



UPPSALA
UNIVERSITET



UPTEC W 19 021

Examensarbete 30 hp
Mars 2019

Analys av metoder för att beräkna livsmedels vattenfotavtryck

Lina Lundmark

REFERAT

Analys av metoder för att beräkna livsmedels vattenfotavtryck

Lina Lundmark

Vatten är en nödvändig resurs för allt liv på jorden. Med en ökande befolkningsmängd förväntas även sötvattenanvändningen att öka, vilket ställer krav på att hanteringen av de vattenresurser som finns sker på ett hållbart sätt. Jordbrukssektorn är i dagsläget den största konsumenten av vatten, varpå det är viktigt att uppmärksamma konsumenter om vattenanvändning vid produktion av livsmedel så att kunskapen ökar kring hur vatten används idag. Ett verktyg för att bedöma miljöpåverkan från vattenanvändning är det så kallade vattenfotavtrycket. De senaste åren har flera beräkningsmetoder tillkommit för att beräkna vattenfotavtryck, och dessa tar hänsyn till olika aspekter. Syftet med denna studie var att utvärdera tre sådana metoder och använda dem för att beräkna vattenfotavtrycket för ett antal livsmedel, jämföra resultatet och slutligen ta fram en rekommendation kring vilken eller vilka metoder som lämpar sig för konsumentvägledning.

De metoder som undersöktes var *TOTAL* som är en metod av Water Footprint Network (WFN), metoden *WSI* och metoden *AWARE*. Resultatet visade att vissa nötter fick särskilt högt vattenfotavtryck oavsett vilken metod som användes, för exempelvis mandlar erhöles med respektive metod ett vattenfotavtryck motsvarande 15 m³ vatten/kg, 3,3 m³ WSI-H₂O-ekvivalenter/kg samt 165 m³ AWARE-H₂O-ekvivalenter/kg. Att resultaten har olika enheter samt storleksordningar beror på att metoderna är olika uppbyggda. Generellt fick baljväxter, spannmål samt frukt och grönt låga resultat, dock varierade resultaten något beroende på vilken metod som användes. Detta beror bland annat på att endast *WSI* och *AWARE* tar hänsyn till hur den lokala vattensituationen ser ut där vattnet används. Vid jämförelse av metoderna ansågs både metoden *TOTAL* samt *AWARE* vara lämpliga att använda för konsumentvägledning då den förstnämnda är väl beprövad samt lättförstådd medan den sistnämnda är en uppdaterad indikator som tar hänsyn till lokal vattenbrist.

Nyckelord: Vattenfotavtryck, livscykelanalys, Water Footprint Network, WSI, AWARE

Institutionen för energi och teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Lennart Hjelm's väg 9, SE-75007 Uppsala, Sverige. ISSN 1401-5765.

ABSTRACT

An analysis of methods used for calculating water footprint of foods

Lina Lundmark

Water is a vital resource for all life on earth. With an increasing population, the use of freshwater is also expected to increase, which requires a sustainable management of existing water resources. The agricultural sector is currently the largest consumer of water, and it is important to pay attention to consumers about water use in food production so that knowledge is increasing about how water is used today. The so-called water footprint is a tool for assessing the amount of water used to produce a good or a service. In recent years, several calculation methods have been added to calculate water footprints, and these take into account various aspects. The purpose of this study was to evaluate three such methods and use them to calculate the water footprint for a number of foods, compare the results and finally give a recommendation on which method or methods that are best suited for consumer guidance.

The assessed methods were *TOTAL* by Water Footprint Network (WFN), the *WSI* method and the *AWARE* method. The results showed that some nuts had a particularly high water footprint regardless of the method used. Almonds, for example, obtained with each method a water footprint corresponding to 15 m³ water/kg, 3.3 m³ WSI-H₂O-equivalents/kg and 165 m³ AWARE-H₂O-equivalents/kg. The fact that the results have different units and orders of magnitude is because the different structure of the methods. Generally, legumes, cereals and fruits and vegetables had low water footprints, but the results varied somewhat depending on the method used. This is partly due to the fact that only *WSI* and *AWARE* take into account how the water situations looks where the water is used. When comparing the methods, both *TOTAL* and *AWARE* were considered suitable for use for consumer guidance, since the former is well-proven and easily understood while the latter is an updated indicator that takes local water shortage into account.

Keyword: Water footprint, life cycle assessment, Water Footprint Network, WSI, AWARE

Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Science, Lennart Hjelmss väg 9, SE-75007 Uppsala, Sweden. ISSN 1401-5765.

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och avslutar mina femåriga studier på civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala Universitet (UU) och Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).Handledare var Emma Moberg, doktorand vid institutionen för energi och teknik på SLU, och ämnesgranskare var Hanna Karlsson, postdoktor vid samma institution.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Emma som har stöttat under hela arbetets gång! Tack för att du hela tiden har ställt upp och tagit dig tid för alla våra möten, det har varit otroligt uppskattat och du har varit till stor hjälp. Ett stort tack riktas även till min ämnesgranskare Hanna som genom hela detta arbete tagit sig tiden att bolla intressanta idéer och stöttat när det har behövts. Jag vill även tacka de forskare som ligger bakom beräkningsmetoderna som har undersökts i denna studie, vars korrespondens har varit mycket hjälpsam.

Sist men inte minst vill jag tacka min sambo för ett ovärderligt stöd, min familj och mina vänner som har stöttat och hejat på mig hela tiden samt min vän Clara som har förgyllt mina dagar sedan dag ett på denna utbildning, tack!

Lina Lundmark

Uppsala, februari 2019

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Vatten är en viktig resurs för allt liv på jorden. Trots att vatten täcker ungefär 70 % av jordens yta utgör sötvatten enbart 3 % av denna yta. Jordens vattenresurser är dessutom ojämnt fördelade, i nuläget lever 1,1 miljarder människor i områden som har en begränsad tillgång på sötvatten. På grund av klimatförändringar och en ökande befolkningsmängd förväntas problemen med vattenbrist att förvärras. För att skydda vattnet är det därför viktigt att hanteringen av de vattenresurser som finns sker på ett hållbart sätt. Detta är särskilt angeläget för jordbrukssektorn, vilken idag står för ungefär 70 % av den totala vattenanvändningen i världen.

Ett verktyg som kan användas för att belysa vattenanvändningen för bland annat livsmedel är det så kallade vattenfotavtrycket, vilket på engelska är water footprint (WF). I ett vattenfotavtryck beräknas hur mycket vatten som behövs för att producera en vara och inkluderar på så vis det vatten som är gömt i produkten.

Det finns i dagsläget flertalet metoder för att beräkna vattenfotavtryck, men en av de mest välkända har tagits fram av nätverket Water Footprint Network (WFN). Denna studie undersökte dels denna metod, och dels två andra metoder vid namn WSI och AWARE genom att beskriva deras uppbyggnad samt skillnader. Förutom detta var syftet med denna studie att med de tre metoderna beräkna vattenfotavtryck för livsmedel, jämföra deras resultat och slutligen komma med en rekommendation kring vilken eller vilka metoder som lämpar sig för konsumentvägledning och som kan användas i Svenska Världsnaturfondens (WWF) kommande vegetariska livsmedelsguide.

Den förstnämnda metoden av WFN benämns i denna studie som ”TOTAL” och kan användas för att öka medvetenheten kring hur mycket vatten som används vid produktion av olika livsmedel, samt var vattenbesparingar skulle kunna göras. De två sistnämnda metoderna kan istället användas för att beskriva en problematik som innefattar att jordens vattenresurser är ojämnt fördelade. För att göra detta tar metoderna WSI och AWARE

hänsyn till vilka vattenförhållanden som råder i området som varan produceras i, där större konsekvenser kan förväntas ske i områden som redan lider av vattenbrist.

Studiens resultat visade bland annat att nötter fick särskilt högt vattenfotavtryck oavsett vilken metod som användes, exempelvis använder mandel 15 m³ vatten/kg enligt TOTAL, och 3,3 samt 165 m³ H₂O-ekvivalenter/kg enligt WSI respektive AWARE. Generellt fick baljväxter, spannmål samt frukt och grönt låga resultat oavsett metod. För några livsmedel varierade dock resultatens storlek beroende på vilken metod som tillämpades, exempelvis fick dadlar ett större vattenfotavtryck med metoderna WSI och AWARE än med metoden TOTAL. Detta berodde på att produkten importeras från länder som redan lider av vattenstress vilket enligt dessa metoder genererar ett större vattenfotavtryck. Sådana resultat kan användas för att öka medvetenheten om att produkter som inhandlas i Sverige kan ge ett större vattenfotavtryck om de kommer från ett område som har problem med vattenbrist.

Vid jämförelse av metoderna ansågs bland annat metoden TOTAL vara lämplig att använda för konsumentvägledning, eftersom den är väl beprövad och har en bred acceptans. Den är även lätt att förstå, vilket är en fördel. Med denna metod anses det dock vara viktigt att komplettera resultaten med en analys av vattentillgången i området, eftersom det kan tänkas vara värre att använda vatten i ett område med vattenbrist än i områden med god vattentillgång, vilket är något som inte tas hänsyn till i vattenfotavtrycket framtaget med denna metod.

Även metoden AWARE ansågs vara lämplig att använda för konsumentvägledning eftersom denna metod tar hänsyn till vilka vattenförhållanden som råder i området som varan produceras i, vilket kan tyckas vara en relevant aspekt att inkludera. AWARE är dessutom en ny och uppdaterad metod som rekommenderas av UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, vilket är ett livscykelrelaterat samarbete mellan FN:s miljöprogram och en professionell organisation verksamma inom toxicitet och kemi. Eftersom AWARE liksom WSI tar hänsyn till lokal vattensituation men är en uppdaterad indikator ansågs denna metod vara bättre lämpad för konsumentvägledning än WSI.

Innehållsförteckning

REFERAT	i
ABSTRACT	ii
FÖRORD	iii
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	iv
ORDLISTA	viii
1. INLEDNING	1
1.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR.....	3
1.2 AVGRÄNSNINGAR.....	3
2. BAKGRUND OCH TEORI	4
2.1 LIVSCYKELANALYS OCH WATER FOOTPRINT	4
2.1.1 Livscykelanalys.....	4
2.1.2 Relationen mellan water footprint och livscykelanalys	5
2.2 BERÄKNINGSMETODER FÖR VATTENANVÄNDNING.....	6
3. METOD	8
3.1 MOTIVERING TILL VAL OCH GENOMGÅNG AV METODER.....	8
3.1.1 Metod 1 - TOTAL	8
3.1.2 Metod 2 - WSI.....	10
3.1.3 Metod 3 - AWARE	12
3.1.4 Jämförande avsnitt av utvalda metoder.....	13
3.1.5 Lämplighet för konsumentvägledning.....	16
3.2 BERÄKNING AV WATER FOOTPRINT OCH WATER SCARCITY FOOTPRINT 16	
3.2.1 Urval av livsmedel	16
3.2.2 Övergripande metodik.....	17
3.2.3 Statistik från SCB respektive FAOSTAT	17
3.2.4 Hantering av mellanhandsländer.....	18
3.2.5 Inventeringsdata från WaterStats databas	19
3.2.6 Förluster i näringskedjan	20
3.2.7 Karakterisering och beräkning av WF samt WSF.....	21
3.2.8 Korrelationstest och känslighetsanalys	22
4. RESULTAT OCH DISKUSSION	24

4.1 WATER FOOTPRINT MED TOTAL-METODEN	24
4.2 WATER SCARCITY FOOTPRINT MED WSI-METODEN	27
4.3 WATER SCARCITY FOOTPRINT MED AWARE-METODEN	29
4.4 JÄMFÖRELSE AV RESULTATET MED DE OLIKA METODERNA	31
4.5 KORRELATIONSTEST	32
4.6 KÄNSLIGHETSANALYSER	35
4.6.1 Funktionell enhet	35
4.6.2 Val av exportland	38
4.7 STUDIENS BEGRÄNSNINGAR	39
5. ANALYS AV METODERNAS RELEVANS FÖR KONSUMENTVÄGLEDNING	41
6. SLUTSATSER	45
7. REFERENSER	47
APPENDIX A	52
APPENDIX B	53
APPENDIX C	53
APPENDIX D	66
APPENDIX E	66

ORDLISTA

Water footprint/ Vattenfotavtryck	Ett mått på den mängd vatten som används för att producera en vara eller en tjänst. I en water footprint-studie (WF) inkluderas både direkt och indirekt vattenanvändning, det vill säga både i form av det vatten som exempelvis går åt vid tillagning samt det som har konsumerats vid själva produktionen av varan. En WF kan även tas fram för en process, ett företag, ett område samt för ett helt land
Water Footprint Network	WFN, ett globalt nätverk som var först ut med att introducera en standard för beräkning WF
Livscykelanalys	LCA, ett verktyg som använd för att beräkna en produkt, tjänst eller en aktivitets potentiella miljöpåverkan från vagga till grav
Karakteriseringsfaktor	KF, används för att översätta flöden till miljöpåverkan för att på så vis förstå konsekvenserna av flödena. Exempelvis används dessa faktorer för att förstå vilken effekt som ges om vatten skulle användas i ett område med vattenbrist eller ett område utan vattenbrist
Grönt vattenfotavtryck	Regnvatten som konsumerats på grund av evaporation, transpiration eller att det inkorporerats i produkt
Blått vattenfotavtryck	Yt- eller grundvatten som konsumerats på grund av evaporation eller inkorporation i produkt. Dessutom inkluderas vatten som inte återförs till dess ursprungliga område eller att det återförs men en annan tid på året
Grått vattenfotavtryck	Teoretisk volym vatten som behövs för att späda ut föroreningar i det förorenade vattnet så att vattenkvalitetsstandarder uppfylls
Vattenstress	Uppstår då tillgängligheten på sötvatten begränsas vilket kan beröva andra användare, såsom människor och ekosystem, på vatten
AMD	Availability Minus Demand (Tillgång minus efterfrågan)
WTA	Withdrawal to Availability (Uttag jämfört tillgång)

1. INLEDNING

Vatten är en nödvändig resurs för allt liv på jorden. Vatten täcker ungefär 70 % av jordens yta men endast 3 % av denna yta är sötvatten. Av detta sötvatten är enbart en tredjedel tillgängligt för användning då resterande mängd är bundet i glaciärer eller på annat vis är oåtkomligt. På grund av klimatförändringar och en ökande befolkningsmängd förväntas även sötvattenanvändningen att öka. I nuläget lever 1,1 miljarder människor i områden som har en begränsad tillgång på sötvatten. Flera av de sötvattenskällor som används av människor och ekosystem riskerar att torka ut till följd av ett varmare klimat. Dessutom finns det problem med att sötvattenskällor blir förorenade till den grad att de inte längre kan användas som vattenkälla på grund av mänsklig påverkan (WWF, 2019).

I dagsläget används vatten bland annat till industriprodukter och till hushåll. Den största konsumenten av vatten är jordbrukssektorn, vilken står för ungefär 70 % av den totala vattenanvändningen (UNESCO, 2017). Fortsätter konsumtionen av vatten att ske i samma takt som idag förväntas två tredjedelar av jordens befolkning att vara utsatta för vattenbrist redan år 2025 (WWF, 2019). För att skydda vattnet är det viktigt att hanteringen av de vattenresurser som finns sker på ett hållbart sätt (UNESCO, 2018).

Ett verktyg som kan användas för att belysa vattenanvändningen för bland annat livsmedel är det så kallade vattenfotavtrycket, även kallat water footprint (WF). Detta koncept introducerades i början av 2000-talet av Arjen Hoekstra (2003) som är en del av det globala nätverket vid namn Water Footprint Network (WFN). I detta globala nätverk samarbetar företag, organisationer och individer för att bidra till att jordens vattenresurser används på ett hållbart sätt. En WF inkluderar både direkt och indirekt vattenanvändning, det vill säga både i form av det vatten som exempelvis går åt vid tillagning samt det som har konsumerats vid själva produktionen av varan. En produkts totala WF motsvarar därmed den volym sötvatten som går åt för att producera en produkt och beräknas längs hela försörjningskedjan. År 2011 lanserade detta nätverk en standard för hur ett vattenfotavtryck beräknas. Enligt standarden redovisas vattenanvändningen som ett volymetriskt mått, exempelvis m^3/kg produkt (Hoekstra et al., 2011).

Samtidigt som WFN har utvecklat sin standard har även andra metoder som följer en generell livscykelmetodik-metodik tagits fram (Kounina et al., 2013). Livscykelanalys (LCA) är ett verktyg som används för att utvärdera potentiell miljöpåverkan som en produkt, vara eller tjänst bidrar med under samtliga steg under dess livscykel (Klöppfer & Grahl, 2014). Forskare inom LCA anser att redovisning av vattenanvändning som ett volymetriskt mått inte är tillräckligt, utan att hänsyn även borde tas till vilka konsekvenser vattenanvändningen kan leda till. Detta kan göras med hjälp av karakteriseringsfaktorer som relaterar vattenanvändning till magnituden av dess miljöpåverkan. LCA-utövare kombinerar då det volymetriska vattenfotavtrycket med karakteriseringsfaktorer som är specifika för det område som vattnet togs från. Dessa karakteriseringsfaktorer tar således hänsyn till hur vattensituationen ser ut i området där vattnet används, där vattenanvändning i vattenfattiga länder leder till större negativa effekter jämfört med om vatten hade använts i ett land med god vattentillgång (Kounina et al., 2013; Pfister et al., 2017).

Ett vattenfotavtryck kan därmed antingen beräknas och redovisas enskilt som ett volymetriskt mått, eller redovisas i en LCA som en del av ett bredare perspektiv där även andra miljöpåverkanskategorier kan tas hänsyn till. Detta är anledningen till varför det idag finns flertalet olika metoder för att beräkna WF som skiljer sig åt i uppbyggnad (Pfister et al., 2017).

För att användningen av de vattenresurser som finns ska ske på ett hållbart sätt är det viktigt att kunskapen kring hur vatten används idag ökar (Naturvårdsverket, 2010). Svenska Världsnaturfonden (WWF) utvecklar i nuläget en konsumentguide för växtbaserade livsmedel, vegoguiden, vilken syftar till att ge vägledning samt hjälpa konsumenter att göra medvetna livsmedelsval. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) är ansvariga att ta fram det vetenskapliga underlaget till vegoguiden, vilken omfattar miljöeffekter som medförs vid produktion och distribution av olika växtbaserade livsmedel. Denna studie bidrar med underlag till vegoguiden, där metoder för att beräkna vattenfotavtryck ska analyseras och tillämpas för flertalet växtbaserade livsmedel som konsumeras i Sverige, för att kunna ge en rekommendation kring vilken eller vilka metoder som lämpar sig för konsumentvägledning.

1.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR

Syftet med examensarbetet är att undersöka olika metoder för bedömning av livsmedels vattenfotavtryck, samt att diskutera metodernas lämplighet för konsumentvägledning i WWF:s vegoguide. Målet med studien är att använda de olika metoderna för att utföra beräkningar av vattenfotavtryck för ett flertal livsmedelsprodukter som konsumeras i Sverige, jämföra resultaten samt ta fram en rekommendation för vilken eller vilka metoder som kan användas för bedömning av vattenfotavtryck i WWF:s vegoguide för konsumentvägledning. För att uppnå detta formulerades följande frågeställningar:

1. Vilka potentiella styrkor och svagheter har de undersökta metoderna?
2. Vad är resultatet av vattenfotavtrycket för olika livsmedel framtagna med de undersökta metoderna, vad kan eventuella skillnader bero på?
3. Vilken eller vilka av de undersökta metoderna för bedömning av vattenfotavtryck lämpar sig för konsumentvägledning?

1.2 AVGRÄNSNINGAR

I denna studie valdes tre metoder ut för att beräkna vattenfotavtryck från ett urval av olika metoder. Motivering bakom valet av metoder beskrivs i avsnitt 3.1. Studien begränsar sig därmed till att enbart undersöka följande tre metoder, vilka kommer ligga till grund för senare diskussion:

- Metoden av Water Footprint Network (Hoekstra et al., 2011) som i denna studie benämns som ”TOTAL”, då den tar hänsyn till den totala vattenanvändningen
- Metoden WSI (Pfister et al., 2009)
- Metoden AWARE (Boulay et al., 2018).

2. BAKGRUND OCH TEORI

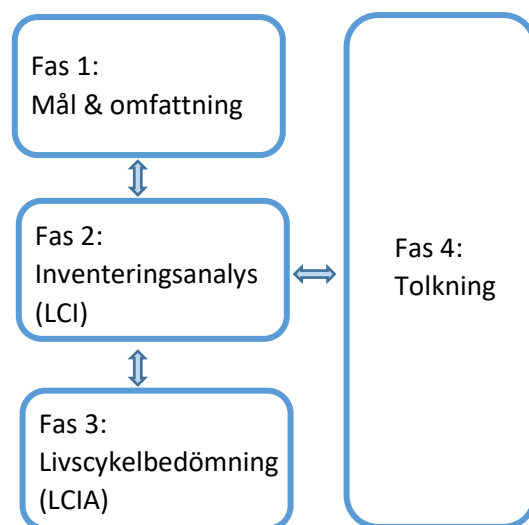
I följande avsnitt beskrivs inledningsvis metodiken LCA och dess fyra olika faser, samt relationen mellan WF och LCA. Därefter ges exempel på vilka metoder samt verktyg som kan användas för att undersöka vattenanvändning.

2.1 LIVSCYKELANALYS OCH WATER FOOTPRINT

2.1.1 Livscykelanalys

Utförandet av en LCA återfinns i standarden ISO 14040 respektive ISO 14044 och består i huvudsak av fyra faser, se Figur 1. (ISO, 2006). I den första fasen anges studiens mål och omfattning där bland annat studiens systemgräns definieras, det vill säga hur studien ska avgränsas. Dessutom definieras en funktionell enhet vilket är den enhet som miljöpåverkan anges i, för exempelvis livsmedel kan miljöpåverkan anges i enheten “per kg produkt” (Klöppfer & Grahl, 2014). I den andra fasen utförs en inventeringsanalys (LCI- Life Cycle Inventory) där olika in- och utflöden kopplade till ett produktsystem kvantifieras (ISO, 2006). Exempelvis kartläggs hur mycket vatten som används av ett visst system, det vill säga hur mycket vatten som går in i ett system respektive går ut ur systemet (ISO, 2014).

I den tredje fasen som är en livscykelbedömning (LCIA- Life Cycle Impact Assessment) utvärderas omfattningen samt betydelsen av LCI-resultaten och dess potentiella miljöpåverkan. I denna fas ska enligt ISO 14040/14044 en så kallad karakterisering utföras för att på så sätt uppskatta effekten av miljöpåverkan. Detta innebär att karakteriseringsfaktorer (KF) multipliceras med inventeringsdata från LCI-fasen varpå resultaten uttrycks i en gemensam enhet (Klöppfer & Grahl, 2014). Den sista fasen är en tolkningsfas som egentligen pågår parallellt med övriga faser, där resultaten från LCI- och LCIA-fasen analyseras samt presenteras med hänsyn till studiens mål och omfattning (ISO, 2006).



Figur 1: En livscykelanalys fyra faser enligt ISO 14040, där pilarna syftar till att illustrera att processen är iterativ. Figuren är inspirerad av Guidoin (2006).

2.1.2 Relationen mellan water footprint och livscykelanalys

Standarden ISO 14046 togs fram år 2014 och ger riktlinjer kring utförandet av en WF-studie baserat på de principer som gäller för en LCA (Pfister et al., 2017). Riktlinjerna syftar till att resultaten ska bli transparenta, trovärdiga och konsekventa vid bedömning av WF. Enligt ISO 14046 rekommenderas en WF-studie att även identifiera potentiella miljörelaterade effekter till följd av sötvattenanvändning (ISO, 2014). Negativa effekter till följd av vattenanvändning kan uppstå i fler steg. Exempelvis kan akvatiska ekosystem direkt påverkas om vattentillgången blir begränsad vilket i sin tur kan leda till utrotning av arter. Dessutom kan organismer nedströms vattendraget påverkas om vattentillgängligheten minskar. Andra problem som associeras med vattenbrist är undernäring samt att avkastningen från skördar blir sämre (Pfister et al., 2011).

Som tidigare nämnt kan utförandet av en WF-studie göras utifrån ett livscykelperspektiv och kan antingen redovisas som en ensam indikator eller som en del av en LCA (Pfister et al., 2017). Begreppet water footprint har dock olika betydelse beroende på vem utövaren är samt vilken metodologi som följs. Trots de riktlinjer som anges i ISO 14046 finns en generell oenighet kring hur WF ska redovisas, vilket har lett till att utövare av WF-studier delats upp i två läger (Boulay et al., 2013; Hoekstra, 2016).

Det ena lägret utgörs av nätverket WFN vilka definierar en WF-studie enligt nätverkets grundare Hoekstra (2003). Enligt dem är syftet att redovisa vattenanvändningen som ett volymetriskt mått, där lokal vattenbrist inte nödvändigtvis behöver tas hänsyn till. Vidare tas ingen hänsyn till om vattenanvändningen kan bidra till negativa effekter av att vattnet blir otillgängligt för andra parter, vilket gör att denna metod avviker från de riktlinjer som anges i ISO 14046 (Pfister et al., 2017; ISO, 2014). Parallellt med utvecklingen av WFN har även andra metoder som utreder potentiella effekter till följd av vattenanvändning tagits fram. Dessa följer den generella LCA-metodiken och utgör tillsammans det andra lägret (Boulay et al., 2013). Vissa anser därmed att WF handlar om att sammanställa inventeringsdata och således redovisa vattenanvändningen som ett volymetriskt mått, medan andra anser att även effekten av vattenanvändning behöver utredas för att således överensstämma med ISO 14046 samt de principer som gäller för LCA (Boulay et al., 2013; Pfister et al., 2017).

Eftersom det råder skilda meningar kring hur ett vattenfotavtryck ska uttryckas kan begreppet water footprint användas då det refereras till det volymetriska måttet, medan water scarcity footprint (WSF) kan användas då även lokal vattenbrist tas hänsyn till i området där vattnet används (Ridoutt & Hodges, 2017). Detta görs även från och med nu i denna studie.

2.2 BERÄKNINGSMETODER FÖR VATTENANVÄNDNING

En av de mest använda metoderna för att beräkna vattenfotavtryck är metoden *TOTAL* som är framtagen av nätverket WFN (Hoekstra et al., 2011; Boulay et al., 2013). Denna metod skiljer sig från de metoder som utvecklats och används av LCA-utövare, som även tar hänsyn till lokal vattenbrist och därmed potentiella effekter relaterat till vattenanvändning (Boulay et al., 2013). I studien av Kounina et al. (2013) har det gjorts en grundlig litteraturgenomgång av olika metoder som gör detta. Några exempel är metoden *Swiss Ecological Scarcity* av Frischknecht et al. (2006) samt *WSI* av Pfister et al. (2009). Även fast det finns betydande skillnader mellan dessa metoder är en gemensam faktor att deras karakteriseringsfaktorer, som tar hänsyn till hur vattensituationen ser ut lokalt, har tagits

fram på liknande vis. Nyligen introducerades metoden *AWARE* av Boulay et al. (2018). Denna metod liknar de metoder som tas upp i studien av Kounina et al. (2013) och tar liksom dem hänsyn till hur vattensituationen ser ut i området där vattnet används.

Vidare finns det andra verktyg för att uppskatta vattenanvändning, bland annat *Water Risk Filter* av WWF. Detta verktyg kan användas av företag för att exempelvis få information kring vilka miljömässiga risker som är associerade med verksamheten, samt för att få vägledning gällande åtgärder (Berger, 2014; WWF, 2018).

3. METOD

I följande avsnitt motiveras inledningsvis valet av att undersöka metoden TOTAL samt metoderna WSI och AWARE. Därefter beskrivs dessa metoder närmare och jämförs för att belysa deras skillnader. Slutligen beskrivs hur beräkningar av WF utfördes med den förstnämnda metoden, och WSF utfördes med de två sistnämnda.

3.1 MOTIVERING TILL VAL OCH GENOMGÅNG AV METODER

Metoden TOTAL av Water Footprint Network (Hoekstra et al., 2011) valdes eftersom det är en internationellt accepterad standard som har tillämpats och testats av flertalet aktörer inom olika sektorer världen över sedan den blev tillgänglig (Water Footprint Network, 2018).

Bland metoderna som redovisades i den tidigare studien av Kounina et al. (2012) valdes WSI (Pfister et al., 2009) att undersökas närmare i denna rapport, eftersom det är en av den första och mest använda metoden som baseras på relationen mellan vattenuttag och vattentillgänglighet och därmed tar hänsyn till lokal vattenbrist (Liu et al., 2017; Berger, 2014). Övriga metoder som tas upp i samma studie valdes därmed inte att undersökas närmare då de liknar WSI i uppbyggnad.

Den tredje metoden, AWARE (Boulay et al., 2018), valdes då den är resultatet av ett flerårigt internationellt samarbete mellan experter och är framtagen för att användas i LCA. Denna metod tar precis som WSI hänsyn till lokal vattenbrist, men skiljer sig från WSI i uppbyggnad vilket var ännu en anledning till varför AWARE valdes (Ridoutt & Hodges, 2017). WWF:s Water Risk Filter valdes inte att undersökas vidare eftersom detta verktyg ej erbjuder möjligheten att beräkna WF för olika grödor (Costa, F., pers. kom., 2019).

3.1.1 Metod 1 - TOTAL

Nätverket WFN definierar en WF som ett mått på förorenat samt konsumerat sötvatten, där konsumtion refererar till något av följande (Hoekstra et al., 2011):

- Vattnet avdunstar

- Vattnet inkorporeras i en produkt
- Vattnet återförs ej till dess ursprungliga avrinningsområde
- Vattnet återförs till dess ursprungliga avrinningsområde men vid en annan tidpunkt på året (Hoekstra et al., 2011).

Vidare delas en WF in i grönt, blått och grått vatten. Det gröna vattenfotavtrycket motsvarar det regnvatten som lagras i rotzonen i marken och som sedan evaporerar, transpirerar, det vill säga evapotranspirerar, eller som inkorporeras i plantan. Det blå vattnet avser det sötvatten från yt- eller grundvattenkällor som har konsumerats i en process. För jordbruksprodukter refererar det blåa vattnet till bevattningsvatten. Det grå vattenfotavtrycket motsvarar den volym sötvatten som krävs för att utjämna koncentrationer av föroreningar så att rådande standarder för vattenkvalitet uppfylls. Det grå vattnet är således en teoretisk volym vatten (Hoekstra et al., 2011).

För att beräkna det totala vattenfotavtrycket summeras grönt, blått och grått vatten enligt ekvation (1), som exempelvis uttrycks i m³/ton (Hoekstra et al., 2011).

$$WF_{TOTAL} = WF_{grön} + WF_{blå} + WF_{grå} \quad (1)$$

Vid beräkning av det totala vattenfotavtrycket för en gröda beräknas först grönt och blått vattenfotavtryck. Detta görs genom att dividera grödans gröna och blåa vattenanvändning [m³/ha] med dess avkastning [ton/ha] vilket motsvarar hur mycket av den aktuella produkten som fås av skörden, se ekvation (2) respektive (3) (Hoekstra et al., 2011).

$$WF_{grön} = \frac{Vattenanvändning_{grön}}{Avkastning} \quad (2)$$

$$WF_{blå} = \frac{Vattenanvändning_{blå}}{Avkastning} \quad (3)$$

Grön och blå vattenanvändning beräknas genom att summera den dagliga evapotranspirationen över grödans tillväxtperiod, från att grödan planteras till att den skördas. Grön evapotranspiration motsvarar det regnvatten som evapotranspirerar under grödans tillväxtperiod, medan blått vatten motsvarar bevattningsvatten som evapotranspirerar under samma period. Eftersom det är kostsamt och tidskrävande att mäta evapotranspiration på plats brukar modeller användas för att uppskatta detta. Det finns flera modeller som kan estimerar evapotranspiration och grödans tillväxt, men gemensamt för modellerna är att de bland annat använder information om klimat, grödans karaktär och markförhållanden såsom exempelvis tillgång på markvatten som input (Hoekstra et al., 2011).

Det grå vattenfotavtrycket beräknas enligt ekvation (4). Detta görs för olika föroreningar såsom gödningsämnen, pesticider och insekticider. Enbart den mest kritiska föroreningen behöver tas hänsyn till, vilket är den som ger störst värde på det gråa vattenfotavtrycket i ekvationen nedan (Hoekstra et al., 2011):

$$WF_{grå} = \frac{(\alpha \cdot AR)/(C_{max} - C_{nat})}{Avkastning} \quad (4)$$

där α [-] motsvarar en procentsats av hur mycket av substansen som försvinner med grundvattnet genom utlakning eller med avrinningen, AR [kg/ha] motsvarar tillsatsen av substansen, C_{max} [kg/m³] är den högst tillåtna koncentrationen i grund- och ytvatten enligt ett land eller regions vattenkvalitetstandarder och C_{nat} [kg/m³] är den naturligt förekomna koncentrationen av substansen i vattnet (Hoekstra et al., 2011).

3.1.2 Metod 2 - WSI

Till skillnad från den tidigare nämnda metoden TOTAL tar denna metod hänsyn till hur den lokala vattensituationen ser ut, och uppskattar potentiella effekter baserat på vattenbrist. Detta görs genom att använda Water Stress Index (WSI), vilka anger andelen sötvatten som berövar andra människor på vatten och fungerar på samma sätt som

karaktiseringsfaktorer i LCIA. Dessa är framtagna för 175 länder världen över och finns tillgängliga för allmänheten via studien av Pfister et al. (2009).

Karaktiseringsfaktorerna från Pfister et al (2009) har anpassats där de individuella faktorerna för respektive land har dividerats med det globala medelvärdet för metoden (Ridoutt & Pfister, 2012). För att beräkna WSF med denna metod multipliceras de enhetslösa karaktiseringsfaktorerna (KF_{WSI}) med blått vatten ($WF_{blå}$) enligt ekvation (5) nedan (Pfister et al., 2009). Detta gör att effekten av vattenanvändningen uttrycks i kubikmeter vattenekvivalenter per kilogram (m^3 WSI- H_2O -ekvivalenter/kg) (Ridoutt & Hodges, 2017).

$$WSF_{WSI} = WF_{blå} \cdot KF_{WSI} \quad (5)$$

De framtagna karaktiseringsfaktorerna för WSI bygger på principen Withdrawal to Availability (WTA) som motsvarar förhållandet mellan det årliga sötvattenuttaget och den årliga vattentillgången i ett område. I metoden har WTA beräknats årsvis för mer än 10 000 avrinningsområden med den globala hydrologiska WaterGAP-modellen (Water Global Assessment and Prognosis), där klimatdata för år 1961-1990 har använts för att modellera vattentillgången. I WTA tas det även hänsyn till att nederbördsmonstret kan variera under ett år, se Appendix A för en mer ingående beskrivning av WTA (Pfister et al., 2009).

KF_{WSI} anges som kontinuerliga värden vilka varierar mellan 0,01 - 1. Ett KF_{WSI} under 0,09 indikerar att det råder låg vattenstress i landet. Måttlig vattenstress motsvaras av ett KF_{WSI} mellan 0,09 - 0,5 och hög vattenstress av ett KF_{WSI} mellan 0,5 - 0,91. Ett KF_{WSI} mellan 0,91 - 1 indikerar att det råder mycket hög vattenstress (Pfister et al., 2009).

Metodiken med WSI inkluderar inte grönt vatten då Pfister et al. (2017) menar att grönt vatten skulle ha konsumerats av den naturligt förekommande vegetationen ändå oavsett om en gröda odlas eller ej. Dessutom anses det att grönt vatten ej påverkar vattnets kretslopp på samma sätt som blått vatten gör, och bör därmed snarare inkluderas i en annan miljöpåverkanskategori såsom landanvändning. Liksom det gröna vattnet finns det delade

meningar om ifall det gråa vattnet bör inkluderas vid framtagandet av WF med denna metod. I denna metod exkluderas det gråa vattnet, eftersom Pfister et al. (2017) anser att denna indikator möjligtvis täcks bättre av andra områden som kan studeras i en LCA, såsom toxicitet eller eutrofiering. Skulle grönt och grått vatten presenteras i samband med dessa områden riskeras dubbelräkning ske av miljöpåverkan (Pfister et al., 2017).

3.1.3 Metod 3 - AWARE

År 2015 introducerades AWARE (Available Water REmaining), vilket är en ny metod för att uppskatta potentiella effekter associerade med vattenanvändning. AWARE är resultatet av ett flerårigt samarbete mellan den internationella arbetsgruppen Water Use in LCA (WULCA) samt UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, vilka är FN:s miljöprogram tillsammans med SETAC, en organisation verksam inom toxicitet och kemi. Metoden bedömer risken att vatten görs otillgängligt för andra i ett visst område, vilket baseras på hur mycket vatten som återstår efter att både människors och akvatiska ekosystems behov är uppfyllt (Boulay et al., 2018). Metodens karakteriseringsfaktorer tar därmed hänsyn till hur vattensituationen ser ut i ett visst område, precis som motsvarande faktorer gör i metoden WSI, och finns tillgängliga för 212 länder världen över via WULCA (2018).

Beräkning av WSF med denna metod sker på liknande vis som för WSI, det vill säga att multiplicera karakteriseringsfaktorer med inventeringsdata för blått vatten enligt ekvation (6) (Boulay et al., 2018). Detta gör att effekten av vattenanvändningen uttrycks i kubikmeter m^3 AWARE- H_2O -ekvivalenter/kg, där ekvivalenter relaterar till det globala medelvärdet för metoden (Ridoutt & Hodges, 2017).

$$WSF_{AWARE} = WF_{blå} \cdot KF_{AWARE} \quad (6)$$

Metodens karakteriseringsfaktorer grundar sig i att ju mindre vatten som kvarstår i ett område efter att människors och akvatiska ekosystems behov har tillfredsställts, desto större är risken att andra användare berövas på vatten. Detta beskrivs med faktorn AMD (Availability Minus Demand), vilket visas i ekvation (7).

$$AMD = \frac{Tillgänglighet - Behov}{Area} \quad (7)$$

Vattentillgängligheten och behovet har precis som för WSI bland annat estimerats med den globala WaterGAP-modellen, med klimatdata för perioden 1960-2010. Dessa värden för AMD har sedan normaliserats med det globala medelvärdet av AMD, se ekvation B1 i Appendix B för hur AWARE:s enhetslösa KF är definierade (Boulay et al., 2018).

Metodens karakteriseringsfaktorer varierar mellan 0,1-100, där ett högt värde indikerar att området lider av vattenstress. Ett värde lika med ett indikerar att det kvarvarande vattnet i området är lika med medelvärdet över den globala situationen enligt samma metod. Baserat på AWARE lider områden därmed av en viss vattenstress redan då KF_{AWARE} är större än ett. Då behovet av vatten är större än tillgängligheten blir AMD negativt. Metoden är då inställd att visa att $KF_{AWARE}=100$, vilket innebär att potentialen att beröva en annan användare på vatten är maximal. Det är därmed positivt ur ett vattenresursperspektiv med låga värden på KF, där värden mindre än ett motsvarar områden som inte lider av vattenbrist. (Boulay et al., 2018).

På samma sätt som för WSI tar denna metod inte hänsyn till det gråa och det gröna vattnet. Med samma anledning som tidigare är detta på grund av risken för dubbelräkning, och det anses att det gröna och gråa vattnet bättre täcks in av kategorierna landanvändning respektive eutrofiering (Boulay et al., 2018).

3.1.4 Jämförande avsnitt av utvalda metoder

Den huvudsakliga skillnaden mellan metoden TOTAL och metoderna WSI och AWARE är att den förstnämnda inkluderar olika typer av vatten, det vill säga grönt, blått och grått vatten, medan de två sistnämnda bortser från grönt och grått vatten och därmed enbart behandlar blått vatten. Metoden TOTAL anger den totala vattenanvändningen utan att bedöma potentiella effekter av detta. Detta innebär att vattenanvändningen redovisas som ett volymetriskt mått, det vill säga en mätbar mängd vatten. Metoderna WSI och AWARE tar som tidigare nämnt hänsyn till lokal vattenbrist, och anger således vilken potentiell effekt som ges då vatten konsumeras i ett område (Pfister et al., 2017).

Vidare finns det flera skillnader mellan LCIA-metoderna WSI och AWARE som kan leda till att deras beräkningsresultat varierar, även fast de generellt syftar till att besvara samma sak. AWARE är en uppdaterad indikator som inkorporerar andra aspekter jämfört med WSI. De huvudsakliga skillnaderna mellan WSI och AWARE listas nedan:

- Metodernas karakteriseringsfaktorer anges i olika intervall
- Både AWARE och WSI tar hänsyn till blått vatten, men den förstnämnda tar hänsyn till blått vatten i form av konsumerat vatten medan den sistnämnda tar hänsyn till vattenuttag
- AWARE baseras på AMD medan WSI baseras på WTA
- AWARE tar hänsyn till akvatiska ekosystemets vattenbehov, vilket ej görs i WSI (Boulay et al., 2018).

Intervallerna för metodernas karakteriseringsfaktorer är olika, där KF_{WSI} och KF_{AWARE} varierar mellan 0,01-1 respektive 0,1-100. Detta gör att storleksordningen på resultat som har beräknats med respektive metod inte är direkt jämförbar (Boulay et al., 2018; Pfister pers. kom., 2018). Faktorerna tillhörande WSI har tydliga indelningar i intervall som påvisar vattenstressnivå. Faktorerna för AWARE ska istället tolkas som att en viss vattenstress råder redan då $KF_{AWARE} > 1$, där vattenstressen ökar med ett ökande värde, se Tabell 1.

Tabell 1: Karakteriseringsfaktorernas intervall för metoderna WSI och AWARE, samt hur de kopplas till vattenstress. *indikerar att vattenstress uppstår då $KF_{AWARE} > 1$ då situationen är värre jämfört med den globala situationen i medel ($KF_{AWARE} = 1$), där ett högre tal innebär mer vattenstress. Då $KF_{WSI} = 1$ och $KF_{AWARE} = 100$ är vattenstressen maximal.

	KF_{WSI}	KF_{AWARE}
Låg vattenstress	0,01 - 0,09	0,1 - 1
Måttlig vattenstress	0,09 - 0,5	>1*
Hög vattenstress	0,5 - 0,91	>1*
Mycket hög vattenstress	0,91 - 1	100

Metoden AWARE:s karakteriseringsfaktorer baseras på mängden vatten som konsumeras medan faktorerna för WSI baseras på hur stora vattenuttag som sker. Konsumerat vatten innebär att hela mängden vatten som tas ut från området försvinner, bland annat via evapotranspiration. Görs ett vattenuttag kan däremot en viss del av uttaget återlämnas till området efter användning, vilket innebär att enbart en mängd av det uttagna vattnet faktiskt konsumeras. Till skillnad från AWARE räknar WSI dock inte med denna återlämning, vilket kan leda till att WSI ibland tenderar att överestimera vattenstress vilket återspeglas i metodens karakteriseringsfaktorer. Detta gäller för exempelvis Belgien som enligt karakteriseringsfaktorn lider av hög vattenstress ($KF_{WSI}=0,72$), trots att vattensituationen är god i landet. Detta beror på att det sker stora vattenuttag av sötvatten till följd av hög produktion även fast det enbart är en del av sötvattenuttaget som faktiskt konsumeras och därmed försvinner. Detta gäller inte för AWARE då denna metod enbart baseras på konsumerat vatten, vilket tas hänsyn till i metodens karakteriseringsfaktorer (Berger, 2014).

AWARE:s karakteriseringsfaktorer baseras på AMD, som bygger på skillnaden mellan vattentillgänglighet och vattenbehov. Karakteriseringsfaktorerna i WSI baseras istället på WTA, vilket motsvarar kvoten av årliga sötvattenuttag och årlig vattentillgång i ett område. Detta är en viktig metodologisk skillnad eftersom kvoten WTA ej representerar den absoluta mängden vatten i ett område, vilket AWARE gör. Visar WTA exempelvis 0,5 betyder detta att hälften av vattnet har tagits från området, men om denna mängd vatten är 5 m³ eller 5 000 000 m³ är okänt. Detta innebär att det saknas information om ifall ett ytterligare vattenuttag i det aktuella området skulle vara problematiskt eller inte ur ett vattenresursperspektiv, vilket har lett till att områden med dålig vattentillgång ibland uppvisar lägre vattenbrist än vattenrika områden (Berger & Finkbeiner, 2013; Boulay et al., 2018). Istället för en kvot använder AWARE istället differensen mellan vattentillgängligheten och vattenbehov, vilket gör att effekten av att konsumera vatten i redan torra områden kan bli större med denna metod än med WSI. Detta innebär att risken att beröva andra människor på vatten är hög då det finns lite vatten kvar i området (Boulay et al., 2018; Pfister pers. kom., 2018).

Till skillnad från WSI tar AWARE även hänsyn till det akvatiska ekosystemets behov, vilket ej görs i WSI. Detta innebär att AWARE tar hänsyn till ett mer omfattande behov där både människan och ekosystem inkluderas (Boulay et al., 2018; Boulay pers. kom., 2018).

3.1.5 Lämplighet för konsumentvägledning

Denna studie undersökte delvis metodernas relevans för konsumentvägledning. Enligt Europeiska kommissionen är det viktigt att konsumenter har tillgång till lättförstådd, trovärdig samt relevant information om produkters miljöpåverkan, exempelvis via icke-statliga organisationer eller hemsidor, för att kunna göra medvetna val vid konsumtion av varor (Leire & Thidell, 2005).

Bedömningen av de undersökta metodernas relevans för konsumentvägledning baserades i denna studie på kriterier som framkom under möten mellan representanter från WWF och SLU som hölls vid projektets start. Det främsta kriteriet var att metodens resultat ska vara lättförstådda för en vanlig person. Detta ansågs vara viktigt eftersom vegoguiden riktar sig till just konsumenter. Bedömningen baserades även på kriterier som berörde metodernas trovärdighet, där det bland annat undersöktes om metoderna baseras på trovärdig indata samt hur etablerade dom är. Slutligen bedömdes metodernas relevans för konsumentvägledning baserat på vad de tar hänsyn till, där deras för- och nackdelar belystes.

3.2 BERÄKNING AV WATER FOOTPRINT OCH WATER SCARCITY FOOTPRINT

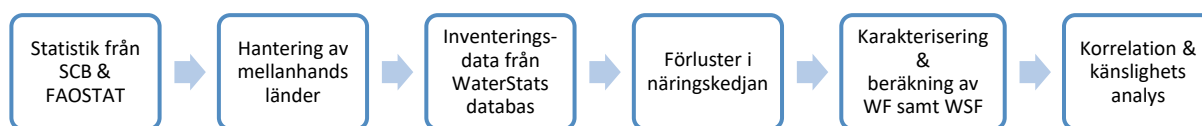
3.2.1 Urval av livsmedel

Inledningsvis av projektet diskuterades upplägget av vegoguiden med representanter från SLU och WWF. Därefter valdes de växtbaserade livsmedel som ansågs vara intressanta att involvera i guiden ut för studie, se Tabell C1 i Appendix C för fullständig lista över de undersökta produkterna. Dessa produkter ingick i kategorierna baljväxter (såsom ärtor och bönor), köttsubstitut (såsom sojafärs), nötter, frukt och grönsaker, bär, spannmål (såsom ris och quinoa) och rotfrukter. Den funktionella enheten valdes till “per kg livsmedel i butik”

och studiens systemgränser innefattade därmed vattenanvändning från produktion till färdig produkt i butik. Främst valdes importerade livsmedel att undersökas, men även några svenska livsmedel togs med i studien såsom gurka och tomat. Detta gjorde då det ansågs vara intressant att även titta på hur svenska livsmedel står sig mot importerade gällande dess vattenanvändning.

3.2.2 Övergripande metodik

I följande avsnitt presenteras det hur WF beräknades med metoden TOTAL och WSF med metoderna WSI och AWARE för olika livsmedel. Ett översiktligt flödesschema över arbetsgången vid framtagandet av dessa redovisas i Figur 2 nedan och förklaras mer ingående i avsnitt 3.2.3 - 3.2.8. Inledningsvis hämtades statistik över import och export från Statistiska centralbyrån (SCB) samt från Food and Agriculture Organization (FAOSTAT) (avsnitt 3.2.3), för att skapa en bild av hur den svenska marknaden ser ut och avgöra hur stora marknadsandelar olika importerade varor har. Därefter hanterades eventuella mellanhandsländer av importerade livsmedel (avsnitt 3.2.4). Inventeringsdata för vattenanvändning hämtades från WaterStats databas (avsnitt 3.2.5) och förluster i näringskedjan beräknades (avsnitt 3.2.6). Sedan hämtades karakteriseringsfaktorerna för respektive metod och WF samt WSF beräknades (avsnitt 3.2.7). Slutligen analyserades data och korrelationstest samt känslighetsanalyser utfördes (avsnitt 3.2.8).



Figur 2: Flödesschema över arbetsgången vid framtagandet av WF samt WSF med de olika metoderna.

3.2.3 Statistik från SCB respektive FAOSTAT

För att kunna uppskatta vattenfotavtrycken för importerade livsmedel var det nödvändigt att utreda från vilka länder varje produkt ursprungligen kommer från. För detta användes statistik för varuimport från SCB:s statistikdatabas (u.å). Statistik över vilka länder Sverige importerar respektive livsmedel från hämtades för de senaste fem redovisade åren, år 2013-2017, för att på så sätt erhålla ett medelvärde över importstatistiken. Importdata

behandlades i Excel och ett medelvärde för respektive land togs fram. Utifrån detta plockades data för de länder som står för 10 % eller mer av Sveriges import av respektive livsmedel ut. Denna procentsats valdes för att göra en avgränsning i vilka länder som skulle räknas med, där målet var att räkna med de större aktörerna.

Avgränsningen ledde dock till att en viss procent, som egentligen motsvaras av de mindre aktörerna, saknades. Detta innebar att summan av de större aktörerna för varje produkt inte blev 100 %. Den kvarvarande procenten antogs då motsvara det land som stod för det största handelsöverskottet av den aktuella produkten, vilket i denna studie antogs vara ett möjligt ursprungsland. För att finna det land som hade det största handelsöverskottet för varje produkt hämtades både import- och exportdata från FAOSTAT:s statistikdatabas (u.å) för de senast redovisade fem åren, år 2012-2016. Detta tidsintervall motsvarade således inte det tidigare intervallet som hämtades från SCB. Detta antogs dock inte påverka resultatet nämnvärt då syftet var att ta fram ett medelvärde för flera år, i detta fall fem år, och på så sätt undvika att enbart använda data för det senaste året som skulle kunna vara ett avvikande år. Inhämtad export- och importdata behandlades därefter i Excel där medelvärdet av varje lands export subtraherades med medelvärdet av dess import för att erhålla det land med störst handelsöverskott.

Vissa produkter var ej tillgängliga i FAOSTAT, såsom exempelvis ärtor och burkbönor. Ursprungsländerna för dessa produkter antogs då vara samma som de framtagna ursprungsländerna för frysta ärtor respektive torkade bönor. Även produkter inom bär- och spannmålsgruppen kunde saknas i FAOSTAT, exempelvis hallon och quinoa. För dessa produkter söktes information via CBI (2018), vilken bland annat anger vilka länder som exporterar mest av en viss produkt till Europa, för att således kunna göra ett antagande gällande produktens ursprungsland. Information om selleri fanns varken tillgänglig i FAOSTAT eller CBI, varpå information via Tridge (2018) användes för att kunna göra ett antagande gällande selleri. Denna hemsida tillhandahåller statistik på vilka länder som exporterar mest av en viss produkt.

3.2.4 Hantering av mellanhandsländer

Produkter som kommer från länder som inte är med i EU importeras, enligt personlig kommunikation med Lindgren (2018) från Jordbruksverket, antingen direkt till Sverige eller så redovisas de som import från det land där de först togs in i EU. Detta innebär att den globala handeln av varor och tjänster försvårar möjligheten att avgöra exakt var en importerad produkt ursprungligen kommer från. Utifrån importstatistiken från SCB:s databas importeras vissa varor från länder som inte har någon produktion av den aktuella produkten. Ett exempel på detta var är att importstatistiken visar att Sverige importerar Kiwi från både Belgien och Tyskland. Enligt produktionsstatistik från FAOSTAT saknar dessa länder produktion av kiwi, varpå de antogs vara mellanhandsländer och ersattes med det land som hade det största handelsöverskottet av produkten.

För att avgöra rimligheten i de framtagna exportländerna av kategorin frukt kontaktades en representant från Jordbruksverket, Lindgren pers. kom. (2018), som gav kommentarer för bland annat vindruvor och meloner. Försök till att verifiera exportländer för övriga produktkategorier gjordes genom att kontakta olika livsmedelsgrossister samt livsmedelsföretag, dock ville ingen av dessa av olika anledningar ge ut denna information. Antagandet gjordes därmed att övriga produktkategorier förutom frukt antogs vara representativa, se fullständig lista över produkternas exportländer i tabell C1 i Appendix C.

3.2.5 Inventeringsdata från WaterStats databas

Data för de undersökta importerade livsmedlen och även för några svenska produkter hämtades från databasen WaterStat (Water Footprint Network, u.å) via studien av Mekonnen och Hoekstra (2011). I WaterStat (Water Footprint Network, u.å) finns data tillgänglig om grönt, blått och grått vattenfotavtryck för bland annat produktion av livsmedel redovisade i enheten m³/ton. Dataseten från WaterStat är vetenskapligt granskade och kan användas för att öka medvetenheten hos intressenter om vattenanvändning, eller som input i forskningsprojekt (Water Footprint Network, 2018).

Till skillnad från färska produkter behöver vissa sojabaserade färdigprodukter vatten då de behandlas, exempelvis vid produktion av sojafärs. Data för blå vattenanvändning vid produktionsprocessen hämtades från Quantis (2016) och adderades till de sojabaserade

färdigprodukterna. Produktionen av färdigprodukter antogs ske i Sverige. För resterande produkter antogs odling och skörd av grödor utgöra den största delen av vattenanvändningen varpå enbart data för dessa steg användes.

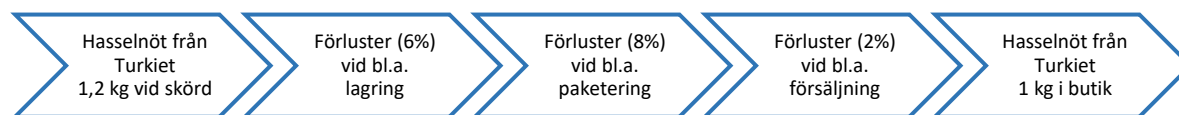
I vissa fall genererar en process flera biprodukter där det enbart är av intresse att studera en särskild del av produkten. I dessa fall tillämpades allokering med syftet att fördela vattenanvändningen mellan de olika delprodukterna. För vissa sädesslag såsom korn och hirs fanns enbart inventeringsdata redovisad för hela växten. Då enbart en viss del av plantan blir mjöl, vilket var den produkt som denna studie avsåg att undersöka, behövde en allokeringsfaktor användas. En allokeringsfaktor baserad på ekonomisk allokering där delprodukternas ekonomiska värde har studerats hämtades från Moberg et al. (in review). Dessa applicerades därefter på vissa av sädesslagen för att enbart erhålla vattenanvändningen för själva mjölet.

För produkter inom baljväxt-kategorin vars vikt förändras markant vid tillagning, såsom linser, modifierades vikten så att den motsvarade 1 kg beredda linser istället för torkade. Detta gjordes med faktorer erhållna från Karlsson pers. kom. (2018).

3.2.6 Förluster i näringskedjan

Datasetet från WaterStats databas anger hur mycket grönt, blått och grått vatten som går åt för att producera 1 kg av en viss produkt. Det säger inget om vilka förluster som uppstår i varje förädlingssteg efter själva skörden, såsom vid lagring och packning av produkt samt vid distribution. Detta innebär att 1 kg produkt efter produktionen inte nödvändigtvis motsvarar det som i slutändan hamnar i mataffären, och eventuella förluster behövde därmed tas hänsyn till. Systemgränsen för vegoguiden gällde för en färdig produkt i butik, varpå korrigeringsfaktorer som tog hänsyn till de förluster som uppstår efter att produkter har skördats togs fram. Korrigeringsfaktorerna baserades på data från Gustavsson et al. (2011), som anger antagna och estimerade värden i procent för de förluster som uppstår vid bland annat lagring, packning och vid distribution för olika produktkategorier och länder, se Tabell D1 i Appendix D för exempel på förlustfaktorer. För exempelvis importerade hasselnötter från Turkiet bidrar förlusterna som uppstår i varje steg efter skörden till att det

krävs ungefär 1,2 kg skördad produkt för att motsvara 1 kg produkt i butik, se Figur 3. Denna korrigeringsfaktor för respektive land och produkt multiplicerades sedan med motsvarande värden för vattenanvändning.



Figur 3: Hur mycket hasselnöt som behöver produceras för att generera 1 kg i butik, med hänsyn till förluster enligt Gustavsson et al. (2011) som varierar beroende på produkt och produktionsland.

Sojabaserade färdigprodukter innehåller flera ingredienser som är sammansatta i en produkt. Produktinnehåll samt ursprungsländerna för de ingredienser som ingår i produkterna erhöles från Karlsson pers. kom. (2018) som i sin tur haft kontakt med producent. Vattenanvändning för enbart de huvudsakliga ingredienserna i varje produkt togs med, där det utreddes hur mycket av respektive ingrediens som behövdes vid butiksgrind. Utifrån denna information kunde korrigeringsfaktorer tas fram baserat på förlustdata från Gustavsson et al. (2011).

De förluster som uppstår vid konsumtion, exempelvis då konsumenten kastar mat på grund av att den passerat bäst före datum eller liknande, togs inte hänsyn till då detta var utanför studiens systemgränser.

3.2.7 Karakterisering och beräkning av WF samt WSF

Efter att den inhämtade inventeringsdatan innehållande grönt, blått och grått vatten hade korrigerats med avseende på tidigare nämnda aspekter i avsnitt 3.2.5 - 3.2.6, kunde WF samt WSF beräknas. Detta gjordes enligt teorin i avsnitt 3.1.1 - 3.1.3, det vill säga att WF enligt TOTAL beräknades genom att summera grönt, blått och grått vatten för varje livsmedel, medan WSF för WSI och AWARE beräknades genom att multiplicera importländernas KF_{WSI} respektive KF_{AWARE} med det blåa vattnet för varje livsmedel. I och med att de flesta av de undersökta livsmedlen importerades från mer än ett land togs ett viktat medelvärde fram av varje lands vattenfotavtryck, där det land som stod för den första delen av importen fick störst vikt i resultatet för varje livsmedel.

3.2.8 Korrelationstest och känslighetsanalys

Då både WSI och AWARE syftar till att besvara samma sak men är något olika i uppbyggnad undersöktes en eventuell korrelation mellan metodernas resultat. Metoden TOTAL valdes att uteslutas från korrelationstestet då metoden är så pass olik de andra metoderna i uppbyggnad. För att utföra testet plottades resultaten från WSI och AWARE mot varandra i en graf, varefter en trendlinje togs fram. Sedan undersöktes R^2 värdet för att få en uppfattning kring resultatens korrelation. Detta värde varierar mellan noll och ett där ett högt värde indikerar att resultaten har en stark korrelation.

Slutligen utfördes två känslighetsanalyser. I denna studie valdes som tidigare nämnts den funktionella enheten att vara "per kg livsmedel i butik" och vattenanvändningen redovisades därmed i m^3/kg produkt i butik. För livsmedel kan det dock vara svårt att välja en funktionell enhet som är jämförbar bland alla livsmedel. Vissa livsmedel kan exempelvis vara mer energirika än andra vilket kan leda till att resultatet uttrycks annorlunda om de redovisas i en enhet som tar hänsyn till energiinnehåll, såsom m^3 vatten/kcal. För att belysa dessa skillnader bland livsmedel och därmed vara så transparent som möjligt gjordes en första känslighetsanalys där utvalda livsmedel även redovisades i enheten m^3 vatten/kcal (kilokalori) för TOTAL, WSI och AWARE, baserat på produkternas kaloriinnehåll enligt Livsmedelsverkets databas för näringsinnehåll (Livsmedelsverket, u.å).

I den andra känslighetsanalysen ändrades exportländerna för quinoa då det under bearbetning av data var svårt att veta var produkten egentligen kommer från. Enligt SCB står Peru för 24 % av Sveriges import av quinoa, varpå Peru enligt importstatistiken är ett ursprungsland av detta livsmedel. Importstatistiken visade även att quinoa importeras från länder som enbart visade sig vara mellanhänder av produkten. Quinoa fanns varken med i export- eller importstatistik från FAOSTAT, vilket gjorde det svårt att ta reda på var Sverige importerar sin quinoa från förutom Peru. För att få en uppfattning om var quinoa möjligtvis kan importeras från studerades istället produktionsstatistik från FAOSTAT, som visade att quinoa förutom Peru även produceras i Bolivia och Ecuador. För att se hur stor effekt detta hade på resultatet testades olika ursprungsländer för quinoa i en

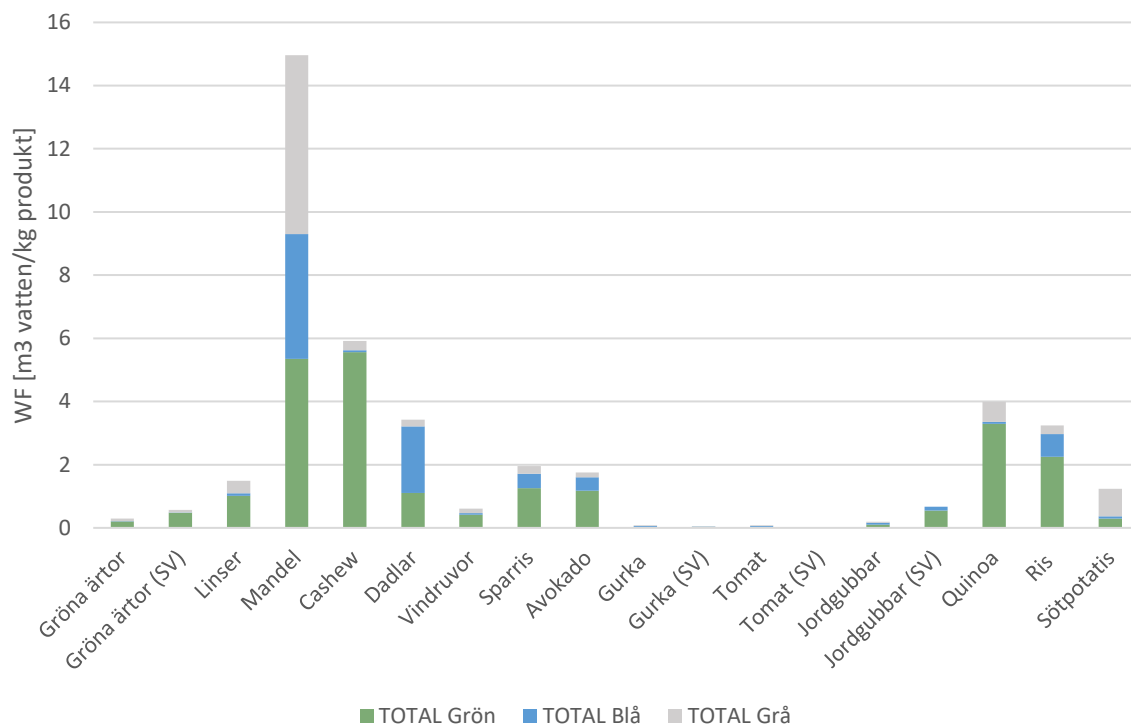
känslighetsanalys med tre scenarion: då quinoa kommer 100 % från Peru, 24 % från Peru och 76 % från Bolivia, samt 24 % från Peru och 76 % från Ecuador.

4. RESULTAT OCH DISKUSSION

I följande avsnitt presenteras och diskuteras inledningsvis ett urval av de undersökta livsmedlens WF och WSF framtagna med metoderna TOTAL respektive WSI och AWARE. I avsnittet visas och diskuteras även korrelationen mellan resultaten från WSI och AWARE, samt de två känslighetsanalyserna som utfördes. Slutligen förs en diskussion kring studiens begränsningar.

4.1 WATER FOOTPRINT MED TOTAL-METODEN

Nedan i Figur 4 visas vattenanvändningen för ett urval av de undersökta livsmedlen med metoden TOTAL uppdelade i grönt, blått och grått vatten. I figuren visas främst importerade livsmedels vattenanvändning, men även vattenanvändningen för några svenska livsmedel visas. Dessa är märkta med (SV). I figuren visas att mandel har störst vattenanvändning, omkring 15 m^3 vatten/kg. Näst högst vattenanvändning har cashewnöten som nästintill är 6 m^3 vatten/kg. Quinoa och ris behöver omkring 4 respektive $3,5 \text{ m}^3$ vatten/kg. För dadlar är det totala vattenfotavtrycket $3,4 \text{ m}^3$ vatten/kg. För linser, avokado, sparris och sötpotatis är vattenanvändningen relativt låg, och hamnar inom intervallet $1,2 - 2 \text{ m}^3$ vatten/kg. Gröna ärtor, gurka, tomat och jordgubbar har ett lågt totalt vattenfotavtryck som understiger 1 m^3 vatten/kg oavsett om de importeras eller om de är odlade i Sverige. Gurka och tomat har dock en lägre vattenanvändning då de kommer från Sverige jämfört med om de importeras, medan svenska gröna ärtor och jordgubbar har en högre vattenanvändning än importerade.



Figur 4: WF med metoden TOTAL för ett urval av de undersökta livsmedlen som antingen importeras till Sverige eller redan kommer från Sverige (SV). Vattenanvändningen baseras på ett viktat medelvärde av importen och är uppdelad i grönt, blått och grått vatten.

Mandlar, som erhöll det största vattenfotavtrycket, importeras till största del från USA. Enligt studien av Fulton et al. (2019) odlas mandlar främst i Kalifornien och är landets mest bevattnade gröda, vilket kan förklara den stora mängden blått vatten för mandlar som redovisas i Figur 4. Anledningen till att det gråa vattenfotavtrycket är så pass stort för mandlar beror förmodligen på att grödan gödslas mycket. Även cashew, quinoa, ris hade en hög vattenanvändning med metoden TOTAL. Vattenanvändningen för quinoa och ris dominerades av grönt vatten, medan den blåa vattenanvändningen var högre för ris jämfört med quinoa. Detta innebär att både quinoa och ris till stor del konsumerar regnvatten, men att ris bevattnas mer än quinoa.

Även dadlar hade en hög blå vattenanvändning jämfört med andra produkter, vilket bland annat kan bero på att plantan i sig är vattenkrävande, eller att produkten importeras från länder med ett varmt klimat där evaporationen är hög. Dadlar importeras till störst del från Irak, därefter Iran och Saudiarabien. Iran och Saudiarabien hade en relativt hög blå vattenanvändning, men enligt WaterStats dataset hade inte Irak någon blå vattenanvändning

för just dadlar. Med tanke på att de tre länderna har liknande klimat kan det tänkas vara troligt att även dadlar odlade i Irak bevattnas mycket. Detta kan tyda på att det eventuellt finns osäkerheter i den inhämtade datan av grön, blå och grå vattenanvändning från WaterStat. Det är svårt att avgöra vilken påverkan detta kan ha på resultatet, men om Irak i verkligheten har en blå vattenanvändning för dadlar så skulle det beräknade totala vattenfotavtrycket blivit högre än vad som visas i Figur 4.

Generellt erhöll gröna ärtor, vindruvor, gurka, tomat och jordgubbar en låg vattenanvändning. Med metoden TOTAL erhålls låga vattenfotavtryck när ett livsmedels avkastning är hög och evapotranspirationen är låg i ett område, vilket kan ha varit fallet för dessa livsmedel. Det kan dessutom vara så att gödsling sker i låg utsträckning vilket leder till ett lågt grått vattenfotavtryck. Värt att poängteras är dock att det grå vattnet från Mekonnen och Hoekstra (2011) som även används i denna studie har uppskattats genom att enbart studera kvävet påverkan. Enligt WFN:s standard borde även andra föroreningar ha studerats för att på så vis se vilken av föroreningarna som genererar högst grått vattenfotavtryck, se ekvation (4) som visar hur det gråa vattenfotavtrycket beräknas. Den naturliga koncentrationen av kväve har i studien dessutom antagits vara noll på grund av brist på data. Detta kan bidra till en osäkerhet i resultaten för det grå vattenfotavtrycket och är något som bör tas i åtanke vid tolkning av resultaten i även denna studie, eftersom inventeringsdata från Mekonnen och Hoekstra (2011) har använts.

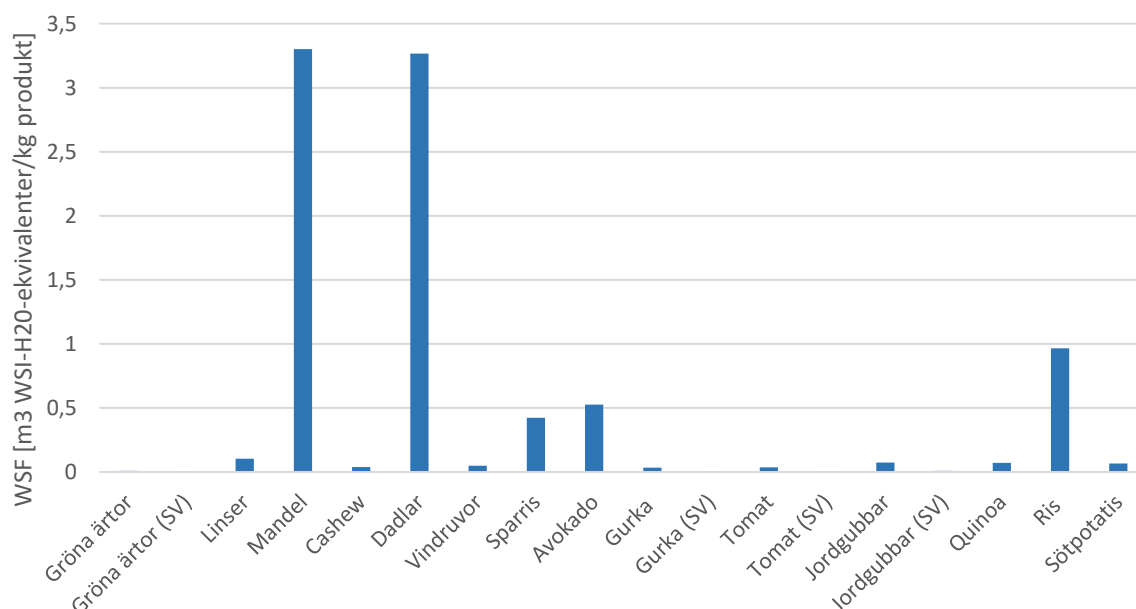
Värt att förtydliga är att ett högre vattenfotavtryck med denna metod inte behöver innebära att grödan i sig behöver mycket vatten. Det kan snarare betyda att grödan odlas i ett område där evaporation sker i hög grad på grund av ett varmt klimat, eller att avkastningen blir låg till följd av ett ogynnsamt klimat. Ju lägre avkastning en gröda har desto större blir vattenfotavtrycket, vilket kan ses i ekvation (2) - (4), där $WF_{\text{grön}}$, $WF_{\text{blå}}$ respektive $WF_{\text{grå}}$ blir större då avkastningen är låg. Det är därmed viktigt att inte enbart tolka de höga vattenfotavtrycken som något negativt gällande grödan i sig, då sådana grödor eventuellt skulle kunna odlas i ett mer gynnsamt klimat och därmed få ett lägre fotavtryck. Detta kan även gälla för svenska produkter såsom gröna ärtor och jordgubbar som i Figur 4 har ett högre vattenfotavtryck än de importerade produkterna. Detta kan bero på att Sverige

generellt har ett mindre gynnsamt odlingsklimat än andra europeiska länder som odlar dessa livsmedel, och att avkastningen exempelvis därför blir lägre.

Sammanfattningsvis finns det flera faktorer såsom avkastning, evapotranspiration och gödsling som behöver tas hänsyn till vid tolkning av livsmedels vattenfotavtryck med metoden TOTAL för att kunna komma till en slutsats kring varför vattenfotavtrycket blir högt eller lågt för olika grödor.

4.2 WATER SCARCITY FOOTPRINT MED WSI-METODEN

I Figur 5 visas effekten av vattenanvändning för ett urval av de undersökta livsmedlen framtagen med metoden WSI. Mandel har störst WSF, omkring $3,3 \text{ m}^3$ WSI- H_2O -ekvivalenter/kg. Även dadlar har ett högt WSF, nästintill lika högt som mandlar. Ris har också ett relativt högt WSF, närmare $1,0 \text{ m}^3$ WSI- H_2O -ekvivalenter/kg. Avokado och sparris fick ett WSF på ungefär 0,5 respektive 0,4 m^3 WSI- H_2O -ekvivalenter/kg. Resterande produkter fick ett lågt WSF. De svenska produkterna fick samtliga ett lågt vattenfotavtryck.



Figur 5: WSF med metoden WSI för ett urval av de undersökta livsmedlen som antingen importeras till Sverige eller redan kommer från Sverige (SV). Vattenanvändningen baseras på ett viktat medelvärde av importen.

Denna metod baseras till 100 % på det blåa vattnet som ses i Figur 4 där grönt, blått och grått vatten är uppdelat, vilket sedan karakteriseras med metodens landspecifika karakteriseringsfaktorer. Det är därmed mängden blått vatten samt karakteriseringsfaktorn för landet som livsmedlet produceras i som avgör om WSF med denna metod blir stort eller litet.

Att dadlar får ett högt WSF med denna metod är rimligt eftersom dadlar importeras från Irak, Iran och Saudiarabien vilka har karakteriseringsfaktorer som tyder på hög vattenstress. Som tidigare beskrivet saknas dock blå vattenanvändning för dadlar från Irak, men eftersom resultaten baseras på ett viktat medelvärde av importen och då information om blått vatten finns tillgänglig för de andra två stora importländerna Iran och Saudiarabien, blir effekten av vattenanvändningen ändå betydande. Om dadlar från Irak enligt tidigare diskussion egentligen bevattnas skulle effekten av vattenanvändningen bli ännu större än det som visas i Figur 5, särskilt eftersom detta land är utsatt för en mycket hög vattenstress utifrån dess karakteriseringsfaktor som är $KF_{WSI}=0,974$, se tabell C1 i Appendix C för värden på KF för varje land som undersökts i denna studie.

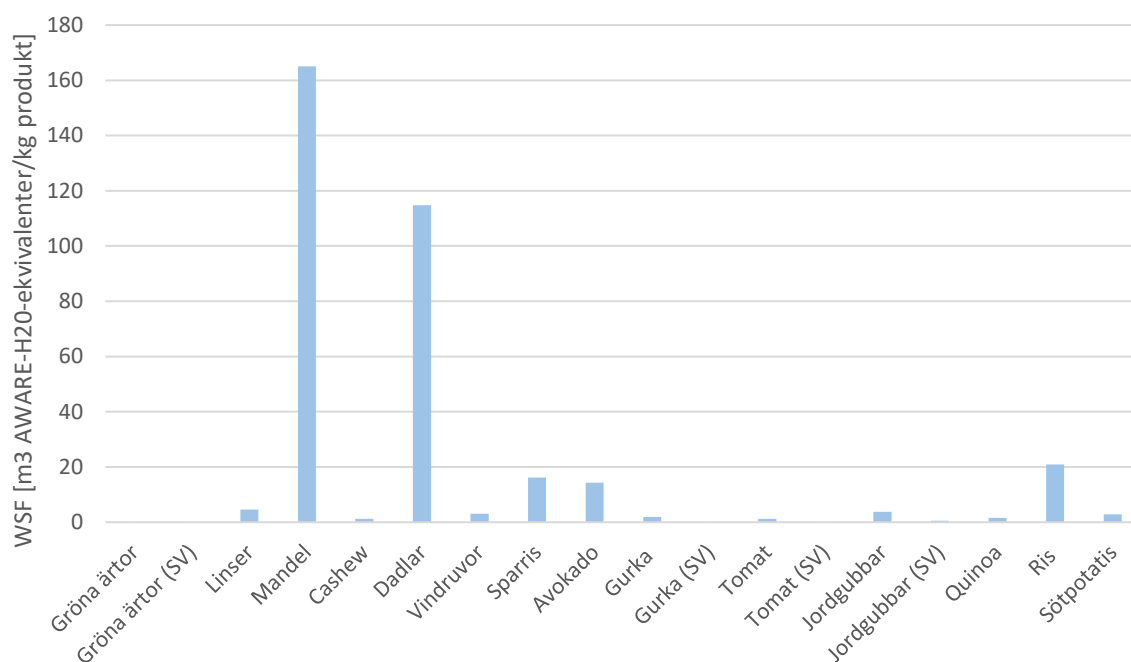
Cashewnötter som importeras från Vietnam fick med denna metod ett lågt WSF. Detta beror bland annat på att en relativt liten mängd blått vatten konsumeras vid odling av cashewnötter, vilket kan ses i Figur 4 som visar det volymetriska fotavtrycket med metoden TOTAL. Karakteriseringsfaktorn för Vietnam är $KF_{WSI}=0,350$, vilket enligt Tabell 1 indikerar att det råder måttlig vattenstress i landet. Detta gör således att WSF för cashewnötter blir lågt. Även quinoa fick ett lågt WSF, trots att produkten importeras från Peru som enligt landets karakteriseringsfaktor är utsatt för hög vattenstress $KF_{WSI}=0,716$. Anledningen till detta är att även denna produkt har ett litet blått vattenfotavtryck (den största delen är grönt vatten), vilket bland annat indikerar att grödan inte bevattnas särskilt mycket jämfört med andra spannmål som erhöll ett högre WSF.

De svenska produkterna, det vill säga gröna ärtor, gurka, tomat samt jordgubbar, fick ett lägre WSF jämfört med värdet som motsvarar importen av produkten. Vid odling av de svenska livsmedlen används mestadels grönt vatten och den blåa mängden vatten är

förhållandevis liten, vilket kan ses i Tabell D1 i Appendix D som visar uppdelningen av grönt, blått och grått vatten för varje livsmedel. Eftersom en relativt liten mängd blått vatten konsumeras samtidigt som vattentillgången är relativt god i Sverige, vilket återspeglas i karakteriseringsfaktorn för Sverige som är $KF_{WSI}=0,040$, blir WSF lågt för de svenska produkterna enligt denna metod.

4.3 WATER SCARCITY FOOTPRINT MED AWARE-METODEN

I Figur 6 visas effekten av vattenanvändning för ett urval av de undersökta livsmedlen framtagen med metoden AWARE. Som för både metoderna TOTAL och WSI visas även här störst vattenfotavtryck vid produktion av mandlar, 165 m^3 AWARE- H_2O -ekvivalenter/kg. Effekten av vattenanvändning vid produktion av dadlar och ris är ungefär 115 respektive 21 m^3 AWARE- H_2O -ekvivalenter/kg. Resterande livsmedel hade ett WSF lägre än 20 m^3 AWARE- H_2O -ekvivalenter/kg.



Figur 6: WSF med metoden AWARE för ett urval av de undersökta livsmedlen som antingen importeras till Sverige eller redan kommer från Sverige (SV). Vattenanvändningen baseras på ett viktat medelvärde av importen.

Enligt samma resonemang som för WSI baseras denna metod till 100 % på det blåa vattnet som ses i Figur 4, vilka sedan karakteriseras med metodens landspecifika

karaktiseringsfaktorer. Det är därmed mängden blått vatten samt karaktiseringsfaktorn för landet som livsmedlet produceras i som avgör om WSF med denna metod blir stor eller litet.

Resultaten i Figur 6 liknar resultaten i Figur 5 som visar vattenfotavtrycken beräknade med WSI, bortsett från att deras axlar är av olika skala. Enligt samma resonemang som tidigare är dessa resultat rimliga, då exempelvis dadlar importeras från torra länder som även med AWARE:s karaktiseringsfaktorer betraktas som vattenstressade. Vidare har de svenska produkterna som visas i Figur 6 ett lägre WSF jämfört med det vattenfotavtryck som visas för metoden TOTAL i Figur 4.

Ris som till största del importeras från Indien får dock ett lägre WSF jämfört med tidigare i Figur 5, med hänsyn till att deras skalor är olika. Detta beror på att karaktiseringsfaktorerna från WSI respektive AWARE tyder på olika grad av vattenstress i Indien, där karaktiseringsfaktorn enligt WSI visar på mycket hög vattenstress medan den baserat på AWARE är något lägre. Enligt Pfister pers. kom. (2018) är det rimligt att Indien är mer vattenstressat enligt WSI än vad det är enligt AWARE, eftersom landet i sin helhet inte är speciellt torrt utan snarare är utsatt för vattenstress på grund av en hög jordbruksproduktivitet. Detta kan kopplas tillbaka till teorin som beskrevs i avsnitt 3.1.4, där det togs upp att det finns en metodologisk skillnad mellan WSI och AWARE som kan leda till att metodernas karaktiseringsfaktorer visar på olika grad av vattenstress. Däribland att WSI baseras på en kvot mellan vattenuttag och vattentillgänglighet. Hög jordbruksaktivitet leder till att stora vattenuttag görs, varpå kvoten blir stor och likaså karaktiseringsfaktorn med WSI. Karaktiseringsfaktorerna för AWARE baseras istället på en skillnad som subtraherar vattentillgängligheten per area med vattenbehovet per area, där hänsyn endast tas till konsumerat vatten, det vill säga det vatten som faktiskt försvinner. I relation till metoden WSI får AWARE därmed ett lägre värde på karaktiseringsfaktorn för Indien, vilket gör att WSF för ris från Indien blir lägre med denna metod.

4.4 JÄMFÖRELSE AV RESULTATET MED DE OLIKA METODERNA

I Tabell 2 visas en jämförelse mellan de undersökta metoderna, där livsmedlens vattenanvändning är rangordnade från minst till störst vattenfotavtryck med varje metod.

Tabell 2: Rangordning av ett urval av de undersökta livsmedlens vattenanvändning utifrån de tre metoderna, redovisade från minst till störst vattenfotavtryck.

TOTAL	WSI	AWARE
Tomat (SV)	Gurka (SV)	Tomat (SV)
Gurka (SV)	Tomat (SV)	Gurka (SV)
Tomat	Gröna ärtor (SV)	Gröna ärtor (SV)
Gurka	Jordgubbar (SV)	Gröna ärtor
Jordgubbar	Gröna ärtor	Jordgubbar (SV)
Gröna ärtor	Gurka	Cashew
Gröna ärtor (SV)	Tomat	Tomat
Vindruvor	Cashew	Quinoa
Jordgubbar (SV)	Vindruvor	Gurka
Sötpotatis	Sötpotatis	Sötpotatis
Linser	Quinoa	Vindruvor
Avokado	Jordgubbar	Jordgubbar
Sparris	Linser	Linser
Ris	Sparris	Avokado
Dadlar	Avokado	Sparris
Quinoa	Ris	Ris
Cashew	Dadlar	Dadlar
Mandel	Mandel	Mandel

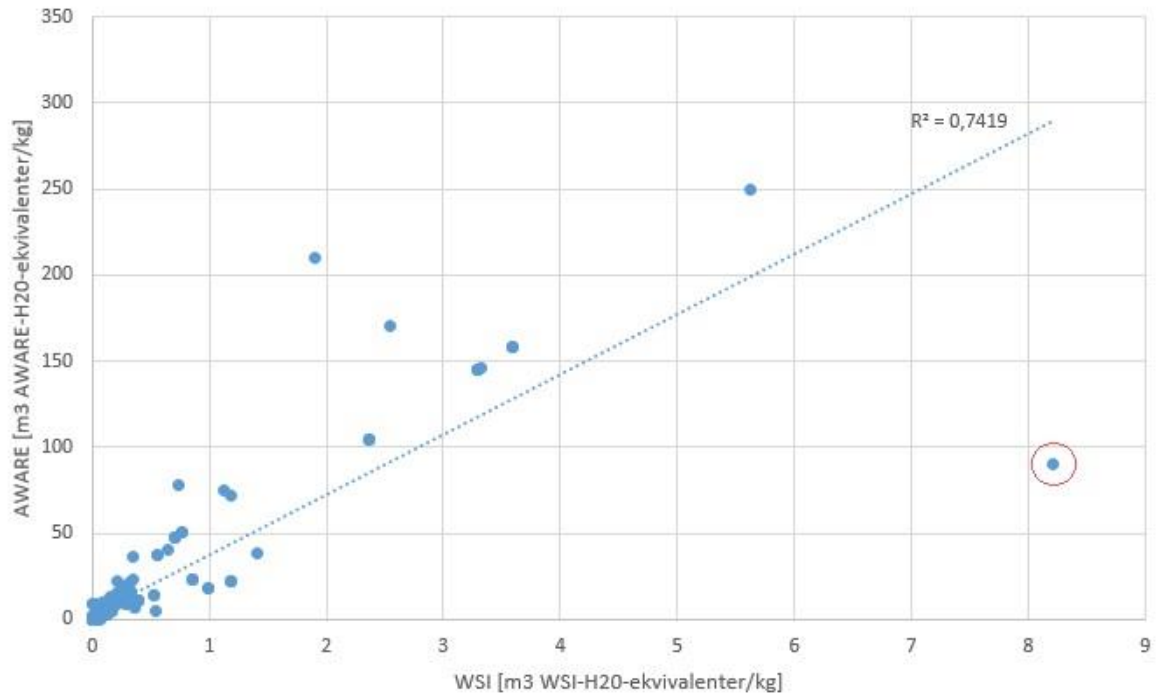
Resultaten för TOTAL anges som ett volymetriskt mått, det vill säga m³ vatten, medan både WSI och AWARE anger resultaten i m³ H₂O-ekvivalenter, där ekvivalenter refererar till olika situationer för metoderna. Detta gör att resultaten framtagna med dessa metoder inte kan jämföras rakt av, även fast beräkningarna delvis baseras på samma data. Det som dock kan sägas om resultaten i Tabell 2 är att oavsett vilken metod som valdes hade mandlar störst WF samt störst WSF. Produkter såsom gröna ärtor, gurka och tomat hade mycket låg vattenanvändning med alla tre metoder oavsett om produkterna importeras eller kommer från Sverige.

I Appendix E visas normaliserade resultat för samtliga livsmedel som undersöktes i denna studie, samt för livsmedlen då de är indelade i produktkategorier. I figur E1 i Appendix E

framgår det att kategorin baljväxter och köttsubstitut generellt har låg vattenanvändning oavsett om TOTAL, WSI eller AWARE används. Med samtliga metoder har nötkategorin ett mycket högt vattenfotavtryck jämfört med andra livsmedelskategorier, med undantag för cashewnötter som har ett lågt WSF enligt metoderna WSI och AWARE. Kategorin frukt och grönt har generellt låga vattenfotavtryck oavsett metod, med undantag för produkter såsom dadlar, mango och oliver. WSF för dadlar blev högt, vilket som tidigare nämnt beror på att produkten importeras från länder som lider av vattenstress. Mango och oliver har ett högt volymetriskt fotavtryck där den gröna mängden vatten utgjorde den största delen. Eftersom det blåa vattnet utgjorde en mindre del blev WSF för dessa produkter lägre än det volymetriska fotavtrycket. Kategorierna bär, spannmål och rotfrukter har generellt en lågt vattenfotavtryck, med undantag för tidigare nämnda produkter såsom ris och quinoa som har ett varierande fotavtryck beroende på vilken metod som användes. Även hirs mjöl visade på en hög vattenanvändning med metoden TOTAL, dock dominerade det gröna vattnet medan den blåa samt gråa vattenanvändningen var mycket låg.

4.5 KORRELATIONSTEST

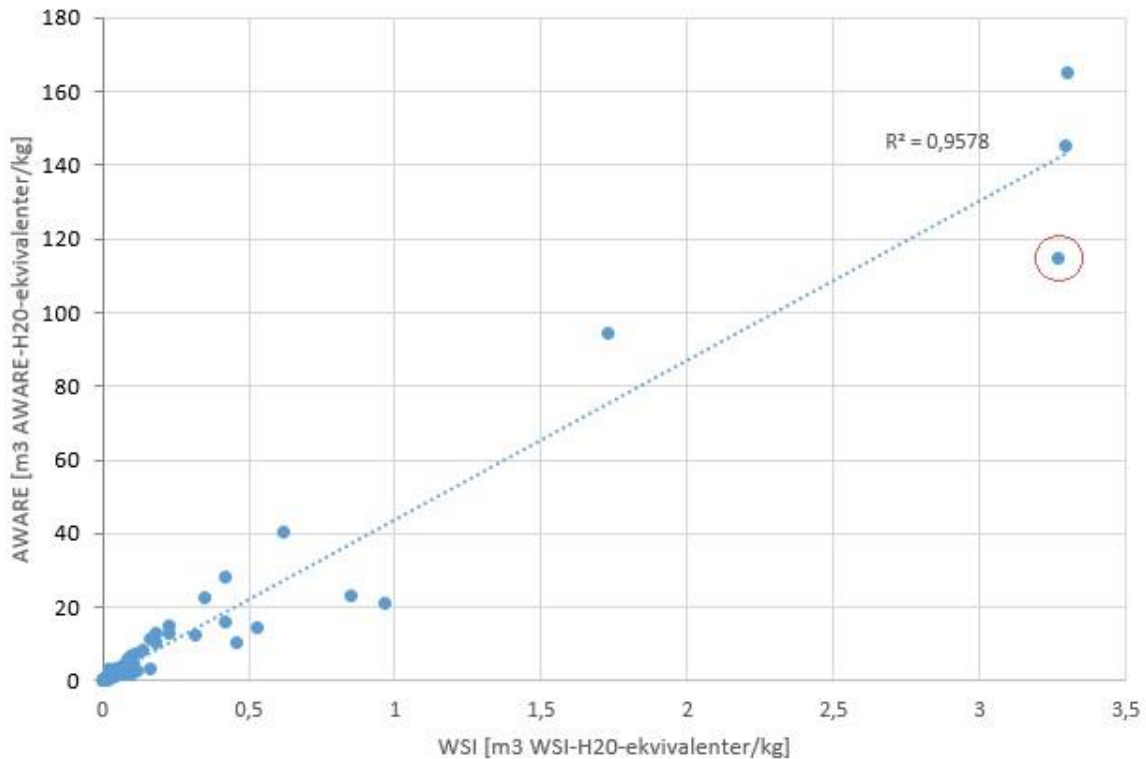
I Figur 7 visas korrelationen mellan metodernas resultat, R^2 värdet är 0,7419. Observera att dessa resultat inte baseras på viktade medelvärden av importen för varje produkt.



Figur 7: Korrelationstest mellan resultaten erhållna från WSI och AWARE. För dessa resultat har inget viktat medelvärde tagits fram, varpå varje produkts vattenanvändning för varje land har plottats med de två metoderna utan att dess vikt (det vill säga hur mycket som faktiskt importeras från respektive land) tagits hänsyn till. Det inringade värdet motsvaras av dadlar från Saudiarabien.

R^2 -värdet indikerar att det finns en korrelation mellan resultaten för WSI och AWARE, dock är den inte särskilt stark. En förklaring till detta skulle kunna vara att metodernas karakteriseringsfaktorer är olika för vissa länder som några av de undersökta livsmedlen importeras från. Till exempel motsvaras det inringade resultatet i Figur 7 av dadlar från Saudiarabien. Karakteriseringsfaktorerna för Saudiarabien är $KF_{WSI}=0,995$ och $KF_{AWARE}=18,23$ för metoden WSI respektive AWARE. Detta innebär att Saudiarabien betraktas som vattenstressat för båda metoder, men att situationen enligt WSI ser mycket värre ut jämfört med vad den gör enligt AWARE. Sådana olikheter leder därmed till olika resultat för metoderna, vilket försämrar korrelationen.

I Figur 8 nedan visas istället korrelation mellan metodernas resultat baserat på viktat medelvärde för importen, där R^2 värdet är 0,9578.



Figur 8: Korrelationstest mellan resultaten erhållna från WSI och AWARE, baserade på viktade medelvärden av importen och dess motsvarande vattenanvändning för varje livsmedel. Det inringade värdet motsvaras av ett viktat medelvärde för dadlar baserat på att det importeras till olika stor del från Irak, Iran och Saudiarabien.

Det höga värdet på R^2 indikerar att det finns en god korrelation mellan resultaten från de två metoderna baserat på viktade medelvärden av importen, vilket var de resultat som redovisades i denna studie. Varför R^2 -värdet blev högre i denna figur beror troligtvis på att det importeras relativt lite från de länder vars karakteriseringsfaktorer för de två metoderna skiljer sig åt mycket, varpå dess vikt i resultat inte blir särskilt betydande. Som nämndes tidigare gav exempelvis dadlar från Saudiarabien mycket olika WSF beroende på vilken metod som användes, eftersom deras karakteriseringsfaktorer visar på olika grad av vattenstress i landet. Eftersom Saudiarabien enbart står för 11 % av Sveriges import av dadlar fick detta inte så stor vikt i resultatet, varpå korrelationen förbättrades då resultaten baserades på viktade medelvärden över importländerna för varje livsmedel.

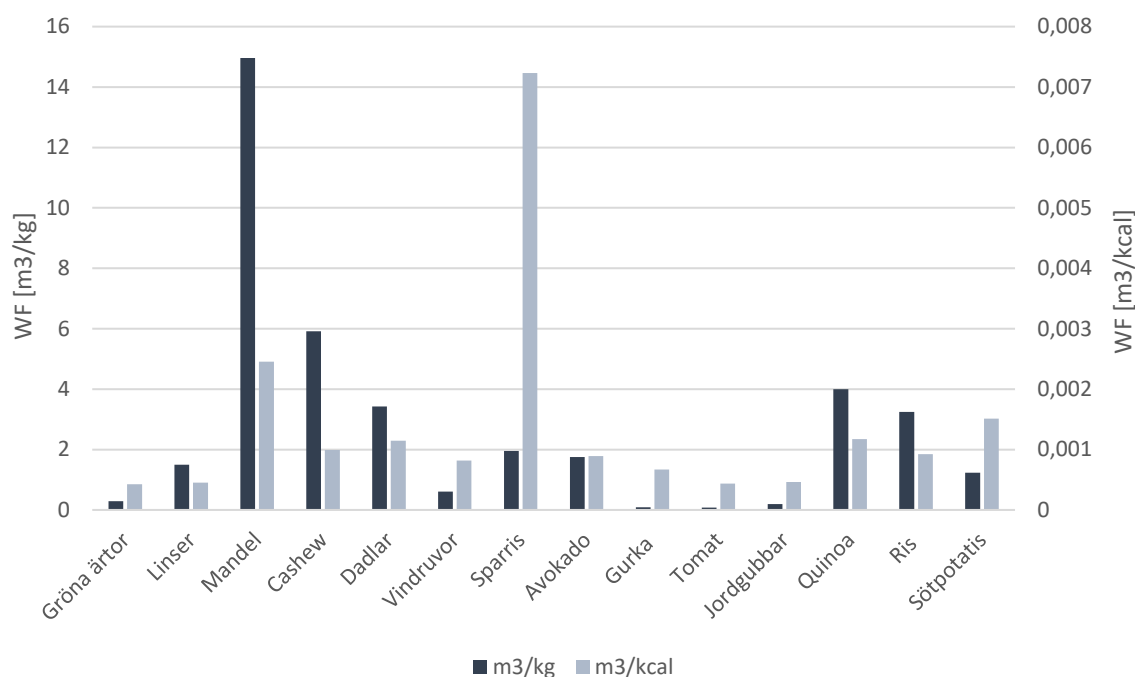
Sammanfattningsvis visar R^2 -värdena i både Figur 7 och Figur 8 att det finns en korrelation mellan resultaten, där korrelationen ökar då resultaten baseras på viktade medelvärden.

Detta kan tolkas som att metoderna WSI och AWARE hanterar vattenbrist på liknande vis för de resultat som baseras på viktade medelvärden av importen.

4.6 KÄNSLIGHETSANALYSER

4.6.1 Funktionell enhet

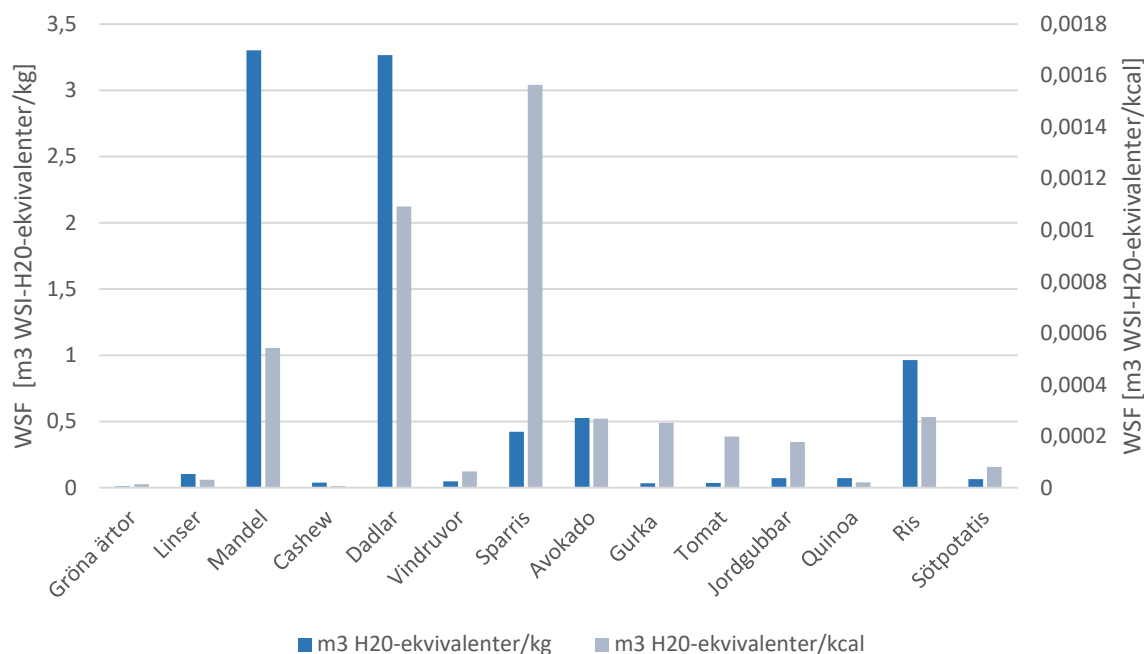
I Figur 9 visas beräknad vattenanvändning för utvalda livsmedel med metoden TOTAL då den funktionella enheten valdes till m^3/kg respektive m^3/kcal . I figuren kan ses att livsmedel såsom mandel och cashew erhöill betydligt lägre WF med metoden TOTAL då enheten m^3/kcal användes. Detta beror på att produkterna är energirika (Livsmedelsverket, u.å) varpå de får ett lägre WF då denna enhet studeras. Det motsatta gäller för kalorinsåla produkter såsom sparris, gurka och tomat, vilka fick ett högre vattenfotavtryck då m^3/kcal användes.



Figur 9: WF för ett urval av de undersökta livsmedlen framtagna med metoden TOTAL, där resultaten redovisas i både m^3/kg och m^3/kcal .

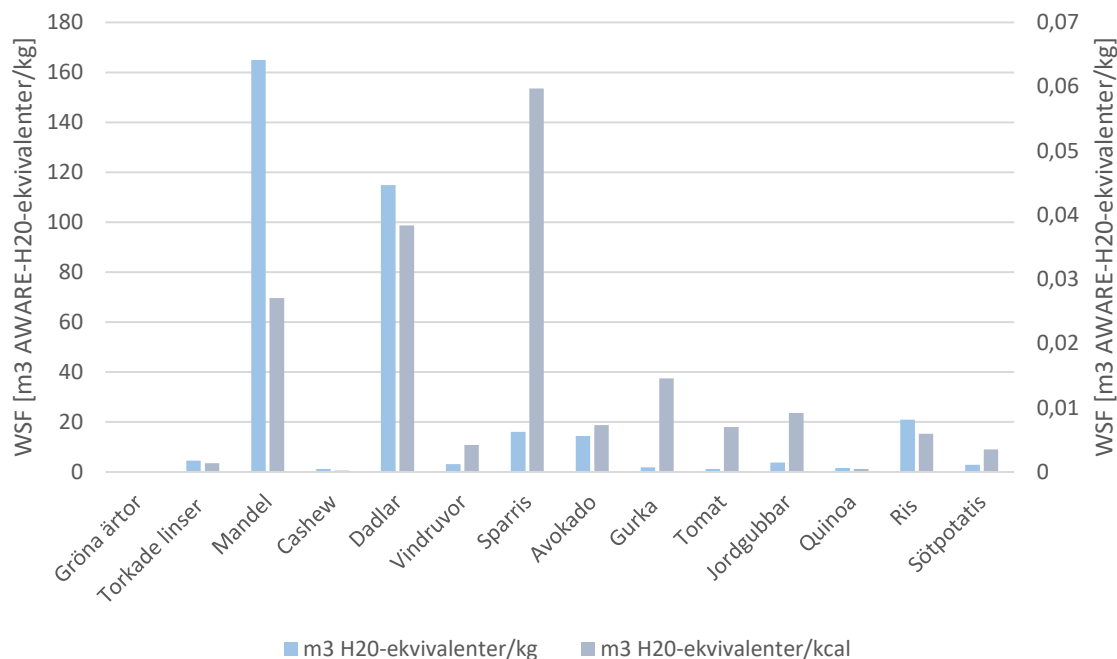
I Figur 10 visas resultaten för metoden WSI där funktionell enhet har ändrats från m^3 WSI- H_2O -ekvivalenter/kg till m^3 WSI- H_2O -ekvivalenter/kcal. På liknande vis som för metoden

TOTAL får livsmedel såsom sparris ett högre fotavtryck då kilokalorier studeras istället för kilogram.



Figur 10: WSF för ett urval av de undersökta livsmedlen framtagna med metoden WSI, där resultaten redovisas i både m^3 WSI-H₂O-ekvivalenter/kg och m^3 WSI-H₂O-ekvivalenter/kcal.

I Figur 11 visas resultaten för metoden AWARE, där den funktionella enheten har ändrats till m^3 AWARE-H₂O-ekvivalenter/kcal. På liknande vis som tidigare får kalorisnåla produkter såsom gurka, tomat och jordgubbar ett högre WSF då enheten m^3 AWARE-H₂O-ekvivalenter/kcal används. Studeras enheten kilogram har mandel störst WSF, och studeras istället kilokalorier har sparris störst WSF.



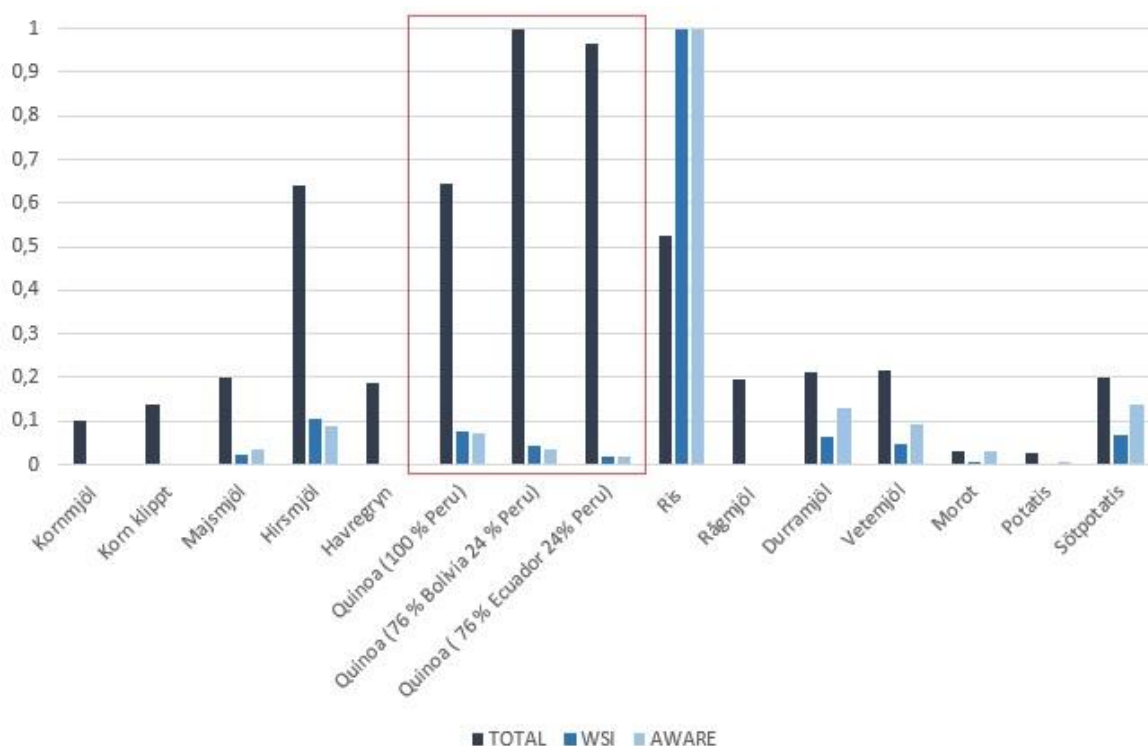
Figur 11: WSF för ett urval av de undersökta livsmedlen framtagna med metoden AWARE, där resultaten redovisas i både m^3 AWARE- H_2O -ekvivalenter/kg och m^3 AWARE- H_2O -ekvivalenter/kcal.

Att resultaten varierar beroende på vilken enhet som väljs beskrivs även i studien av Fulton et al. (2019). I den studien har vattenanvändningen för livsmedel som odlas i Kalifornien såsom mandlar tagits fram, bland annat baserat på dess vikt samt näringsvärde. I studien rangordnades 43 grödor där en lägre rang betraktades som mer fördelaktig ur vattensynpunkt. Mandel hamnade på plats nummer 43 då vikten studerades och på plats nummer 3 då dess näringsvärde studerades.

Även denna studies resultat visar på att mandlars vattenfotavtryck förhåller sig annorlunda till övriga livsmedel då dess kaloriinnehåll studeras istället för kilogram, se Figur 9 - Figur 11. Sparris som är ett kalorisnålt livsmedel fick istället ett högre vattenfotavtryck med samtliga metoder då kilokalorier studerades istället för kilogram. Detta visar på att vattenanvändningen för livsmedel såsom mandlar och sparris kan se mycket olik ut beroende på vilken funktionell enhet som väljs att uttrycka resultaten i, vilket är något som är relevant att ha i åtanke vid tolkning av denna studies resultat.

4.6.2 Val av exportland

Importstatistik från SCB visade att 24 % av importerad quinoa kommer från Peru. Enligt beskrivningen i metodavsnitt 3.2.8 antogs Peru vara största exportland, varpå produkten antogs importeras enbart från Peru. Detta antagande testades sedan i en känslighetsanalys där även en viss procent (76 %) antogs komma från Bolivia respektive Ecuador eftersom dessa länder påvisades i produktionsdata för livsmedlet från FAOSTAT tillsammans med Peru, se normaliserade resultat i Figur 12 nedan.



Figur 12: Normaliserade värden för vattenanvändning, där användningen för quinoa har tagits fram baserat på om det importeras 100 % från Peru, om det importeras 24 % från Peru och 76 % från Bolivia, eller om det importeras 24 % från Peru och 76 % från Ecuador. Vattenanvändning för quinoa baserat på olika exportländer har markerats med en ruta i figuren.

Som kan ses i Figur 12 är vattenanvändningen med metoden TOTAL störst då quinoa kommer från Bolivia och Peru, medan den är lägst då produkten kommer 100 % från Peru. För de två andra metoderna erhöles låga resultat för quinoa oavsett exportland. Resultaten för quinoa framtagna med de tre metoderna visar på relativt små skillnader, vilket innebär att resultaten för quinoa inte är särskilt känsliga för om det antas importeras från Peru, Bolivia eller Ecuador. Detta indikerar att produktionsländerna liknar varandra gällande

vattenanvändning vid produktionsprocessen och vattentillgänglighet. Detta behöver dock inte gälla för samtliga livsmedel som undersöktes i denna studie, då vattenanvändningen samt tillgängligheten kan variera olika mycket beroende på vilket land som produktionen av livsmedlet sker i.

4.7 STUDIENS BEGRÄNSNINGAR

En svårighet med denna typ av studie är att avgöra var produkter ursprungligen kommer från. Exportländerna för quinoa visade sig ha en smärre påverkan på resultatet, men detta behöver dock inte gälla för samtliga livsmedel som undersöktes i denna studie. Det är därför viktigt att framtagandet av ursprungsländer för varje livsmedel blir så sanningsenligt som möjligt för att erhålla så representativa resultat som möjligt. För att kartlägga livsmedels ursprungsländer utgick denna studie delvis från importstatistik från SCB. Svårigheter med att använda statistik från SCB uppstod då statistiken visade att en viss produkt kommer från ett land som bevisligen inte har någon produktion själva av denna produkt. För att kringgå detta studerades även import- och exportstatistik från FAOSTAT för att få information om vilket land som har den största nettoexporten av en viss produkt, eller som i denna studie benämns enligt det land med det största handelsöverskottet av produkten.

Det finns även andra möjliga metoder för att utreda var produkter ursprungligen kommer från. Det skulle exempelvis kunna göras med hjälp av global produktionsdata, som visar hur produktionen för olika livsmedel ser ut i världen. Detta skulle dock eventuellt inte bli representativt då det är oklart om dessa länder faktiskt exporterar livsmedlen till Sverige, varpå importdata för Sverige istället valdes att användas i denna studie.

En idé skulle även kunna vara att intervjua importörer såsom grossister om var de importerar sina produkter från. Detta kunde dock inte göras i denna studie då tillfrågade grossister och livsmedelsbutiker inte delade med sig av information om var produkter ursprungligen importeras från. Detta indikerar att denna typ av information är känslig att dela.

En annan metod för att ta fram produkters exportländer skulle kunna vara att studera produkters ursprungsländer i matbutiker, eftersom livsmedel enligt regler märks med dess ursprung (Livsmedelsverket, 2019). Detta skulle dock behöva undersökas i minst ett år för att få in säsongsvariationer i importen. Eftersom detta kräver stor mängd indata samt är en tidskrävande process ansågs det ej vara möjligt i denna studie.

I denna studie valdes landspecifika karakteriseringsfaktorer att användas vid beräkningar av WSF med metoderna WSI och AWARE. Detta kan bli missvisande för geografiskt stora länder såsom USA och Kina, som har en varierande vattentillgång i olika delar av landet. Förutom landspecifika karakteriseringsfaktorer tillhandahåller både WSI och AWARE faktorer på vattendragsnivå. Används dessa faktorer är det dock mycket viktigt att veta mer exakt var produktionen sker för att således erhålla representativa resultat. Av denna anledning användes de landspecifika karakteriseringsfaktorer i denna studie. För produkter som hade ett anmärkningsvärt högt WSF i denna studie, såsom mandlar och dadlar, skulle det dock vara intressant att i en vidare studie undersöka om resultaten blir annorlunda om mer geografiskt detaljerade karakteriseringsfaktorer används.

5. ANALYS AV METODERNAS RELEVANS FÖR KONSUMENTVÄGLEDNING

I detta avsnitt diskuteras metodernas för- och nackdelar och deras relevans för konsumentvägledning.

En fördel med metoden TOTAL är att metodiken har fått en internationell acceptans samt har använts och testats i flertalet studier som är vetenskapligt granskade. Metoden bedöms även vara enkel att förstå då resultaten ger ett volymetriskt mått som är en uppskattning av det vatten som faktiskt används (eller förorenas) vid produktion av olika varor.

Samtidigt som ett volymetrisk mått är enkelt för en konsument att förstå kan det även i vissa fall tolkas som missvisande. Ett vanligt exempel som även tas upp i studien av Berger (2014) är att enligt det volymetriska fotavtrycket är det mer fördelaktigt att konsumera 1 m³ i Iran jämfört med 2 m³ i Tyskland, då en mindre mängd vatten konsumeras. Enligt samma studie poängteras dock att Iran har en sämre tillgång på vatten än Tyskland, vilket då kan leda till större konsekvenser om vatten används i detta geografiska område. Detta tar metoden inte hänsyn till, vilket kan ses som en nackdel för TOTAL.

En viss kritik skulle även kunna riktas mot TOTAL gällande att grönt, blått och grått vatten summeras och därmed anges som ett totalt mått. Detta indikerar att dessa vattentyper är likvärdiga, vilket skulle kunna leda till förvirring hos en konsument. Exempelvis har cashewnöten näst högst vattenanvändning i Figur 4, men majoriteten av detta är grönt vatten, vilket motsvarar det regnvatten som används av grödorna. Även de svenska produkterna som redovisas i samma figur har högst andel grönt vatten, vilket är en typ av vatten som kan tyckas vara mindre allvarlig att använda jämfört med det blåa bevattningsvattnet eftersom regnvatten skulle ha fallit på marken oavsett om odling bedrivs eller inte. Det kan därför finnas en poäng i att redovisa andelen grönt, blått och grått vatten och inte enbart det sammanslagna måttet så att det blir tydligt för en konsument vilken sorts vatten det rör sig om.

Av de undersökta metoderna är det endast metoden TOTAL som tar hänsyn till förorenat grått vatten vilket kan ses som en styrka med metoden. Ett område skulle exempelvis kunna ha god vattentillgång, men om detta vatten är förorenat går det ändå inte att använda vilket kan vara en viktig aspekt att lyfta. Som tidigare nämnt undersöktes dock enbart kvävet påverkan i studien av Mekonnen och Hoekstra (2011), där den naturliga koncentrationen av kväve dessutom antogs vara noll. I studien av Mekonnen och Hoekstra (2011) baseras den maximala tillåtna koncentrationen av kväve i vattnet på rekommendationer från en federal miljöskyddsmyndighet i USA, men generellt beror beräkningar av det grå vattenfotavtrycket på lagstiftning i respektive land. Nackdelen med detta är att det för vissa föroreningar och länder saknas gränsvärden. Detta kan leda till att dessa föroreningar försummas. Länder som har stränga gränsvärden kan då erhålla ett högre grått vattenfotavtryck än länder som saknar gränsvärden, vilket kan tyckas vara orättvist för de länder som har satt höga vattenkvalitetsmål.

Resultaten från de tre undersökta metoderna anges även i olika enheter, vilket för en konsument kan vara något förvirrande. Som visas i Figur 4 redovisar metoden TOTAL vattenanvändningen som ett volymetriskt mått, där resultaten för urvalet av livsmedlen varierar mellan 0,08-15 m³ vatten/kg produkt. Något som talar för metoden TOTAL är att volymetriska mått kan vara enklare att relatera till jämfört med de andra metodernas resultat som redovisas i m³ H₂O-ekvivalenter. För AWARE varierar resultatet av WSF mycket vilket exempelvis kan ses i Figur 6, där det högsta värdet uppgick till 165 m³ AWARE-H₂O-ekvivalenter/kg. Detta beror på att metodens karakteriseringsfaktorer varierar mellan 0,1-100, vilket i sin tur kan leda till stora variationer i resultatet beroende på livsmedlets produktionsland. Detta kan ses som en potentiell svaghet för AWARE då resultaten för en vanlig konsument kan vara svåra att relatera till, särskilt då de kan skilja sig så pass mycket från det volymetriska måttet. Detta behöver dock inte vara ett problem om syftet enbart är att visa på livsmedels vattenanvändning i relation till varandra, vilket eventuellt kommer att vara upplägget för WWF:s vegoguide.

Korrelationen mellan resultaten baserade på viktade medelvärden av importen för varje produkt enligt Figur 8 indikerar att WSI och AWARE hanterar lokal vattenbrist på liknande

sätt, där $R^2=0,9578$. Skillnaderna i resultaten kan bero på att AWARE:s karakteriseringsfaktorer baseras på AMD samt inkluderar konsumerat vatten, medan karakteriseringsfaktorerna för WSI baseras på WTA och därmed inkluderar hela vattenuttaget. Dessutom tar AWARE hänsyn till det akvatiska ekosystemets vattenbehov, vilket inte görs i WSI. Trots ovan nämnda skillnader är korrelationen ändå relativt stark vilket indikerar att metoderna fungerar på liknande vis. Båda metoderna skulle därmed kunna användas för konsumentvägledning, och det finns en fördel i att använda WSI som har funnits längre samt har testats i större utsträckning än AWARE. Metoden AWARE kom år 2018 och behandlar andra aspekter än WSI, såsom att metoden baseras på en skillnad mellan vattentillgång och vattenbehov vilken i sin tur bygger på konsumerat vatten, samt att metoden förutom människans vattenbehov även tar hänsyn till det akvatiska ekosystemets behov. Detta gör att AWARE kan anses vara en mer uppdaterad metod än WSI som kom ut år 2009. Detta kan ses som positivt trots att AWARE inte hunnits testas i lika stor utsträckning som WSI. Dessutom är AWARE en indikator som det råder en generell konsensus kring att använda och som rekommenderas av UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, då metoden anses vara särskilt lämpad för att användas inom LCA (Boulay et al., 2018). Detta är positivt då metoden tagits fram just för att överensstämma med de riktlinjer som ges i ISO 14046 för beräkandet av vattenfotavtryck.

Med hänsyn till de kriterier som nämndes i avsnitt 3.1.5 skulle sammanfattningsvis metoden TOTAL kunna användas för konsumentvägledning för att öka medvetenheten kring hur mycket vatten som används för att producera olika livsmedel. Detta ger i sin tur en idé hos konsumenter vilka varor som är vattenkrävande, eller som möjligtvis är lokaliserade i varma klimat som leder till en ökad evaporation, och vart vattenbesparingar i så fall skulle kunna göras. Används denna metod är det dock viktigt att resultaten kompletteras med en analys av vattentillgången i området, eftersom det kan tänkas vara värre att använda vatten i ett område med vattenbrist än i områden med god vattentillgång, vilket är något som inte tas hänsyn till i vattenfotavtrycket framtaget med denna metod. Skulle detta bortses från ställs det höga krav på att konsumenten själv har tillräcklig kunskap gällande exportländers vattensituation för att kunna fatta kloka beslut gällande konsumtion av livsmedel. Även metoden AWARE kan användas för konsumentvägledning

eftersom denna metod tar hänsyn till en mer omfattande problematik gällande att jordens vattenresurser är ojämnt fördelade. Även WSI skulle kunna användas då den fungerar på liknande vis som AWARE, dock är AWARE enligt tidigare resonemang en nyare och uppdaterad metod då den bland annat även behandlar det akvatiska ekosystemets vattenbehov. Metoden rekommenderas dessutom av UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, där FN:s miljöprogram är en verksam part.

6. SLUTSATSER

I denna studie har metoderna TOTAL, WSI och AWARE studerats och används för att beräkna vattenfotavtryck för flertalet livsmedel.

Med TOTAL, WSI och AWARE erhöles högst resultat för mandlar, som hade ett vattenfotavtryck motsvarande 15 m³ vatten/kg, 3,3 WSI-H₂O-ekvivalenter/kg samt 165 m³ AWARE-H₂O-ekvivalenter/kg. Nötter hade generellt en hög vattenanvändning oavsett beräkningsmetod, med undantag för cashew- och jordnötter som visade ett lågt värde med WSI och AWARE jämfört med motsvarande värden framtagna med TOTAL. Låga resultat erhöles även generellt för baljväxter, såsom gröna ärtor, och likaså för sojabaserade produkter såsom vegofärs. Fukt och grönt visade även låga resultat med samtliga metoder, med undantag för livsmedel såsom dadlar vilket visade på ett mycket högt WSF med metoderna WSI och AWARE. Spannmål och rotfrukter visade generellt låga resultat oavsett metod. Ris hade dock ett relativt högt vattenfotavtryck med samtliga metoder. Vidare visade WSI och AWARE ett mycket lågt värde för quinoa.

Anledningen till att vattenfotavtrycket generellt varierar mellan olika produkter beror på faktorer såsom klimat och avkastning. Vidare varierar resultaten beroende på om enbart det volymetriska måttet används, vilket görs i metoden TOTAL, eller om även potentiella effekter av vattenanvändning tas hänsyn till som görs i metoderna WSI och AWARE. Att endast blått vatten används i WSI och AWARE påverkar även resultaten, där produkter som produceras i områden med en bristande vattentillgång ger större negativ effekt.

Efter tillämpning samt analys av metoderna rekommenderas bland annat metoden TOTAL av WFN att användas för konsumentvägledning, eftersom den är väl beprövad och har en bred acceptans. Den är även lätt att förstå, vilket är en fördel. Med denna metod anses det dock vara viktigt att komplettera resultaten med en analys av vattentillgången i området, eftersom det kan tänkas vara värre att använda vatten i ett område med vattenbrist än i områden med god vattentillgång, vilket är något som inte tas hänsyn till i vattenfotavtrycket framtaget med denna metod.

Även metoden AWARE anses vara lämplig att använda för konsumentvägledning eftersom denna metod tar hänsyn till vilka vattenförhållanden som råder i området som varan produceras i, vilket kan tyckas vara en relevant aspekt att inkludera. Liksom AWARE tar även WSI hänsyn till lokala vattenförhållanden och är en metod som har använts i stor utsträckning sedan den lanserades år 2009. En svaghet med WSI är att den inte är lika uppdaterad som AWARE då det har hänt mycket inom forskningsområdet sedan dess. Metoden AWARE introducerades nyligen och har inte hunnit testas i lika stor utsträckning som WSI, vilket kan ses som en nackdel. AWARE är dock en mer uppdaterad metod som rekommenderas av UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, varpå denna metod anses vara bättre lämpad för konsumentvägledning än WSI.

Tilläggsvis rekommenderas det att i vegoguiden poängtera att olika livsmedel har varierande egenskaper såsom exempelvis energiinnehåll. Det är därmed svårt att välja en funktionell enhet som är representativ för samtliga livsmedel.

7. REFERENSER

Webb- och tryckta källor:

Berger, M. (2014). *Water Footprint – Assessing Impacts of Water Use along Product Life Cycles*. Berlin. Tillgänglig: <https://d-nb.info/1065669860/34> [2019-01-07]

Berger, M., & Finkbeiner, M. (2013). *Methodological Challenges in Volumetric and Impact-Oriented Water Footprints*. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 79-89.

Boulay, A., Hoekstra, A., Vionnet, S. (2013). *Complementarities of water-focused Life Cycle Assessment and Water Footprint Assessment*. *Environmental Science & Technology*, 47(21), 11926-11927.

Boulay, A., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M., Manzardo, J., ... Pfister, T. (2018). *The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368-378.

CBI (2018). *Ministry of foreign affairs*. Market information. Tillgänglig: <https://www.cbi.eu/> [2018-11-27]

FAOSTAT (u.å). *Data*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> [2019-02-07]

Frischknecht, R., Steiner, R., Braunschweig, A., Egli, N., & Hildesheimer, G. (2006). *Swiss ecological scarcity method: the new version 2006*. Berne, Switzerland.

Fulton, J., Norton, M., & Shilling, F. (2019). *Water-indexed benefits and impacts of California almonds*. *Ecological Indicators*, 96, 711-717.

Guidoin, S. (2006). *Relations entre les différentes étapes du processus d'analyse du cycle de vie*. *Creative Commons*. Tillgänglig: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Etapes-acv.png> [2019-02-18]

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. (2011). *Global Food Losses and Food Waste*. Save Food at Interpack Düsseldorf, Germany & Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- Hoekstra, A. (2003). *Virtual Water Trade, Proceedings of The International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Tillgänglig: <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf> [2019-02-18]
- Hoekstra, A. (2016). *A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA*. *Ecological Indicators*, 66(C), 564-573.
- Hoekstra, A., Chapagain, A.K., Aldaya, M. & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. London. Washington, DC. Earthscan. ISBN:978-1-84971-279-8. Tillgänglig: http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf [2018-09-26]
- ISO (2006). ISO 14044:2006. *Environmental management- Life cycle assessment- Requirements and guidelines*. Tillgänglig: <https://www.iso.org/standard/38498.html> [2019-02-07]
- ISO (2014). ISO 14046:2014. *Environmental management- Water footprint- Principles, requirements and guidelines*. Tillgänglig: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14046:ed-1:v1:en> [2019-01-09]
- Klöpffer, W., Grahl, B. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA), A guide to Best Practice*. Wiley-VHC Weinheim, Germany.
- Kounina, A., Margni, M., Bayart, J., Boulay, A., Berger, M., Bulle, C., . . . Humbert, S. (2013). *Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), 707-721.
- Leire, C., Thidell, Å. *Product-Related Environmental Information to Guide Consumer Purchases – a Review and Analysis of Research on Perceptions, Understanding and Use Among Nordic Consumers*. *Journal of Cleaner Production* 13.10 (2005): 1061–1070. Web.
- Liu, J., Yang, H., Gosling, S., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S., . . . Oki, T. (2017). *Water scarcity assessments in the past, present and future*. *Earth's Future*, 5(6), 545-559.

- Livsmedelsverket (2019). *Ursprungsmärkning*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/text-pa-forpackning-markning/ursprungsmarkning> [2019-02-08]
- Livsmedelsverket (u.å). *Livsmedelsdatabasen*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/livsmedelsdatabasen> [2019-02-08]
- Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2011). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. Hydrology and Earth System Sciences, 15(5), 1577-1600.
- Moberg, E., Andersson, M., Säll, S., Hansson, P.-A. & Röös, E. (2018) *Determining the climate impact of food for use in a climate tax – design of a consistent model and results of methodological choices*. Manuscript in review.
- Naturvårdsverket (2010). *Den svenska konsumtionens globala miljöpåverkan*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-1284-7.pdf> [2018-09-20]
- Pfister, S., Bayer, P., Koehler, A., & Hellweg, S. (2011). *Environmental impacts of water use in global crop production: Hotspots and trade-offs with land use*. Environmental Science & Technology, 45(13), 5761-8.
- Pfister, S., Boulay, A., Berger, M., Hadjikakou, M., Motoshita, M., Hess, T . . . Henderson, A. (2017). *Understanding the LCA and ISO water footprint: A response to Hoekstra (2016) "A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA"*. Ecological Indicators, 72, 352-359.
- Pfister, S., Koehler, A., & Hellweg, S. (2009). *Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA*. Environmental Science & Technology, 43(11), 4098-4104.
- Quantis (2016). *A comparative Life Cycle Assessment of plant-based foods and meat foods*. Prepared for Morning Star Farms. Quantis USA

Ridoutt, B. & Hodges, D. (2017). *From ISO 14046 to water footprint labeling: A case study of indicators applied to milk production in south-eastern Australia*. Science of the Total Environment, 599-600, 14-19.

Ridoutt, B., & Pfister, S. (2012). *A new water footprint calculation method integrating consumptive and degradative water use into a single stand-alone weighted indicator*. International Journal of Life Cycle Assessment, 18(1), 1-4.

SCB (u.å). *Handel med varor och tjänster*. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/handel-med-varor-och-tjanster/> [2019-02-07]

Tridge (2018). *Global Trade Platform*. Tillgänglig: <https://www.tridge.com/intelligences/celery> [2018-12-05]

UNESCO (2017). *Facts and figures*. Tillgänglig: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact2-agricultural-use/> [2019-02-18]

UNESCO (2018). *Water security*. Tillgänglig: <https://en.unesco.org/themes/water-security> [2018-09-20]

Water Footprint Network (2018). *Global water footprint standard*. Tillgänglig: <https://waterfootprint.org/en/standard/global-water-footprint-standard/> [2018-12-17]

Water Footprint Network (u.å). *WaterStat - water footprint statistics*. Tillgänglig: <https://waterfootprint.org/en/resources/waterstat/> [2018-10-24]

WULCA (2018). *AWARE*. Tillgänglig: <http://www.wulca-waterlca.org> [2019-02-07]

WWF (2018). *Water Risk Filter*. Tillgänglig: <http://waterriskfilter.panda.org/> [2019-01-31]

WWF (2019). *Water Scarcity*. Tillgänglig: <https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity> [2019-01-31]

Personlig kommunikation:

Boulay, A. 2018. Dep. of Chemical Engineering. Project Manager WULCA (e-post)

Costa, F. 2019. Project Manager Water Risk Filter. WWF Germany (e-post)

Karlsson, H. 2018. Institutionen för energi och teknik, SLU (personligt möte)

Lindgren, A. 2018. Enheten för handel och marknad, Jordbruksverket (e-post)

Pfister, S. 2018. Dep. of Civil, Environmental and Geomatic Engineering. ETH Zürich (e-post)

APPENDIX A

För metoden WSI beräknas WTA genom att dividera summan av de vattenuttag som sker i ett område med vattentillgängligheten. Dessa beräkningar sker årsvis, dock kan den hydrologiska situationen i ett område ändras under året till följd av ett varierande nederbördsmonster. Denna variation kan leda till vattenstress om de våta perioderna ej kan kompensera för de torra på grund av bristande lagringskapacitet för vatten eller där evapotranspirationen är hög. Detta har tagits hänsyn till i en modifierad WTA som baseras på en variationsfaktor (VF). Faktorn VF definieras som det sammanslagna måttet på spridningen av månadsvis samt årlig nederbördsdata. VF kan således redogöra för en ökad vattenbrist i områden där vattentillgången är oregelbunden. Den modifierade WTA, som baseras på VF, kan därmed ses som en faktor för vattenbrist. WTA beräknas enligt ekvation A1, där VF enligt ekvation A2 varierar beroende på om avrinningsområden har starkt reglerade flöden (SRF) med exempelvis dammar och reservoarer eller ej. Slutligen beräknas WSI, det vill säga metodens karakteriseringsfaktorer, utifrån WTA och VF vilket presenteras i ekvation A3 nedan (Pfister et al., 2009). I ekvationen har WSI anpassats till en logaritmisk funktion där faktorn -6,4 enligt Pfister, S., pers. kom. (2018) använts för att ställa in funktionen så att värden mellan 0,01 och 1 erhålls.

$$\text{modifierad WTA} = \begin{cases} \sqrt{VF} \cdot WTA \text{ för SRF} \\ VF \cdot WTA \text{ för icke SRF} \end{cases} \quad (A1)$$

$$VF = e^{\sqrt{\ln(SD_{månad})^2 + \ln(SD_{år})^2}} \quad (A2)$$

$$KF_{WSI} = \frac{1}{1 + e^{-6,4 \cdot \text{modifierad WTA} \left(\frac{1}{0,01} - 1\right)}} \quad (A3)$$

APPENDIX B

AWARE baseras på inversen av AMD, vilket i sin tur är inversen av skillnaden mellan vattentillgänglighet per area och behov per area, där behovet innefattas av mänsklig konsumtion samt ekosystemets vattenbehov. Metoden anger hur mycket vatten som finns kvar i ett visst område relativt det globala medelvärdet, efter att behovet av både människor och ekosystem blivit uppfyllt. I metoden antas det att karakteriseringsfaktorerna är omvänt proportionella mot det kvarvarande vattnet för ett visst område. Ju mer vatten som finns kvar i ett område efter att vattenbehovet är uppfyllt, desto lägre är risken att andra användare berövas på vatten. Ekvation B1 visar definitionen av AMD (Boulay et al., 2018):

$$KF_{AWARE} = \frac{1/AMD}{1/AMD_{globalt\ medelvärde}} = \frac{AMD_{globalt\ medelvärde}}{AMD} \quad (B1)$$

APPENDIX C

I tabell C1 nedan visas utredningen av vilka länder som de undersökta produkterna importeras från samt hur stor procent som denna import står för. Dessutom redovisas den gröna, blåa samt gråa vattenanvändningen för varje produkt och land, där förluster tagits hänsyn till. Dessutom har faktorer använts som tar hänsyn markanta viktförändringar vid beredning (bland annat linser), och för ett antal spannmålsprodukter har även allokering tillämpats för att enbart få vattenanvändning för själva mjölet, se metodavsnittet för vidare redogörelse. Även karakteriseringsfaktorer för metoderna WSI och AWARE redovisas i tabellen. Dessa har i ett senare skede multiplicerats med det blåa vattnet för att erhålla den potentiella effekten till följd av vattenanvändning.

Vissa produkter som konsumeras i Sverige odlas även i Sverige, såsom exempelvis äpplen och ärtor. Dessa produkter har redovisats separat (SV), då de rimligtvis ej ingår i importstatistiken, men ändå har valts att ta med då de visar hur vattenanvändningen ser ut i Sverige för dessa produkter.

Tabell C1: Var de undersökta produkterna importeras från samt hur stor del importländerna utgör av den totala importen, dess gröna blåa och gråa vattenfotavtryck

där förluster etc. tagits hänsyn till och dessutom visas metoderna WSI och AWARE karakteriseringsfaktorer. Om inget annat anges har importstatistiken hämtats från SCB (u.å).

Produkt	Land	Andel import	Grön m3/kg	Blå m3/kg	Grå m3/kg	KF _{WSI}	KF _{AWARE}
Bönor (haricotverts)	Belgien	71%	0,151	0,005	0,071	0,715	2,284
	Nederländerna	17%	0,170	0,009	0,083	0,306	1,509
	Marocko ¹	12%	0,086	0,025	0,042	0,844	86,794
Frysta ärtor	Belgien	55%	0,338	0,016	0,132	0,715	2,284
	Frankrike ¹	45%	0,251	0,037	0,090	0,181	8,289
Frysta ärtor (SV)	Sverige	100%	0,681	0,009	0,124	0,0402	4,576
Gröna ärtor	Belgien	38%	0,237	0,011	0,092	0,715	2,284
	Nederländerna	57%	0,180	0,013	0,073	0,306	1,509
	Frankrike ¹	5%	0,176	0,026	0,063	0,181	8,289
Gröna ärtor (SV)	Sverige	100%	0,477	0,006	0,086	0,0402	4,576
Konserverade ärtor	Belgien	56%	0,237	0,011	0,092	0,715	2,284
	Italien	12%	0,411	0,103	0,125	0,273	48,500
	Frankrike (Tyskland) ²	15%	0,176	0,026	0,063	0,181	8,289
	Frankrike ¹	17%	0,176	0,026	0,063	0,181	8,289
Torkade ärtor*	Danmark	42%	0,243	0,000	0,000	0,069	3,278
	Nederländerna	10%	0,218	0,000	0,000	0,306	1,509
	Tyskland	14%	0,316	0,000	0,000	0,12	1,612
	Kanada ¹	34%	0,510	0,000	0,297	0,102	9,651
Torkade ärtor (SV)*	Sverige	100%	0,340	0,000	0,000	0,0402	4,576
Torkade bönor*	Turkiet	28%	0,465	0,080	0,118	0,779	57,392

	Nederländerna	11%	0,264	0,000	0,000	0,306	1,509
	Myanmar ¹	61%	1,817	0,000	0,000	0,0184	5,039
Torkade bönor (SV)*	Sverige	100%	0,573	0,000	0,000	0,0402	4,576
Torkade fababönor*	Australien (Danmark) ²	29%	0,491	0,000	0,181	0,402	73,660
	Egypten	11%	0,115	0,730	0,414	0,977	98,512
	Libanon	16%	0,203	0,000	0,000	0,83	86,814
	Turkiet	10%	0,370	0,045	0,090	0,779	57,392
	Tyskland	20%	0,216	0,000	0,000	0,12	1,612
	Australien ¹	14%	0,491	0,000	0,181	0,402	73,660
Burkbönor	Italien	72%	0,548	0,000	0,009	0,273	48,500
	Myanmar ¹	28%	1,817	0,000	0,000	0,0184	5,039
Torkade kikärter*	Turkiet	38%	1,008	0,050	0,169	0,779	57,392
	Italien	10%	0,760	0,000	0,012	0,273	48,500
	Australien ¹	52%	0,512	0,000	0,254	0,402	73,660
Torkade linser*	Turkiet	41%	0,847	0,195	0,168	0,779	57,392
	Kanada (UK) ²	18%	1,134	0,000	0,558	0,102	9,651
	Kanada	14%	1,134	0,000	0,558	0,102	9,651
	Kanada ¹	27%	1,134	0,000	0,558	0,102	9,651
Torkade sojabönor*	Italien	60%	0,401	0,046	0,001	0,273	48,500
	USA (Danmark) ²	22%	0,542	0,032	0,003	0,499	36,488
	USA ¹	18%	0,537	0,032	0,003	0,499	36,488
Mandel	Australien	11%	5,199	2,852	0,758	0,402	73,660
	USA (Nederländerna) ²	10%	2,490	4,333	7,058	0,499	36,490
	Spanien	10%	28,094	2,148	0,000	0,715	79,130
	USA	55%	2,490	4,333	7,058	0,499	36,490

	USA ¹	14%	2,490	4,333	7,058	0,499	36,490
Cashew	Vietnam (Nederländerna) ²	27%	5,560	0,066	0,294	0,35	18,990
	Vietnam	34%	5,560	0,066	0,294	0,35	18,990
	Vietnam ¹	39%	5,560	0,066	0,294	0,35	18,990
Hasselnöt	Italien	39%	8,244	1,614	0,043	0,273	48,500
	Turkiet	38%	8,775	1,825	0,553	0,779	57,390
	Turkiet (Tyskland) ²	13%	8,775	1,825	0,553	0,779	57,390
	Turkiet ¹	10%	8,775	1,825	0,553	0,779	57,390
Jordnöt	Argentina	37%	5,484	0,074	0,047	0,352	54,150
	Kina	20%	2,165	0,134	0,404	0,478	45,530
	Indien (Nederländerna) ²	21%	5,170	0,613	0,377	0,967	29,910
	Indien ¹	22%	5,170	0,613	0,377	0,967	29,910
Valnöt	USA (Nederländerna) ²	20%	2,756	3,969	6,456	0,499	36,490
	USA (Tyskland) ²	14%	2,784	4,009	6,521	0,499	36,490
	USA	37%	2,756	3,969	6,456	0,499	36,490
	USA ¹	29%	2,756	3,969	6,456	0,499	36,490
Äpple	Italien	37%	0,196	0,050	0,029	0,273	48,500
	Polen	11%	0,506	0,001	0,000	0,07	2,048
	Polen ¹	52%	0,506	0,001	0,000	0,07	2,048
Äpple (FR)	Frankrike ³	100%	0,189	0,032	0,004	0,181	8,289
Äpple (SV)	Sverige	100%	0,424	0,000	0,000	0,0402	4,576
Aprikos	Frankrike	10%	0,671	0,097	0,014	0,181	8,289
	Italien	19%	0,580	0,137	0,088	0,273	48,500
	Spanien (Nederländerna)	23%	0,913	0,598	0,203	0,715	79,127

	²						
	Spanien	19%	0,913	0,598	0,203	0,715	79,127
	Tyskland	14%	2,274	0,099	0,943	0,12	1,612
	Spanien ¹	15%	0,913	0,598	0,203	0,715	79,127
Banan	Costa Rica	23%	0,421	0,099	0,000	0,0163	1,349
	Dominikanska republiken	19%	1,009	0,009	0,000	0,114	8,794
	Ecuador	21%	0,497	0,079	0,000	0,18	4,621
	Ecuador ¹	37%	0,497	0,079	0,000	0,18	4,621
Körsbär	Danmark	10%	1,797	0,013	0,000	0,069	3,278
	Nederländerna	11%	9,889	0,118	0,747	0,306	1,509
	Turkiet	27%	0,753	0,245	0,126	0,779	57,392
	Tyskland	40%	1,312	0,006	0,062	0,12	1,612
	Chile ¹	12%	2,094	0,920	0,350	0,736	81,847
Körsbär (SV)	Sverige	100%	1,856	0,000	0,000	0,0402	4,576
Kokosolja	Filippinerna	41%	8,702	0,000	0,015	0,396	6,129
	Malaysia	20%	11,147	0,000	0,013	0,0434	2,204
	Filippinerna (Nederländerna) ²	33%	8,702	0,000	0,015	0,396	6,129
	Filippinerna ¹	6%	8,702	0,000	0,015	0,396	6,129
Kokosnöt (färsk)	Filippinerna	44%	5,312	0,000	0,008	0,396	6,129
	Indonesien (Tyskland) ²	40%	4,042	0,000	0,016	0,18	25,411
	Indonesien ¹	16%	4,042	0,000	0,016	0,18	25,411
Dadlar	Iran	42%	1,574	3,713	0,239	0,912	67,208
	Saudiarbien	11%	0,755	4,971	0,234	0,995	18,231
	Irak ¹	47%	0,773	0,000	0,178	0,974	56,668
Grapefrukt och pomelo	Sydafrika (Danmark) ²	19%	0,376	0,245	0,041	0,687	38,106
	Israel	17%	0,093	0,196	0,025	0,996	83,682
	Sydafrika	24%	0,376	0,245	0,041	0,687	38,106

	(Nederländerna) 2						
	Sydafrika	12%	0,376	0,245	0,041	0,0687	38,106
	Sydafrika (Tyskland) ²	11%	0,376	0,245	0,041	0,00687	38,106
	Sydafrika ¹	17%	0,376	0,245	0,041	0,00068 7	38,106
Vindruvor	Chile (Danmark) ²	17%	0,330	0,005	0,142	0,736	81,847
	Grekland	10%	0,370	0,146	0,110	0,711	70,110
	Italien	12%	0,446	0,038	0,098	0,273	48,500
	Chile (Nederländerna) 2	24%	0,330	0,005	0,142	0,736	81,847
	Spanien	13%	0,889	0,160	0,255	0,715	79,127
	Chile ²	24%	0,330	0,005	0,142	0,736	81,847
Guava och mango	Mexico (Belgien) ²	11%	1,482	0,676	0,159	0,756	34,250
	Mexico (Nederländerna) 2	63%	1,482	0,676	0,159	0,756	34,250
	Mexico ¹	26%	1,482	0,676	0,159	0,756	34,250
Kiwi	Nya Zeeland (Belgien) ²	26%	0,364	0,128	0,000	0,0226	12,156
	Italien	44%	0,338	0,101	0,056	0,273	48,500
	Nya Zeeland (Tyskland) ²	18%	0,364	0,128	0,000	0,0226	12,156
	Nya Zeeland ¹	12%	0,364	0,128	0,000	0,0226	12,156
Citron och lime	Mexico (Danmark) ²	10%	0,795	0,309	0,117	0,756	34,250
	Mexico (Nederländerna) 2	22%	0,795	0,309	0,117	0,756	34,250

	Spanien	45%	0,265	0,190	0,064	0,715	79,127
	Mexico (Tyskland) ²	11%	0,795	0,309	0,117	0,756	34,250
	Mexico ¹	12%	0,795	0,309	0,117	0,756	34,250
Melon	Guatemala (Nederländerna) ²	32%	0,215	0,002	0,000	0,0123	1,170
	Spanien	53%	0,101	0,073	0,053	0,715	79,127
	Guatemala ¹	15%	0,215	0,002	0,000	0,0123	1,170
Apelsin	Spanien	44%	0,266	0,191	0,066	0,715	79,127
	Spanien ¹	56%	0,266	0,191	0,066	0,715	79,127
Papaya	Mexico (Belgien) ²	27%	0,330	0,099	0,043	0,756	34,250
	Mexico (Nederländerna) ²	49%	0,330	0,099	0,043	0,756	34,250
	Thailand	13%	1,341	0,093	0,241	0,534	7,779
	Mexico ¹	11%	0,307	0,092	0,040	0,756	34,250
Persika och nektarin	Italien	45%	0,387	0,091	0,060	0,273	48,500
	Spanien	33%	0,408	0,267	0,091	0,715	79,127
	Tyskland	10%	1,494	0,054	0,619	0,12	1,612
	Spanien ¹	12%	0,408	0,267	0,091	0,715	79,127
Päron	Belgien	28%	0,228	0,001	0,000	0,715	2,284
	Nederländerna	52%	0,228	0,002	0,017	0,306	1,509
	Argentina ¹	20%	0,273	0,248	0,025	0,352	54,155
Päron (SV)	Sverige	100%	0,611	0,000	0,000	0,0402	4,576
Ananas	Costa Rica (Beligen) ²	19%	0,107	0,009	0,000	0,0163	1,349
	Costa Rica	16%	0,107	0,009	0,000	0,00163	1,349
	Costa Rica (Nederländerna) ²	44%	0,107	0,009	0,000	0,00016 ³	1,349

	Costa Rica (Tyskland) ²	15%	0,107	0,009	0,000	1,63E-05	1,349
	Costa Rica ¹	6%	0,107	0,009	0,000	1,63E-06	1,349
Plommon	Danmark	11%	0,869	0,006	0,000	0,069	3,278
	Italien	36%	0,516	0,134	0,076	0,273	48,500
	Nederländerna	12%	0,430	0,006	0,032	0,306	1,509
	Spanien	21%	0,675	0,473	0,146	0,715	79,127
	Tyskland	13%	0,649	0,004	0,031	0,12	1,612
	Spanien ¹	7%	0,675	0,473	0,146	0,715	79,127
Plommon (SV)	Sverige	100%	1,363	0,000	0,000	0,0402	4,576
Mandarin & satsumas	Marocko	23%	0,351	0,466	0,056	0,844	86,794
	Spanien	50%	0,300	0,215	0,073	0,715	79,127
	Spanien ¹	27%	0,300	0,215	0,073	0,715	79,127
Vattenmelon	Mexico (Nederländerna) ²	20%	0,258	0,088	0,066	0,756	34,250
	Spanien	57%	0,087	0,063	0,035	0,715	79,127
	Mexico ¹	23%	0,258	0,088	0,066	0,756	34,250
Kronärtskock a	Frankrike	20%	1,123	0,344	0,180	0,181	8,289
	Italien	13%	0,686	0,197	0,086	0,273	48,500
	Spanien (Nederländerna) ²	14%	0,368	0,184	0,131	0,715	79,127
	Spanien	45%	0,368	0,184	0,131	0,715	79,127
	Spanien ¹	8%	0,368	0,184	0,131	0,715	79,127
Sparris	Italien	29%	0,998	0,458	0,132	0,273	48,500
	Nederländerna	33%	0,852	0,024	0,167	0,306	1,509
	Tyskland	13%	1,439	0,205	0,377	0,12	1,612
	Mexico ¹	25%	2,017	1,124	0,398	0,756	34,250
Avokado	Mexico (Nederländerna)	72%	1,177	0,420	0,156	0,756	34,250

	²						
	Mexico ¹	28%	1,177	0,420	0,156	0,756	34,250
Broccoli & Blomkål	Frankrike	18%	0,243	0,036	0,074	0,181	8,289
	Italien	13%	0,166	0,043	0,043	0,273	48,500
	Nederländerna	14%	0,214	0,013	0,069	0,306	1,509
	Spanien	47%	0,088	0,124	0,099	0,715	79,127
	Spanien ¹	8%	0,088	0,124	0,099	0,715	79,127
Kål	Spanien	10%	0,097	0,105	0,063	0,715	79,127
	Tyskland	72%	0,081	0,012	0,029	0,12	1,612
	Kina ¹	18%	0,286	0,005	0,158	0,478	45,531
Paprika & chili	Nederländerna	54%	0,013	0,000	0,005	0,306	1,509
	Spanien	29%	0,047	0,004	0,044	0,715	79,127
	Mexico ¹	17%	0,204	0,129	0,120	0,756	34,250
Selleri	Nederländerna	16%	0,068	0,004	0,021	0,306	1,509
	Spanien	66%	0,067	0,109	0,042	0,715	79,127
	Tyskland	13%	0,079	0,018	0,032	0,12	1,612
	USA ⁴	5%	0,079	0,024	0,047	0,499	36,488
Gurka	Nederländerna	32%	0,005	0,000	0,001	0,306	1,509
	Spanien	56%	0,038	0,038	0,029	0,715	79,127
	Mexico ¹	12%	0,110	0,049	0,062	0,756	34,250
Aubergine	Nederländerna	62%	0,008	0,000	0,002	0,306	1,509
	Spanien	24%	0,060	0,130	0,047	0,715	79,127
	Spanien ¹	14%	0,060	0,130	0,047	0,715	79,127
Vitlök	Nederländerna	37%	0,037	0,000	0,023	0,306	1,509
	Spanien	41%	0,378	0,224	0,243	0,715	79,127
	Kina ¹	22%	0,369	0,013	0,236	0,478	45,531
Ingefära	Kina (Danmark) ²	31%	0,405	0,017	0,130	0,478	45,531
	Kina	17%	0,405	0,017	0,130	0,478	45,531
	Kina (Nederländerna)	48%	0,405	0,017	0,130	0,478	45,531

	²						
	Kina ¹	4%	0,405	0,017	0,130	0,478	45,531
Huvudsallat	Spanien	71%	0,056	0,087	0,070	0,715	79,127
	Tyskland	10%	0,142	0,001	0,064	0,12	1,612
	Spanien ¹	19%	0,056	0,087	0,070	0,715	79,127
Oliver	Grekland	32%	1,583	0,260	0,000	0,711	70,110
	Spanien	54%	2,641	0,641	0,006	0,715	79,127
	Spanien ¹	14%	2,641	0,641	0,006	0,715	79,127
Lök	Danmark	14%	0,113	0,019	0,058	0,069	3,278
	Indien	16%	0,252	0,228	0,104	0,967	29,907
	Nederländerna	19%	0,081	0,006	0,021	0,306	1,509
	Tyskland	10%	0,106	0,032	0,037	0,12	1,612
	USA	16%	0,064	0,089	0,039	0,499	36,488
	Indien ¹	25%	0,252	0,228	0,104	0,967	29,907
Pumpa & Squash	Nederländerna	36%	0,049	0,001	0,018	0,306	1,509
	Spanien	40%	0,060	0,039	0,045	0,715	79,127
	Mexico ¹	24%	0,305	0,041	0,103	0,756	34,250
Spenat	Spanien (Danmark) ²	19%	0,085	0,136	0,105	0,715	79,127
	Italien	45%	0,122	0,033	0,063	0,273	48,500
	Spanien ¹	36%	0,085	0,136	0,105	0,715	79,127
Tomat	Nederländerna	61%	0,008	0,000	0,002	0,306	1,509
	Spanien	22%	0,042	0,027	0,030	0,715	79,127
	Mexico ¹	17%	0,096	0,134	0,066	0,756	34,250
Tomat (SV)	Sverige	100%	0,011	0,002	0,001	0,0402	4,576
Blåbär	Polen (Finland) ²	36%	0,309	0,004	0,000	0,07	2,048
	Nederländerna	36%	0,391	0,039	0,110	0,306	1,509
	Polen ¹	28%	0,309	0,004	0,000	0,07	2,048
Blåbär (SV)	Sverige	100%	2,482	0,000	0,000	0,0402	4,576
Hallon	Belgien	28%	0,475	0,006	0,000	0,715	2,284
	Nederländerna	39%	0,179	0,018	0,050	0,306	1,509
	Polen	16%	0,489	0,006	0,000	0,07	2,048

	(Portugal) ²						
	Spanien	13%	0,456	0,296	0,308	0,715	79,127
	Polen ⁵	4%	0,489	0,006	0,000	0,07	2,048
Jordgubbar	Belgien	39%	0,093	0,014	0,013	0,715	2,284
	Nederländerna	20%	0,156	0,021	0,024	0,306	1,509
	Spanien	36%	0,079	0,131	0,039	0,715	79,127
	Spanien ¹	5%	0,079	0,131	0,039	0,715	79,127
Jordgubbar (SV)	Sverige	100%	0,549	0,118	0,000	0,0402	4,576
Jordgubbar frysta	Belgien	30%	0,093	0,014	0,013	0,715	2,284
	Polen	29%	0,915	0,198	0,000	0,07	2,048
	Spanien ¹	41%	0,079	0,131	0,039	0,715	79,127
Kornmjöl (Barley)	Danmark	41%	0,477	0,000	0,101	0,069	3,278
	Finland	27%	0,702	0,000	0,030	0,416	1,722
	Storbritannien & Nordirland	17%	0,365	0,000	0,122	0,395	4,608
	Frankrike ¹	15%	0,575	0,004	0,153	0,181	8,289
Kornmjöl (SV)	Sverige	100%	0,580	0,000	0,139	0,0402	4,576
Korn klippt	Danmark	41%	0,728	0,000	0,153	0,069	3,278
	Finland	27%	1,072	0,000	0,046	0,416	1,722
	Storbritannien & Nordirland	17%	0,557	0,000	0,186	0,395	4,608
	Belgien ¹	15%	0,393	0,000	0,101	0,715	2,284
Korn klippt (SV)	Sverige	100%	0,886	0,000	0,213	0,0402	4,576
Majsmjöl	Frankrike	45%	0,519	0,113	0,190	0,181	8,289
	Polen	37%	0,831	0,005	0,488	0,07	2,048
	Sydafrika ¹	18%	1,957	0,040	0,155	0,687	38,106
Hirsmjöl (Millet)	Indien (Danmark) ²	23%	3,848	0,079	0,241	0,967	29,907
	Indien	18%	3,848	0,079	0,241	0,967	29,907

	(Nederländerna) 2						
	Indien (Tyskland) ²	18%	3,848	0,079	0,241	0,967	29,907
	Ukraina	20%	3,199	0,000	0,041	0,3	29,880
	Indien ¹	21%	3,848	0,079	0,241	0,967	29,907
Havregryn	Danmark	40%	0,698	0,000	0,160	0,069	3,278
	Finland	37%	1,008	0,000	0,036	0,416	1,722
	Kanada	23%	1,646	0,015	0,215	0,102	9,651
Havregryn (SV)	Sverige	100%	0,843	0,000	0,173	0,0402	4,576
Quinoa	Peru (Italien) ²	12%	3,292	0,061	0,639	0,716	25,529
	Peru	24%	3,292	0,061	0,639	0,716	25,529
	Peru (Storbritannien) ²	26%	3,292	0,061	0,639	0,716	25,529
	Peru (Tyskland) ²	18%	3,292	0,061	0,639	0,716	25,529
	Peru ⁵	20%	3,292	0,061	0,639	0,716	25,529
Ris	Indien (Belgien) ²	10%	2,287	0,741	0,367	0,967	29,907
	Indien	12%	2,287	0,741	0,367	0,967	29,907
	Italien	13%	0,996	0,758	0,000	0,273	48,500
	Thailand	18%	2,995	0,616	0,140	0,534	7,779
	Indien ¹	47%	2,287	0,741	0,367	0,967	29,907
Rågmjöl (SV)	Danmark	15%	0,473	0,000	0,157	0,069	3,278
	Finland	10%	2,347	0,000	0,051	0,416	1,722
	Polen	23%	2,007	0,000	0,000	0,07	2,048
	Tyskland	52%	0,550	0,000	0,264	0,12	1,612
Rågmjöl (SV)	Sverige	100%	1,083	0,000	0,137	0,0402	4,576
Durramjöl (Sorghum)	USA (Nederländerna) 2	92%	1,122	0,074	0,125	0,499	36,488
	USA ¹	8%	1,122	0,074	0,125	0,499	36,488
Vetemjöl	Danmark	16%	0,638	0,007	0,137	0,069	3,278

	Finland	36%	0,869	0,000	0,031	0,416	1,722
	Tyskland	27%	0,720	0,000	0,222	0,12	1,612
	Turkiet ¹	21%	2,610	0,164	0,246	0,779	57,392
Vetemjöl (SV)	Sverige	100%	0,562	0,000	0,164	0,0402	4,576
Morot	Italien	27%	0,099	0,044	0,022	0,273	48,500
	Nederländerna	47%	0,079	0,004	0,025	0,306	1,509
	Kina ¹	26%	0,200	0,004	0,199	0,478	45,531
Potatis	Danmark	57%	0,106	0,022	0,024	0,069	3,278
	Finland	14%	0,161	0,008	0,006	0,416	1,722
	Frankrike ¹	29%	0,110	0,022	0,065	0,181	8,289
Sötpotatis	USA (Nederländerna) ²	80%	0,292	0,079	0,866	0,499	36,488
	USA ¹	20%	0,292	0,079	0,866	0,499	36,488

1. Det land med det största handelsöverskottet, baserat på export- och importdata från FAOSTAT (u.å)

2. Mellanhandsländer som ersatts med det land med det största handelsöverskottet

3. Antagande baserat på produktionsdata från FAOSTAT (u.å) där Frankrike är 8:e största produktionsland

4. Antagande baserat på information från Tridge.com

5. Antagande baserat på information från CBI.eu.

APPENDIX D

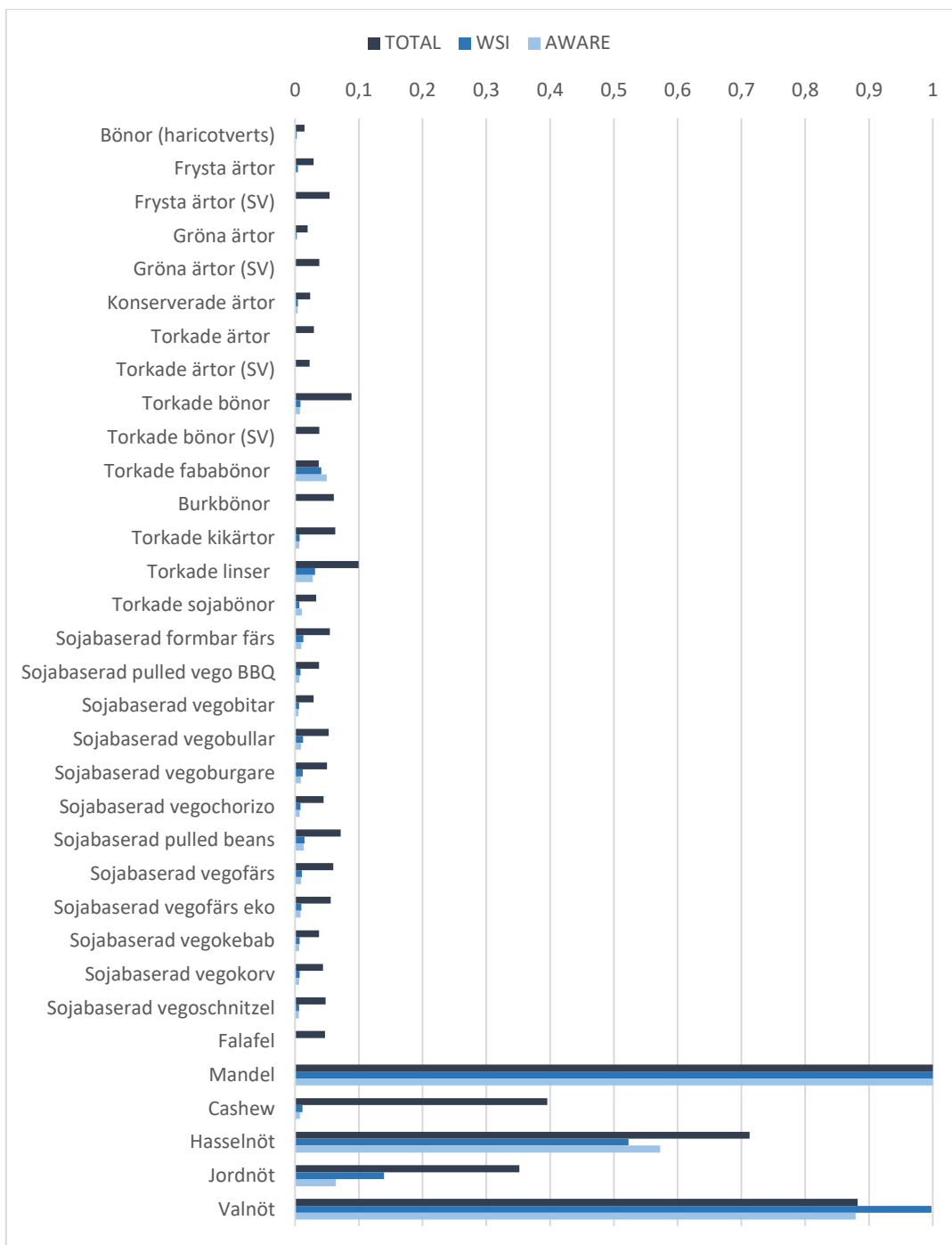
Nedan i tabell D1 visas exempel på förlustvärden som uppstår i stegen mellan skörd till att produkten når återförsäljaren. Dessa gäller för livsmedel från Europa och Ryssland. Siffrvärdena är hämtade från Gustavsson et al. (2011).

Tabell D1: Estimerade och uppskattade värden för de förluster som uppstår i stegen mellan skörd till att produkten når återförsäljaren. Siffrvärdena gäller för Europa och Ryssland och är hämtade från studien av Gustavsson et al. (2011).

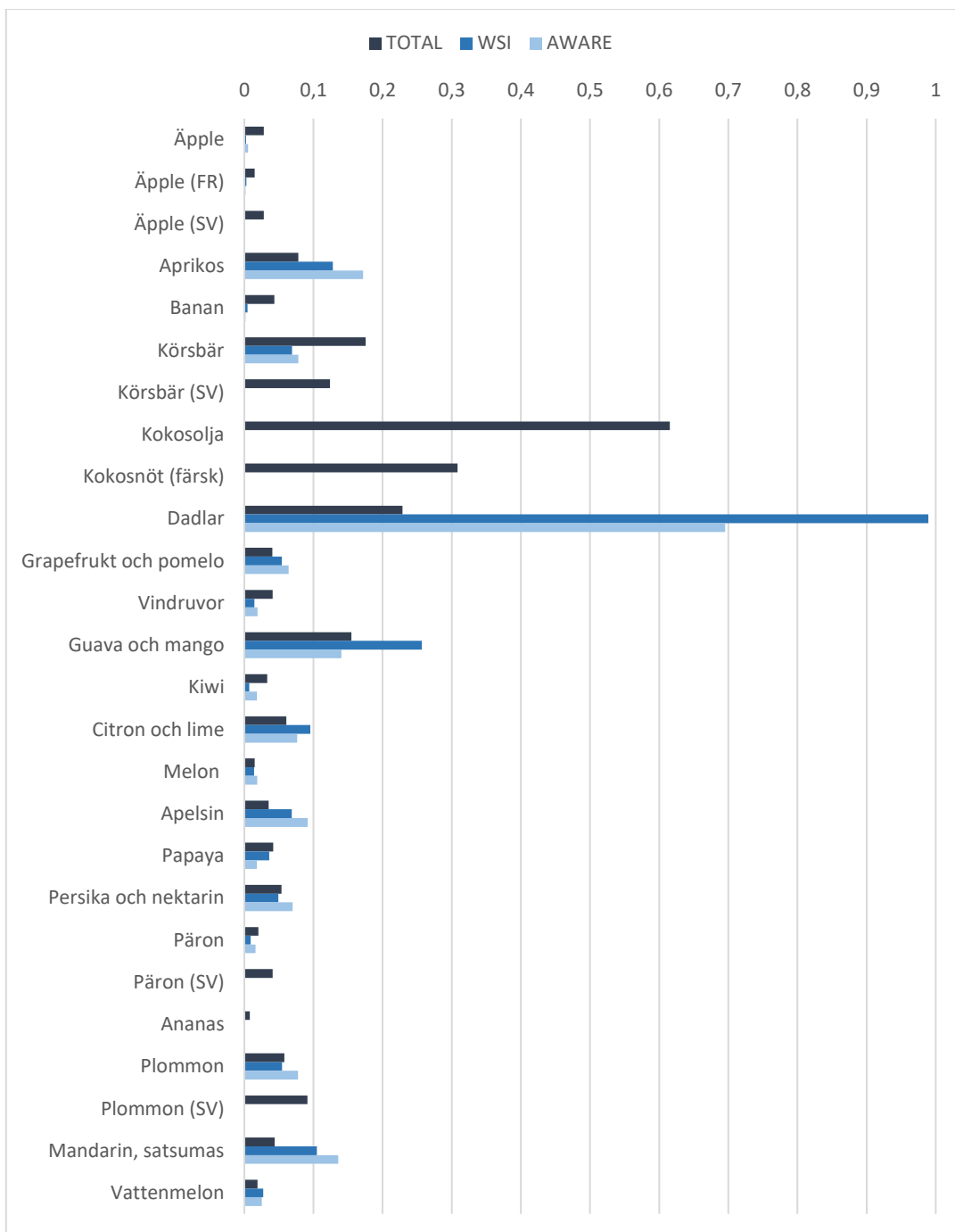
	Faktorer som uppstår efter skörd, bl.a. lagring	Distribution och faktorer såsom förpackning	Distribution av vara till återförsäljare
Spannmål	4 %	10,5 %	2 %
Rotfrukter	9 %	15 %	7 %
Oljefrön & baljväxter	1 %	5 %	1 %
Frukt och grönt	5 %	2 %	10 %

APPENDIX E

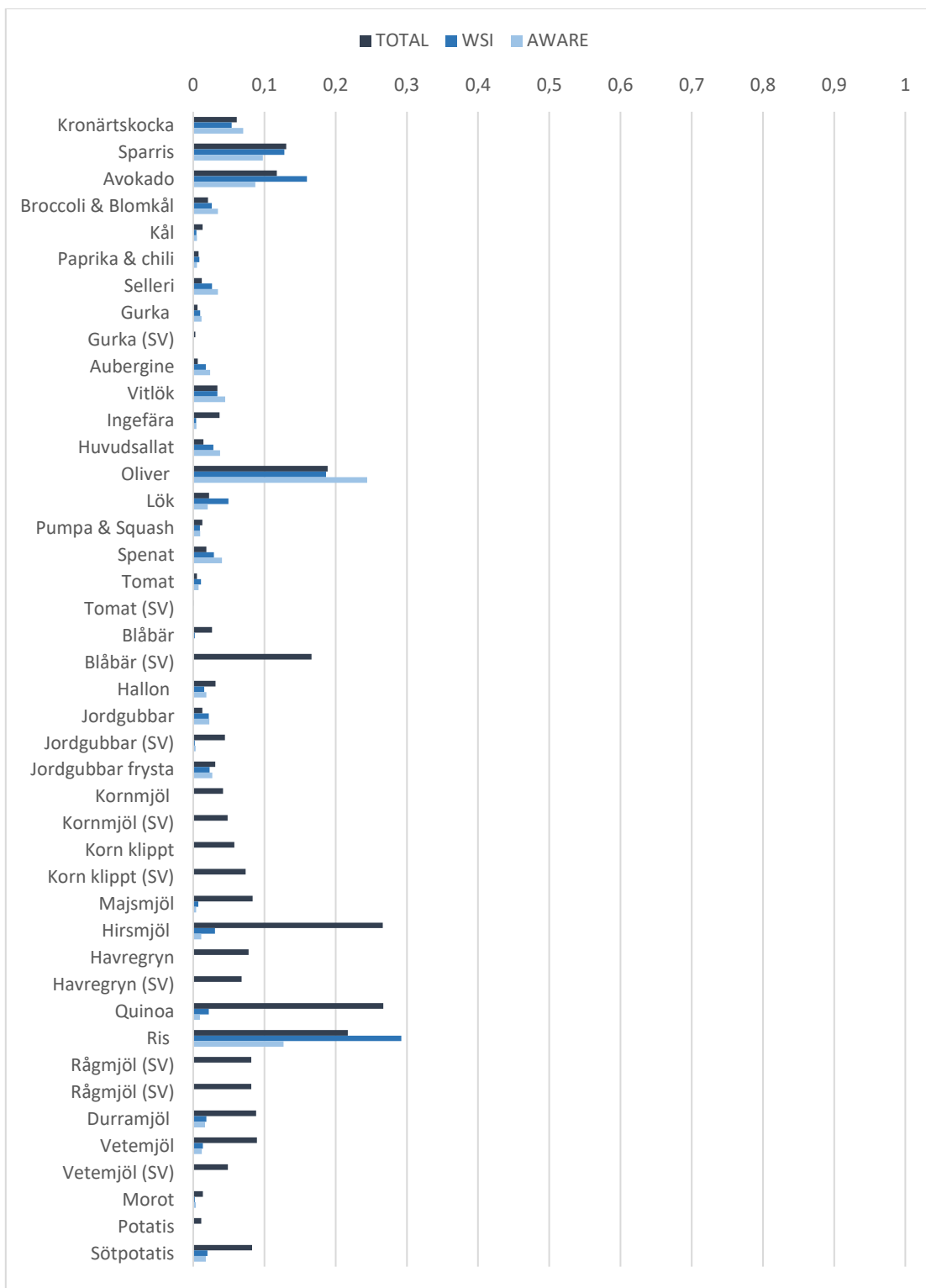
Nedan i figur E1 - E3 visas normaliserade värden av vattenfotavtrycket för samtliga livsmedel som undersöktes i denna studie framtagna med de tre metoderna TOTAL, WSI och AWARE.



Figur E1: Normaliserade värden för baljväxter, sojabaserade produkter samt nötter, framtagna med de tre metoderna.

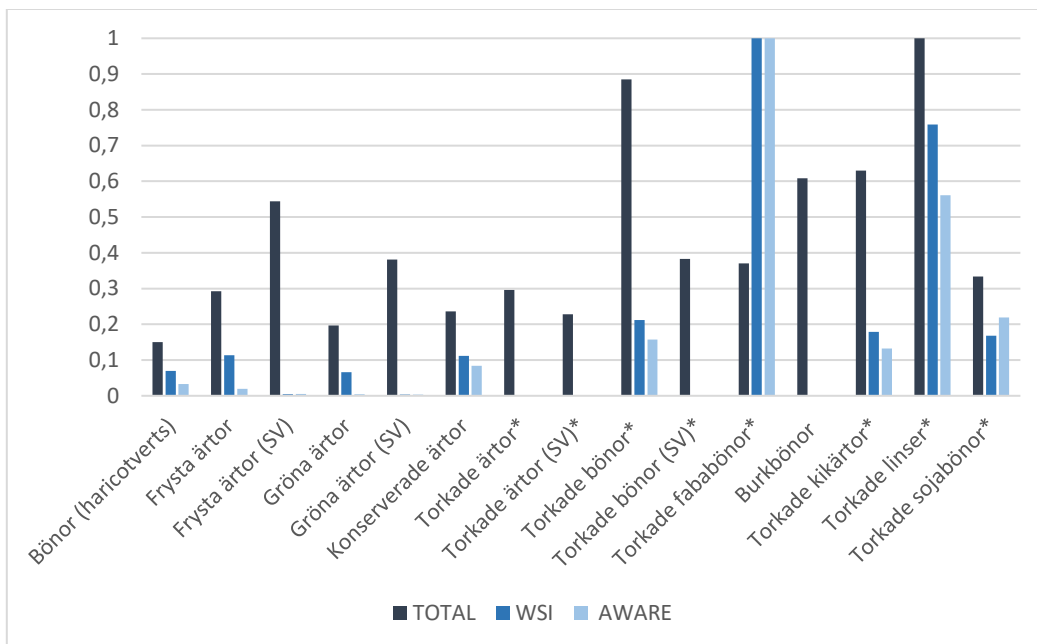


Figur E2: Normaliserade värden för frukter, framtagna med de tre metoderna.

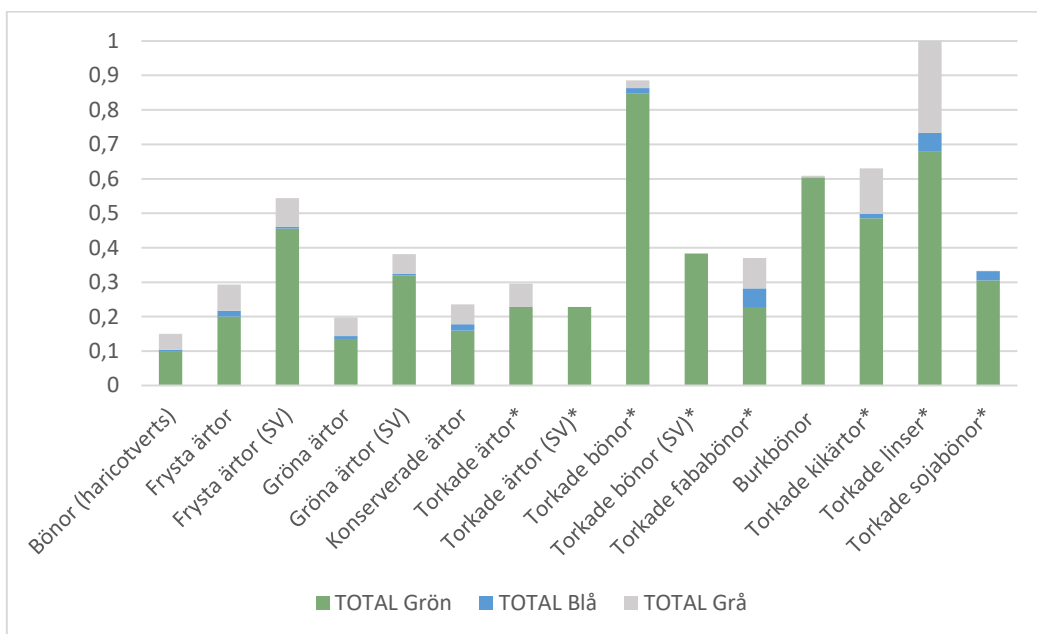


Figur E3: Normaliserade värden för grönsaker, bär, spannmål samt rotfrukter, framtagna med de tre metoderna.

Nedan i Figur E4 visas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för baljväxterkategorin, och i figur E5 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.

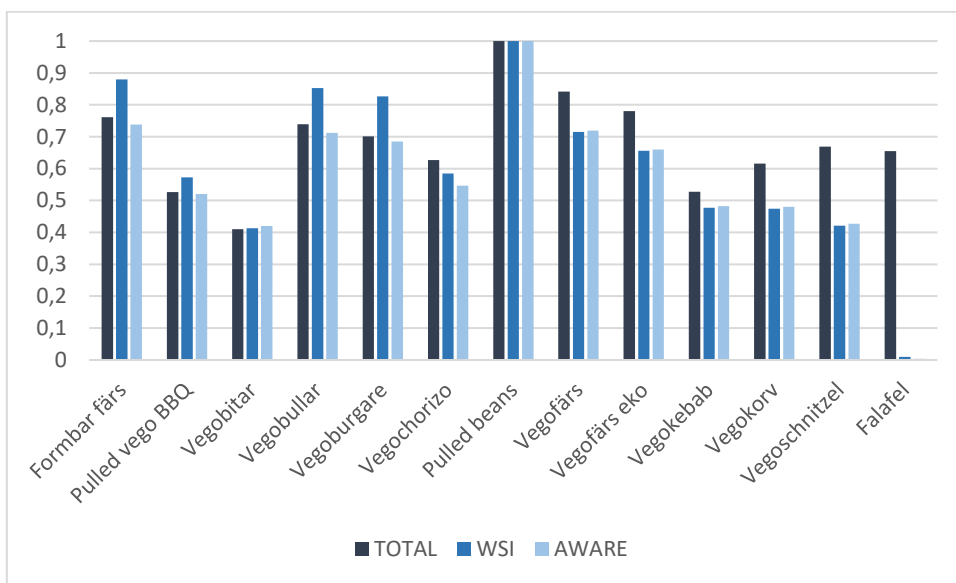


Figur E4: Normaliserade värden för kategorin baljväxter framtagna med de tre metoderna.

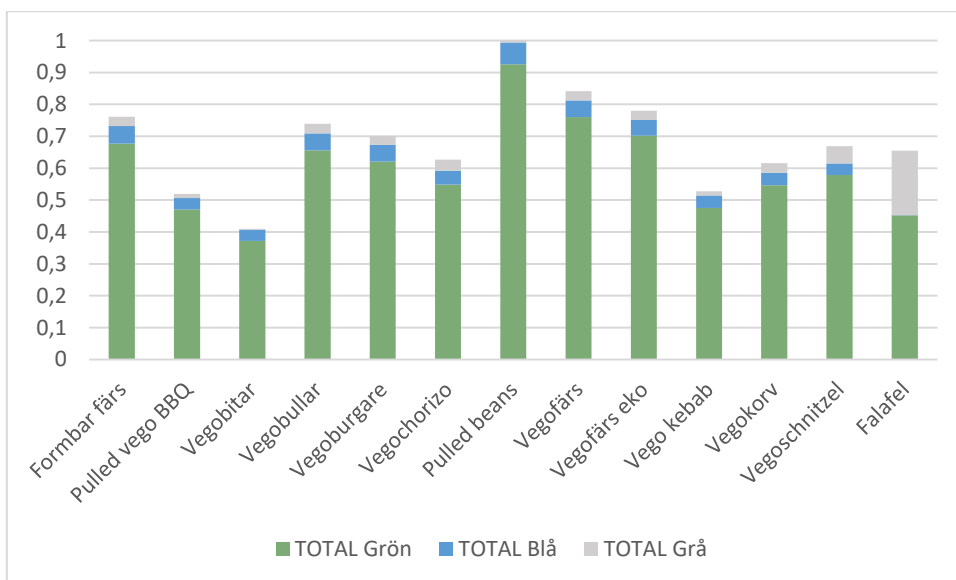


Figur E5: Normaliserade värden för baljväxter framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.

Nedan i Figur E6 visas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för kategorin sojabaserat, och i figur E7 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.

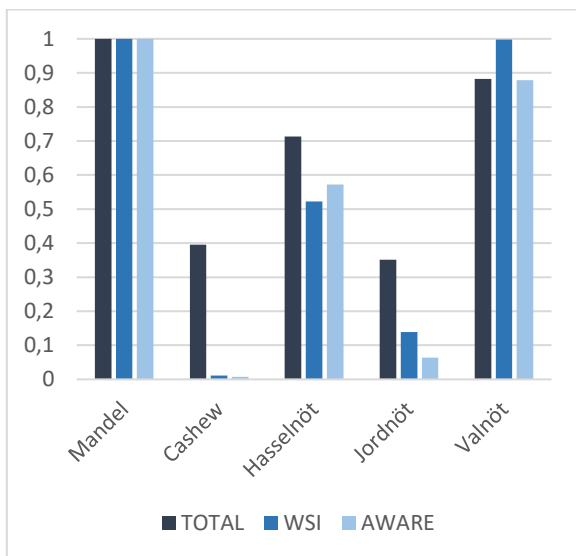


Figur E6: Normaliserade värden för kategorin sojabaserat framtagna med de tre metoderna.

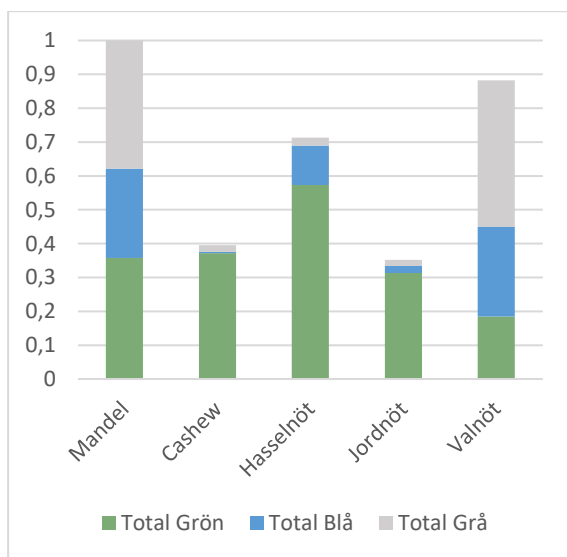


Figur E7: Normaliserade värden för kategorin sojabaserat framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.

Nedan i figur E8 redovisas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för kategorin nötter, och i figur E9 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.

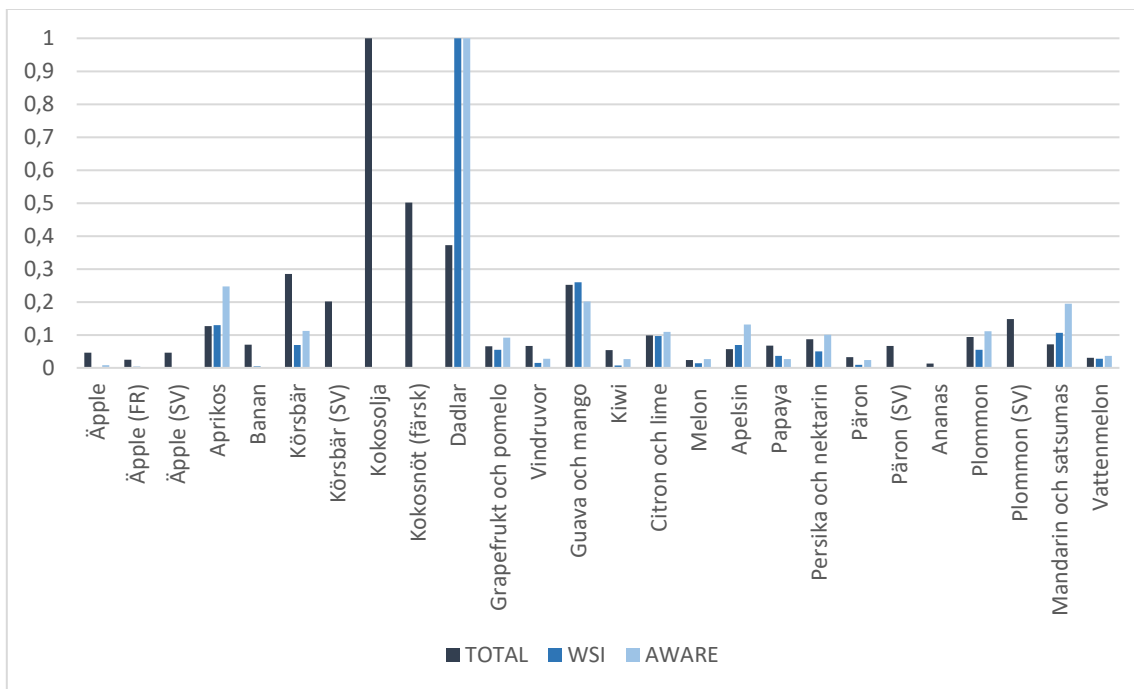


Figur E8: Normaliserade värden för kategorin nötter framtagna med de tre metoderna.

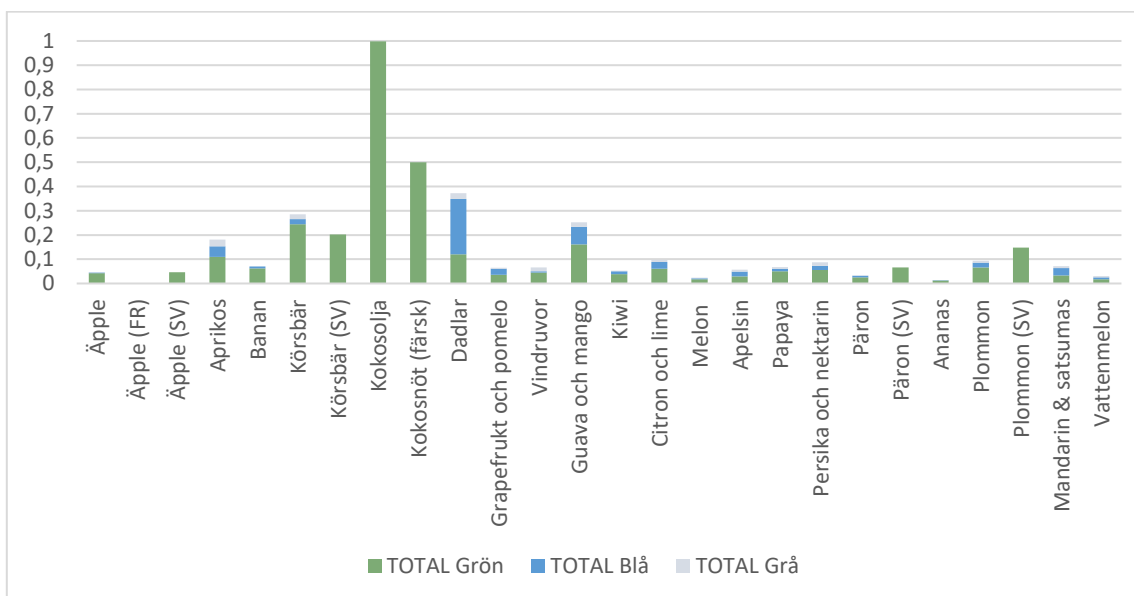


Figur E9: Normaliserade värden för nötter framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.

Nedan i figur E10 redovisas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för fruktkategorin, och i figur E11 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.

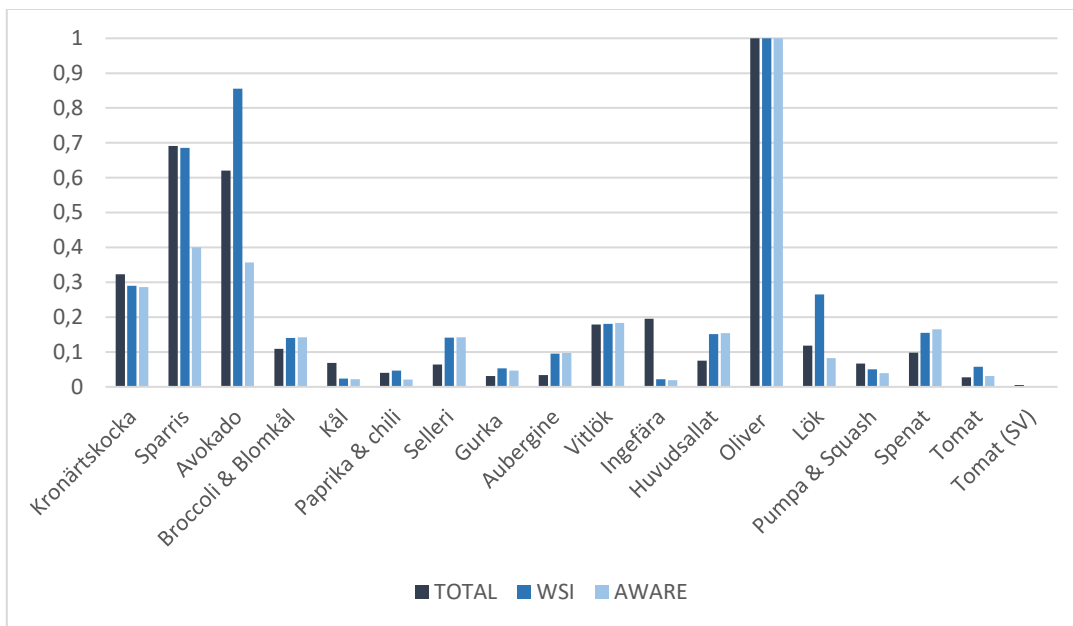


Figur E10: Normaliserade värden för kategorin frukt framtagna med de tre metoderna.

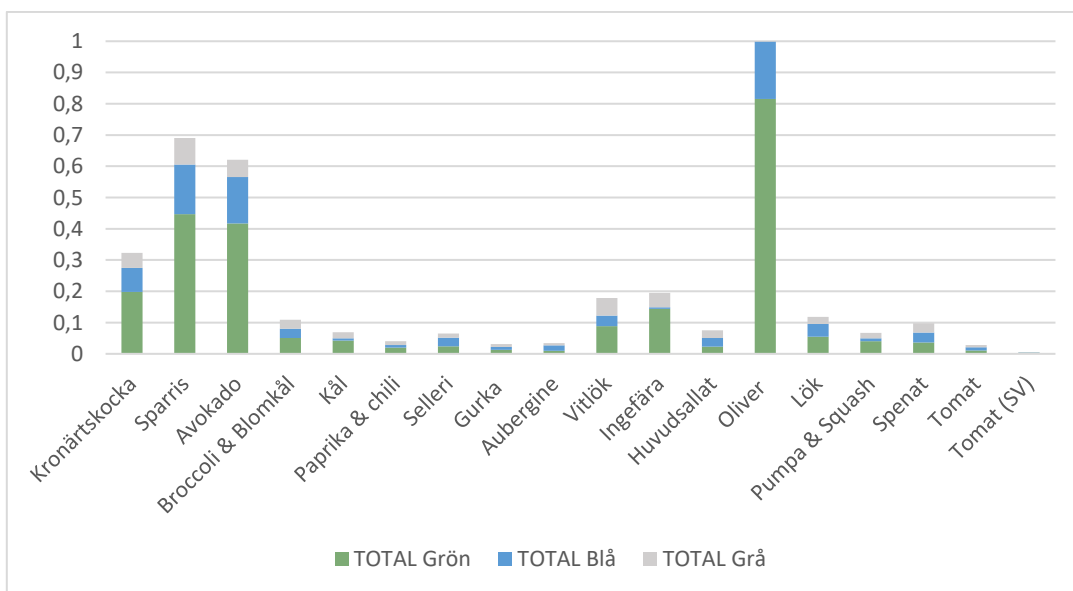


Figur E11: Normaliserade värden för frukt framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.

Nedan i figur E12 redovisas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för grönsakskategorin, och i figur E13 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.

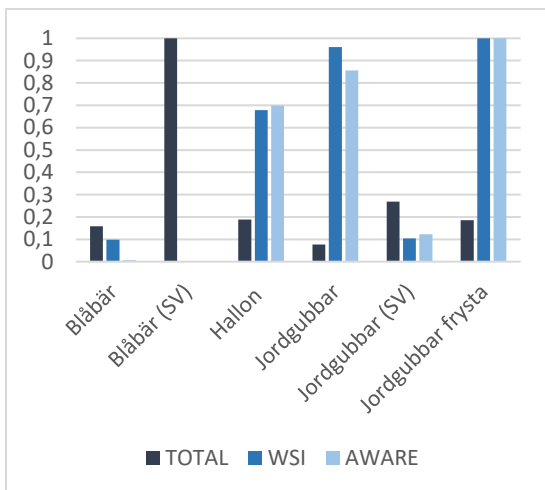


Figur E12: Normaliserade värden för kategorin grönsaker framtagna med de tre metoderna.

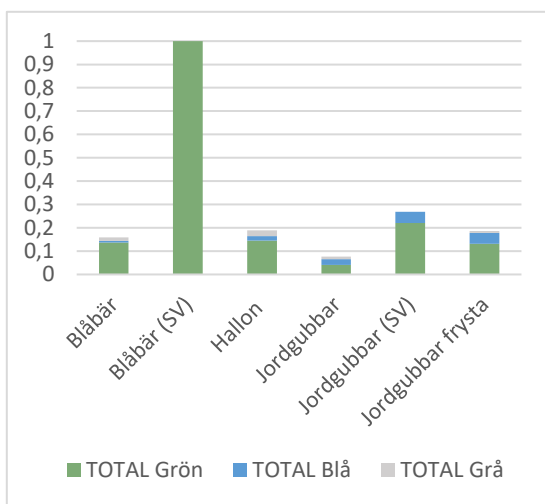


Figur E13: Normaliserade värden för grönsaker framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.

Nedan i figur E14 redovisas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för bärkategorin, och i figur E15 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.

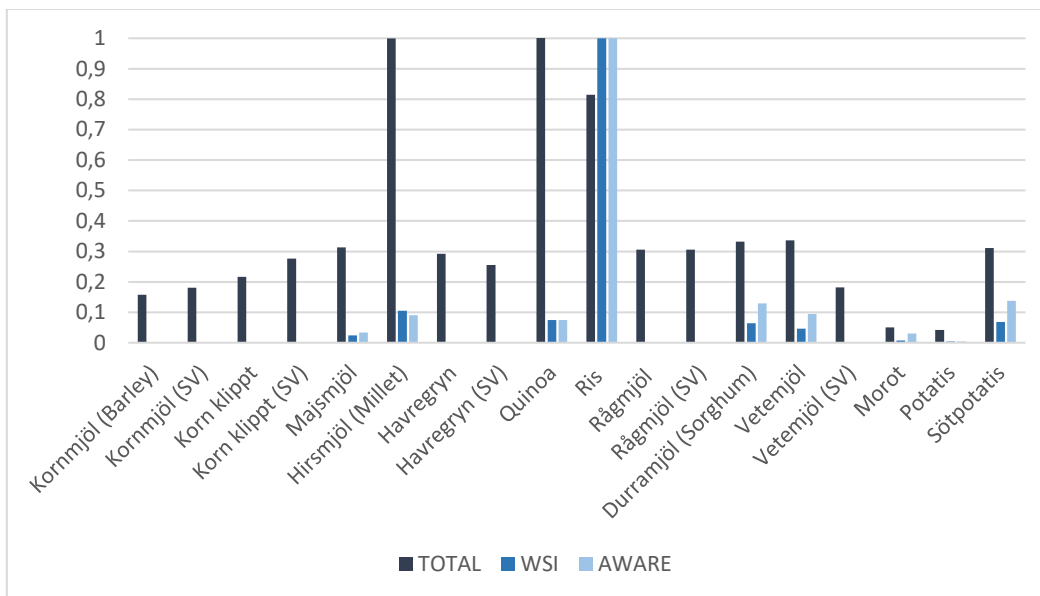


Figur E14: Normaliserade värden för kategorin bär framtagna med de tre metoderna.

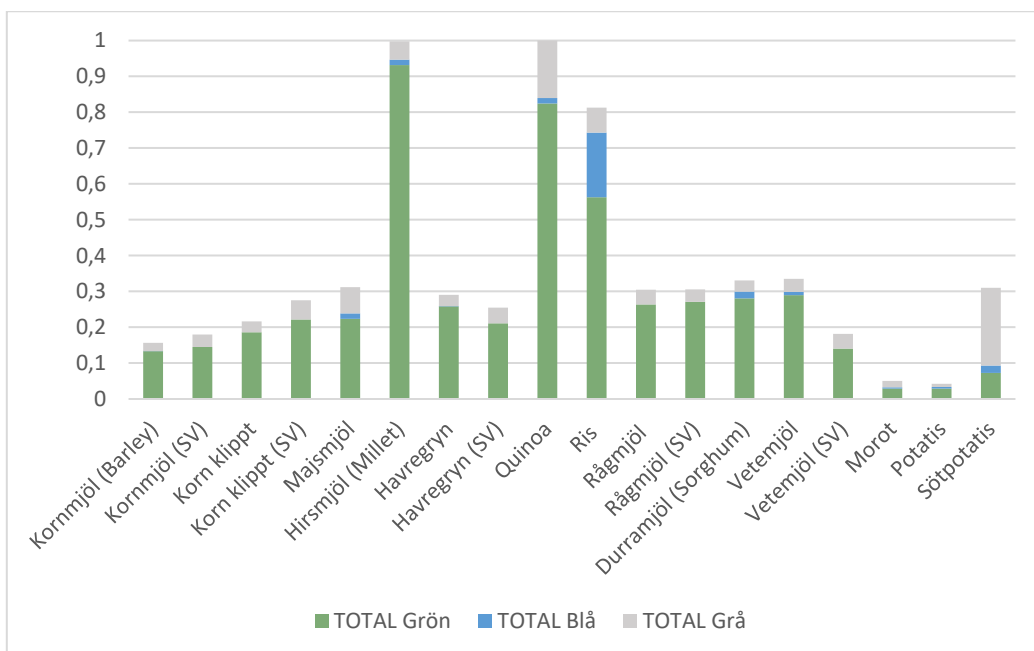


Figur E15: Normaliserade värden för bär framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.

Nedan i figur E16 redovisas normaliserade värden för vattenanvändning med metoderna TOTAL, WSI och AWARE för spannmåls- och rotfruktskategorin, och i figur E17 är vattenanvändningen för metod TOTAL uppdelad i grön, blå och grå vattenanvändning.



Figur E16: Normaliserade värden för kategorin spannmål samt rotfrukter framtagna med de tre metoderna.



Figur E17: Normaliserade värden för spannmål samt rotfrukter framtagna med metoden TOTAL, där andelen grönt, blått och grått vatten visas.