018.* Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0106/MIO106T05/?rxid=0d74ee81-32d7-4f68-8d24-abe586ee04b3](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0106/MIO106T05/?rxid=0d74ee81-32d7-4f68-8d24-abe586ee04b3)
- SCB. (u.å-g). *Näringsbalansen i jordbruksmark efter region, växtnäringsämne och källa. År 2007 - 2016.* Retrieved 2021-06-17 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI1004/Naringsbalanser2/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI1004/Naringsbalanser2/)
- SCB. (u.å-h). *Produktion och användning av slam från reningsverk efter region och användningskategori. Vartannat år 2014 - 2018.* Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0106/MIO106T03/?rxid=492bd9cc-7a5b-40ec-bf97-5ae2555eb834](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0106/MIO106T03/?rxid=492bd9cc-7a5b-40ec-bf97-5ae2555eb834)
- SCB. (u.å-i). *Reningsverk efter region, storleksklass och reningsmetoder. Vartannat år 2014 - 2018.* Retrieved 2021-06-04 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI0106/MIO106T04/?rxid=0d74ee81-32d7-4f68-8d24-abe586ee04b3](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0106/MIO106T04/?rxid=0d74ee81-32d7-4f68-8d24-abe586ee04b3)
- SCB. (u.å-j). *Tillförsel av kväve, ton, efter region och grödgrupp. Urvalsundersökning, se fotnoter. År 1998/1999 - 2018/2019.* [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI1001/NTonGrGrpLanPO/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI1001/NTonGrGrpLanPO/)
- SCB. (u.å-k). *Uppkommet avfall (ton) efter egenskap, näringsgren enligt SNI 2007, avfallsslag enligt EWC-Stat och vartannat år.* Retrieved 2021-06-17 from Uppkommet avfall (ton) efter egenskap, näringsgren enligt SNI 2007, avfallsslag enligt EWC-Stat och vartannat år
- SCB. (u.å -l). *Näringsbalansen i jordbruksmark, kg per hektar efter region, växtnäringsämne, källa och år.* Retrieved 2021-05-18 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI1004/Naringsbalanser2/table/tableViewLayout1/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI1004/Naringsbalanser2/table/tableViewLayout1/)
- SCB. (u.å -m). *Tillförsel av gödselmedel (utom kväve) efter region, växtnäringsämne, grödgrupp och gödselslag. Urvalsundersökning, se fotnoter. År 1998/1999 - 2018/2019.* Retrieved 2021-06-11 from [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_MI\\_MI1001/PKAnvGrGrpLanPO/?rxid=70caaad8-1e29-45d5-a97d-ff4d5fb18f03](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI1001/PKAnvGrGrpLanPO/?rxid=70caaad8-1e29-45d5-a97d-ff4d5fb18f03)
- SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket, & LRF. (2012). *Hållbarhet i det svenskt jordbruk 2012* [http://share.scb.se/OV9997/data/MI1305\\_2012A01\\_BR\\_MI72BR1201.pdf](http://share.scb.se/OV9997/data/MI1305_2012A01_BR_MI72BR1201.pdf)
- Schmid Neset, T.-S., Bader, H.-P., Scheidegger, R., & Lohm, U. (2008). The flow of phosphorus in food production and consumption - Linköping, Sweden, 1870-2000. *Science of the Total Environment*, 296(2-3), 111-120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.02.010>
- Seweling, L. (2015). *Fosforflöden i Skåne - En substansflödesanalys* Stockholms universitet.



- SLU. (2016). *Framtidsberättelser från lantbruket år 2030*.  
[https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/fu-food/publikationer/publikationer-fr-1/framtidsberattelser-fran-lantbruket-ar-2030\\_webb.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/fu-food/publikationer/publikationer-fr-1/framtidsberattelser-fran-lantbruket-ar-2030_webb.pdf)
- Svenska MiljöEmissionsdata (SMED). (2011). *Matavfall 2010 från jord till bord* Naturvårdsverket. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1159518/FULLTEXT01.pdf>
- Smil, V. (2000). PHOSPHORUS IN THE ENVIRONMENT: Natural Flows and Human Interferences. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 53-88. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.53>
- Sörlin, S., & Warde, P. (2009). *Nature's End: History and the environment* (Vol. 1). Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9780230245099>
- SOU 2007:36. *Bioenergi från jordbruket - en växande resurs* <https://www.regeringen.se/contentassets/95eb7ec9c7c2489a85fe462f4fd1b840/bioenergi-fran-jordbruket---en-vaxande-resurs-del-1-av-4-missiv-och-kapitel-1-6-sou-200736>
- SOU 2020:3. *Hållbar slamhantering: Betänkande av Utredning om en giftfri och cirkulär återföring av fosfor från avloppsslam* (SOU 2020:3).
- Statens jordbruksverk. (2019). *Statistikens framställning - Skörd av trädgårdsväxter*. [https://www.scb.se/contentassets/9326bb8be744428bbdcd77ad7ec37e90/jo0607\\_staf\\_2019.pdf](https://www.scb.se/contentassets/9326bb8be744428bbdcd77ad7ec37e90/jo0607_staf_2019.pdf)
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-621, 618. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sorlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855-1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Stockholm Resilience Centre. (u.å.). *The nine planetary boundaries*. Retrieved January 20, 2021 from <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>
- Svanbäck, A., & McCrackin, M. (2016). *The internal phosphorus load recycles old sins*. Stockholms universitet. <https://balticeye.org/en/eutrophication/policy-brief-internal-load/>
- Svenskt Vatten. (2015). *Frågan som världen glömde: En rapport om fosfor* <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/produkt/fragan-som-varlden-glomde-en-rapport-om-fosfor/>
- Sweco. (2017). *Nulägesanalys - Underlag inför Skånsk livsmedelstrategi* <https://www.skane.se/Public/Protokoll/Regionstyrelsen/2017-12-07/Sk%C3%A5nes%20livsmedelsstrategi%202030/Rapport-nul%C3%A4gesanalys-underlag%20till%20Sk%C3%A5nsk%20livsmedelsstrategi-20170522.pdf>

- Trimmer, J. T., Margenot, A. J., Cusick, R. D., & Guest, J. S. (2019). Aligning Product Chemistry and Soil Context for Agronomic Reuse of Human-Derived Resources. *Environmental Science & Technology*, 53(11), 6501-6510. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00504>
- van der Wiel, B. Z., Weijma, J., van Middelaar, C. E., Kleinke, M., Buisman, C. J. N., & Wichern, F. (2019). Restoring nutrient circularity: A review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems [Review]. *Resources Conservation and Recycling*, 160, 13, Article 104901. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104901>
- Vetenskapsrådet. (2017). *God forskningssed* [https://www.vr.se/download/18.2412c5311624176023d25b05/1555332112063/God-forsknings-sed\\_VR\\_2017.pdf](https://www.vr.se/download/18.2412c5311624176023d25b05/1555332112063/God-forsknings-sed_VR_2017.pdf)
- Wiek, A., & Iwaniec, D. (2014). Quality criteria for visions and visioning in sustainability science. *Sustainable Science*, 9, 497-512. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0154-0>
- Withers, P. J. A., Forber, K. G., Lyon, C., Rothwell, S., Doody, D. G., Jarvie, H. P., Martin-Ortega, J., Jacobs, B., Cordell, D., Patton, M., Camargo-Valero, M. A., & Cassidy, R. (2020). Towards resolving the phosphorus chaos created by food systems [Article]. *Ambio*, 49(5), 1076-1089. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01255-1>
- Woods, J., Williams, A., Hughes, J. K., Black, M., & Murphy, R. (2010). Energy and the food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2991-3006. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0172>

# Bilaga 1 – Ekvationer

Nedan redovisas ekvationer som används i studiens metod. Ekvationerna redovisas i tabeller för varje delsystem.

## Tabell 4 Ekvationer för delsystemet jordbruk

Visar beräkningar för jordbruksproduktion. a=odlingssystem, till exempel bete eller olika typer av grönsaker eller frukter.

TYP AV FLÖDE	BERÄKNING
Gödsling	$Area\ markanvändning_a \times Gödslingskvot_a$
Grödor	$Area\ markanvändning_a \times Avkastning\ grödor_a$ $\times Näringsinnehåll_a$
Avfall	$Area\ markanvändning_a \times Avkastning\ avfall_a$ $\times Näringsinnehåll_a$

**Tabell 5 Ekvationer för delsystemet boskap**

Visar beräkningar för boskapsproduktion. a=boskapsystem, till exempel mjölkko. b=boskapstyp, till exempel kalv, tjur. c=produkttyp, till exempel mjölk, kött, ägg. d=avfallstyp, till exempel slaktavfall. e=foderkvot, till exempel hö, ensilage.

TYP AV FLÖDE	BERÄKNING
Bete Skåne	$\frac{\text{Boskapsinventering Skåne}_a}{\text{Boskapsinventering Sverige}_a} \times \text{Bete Sverige}_a$
Bete Sverige	$\text{Boskapsinventering Sverige}_{ab} \times \text{Foderkvot}_{ab} \times \text{Näringsinnehåll}_e$
Foder Skåne	$\frac{\text{Boskapsinventering Skåne}_a}{\text{Boskapsinventering Sverige}_a} \times \text{Foder Sverige}_a$
Foder Sverige	$\text{Boskapsinventering Sverige}_{ab} \times \text{Foderkvot}_{ab} \times \text{Näringsinnehåll}_e$
Stallgödsel Skåne	$\frac{\text{Boskapsinventering Skåne}_a}{\text{Boskapsinventering Sverige}_a} \times \text{Gödsel Sverige}_a$
Stallgödsel Sverige	$\text{Boskapsinventering Sverige}_{ab} \times \text{Exkretionskvot}_{ab}$
Djurprodukter Skåne	$\text{Boskapsproduktion}_{ac} \times \text{Näringsinnehåll}_{ac}$
Slakteriavfall Skåne	$\text{Boskapsproduktion}_{ad} \times \text{Näringsinnehåll}_{ad}$
Levande djur (Import och export)	$\frac{\text{Boskapsinventering Skåne}_a}{\text{Boskapsinventering Sverige}_a} \times \text{AN}_{ae}$

**Tabell 6 Ekvationer för delsystemet livsmedelsproduktion**

Visar beräkningar för livsmedelsproduktion. a=boskapssystem, till exempel mjölkko. b=boskapstyp, till exempel kalv, tjur etc. c=produkttyp t.ex. mjölk, kött, ägg. d=avfallstyp, till exempel slaktavfall. e=foderkvot till exempel hö, ensilage.

TYP AV FLÖDE	BERÄKNING
Livsmedelsgrödor	$Tillgängligt\ livsmedel_a$ $\times Omvandlingsfaktor_a$ $\times Näringsinnehåll_a$
Djurprodukter	$Tillgängligt\ livsmedel_a$ $\times Omvandlingsfaktor_a$ $\times Näringsinnehåll_a$
Tillgänglig mat för handel	$Tillgängligt\ livsmedel_a$ $\times Omvandlingsfaktor_a$ $\times Näringsinnehåll_a$
Omvandlingsförluster	$Livsmedelsgrödor$ $+ Livsmedel\ djurprodukter$ $- Tillgänglig\ mat\ för\ handel$

**Tabell 7 Ekvationer livsmedelskonsumtion**

Visar beräkningar för livsmedelskonsumtion. a=komponent i diet.

TYP AV FLÖDE	BERÄKNING
Tillgängligt livsmedel Skåne	$Population\ Skåne$ $\div Population\ Sverige$ $\times Tillgängligt\ livsmedel\ Sverige$
Tillgängligt livsmedel Sverige	$Tillgänglig\ mat\ Sverige_a$ $\times Näringsinnehåll_a$
Matavfall Skåne	$Population\ Skåne$ $\div Population\ Sverige$ $\times matavfall\ Sverige$
Matavfall Sverige	$Tillgänglig\ mat\ Sverige_a$ $\times Näringsinnehåll_a$ $\times Avfallsfaktor_a$
Mänsklig exkretion	$Tillgänglig\ mat - matavfall$

**Tabell 8 Ekvationer i delsystemet avfallshantering**

Visar beräkningar för avfallshantering. a=typ av avfallshantering.

TYP AV FLÖDE	BERÄKNING
Näringsrik produkt (beräknas för olika typer av avfall)	$Näringsinnehåll_a$ $\times faktor\ till\ jordbruket$

## Bilaga 2 – Datakällor

Nedan redovisas data som användes i studien för respektive delsystem.

### Tabell 9 Jordbruk

Visar källor för data som använts i beräkningar och antaganden för delsystemet jordbruk.

TYP AV FLÖDE	ENHET	UTSTRÄCKNING (PLATS OCH TID)	KÄLLA
Total area	Hektar	Skåne 2017	Markanvändningen i Sverige efter kommun och markanvändningsklass. Vart 5:e år 2010 - 2015 (SCB, u.å-d)
Åkerareal	Hektar	Skåne 2017	Åkerarealens användning efter län/riket och gröda. År 1981-2020 (Jordbruksverket, u.å-a)
Betesareal	Hektar	Skåne 2017	Betesarealens användning efter län/riket och gröda. År 2003-2020 (Jordbruksverket, u.å-d)
Hektar och totalskörd	Hektar och ton	Skåne 2017	Hektar- och totalskörd efter län och gröda. År 1965-2019 (Jordbruksverket, u.å-g)
Frilandsareal och växthusyta	Hektar och kvm	Skåne 2017	Översikt trädgårdsodling efter odlingsform och län. Antal företag, frilandsareal och växthusyta. Vart tredje år 1981-2017. Län/Riket (Jordbruksverket, u.å-k)
Köksväxter på friland (Areal och skörd)	Hektar och ton	Skåne 2017	Köksväxter på friland. Antal företag, areal, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket (Jordbruksverket, u.å-i)

Köksväxter i växthus (Yta och skörd)	Kvm och ton	Skåne 2017	Köksväxter i växthus. Antal företag, växthusyta, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket. (Jordbruksverket, u.å-h)
Bär på friland (Areal och skörd)	Hektar och ton	Skåne 2017	Bär på friland. Antal företag, areal, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket. (Jordbruksverket, u.å-c)
Frukt (Areal och skörd)	Hektar och ton	Skåne 2017	Frukt. Antal företag, areal, skördad mängd. År 1999, 2002-2019. Län/riket (Jordbruksverket, u.å-f)
Tillförsel av gödslingsmedel (Utom kväve)	Ton	Skåne 2018-2019	Tillförsel av gödselmedel (utom kväve), ton, efter region, växtnärlingsämne och grödgrupp. Urvalsundersökning, se fotnoter. År 1998/1999 - 2018/2019 (SCB, u.å-m)
Tillförsel av gödslingsmedel (Kväve)	Ton	Skåne 2018-2019	Tillförsel av kväve, ton, efter region och grödgrupp. Urvalsundersökning, se fotnoter. År 1998/1999 - 2018/2019 (SCB, u.å-j)
Näringsinnehåll i grödor	Kg/ton	2017	Principles of fertilisation of agricultural crops in Switzerland(PRIF 2017) (Agroscope, 2017)



**Tabell 10 Boskap**

Visar källor för data som använts i beräkningar och antaganden för delsystemet boskap.

TYP AV FLÖDE	ENHET	UTSTRÄCKNING (PLATS OCH TID)	KÄLLA
Näringssekretion boskap	Kg/år	Sverige 2016–2019	Rekommendationer för gödsling och kalkning 2019 (Jordbruksverket, 2018)
Slakt av större lantbruksdjur	Antal och Ton	Skåne 2016–2019	Slakt av större lantbruksdjur efter län. År 2016-2019 (Jordbruksverket, u.å-n)
Slakt av fjäderfä	Antal och Ton	Skåne 2016-2020	Slakt av fjäderfä vid slakteri. År 1995-2020 (Jordbruksverket, u.å- m)
Kvantitet invägd ägg	Ton	Skåne 2015-2020	Partihandelns invägning av ägg. År 1995-2020 (Jordbruksverket, u.å-l)
Kvantitet invägd mjölk	Ton	Skåne 2015-2020	Mejeriproduktion efter Variabel och År (Jordbruksverket, u.å-j)
Antal djur	Antal	Skåne 2015-2020	Antal djur och jordbruksföretag med djur efter län. År 1981- 2020 (Jordbruksverket, u.å-b)
Import och export av boskap	Ton	Sverige 2014-2019	Jordbruksstatistik sammanställning 2020 med data om livsmedel - tabeller (Jordbruksverket & SCB, 2020)
Foderintag boskap	Ton	Sverige 2016	Jordbruksstatistik sammanställning 2020 med data om livsmedel - tabeller (Jordbruksverket & SCB, 2020)

**Tabell 11 Livsmedelsproduktion och konsumtion**

Visar källor för data som använts i beräkningar och antaganden för delsystemen livsmedelsproduktion och konsumtion.

TYP AV FLÖDE	ENHET	UTSTRÄCKNING (PLATS OCH TID)	KÄLLA
Omvandlingsfaktorer	Faktor	Kanada 2007	(Dorward et al., 2016)
Totalkonsumtion livsmedel	Kg/person och år	Sverige 2017	Totalkonsumtion (Jordbruksverket, u.å- o)
Direktkonsumtion livsmedel	Kg/person och år	Sverige 2017	Direktkonsumtion (Jordbruksverket, u.å- e)
Population	Folkmängd	Skåne 2017	Befolkningstäthet (invånare per kvadratkilometer), folkmängd och landareal efter region och kön. År 1991 – 2020 (SCB, u.å-a)

**Tabell 12 Avfallshantering**

Visar källor för data som använts i beräkningar och antaganden i delsystemet avfallshantering.

TYP AV FLÖDE	ENHET	UTSTRÄCKNING (PLATS OCH TID)	KÄLLA
Matavfall i olika sektorer	Kg/person och ton	Sverige 2018	Matavfall i Sverige - Uppkomst och behandling (Naturvårdsverket, 2020b)
Matavfall i olika sektorer	Ton	Sverige 2018	Uppkommet avfall efter egenskap, näringsgren SNI 2007 (inkl. hushåll) och avfallslag. Vartannat år 2010-2018 (SCB, u.å-k)
Matavfall i olika sektorer	Ton	Sverige 2010	Matavfall 2010 från jord till bord (SMED, 2011)
Matavfall i olika sektorer	Kg/person	Skåne 2019	Hushållsavfall i siffror - kommun och länsstatistik 2019 (Avfall Sverige, 2020)
Matavfall i olika sektorer	Ton	Sverige 2018	Behandlat avfall per avfallshantering och avfallskategori. Vartannat år. 2010-2018 (SCB, u.å-b)
Andel matavfall till biologisk behandling	%	Sverige 2018	Miljömålen: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020 – Med fokus på statliga insatser (Naturvårdsverket, 2021a)
Produktion och användning av slam	Ton	Skåne 2018	Produktion och användning av slam från reningsverk efter region och användningskategori. Vartannat år 2014 – 2018 (SCB, u.å-h)
Reningsverk	Antal, reningsmetod, kapacitet (pe)	Skåne 2018	Reningsverk efter region, storleksklass och reningsmetoder.

Kommunala reningsverk	Ton, %, mg/l	Skåne 2018	Vartannat år 2014 – 2018 (SCB, u.å-i)  Kommunala avloppsreningsverk: In- och utgående mängder och reningsgrad efter fördelningsvariabel och substans. Vartannat år 2014 – 2018 (SCB, u.å-c)
Koncentration av kväve och fosfor i slam	Mg/kg torrsbstans	Sverige 2018	Näringsämnen, metaller och organiska miljögifter i slam från kommunala reningsverk efter storleksklass och substanser. Vartannat år 2014 – 2018 (SCB, u.å-f)
Avfallsfaktorer	Faktor	Kanada 2007	Methods and data sources: a description of the supply-demand based food and nutrition data produced by the Agricultural Division (Agriculture Division, 2007).

## Bilaga 3 – Osäkerhet i data

Nedan redovisas beräkningar för osäkerhet i data. Flöde, data, osäkerhetsnivå och följande osäkerhetsfaktor, ämne i ton och osäkerhetsintervall i ton redovisas.

**Tabell 13 Osäkerhetsnivå, faktor och intervall (Egle et al., 2014; Hedbrant & Sörme, 2001)**

Visar metod utvecklad av Hedbrant & Sörme (2001) och där osäkerhetsnivåer och faktorer baseras på Egle et al. (2014). Data får en osäkerhetsnivå och medföljande osäkerhetsfaktor baserat på typ av data. Vidare beräknades ett medelvärde av dessa osäkerhetsfaktorer baserat på osäkerhetsfaktorerna i ingående data per flöde. Denna faktor beräknar ett intervall där det riktiga värdet med 95% sannolikhet ligger.

FLÖDE	DATA	OSÄKERHETS- NIVÅ =FAKTOR	ÄMNE	ÄMNE (TON)	INTERVALL (TON)
Gödslingsmedel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tillförsel av gödselmedel (utom kväve) (SCB, u.å-m) samt Tillförsel av kväve, (SCB, u.å-j)</li> </ul>	1= */1,11	N	73 343	66 075-81 411
			P	9 643	8 687-10 704
			K	28 748	25 899-31 910
Skördeuttag	<ul style="list-style-type: none"> <li>Markanvändning, åkerareal, betesareal och skörd (Jordbruksverket, u.å-a, u.å-c, u.å-</li> </ul>	1= */1,11	N	71 732	56 930-90 382

	<p>d, u.å-f, u.å-g, u.å-h, u.å-i, u.å-k; SCB, u.å-d)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antagande om avkastning för bete baserat på hektar bete(Jordbruksverket, u.å-d).</li> <li>• Näringsinnehåll (Agroscope, 2017)</li> </ul>	<p>2=*/1,33</p> <p>2=*/1,33</p> <p>Ger en faktor på 1,26</p>	<p>P</p> <p>K</p>	<p>11 940</p> <p>43 502</p>	<p>9 476-15 044</p> <p>34 525-54 813</p>
Mat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baserat på beräknad avkastning, area och näringsinnehåll ovan</li> <li>• Externa flöden baserad på intern produktion av mat och efterfrågan genom konsumtion.</li> <li>• Efterfrågan baseras på omvandlingsfaktorer</li> <li>• Samt tillgänglig mat per capita samt population (Jordbruksverket, u.å-e, u.å-o; SCB, u.å-a)</li> </ul>	<p>1,26</p> <p>3=*/2</p> <p>2=*/1,33</p> <p>1=*/1,11</p> <p>Ger en faktor på 1,42</p>	<p>N</p> <p>P</p> <p>K</p>	<p>30 356</p> <p>5 262</p> <p>11 809</p>	<p>21 377-43 106</p> <p>3 706-7 472</p> <p>8 316-16 769</p>

Foder/Foder övrigt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baserat på avkastning, area och näringsinnehåll ovan.</li> <li>• Efterfrågan lokalt baseras på omvandlingsfaktor</li> <li>• Samt foderintag per boskapstyp i Sverige (Jordbruksverket &amp; SCB, 2020)</li> <li>• Samt boskapsproduktion vilket baseras på antal djur och ton per djur (Jordbruksverket, u.å-m, u.å-n).</li> <li>• Allokering export basert på beräkningarna ovan.</li> </ul>	1,26	N	41 376	27 101-63 719
		2=*/1,33			
		3=*/2	P	6 679	4 337-10 286
		1=*/1,11	K	31 693	20 580-48 807
		3=*/2			
		Ger en faktor på 1,54			
Djurprodukter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvantitet ägg, mjölk och andra djurprodukter (Jordbruksverket, u.å-j, u.å-l)</li> <li>• Näringsinnehåll vilket baseras på mängd slaktat boskap (Jordbruksverket, u.å-m, u.å-n).</li> <li>• Samt på näringsinnehåll i djurprodukter</li> <li>• Lokal produktion vilket baseras på slaktvikt, se ovan, och andelen av djuret som blir kadaver (Agriculture Division, 2007).</li> <li>• Foderintag per boskapstyp, data för Sverige (Jordbruksverket &amp; SCB, 2020).</li> </ul>	1 = */1,11	N	6 317	4 268-9 349
		1=*/1,11			
		2=*/1,33	P	1 236	835-1 829
		2=*/1,33			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allokering djurprodukt externt baserat på lokal tillgång och lokal efterfrågan.</li> </ul>	$3=*/2$  $3=*/2$  Ger en faktor på 1,48	K	980	662-1 450
Matprodukter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Näringsinnehåll, se näringsinnehåll skörd.</li> <li>Mängd matprodukt vilket baseras på omvandlingsfaktor; andelen av grödan som blir matprodukt (Dorward et al., 2016).</li> <li>Samt lokal produktion och efterfrågan, se ovan.</li> </ul>	$2=*/1,33$  $2=*/1,33$  1,26  Ger en faktor på 1,30	N	21 337	16 413-27 738
			P	3 039	2 338-3 951
			K	5 872	4 517-7 634
Stallgödsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baseras på exkretion från boskap för Sverige (Jordbruksverket, 2018)</li> <li>Baseras även på mängd använt stallgödsel på jordbruksmark (SCB, u.å-j, u.å -b)</li> <li>Ovan nämnda beräkningar av boskapsproduktionen</li> </ul>	$2=*/1,33$  $1=*/1,11$	N	42 422	34 772-51 755
			P	7 316	5 997-8 926



		Ger en faktor på 1,22	K	33 253	27 257-40 569
Slakteriavfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baseras på antagandet att levande vikt minus slaktvikt är avfall</li> <li>• Samt ovan nämnda beräkningar av boskapsproduktionen.</li> </ul>	3=*/2	N	1 887	943-3 774
			P	408	204-816
			K	153	77-306
Omvandlings-avfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baseras på flödes hastighet</li> <li>• Ovan beräknad mängd tillgänglig mat och matprodukt.</li> </ul>	2=*/1,33	N	15 335	7 668-30 670
			P	3 458	1 729-6 916
			K	6 917	3 459-13 834
Matavfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avfallsfaktorer (Agriculture Division, 2007).</li> </ul>	2=*/1,33	N	7 490	3 215-17 452
			P	1 053	452-2 453
			K	2 195	942-5 114
Mänskligt exkret	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baseras på tillgänglig matprodukt</li> <li>• Faktor mat som konsumeras.</li> </ul>	2=*/1,33	N	13 848	10 412-18 418
			P	1 986	1 493-2 641
			K	3 678	2 765-4 892
ÅTERVUNNA NÄRINGS- ÄMNEN					
Stallgödsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mängd stallgödsel som används (Jordbruksverket, 2018)</li> </ul>	2=*/1,33	N	14 810	11 135-19 697
			P	8 299	6 239-11 038

			K	16 558	12 450-22 022	
Slakteriavfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antagande om slakteriavfall till biologisk behandling</li> </ul>	3=*/2	N	947	474-1 894	
			P	204	102-408	
			K	78	39-156	
			N	15 336	7 668-30 672	
Omvandlingsavfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antagande om att omvandlingsavfallet används i foder</li> </ul>	3=*/2	P	3 459	1 730-6 918	
			K	6 917	3 459-13 834	
			N	2 026	1 447-2 836	
Matavfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uppkomst och behandling av matavfall (Naturvårdsverket, 2020b)</li> <li>• Matavfall i hushåll (Avfall Sverige, 2020)</li> <li>• Matavfall i sektorer (SCB, u.å-k)</li> <li>• Matavfall i sektorer (SMED, 2011)</li> <li>• Antagande om den totala mängden matavfall</li> <li>• Andel matavfall till biologisk behandling (Naturvårdsverket, 2021a)</li> </ul>	2=*/1,33	P	284	203-398	
						1=*/1,11
		2=*/1,33				
		3=*/2				
		2=*/1,33				
		Ger en faktor på 1,4				
Mänskligt exkret	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Behandlat avfall (SCB, u.å-b)</li> </ul>	1=*/1,11	N	1 557	1 342-1 806	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktion och användning av slam, antal reningsverk (SCB, u.å-h, u.å-i)</li> <li>• Koncentration av näringsämnen i avfall (SCB, u.å-c, u.å-f)</li> <li>• Avfallsfaktorer, se ovan</li> </ul>	1=*/1,11	P	909	784-1054
		1=*/1,11 2=*/1,33 Ger en faktor på 1,16	K	110	95-128