INBO.R.2014.1987588

Wetenschappelijke instelling
van de Vlaamse overheid

Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen

TECHNISCH RAPPORT

Hoofdstuk 11

Ecosysteemdienst voedselproductie

Peter Van Gossum, Sylvie Danckaert, Toon Spanhove en Carine Wils

inbo
Instituut voor
Natuur- en Bosonderzoek

Auteurs:
Peter Van Gossum, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Sylvie Danckaert, Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie
Toon Spanhove, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Carine Wils, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:
INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070
www.inbo.be

e-mail:
Peter.Vangossum@inbo.be

Wijze van citeren:
Van Gossum P., Danckaert, S., Spanhove, T., Wils, C. (2014). Hoofdstuk 11 - Ecosysteemdienst voedselproductie. (INBO.R.2014.1987588). In Stevens, M. et al. (eds.), Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2014.1988582, Brussel.

D/2014/3241/151
INBO.R.2014.1987588
ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:
Jurgen Tack

Druk:
Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:
Grootschalige landbouw op het leemplateau (J. Mentens/Vildaphoto)

Landbouw en Visserij

De andere hoofdstukken van het Natuurrapport 'Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen - Technisch rapport' kunt u raadplegen op www.nara.be.

© 2014, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Hoofdstuk 11 – Ecosysteemdienst voedselproductie

Peter Van Gossum, Sylvie Danckaert, Toon Spanhove en Carine Wils

INBO.R.2014.1987588

Hoofdlijnen

- 45% van de landoppervlakte in Vlaanderen wordt aangewend voor de ecosysteemdienst voedselproductie. De voedselproductie gebeurt in hoofdzaak door moderne landbouw. Minder dan 1% van de voedselproductieoppervlakte is agro-ecologisch.
- Om aan de huidige voedingsconsumptie van de Vlaming te voldoen is, indien er geen voedsel ingevoerd wordt, 60% van de landoppervlakte in Vlaanderen nodig. Hiervan is 28% toe te wijzen aan plantaardige voedingsmiddelen en 72% aan dierlijke voedingsmiddelen (bijvoorbeeld vlees, eieren, melk). De benodigde oppervlakte per inwoner bedraagt 1.282 m².
- Het Vlaamse voedselaanbod vermindert door de aanwending van voedsel en veevoeder als huisdierenvoeding. Deze vermindering is aanzienlijk. De geschatte voederoppervlakte van katten, honden en paarden komt overeen met 20% van de landoppervlakte in Vlaanderen.
- Moderne landbouw heeft de landbouwproductie sterk verhoogd door de toevoeging van externe inputs. Deze externe inputs hebben een negatieve invloed op de biodiversiteit en op de weerstand tegen stress (bv droogte, ziektes).
- De biodiversiteit zelf speelt een belangrijke rol bij nagenoeg alle voedselgerelateerde ecosysteemprocessen (bv. nutrientenretentie, plaagbeheersing, bestuiving).
- Agro-ecologische landbouw vereist door zijn lagere voedselopbrengst per hectare meer oppervlakte dan moderne landbouw. Maar de wereldvoedseloppervlakte kan niet uitbreiden. Dit betekent dat er op de voedselvraag (bv. minder vlees) dient ingespeeld te worden. Een wijziging van de voedselvraag is niet eenvoudig en vereist meestal een systeemverandering. Dergelijke systeemveranderingen komen zelden voor omdat het ingaat tegen o.a. bestaande machtsrelaties en gewoontes.
- Voedingsbedrijven en toeleveranciers zijn beperkt in aantal en zijn hierdoor machtig. De voedingsbedrijven en in bijzonder de supermarkten bepalen de prijs en de kenmerken van de aangeboden producten. De toeleveranciers bepalen welke producten onder welke condities aan landbouwers worden aangeboden.
- Voedsel is een basisvoorwaarde voor ons leven. Het invullen van deze basisvoorwaarde vereist dat er voldoende en gezond voedsel beschikbaar is, dat de consumenten toegang tot dit voedsel hebben en dat dit voedsel op een gezonde manier kan en wordt gebruikt. Er is in Vlaanderen voldoende voedsel beschikbaar en het voedsel is veilig. 15% van de Vlamingen heeft onvoldoende inkomen om dit voedsel op de vrije markt te kunnen kopen. De Vlaming eet ongezond, o.a. te veel vlees en te weinig groenten. Het resultaat is dat 44% van de Vlamingen overgewicht heeft en 14% zwaarlijvig is. De gezondheidskosten van zwaarlijvige personen maken 42% van de totale gezondheidskost uit.
- Landbouwers zijn de beheerders van de ecosysteemdienst voedselproductie. De vergoeding die ze hiervoor krijgen is laag. Zo heeft een akkerbouwer minimaal 25 hectare nodig om tot een vergelijkbaar bruto-inkomen te komen als een loontrekkende. Hierbij dient de landbouwer wel bij de 25% best presterende akkerbedrijven te behoren en subsidies te krijgen van de overheid. Bij het mediaanbedrijf zonder subsidies is reeds 65 ha nodig. Ter vergelijking een gemiddeld akkerbouwbedrijf is 17 ha groot. De 5% grootste akkerbouwbedrijven zijn 52 ha groot.
- De modernisering van de landbouw in Vlaanderen ging en gaat nog steeds gepaard met een achteruitgang van de biodiversiteit. Het zijn vooral de soorten die gebonden zijn aan voedselarme situaties en de specialisten (bv. veldleeuwerik) die achteruitgaan. De meeste milieudrukken zijn wel afgenomen. Zo is de druk op het waterleven tussen 1990-2010 met 60% verminderd.
- Moderne landbouw gaat gepaard met tal van negatieve effecten voor andere ecosysteemdiensten. Deze negatieve effecten kunnen verminderd worden door een systeemverandering naar agro-ecologische landbouw. De ecosysteemdiensten van agro-ecologische landbouw per hectare zijn groter dan deze van moderne landbouw.

Inhoudsopgave

Hoofdlijnen **4**

Inhoudsopgave **5**

Inleiding en leeswijzer **6**

1. Begrippen en belang voedselproductie **8**
1.1 Verfijning definitie ESD voedselproductie 8
1.2 Belang in Vlaanderen 9
1.3 Classificatie 'voedsel'ecosystemen volgens natuurlijkheidsgraad 10
1.4 Vergelijken van landbouwsystemen 10

2 Ecosysteemstructuren en –processen **12**
2.1 Ecosysteemstructuur: biodiversiteit 12
2.2 Ecosysteemprocessen 15
2.3 Ecosysteemfunctie: primaire productie 20

3 Toestand & trend van de ecosysteemdienst **23**
3.1 Keuze van eenheid 23
3.2 Toestand van het aanbod 24
3.3 Trend in aanbod 34
3.4 Toestand en trend van de vraag 36
3.5 Gebruik van het Vlaamse aanbod 38

4 Menselijk welzijn **40**
4.1 Voedsel als basisvoorwaarde voor ons leven en gezondheid 40
4.2 Inkomen landbouwer 43
4.3 Tewerkstelling 46
4.4 Gezondheidseffecten landbouwproductieproces 47
4.5 Sociale cohesie 48

5 Governance **49**
5.1 Consumentenkeuzes 49
5.2 Producentenkeuzes 51
5.3 Bedrijven 52

6 Drivers **54**
6.1 Directe drivers 54
6.2 Indirecte drivers 58

7 Impact ESD op biodiversiteit **62**

8 Interactie met andere ESD's **67**
8.1 Effect van voedselproductie op zichzelf en de daarmee samenhangende ondersteunende diensten 67
8.2 Effect van voedselproductie op andere ESD's 68
8.3 Produceren van voedsel met minder negatieve interacties voor andere ESD's 72
8.4 Effecten van de Vlaamse voedselproductie buiten Vlaanderen 73

Lectoren **75**

Referenties **76**

Bijlage 1 Karteringschema's en methodologie **90**

Bijlage 2 Kwantificatie en kartering van de actuele fysische geschiktheid **92**

Bijlage 3 Kwantificatie en kartering van het potentieel aanbod (kaart 2) **99**

Bijlage 4 Kwantificatie en kartering van het actueel aanbod (kaart 3) **100**

Bijlage 5 Inschatting van het ruimtegebruik van de voedingsconsumptievraag **104**

Bijlage 6 Inschatting van benodige fosfaatrots bij vegetarisch en vlees gebaseerd dieet **105**

Inleiding en leeswijzer

Dit hoofdstuk, voedselproductie, is een onderdeel van het technisch rapport "Toestand en trends van ecosysteemdiensten in Vlaanderen". Dit technisch rapport bestaat uit 2 inleidend hoofdstukken, 8 thematische hoofdstukken en 16 ecosysteemdienstenhoofdstukken. Het eerste inleidende hoofdstuk bespreekt de aanleiding en doelstelling van dit rapport. In het tweede inleidende hoofdstukken worden de voornaamste begrippen en de ESD cyclus (zie Figuur 1) uitgelegd. De 8 thematische rapporten bespreken de drivers, toestand van ecosysteemdiensten, de toestand van ecosystemen, biodiversiteit, welzijn, waardering, interacties en governance. De ecosysteemhoofdstukken bespreken voedselproductie, wildbraadproductie, houtproductie, productie van energiegewassen, waterproductie, bestuiving, plaagbeheersing, behoud van bodemvruchtbaarheid, regulatie van luchtkwaliteit, regulatie van geluidsoverlast, regulatie van erosierisico, regulatie van overstromingsrisico, kustbescherming, regulatie van globaal klimaat, regulatie van waterkwaliteit en groene ruimte voor buitenactiviteiten.

In dit hoofdstuk worden de definities van ecosysteemdiensten en ecosystemen en de ESD cyclus geconcretiseerd voor de ecosysteemdienst voedselproductie. Voor een uitgebreide bespreking van de algemene begrippen wordt er verwezen naar hoofdstuk 2 conceptueel raamwerk.

Ecosysteemdiensten (ESD) zijn de voordelen die de samenleving van ecosystemen ontvangt onder de vorm van materiële en immateriële goederen en diensten. De ecosysteemdienst voedselproductie is *de productie van plantaardige en dierlijke organismen die rechtstreeks of onrechtstreeks (via de omzetting van voer naar vlees, melk en eieren) gebruikt worden voor het voorzien*[1] *in menselijke voedingsbehoeften.* In paragraaf 1.1 wordt deze ESD definitie verfijnd, zijnde welke voedselproductiecategorieën bestaan er en welke worden er in kader van dit hoofdstuk besproken. In paragraaf 1.2 wordt er ingegaan op het belang van voedselproductie in Vlaanderen.

Ecosystemen zijn een "samenhangend geheel van biotische en abiotische relaties binnen een afgebakende eenheid". Harde grenzen kunnen niet getrokken worden omdat elk detailproces, elke populatie, elke interactie andere grenzen kent. Daarnaast kan een "ecosysteem" ook sterk variëren in natuurlijkheidsgraad. De meeste Vlaamse agro-ecosystemen (bijvoorbeeld raaigrasweide, maïsakker, laagstamappelboomgaard) hebben een beperkte natuurlijkheidsgraad. Dit is een gevolg van de technologische modernisering die in de landbouw heeft plaatsgevonden. Daarbij werden de biologische functies, die oorspronkelijk geleverd werden door diverse gemeenschappen van organismen, meer en meer vervangen door externe inputs van energie en agrochemicaliën. Hierbij wijzigde de moderne landbouw ook de abiotische groeiplaatsomstandigheden door onder andere irrigatie, drainage, toediening van (kunst)meststoffen, mechanische bodembewerkingen en pesticiden (Tilman *et al*. 2001). Ten slotte zorgde ook gewasveredeling en in bijzonder de moderne variëteiten voor een aanzienlijke productieverhoging (Rijk *et al*. 2013). De technologische modernisering ging wel gepaard met belangrijke ecologische kosten (Woods *et al.* 2005). Binnen de landbouw bestaan twee denkrichtingen om de ecologische kosten te verminderen, zijnde een verdere technologische modernisering (bijvoorbeeld precisie-landbouw, genetisch gemodificeerde gewassen) of een ecologische modernisering (bijvoorbeeld het verminderen van externe inputs door de natuurlijke processen en structuren meer te benutten) (Freibauer *et al*. 2011; Horling & Marsden 2011; Bommarco *et al*. 2013). Beide denkpistes worden respectievelijk in het hoofdstuk benoemd als moderne landbouw en agro-ecologische landbouw. In Vlaanderen komt het tweede type vooral naar voor als de biologische landbouwecosystemen. De technologische modernisering heeft er ook voor gezorgd dat naast de lokale schaal waarop de ecosysteemprocessen en –structuren zich afspelen, ook de regionale en globale schaal een rol spelen (bijvoorbeeld de beschikbaarheid van externe inputs). De agro-ecologische landbouw focust hierbij terug meer op de lokale schaal. In paragraaf 1.3 wordt de diverse ecosystemen die voedsel kunnen produceren geordend volgens hun natuurlijkheidsgraad en in paragraaf 1.4 worden de moderne en agro-ecologische landbouwsystemen in meer detail met elkaar vergeleken.

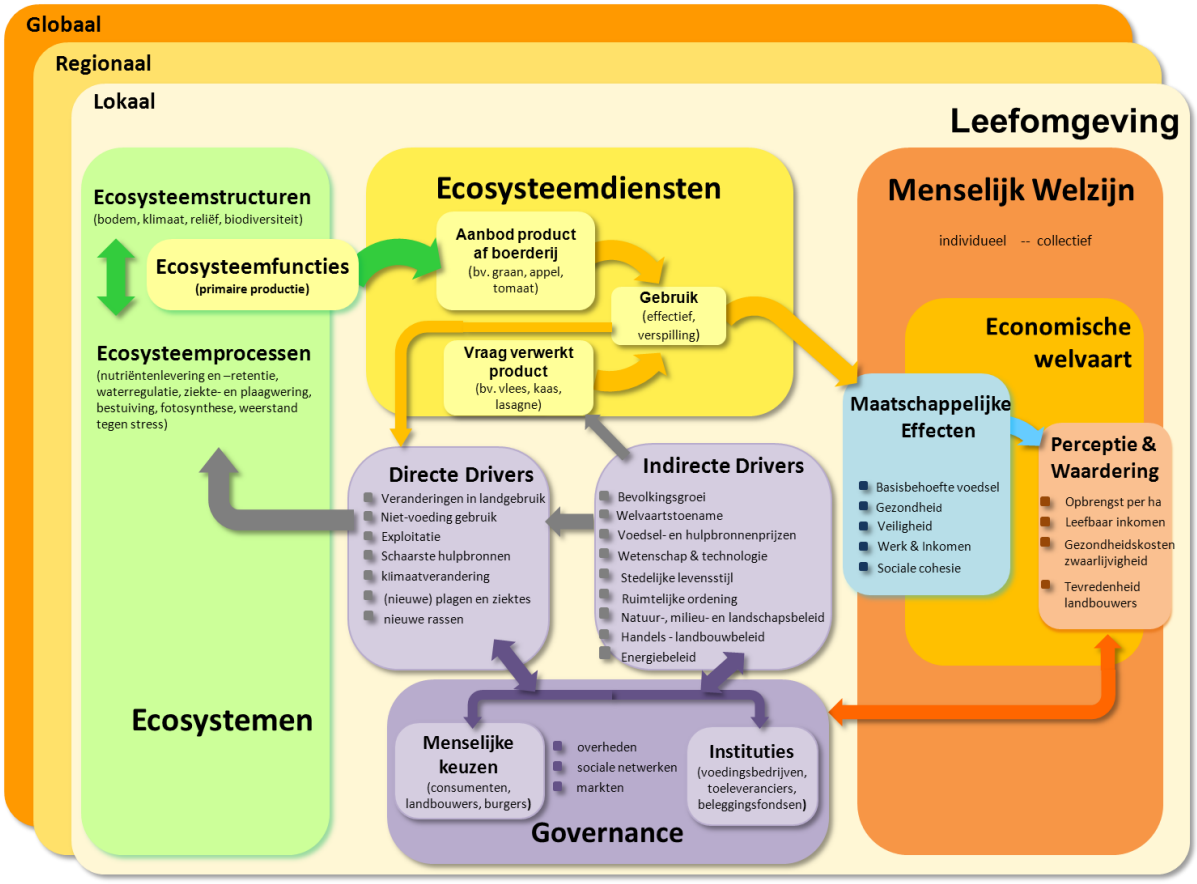
De ESD cyclus voor voedselproductie vertrekt bij beide landbouwsystemen vanuit de functies die ecosysteemstructuren (bijvoorbeeld biodiversiteit, klimaat, reliëf, bodem) en ecosysteemprocessen (bijvoorbeeld nutriëntenretentie, bestuiving, ziekte- en plaagwering) vervullen. De moderne

[1] Dit betekent dus niet alleen dat de plantaardige en dierlijke producten geschikt dienen te zijn voor menselijke consumptie, maar bovendien ook dat de mens bereid is om deze producten als voeding te gebruiken. Dit laatste is in belangrijke mate cultureel bepaald. Dit betekent ook dat voedseloverschotten niet aanzien worden als ecosysteemdienst omdat de voedseloverschotten niet door de mens geconsumeerd worden.

landbouw tracht deze processen en structuren te verbeteren door het toedienen van externe inputs. De agro-ecologische landbouw gaat na hoe deze processen en structuren optimaal kunnen worden aangewend voor voedselproductie en indien nodig te verbeteren door toediening van bij voorkeur lokale inputs. De ecosysteem*functies* (bijvoorbeeld primaire productie) leiden echter pas tot ecosysteem*diensten* (voedsel) indien mensen er, dichtbij of veraf, gebruik van maken en voordelen (of soms nadelen) van ondervinden (Haines-Young & Potschin 2008; Figuur 1). Het Vlaamse voedselaanbod wordt zowel hier in Vlaanderen gebruikt, als binnen Europa of zelfs de wereld. Daarnaast wordt het voedselaanbod in beperkte of grote mate bewerkt voordat het aan de consumenten aangeboden wordt en in functie van de voedselvraag in voedselgebruik kan resulteren. Het voedselaanbod is groter dan het effectief gebruik omdat een deel van onze voeding verspild wordt. Het voedselgebruik leidt tot maatschappelijke effecten die zowel positief als negatief kunnen gepercipieerd of gewaardeerd worden Voorbeelden hiervan zijn de mate dat landbouwers een leefbaar inkomen hebben, dat er voldoende en gediversifieerd voedsel beschikbaar is en de gezondheidskosten van zwaarlijvigheid en obesitas door een ongezond voedingspatroon. De percepties en waarderingen van de maatschappelijke effecten kan er toe leiden dat de diverse actoren (bijvoorbeeld supermarkten, overheid, middenveldorganisaties, burgers, consumenten, landbouwers) bepaalde keuzes maken en die trachten te realiseren door het inzetten van instrumenten (bijvoorbeeld wetgeving, subsidies, kennis). Dergelijke keuzes hebben een impact op de directe[2] (bijvoorbeeld exploitatie, landgebruiksverandering, klimaatverandering, schaarste natuurlijke hulpbronnen) en indirecte[3] (bijvoorbeeld stedelijke levensstijl, handels- en landbouwbeleid, welvaartstoename, voedsel en hulpbronnenprijzen) drivers. Deze drivers sturen de vraag en via het ecosysteem het aanbod aan. Voor voedsel wordt de vraag -zowel op regionale als globale- schaal bijvoorbeeld aangedreven door het aantal consumenten (de demografische driver bevolkingstoename) en de consumentenvoorkeuren (bijvoorbeeld toenemende vleesvraag omwille van de economische driver stijgende welvaart). Het aanbod wordt aangedreven door bijvoorbeeld de directe drivers landgebruiksverandering (grond aangewend voor voedselproductie en niet voor bijvoorbeeld wonen) en manier van exploitatie (bijvoorbeeld moderne of agro-ecologische landbouwtechnieken). De directe driver landgebruiksverandering wordt bijvoorbeeld aangedreven door de demografische driver bevolkingstoename die leidt tot een grotere vraag naar huizen die tot vermindering van de landbouwoppervlakte kan leiden. De ecosysteembeïnvloeding van de directe drivers heeft niet alleen een effect op het voedselaanbod, maar ook op het aanbod van andere ecosysteemdiensten en op de biodiversiteit. Het is belangrijk om deze positieve en negatieve effecten in kaart te brengen. Voorbeelden zijn bloesemtoerisme en watervervuiling door pesticiden. Ten slotte heeft het voedselgebruik via de directe drivers een invloed op het ecosysteem. Bijvoorbeeld overexploitatie kan door bodemdegradatie er toe leiden dat het beschikbaar ecosysteem voor voedselproductie vermindert of dat de productiecapaciteit ervan achteruitgaat.

De ESD cyclus zal meer diepgaand behandeld worden in de volgende paragrafen (paragraaf 2-8). Het toelichten van de ESD cyclus is in feite een systeemanalyse en hierbij is in belangrijke mate een beroep gedaan op de systeemanalyse landbouw (VMM 2012). In paragraaf 2 worden de ecosystemen besproken die voedsel leveren en wordt er in gegaan op de ecosysteemstucturen en -processen. Paragraaf 3 beschrijft de actuele toestand en de trend van het aanbod, de vraag en het gebruik van de ecosysteemdienst in Vlaanderen. Het aanbod wordt hierbij ook gekarteerd. In paragraaf 4 worden de belangrijkste maatschappelijke effecten van de ecosysteemdienst geïdentificeerd en indien mogelijk gewaardeerd. Paragraaf 5 gaat in de keuzes die de verschillende actoren maken. In paragraaf 6 wordt er besproken hoe en in welke mate directe en indirecte drivers het aanbod van en de vraag naar de ecosysteemdienst beïnvloeden. Paragraaf 7 bespreekt in welke mate het gebruik van de dienst de biodiversiteit beïnvloedt. In paragraaf 8 wordt onderzocht of en in welke mate het gebruik van de dienst een impact heeft op de huidige en toekomstige levering van zowel dezelfde als andere ecosysteemdiensten.

[2] Directe drivers werken rechtstreeks in op ecosysteemprocessen en veroorzaken meestal een meetbare fysische verandering in het ecosysteem en via deze weg op het aanbod van diensten door die ecosystemen.
[3] Indirecte drivers zijn factoren die geen rechtstreeks effect op de ecosysteemprocessen hebben, maar die wel beïnvloeden via directe drivers.



Figuur 1. *ESD cyclus (Van Reeth 2014, dit rapport, gebaseerd op Haines-Young & Potschin,2013)*

1. Begrippen en belang voedselproductie

1.1 Verfijning definitie ESD voedselproductie

Voedselproductie is zeer divers. In andere ecosysteemrapporten, zijnde de Millennium Ecosystem Assessment (Wood *et al.* 2005) en de National Ecosystem Assessment van het Verenigd Koninkrijk (Edward-Jones *et al.* 2011) werd er rekening gehouden met de volgende voedselproductiecategorieën:

1. landbouwproducten die rechtstreeks voor menselijke consumptie gebruikt worden,
2. landbouwproducten die als voeder voor vee gebruikt wordt en dit vee dient voor menselijke consumptie (vlees, eieren en zuivelproducten),
3. voedsel vanuit mariene ecosystemen,
4. zoetwatervisserij,
5. aquacultuur (zijnde het kunstmatig kweken van vissen, schelpdieren, schaaldieren en micro-algen in vijvers, bassins en op zee en het gecombineerd kweken van planten en zoetwatervissen),
6. voedsel uit moestuinen,
7. jacht en pluk, en
8. honing.

De CICES indeling, zijnde een classificatie van ecosysteemdiensten opgemaakt voor de Europese economische zone, volgt grotendeels deze logica, alleen wordt 'voeder' afzonderlijk beschreven bij materialen. Op zich is dit ook logisch omdat niet alle 'voeder' omgezet wordt naar 'voedsel'. In Vlaanderen gaat een deel van het voeder naar huisdieren en paarden waarvan slechts een zeer

beperkt aandeel als 'voedsel' (enkel bij paarden) wordt gebruikt. Wel is het belangrijk om dubbeltellingen te vermijden. Voeder dat in voedsel resulteert wordt in deze fiche besproken, voeder dat gebruikt wordt voor niet door de mens geconsumeerde dieren zou volgens de CICES classificatie best bij 'materialen' besproken worden. Omdat de ESD materialen in dit technisch rapport beperkt is tot de ESD houtproductie, wordt er hier in dit hoofdstuk aandacht aan geschonken bij de directe drivers omdat voeders die gebruikt wordt voor huisdieren en paarden (deels) in concurrentie treden met voeders die gebruikt worden voor de door de mens geconsumeerde dieren (zie paragraaf 6.1).

Dit technisch rapport behandelt niet alle voedselcategorieën in gelijke mate. Er is gekozen om bij ESD voedselproductie te focussen op landbouwproducten. Daarnaast zal de productie van 'wilde dieren' die als voedsel voor de mens gebruikt worden, wordt in het hoofdstuk 12 ecosysteemdienst wildbraadproductie besproken worden.

De andere voedselcategorieën worden niet behandeld. Voedsel uit *moestuinen* zal niet behandeld worden omdat er onvoldoende data beschikbaar is om de moestuinen geografisch te lokaliseren en om de productie ervan in te schatten. Dit betekent niet dat voedselproductie uit moestuinen onbelangrijk is. Er wordt door Bomans *et al*. (2011) geschat dat 8% van Vlaanderen tuin is. De landgebruikskaart die in kader van dit rapport gebruikt werd, komt tot 9% urbaan of commercieel groen. Daarnaast blijkt uit een enquête van het Onderzoeks- en Informatiecentrum van de Verbruikersorganisaties (OIVO) dat er groenten en/of fruit geteeld wordt door 29% van de Vlaamse gezinnen in landelijke gemeenten, 18% in Vlaamse steden en 11% in Vlaamse kleine dorpen en dat de gemiddelde Vlaamse tuin 305 m² groot is (OIVO 2012). Maar er is niet geweten hoe groot de gemiddelde moestuin is, noch wat de opbrengst ervan is. Voedsel vanuit *mariene systemen* wordt niet behandeld omdat het rapport focust op Vlaanderen. Het is wel relevant om mee te geven dat de aanvoer van vis door Belgische vissersvaartuigen in 2011 20.138 ton bedroeg (Roegiers *et al*. 2012). Voedsel vanuit *aquacultuur* wordt niet behandeld omdat het volgens Roegiers *et al*. (2012) vrij moeilijk is om het precieze aantal bedrijven die actief zijn in de aquacultuur te achterhalen.

1.2 Belang in Vlaanderen

Voedsel is een belangrijke ecosysteemdienst omdat het voorziet in een menselijke basisbehoefte. Bovendien heeft de voedselproductie ook een grote ruimtelijke impact, 45%[4] van de oppervlakte van Vlaanderen wordt voor voedselproductie aangewend (op basis van Bernaerts *et al.* 2012).

Desondanks is het economisch belang –gemeten als bijdrage tot het bruto binnenlands product- eerder beperkt, zijnde 0,65% in 2010 op niveau België (ADSEI 2013). De Vlaamse land- en tuinbouwsector (exclusief sierteeltproducten) realiseerde in 2012 een eindproductiewaarde van 5,17 miljard euro. Van de totale productiewaarde neemt de veeteelt 66,5% in, de tuinbouw (exclusief sierteelt) 19,5% en de akkerbouw 14%. De vier belangrijkste landbouwproducten zijn varkensvlees (1,6 miljard euro), rundvlees (690 miljoen euro), groenten (670 miljoen euro) en melk en melkderivaten (630 miljoen euro).

België had in 2011 een handelsoverschot van 3,1 miljard euro in de handel in landbouwproducten. We exporteren in economische termen dus meer voedsel dan dat we importeren. Zowel de invoer als de uitvoer steeg. Producten met een groot handelsoverschot zijn vers vlees (1,9 miljard), graanproducten (1,2 miljard) en aardappel en aardappelproducten (1 miljard) (Tabel 1) in korrel (1,2 miljard). Iets meer dan 4/5 van de Belgische landbouwexport en -import verloopt via Vlaanderen (Samborski 2013).

In 2011 zijn er 51.530 personen regelmatig tewerkgesteld in de Vlaamse land- en tuinbouw (inclusief sierteelt). Omgerekend naar voltijdse arbeidskrachten en rekening houdend met de niet-regelmatig tewerkgestelden in de sector, zijn dat 40.828 voltijdse arbeidskrachten. 42% daarvan

[4] Dit werd berekend door de niet-eetbare tuinbouwproducten (6.126 ha) in mindering te brengen van de professionele landbouwoppervlakte (613.860 ha). De voedergewassen (338.620 ha) werden meegerekend omdat ze onrechtstreeks bijdragen aan de ESD voedselproductie. Er werd gekozen voor de professionele landbouwoppervlakte van de 15-meitellingen van ADSEI omdat hierdoor de hobbyboeren (waarvan paardeneigenaars de grootste groep zijn) worden uitgesloten. Ook jacht en pluk en moestuinen worden niet in rekening gebracht.

werkt op gespecialiseerde veeteeltbedrijven (melkproductie, varkens, rundvee en pluimvee), 31% op tuinbouwbedrijven, 11% op akkerbouwbedrijven en 16% op gemengde bedrijven.

Tabel 1. *In-en uitvoerwaarden van landbouwproducten (miljoen euro) in 2012 in België*

Product	Invoerwaarde	Uitvoerwaarde	Saldo
Aardappel en aardappelproducten	417	1414	+997
Granen in korrel	1.845	578	-1.267
Graanproducten	2.198	3.354	+1.156
Oliehoudende producten, bijproducten en zaden	3.767	1.659	-2.108
Suikerhoudende producten, bijproducten en gewassen	734	1.190	+456
Vers vlees	1.228	3.154	+1.926
Vleesbereidingen	551	683	+132
Zuivelproducten	2.863	3.050	+187
Vis	784	361	-423
Schaal- en weekdieren	741	427	-314
Verse groenten	685	660	-25
Verwerkte groenten	868	1.432	+564
Vers fruit	2.212	2.021	-191
Verwerkt fruit	1.205	1.476	+271
Dranken	2.363	2.297	-66

Bron: Departement Landbouw & Visserij op basis van Eurostat (Comext)

1.3 Classificatie 'voedsel'ecosystemen volgens natuurlijkheidsgraad

Gebaseerd op de natuurlijke en externe inputs kunnen de verschillende ecosystemen die in Vlaanderen voedsel leveren als volgt ingedeeld worden:

- Natuurlijke invulling met een beperkte technologisch investering:
  - Natuurreservaten, halfnatuurlijke graslanden en halfnatuurlijke bossen met begrazing of maaien waarvan de 'voeder'opbrengst gebruikt wordt voor veeteelt die door de mens kan geconsumeerd worden (bijvoorbeeld ook Galloways, koninkspaarden, etc.)
  - Wild (met uitzondering van gekweekt wild)
- Natuurlijke invulling met een middelgrote technologische investering (komt overeen met agro-ecologische landbouw):
  - Productiegrasland botanisch beheer
  - Biologische land- en tuinbouw
  - Land- en tuinbouw met focus op het toepassen van agro-ecologische praktijken
  - Ecologisch beheerde moestuin
- Natuurlijke invulling met een grote technologische investering (komt overeen met moderne landbouw):
  - Moestuinen
  - Akkerbouw (al dan niet met beheerovereenkomsten of agromilieumaatregelen)
  - Grondgebonden veeteelt (al dan niet met beheerovereenkomsten)
  - Tuinbouw (al dan niet met beheerovereenkomsten)
- Natuurlijke invulling met een zeer grote technologische investering:
  - Glastuinbouw
  - Niet-grondgebonden veeteelt (varkens, kippen, etc.)

1.4 Vergelijken van landbouwsystemen

De moderne en agro-ecologische landbouw zijn niet enkel verschillend in het type agro-ecosysteem, maar vertonen ook verschillen op alle andere dimensies (Horlings & Marsen 2011). Deze verschillen worden samengevat in onderstaande tabel. Hierbij worden vooral de extremen besproken en het is perfect mogelijk dat sommige bedrijven kenmerken van beide systemen vertonen. De overgang van het ene naar het andere systeem vereist een systeemverandering.

Tabel 2. *Vergelijking van moderne en agro-ecologische landbouwsystemen (op basis van Horlings & Marsden (2011) en aangevuld met Altieri (2005) en Borsari et al (2014))*

Dimensies	Moderne landbouw	Agro-ecologische landbouw
Landbeheer	Toepassen van precisielandbouwtechnieken Genetisch gemodificeerde organismen (GGO's) Grootschalige irrigatie Beperkte soorten- en genetische diversiteit Toepassen van sommige agro-ecologische technieken	Gebaseerd op agro-ecologische principes (bijvoorbeeld waterbesparende technieken, grotere genetische en soortendiversiteit) flexibel en aanpasbaar aan de lokale omstandigheden
Technologisch	Technologische ontwikkeling is economisch gedreven Voorkeur technische milieuoplossingen Gestreefd naar gesloten kringlopen van energie, afval en mineralen	Technologische ontwikkeling als vraaggestuurd proces en ruimtelijk afhankelijk
Economisch	Privatisering (bijvoorbeeld GGO zaad) Productiviteitsgeoriënteerd Inkomensdruk op landbouwers omdat ze stijgende kosten niet kunnen vertalen in hogere prijzen	Voedselnetwerken (bijvoorbeeld korte-keten, zelfplukboerderijen) Integrale benadering van voedselproductie Waardetoevoeging op landbouwbedrijfsniveau
Socio-cultureel	Afhankelijkheid Verwetenschappelijking Rationele mens-natuur relatie Verlies van de vrijheid van landbouwers (bijvoorbeeld door contractteelt) en van tewerkstelling in landbouwersector informatieintensief	Autonomie Vraaggericht onderzoek Synergetische relatie tussen mens en natuur Arbeidsintensief Kennisintensief
Schaalniveau	Globalisering Exportgeoriënteerd Gebruik van externe bronnen (bijvoorbeeld veevoeder uit Brazilië)	Lokaal ingebed in de gemeenschap Focus op lokale afzet Voorkeur lokale bronnen (bijvoorbeeld lokale eiwitproductie voor vee)
Governance	Top-down sturen Eénrichtingscommunicatie door adviseurs Machtsconcentratie bij multinationale bedrijven en bij grote warenhuizen	Voorwaardenscheppend beleid Participatieve benaderingen Invloed van gemeenschappen in de voedselnetwerken Lokale en regionale institutionele actoren
Realiseren toekomstige wereldvoedselvraag[a] (onder beperking van geen ontbossing)	Mogelijk om te voldoen aan de vraag naar plantaardige en dierlijke producten (wanneer rekening wordt gehouden met de huidige trends). Een volledige omschakeling naar een Westers dieet is enkel mogelijk wanneer de gewasopbrengsten in 2050 met 54% zullen stijgen. Vandenbrouck & Mathijs (2013) twijfelden wel aan de biologische en technische haalbaarheid van deze opbrengstgroei	De vergelijking gebeurde op basis van de biologische landbouw. Omdat de agro-ecologische landbouw niet noodzakelijk chemische inputs uitsluit zal de opbrengstvermindering lager liggen dan bij de biologische landbouw. Er werd een opbrengstvermindering in rekening gebracht van 40% ten opzichte moderne landbouw. Maar over deze opbrengstvermindering bestaat er geen overeenstemming in de literatuur en de gebruikte vermindering is eerder aan de hoge kant. Dit vereist dus een systeemverandering, wat agro-ecologische landbouw ook beoogt.
Oppervlakte in Vlaanderen (ha)	609.000	5.000

Beide landbouwsystemen kunnen onder bepaalde randvoorwaarden de toekomstige wereldvoedselvraag realiseren en dit is zelfs mogelijk zonder bijkomende ontbossingen (Vandenbrouck & Mathijs, 2013). Moderne landbouw kan aan deze vraag voldoen, zelfs wanneer er

rekening gehouden wordt met de huidige voedseltrends. Maar een volledige omschakeling naar een Westers dieet is enkel mogelijk wanneer de gewasopbrengsten in 2050 met 54% zullen stijgen. Vandenbrouck & Mathijs (2013) twijfelden wel aan de biologische en technische haalbaarheid van deze opbrengstgroei. Een plantaardige biologische landbouwproductie kan ook aan de vraag voldoen mits randvoorwaarden, zijnde een calorie-inname van gemiddeld 3000 kcal waarvan max 30% via dierlijke producten – dus afname in rijke landen- en een toename van akkergronden met min 8% ten koste van weidegronden. Indien ook de dierlijke productie biologisch is, dan wordt de gemiddelde calorie-inname 2800 kcal met max 20% via dierlijke producten en een toename van akkergronden met min 19% ten koste van weidegronden. Bij de biologische scenario's werd een opbrengstvermindering van 40% ten opzichte van moderne landbouw in rekening gebracht (Vandenbrouck & Mathijs, 2013). Maar over deze opbrengstvermindering bestaat er geen overeenstemming in de literatuur (de Ponti et al. 2012; Doberman & Regohold 2012; Connor 2013; Seufert et al. 2012) en de gebruikte vermindering bij de scenario-analyse is aan de hoge kant. Dit betekent dat biologische landbouw waarschijnlijk ook de wereld kan voeden onder minder strenge randvoorwaarden. Daarnaast sluit biologische landbouw chemische inputs uit, terwijl agro-ecologische landbouw hier minder strikt in is. Hierdoor zal de opbrengstvermindering bij agro-ecologische landbouw ten opzichte van moderne waarschijnlijk zelfs nog minder zijn.

2 Ecosysteemstructuren en –processen

De ecosysteemstructuren reliëf, bodem, klimaat en biodiversiteit zijn (deels) bepalend voor de voedselproductie. De afhankelijkheid ervan is verminderd door de modernisering van de landbouw. In paragraaf 2.1. wordt er in meer detail ingegaan op biodiversiteit. Daarnaast worden de verschillende ecosysteemprocessen besproken die aan de basis van de voedselproductie liggen (paragraaf 2.2-2.6). Ten slotte wordt er ingegaan in welke mate de verschillende ecosysteemprocessen bepalend zijn voor de ecosysteemfunctie primaire productie (paragraaf 2.7).

2.1 Ecosysteemstructuur: biodiversiteit

Biodiversiteit speelt bij meeste voedselgerelateerde ecosysteemprocessen een belangrijkere rol (Tscharntke *et al.* 2012; Moonen & Bàrbari 2008; Tabel 3). Dit kan zowel positief als negatief zijn.

Tabel 3. *De invloed van biota op landbouwproductie en de daarmee samenhangende ecosysteemdiensten bestuiving, bodemvruchtbaarheid en natuurlijke plaagbestrijding (naar Moonen & Bàrberi 2008; x: betekent een effect)*

	Bodemprocessen					Natuurlijke plaagbestrijding					Productie		Referenties
	Nutriëntencyclus	Decompositie	Aggregaat stabiliteit	Vorming organisch materiaal	Waterhuishouding	Voedselbron van en pathogenen bestrijders	ziektes	onkruiden	Insecten	Bestuiving	Primaire productie	Opbrengst-reductie	
Bodembacteriën	X	X	X	X		X	X	X	X		X		Kennedy (1999)
Mycorrizha	X		X		X		X		X		X		Douds & Millner (1999)
Bodem protozoa	X	X				X							Foissner (1999)
Nematoden			X				X				X	X	Yeates & Bongers (1999)
Regenwormen		X	X			X							Paoletti (1999)
Pissebedden	X	X				X							Paoletti & Hassall (1999)
Kortschildkevers		X					X		X				Bohac (1999)
Bodembewonende vliegenlarven	X	X					X	X	X			X	Frouz (1999)
Roofmijten		X					X		X				Koehler (1999)
Mosmijten	X	X	X	X									Behan Pelletier (1999)
Mieren	X				X								Lobry de Bruyn (1999)
Insecten (niet-bodem)						X			X	X		X	Duelli *et al.* (1999)
Loopkevers								X	X			X	Kromp (1999)
Spinnen									X				Marc *et al.* (1999)
Zweefvliegen	X	X							X	X			Sommaggio (1999)
Wantsen									X	X			Fauvel (1999)
Netvleugeligen									X	X			Stelz & Devetak (1999)
Lieveheersbeestjes									X				Iperti (1999)
(Wilde) bijen en hommels						X				X	X		Kevan (1999)
Bloeiende planten	X					X							Kevan (1999)
Onkruiden	X					X			X			X	Marshall *et al.* (2003); Storkey (2006)

2.1.1 Bodembiodiversiteit

De bijdrage van bodembiodiversiteit aan voedselproductie is nog maar beperkt begrepen (Swift *et al*. 2004; Barrios 2007) en dit kennisgebrek is deels veroorzaakt door de beperkte erkenning van het belang van bodembiodiversiteit voor de fysische en –chemische bodemkenmerken en deels door de hoge diversiteit aan bodemorganismen en de praktische moeilijkheden om de organismen te determineren en te bepalen voor welke functies ze deels verantwoordelijk zijn (Lavelle & Spain 2001). Een mogelijke vereenvoudiging is het opsplitsen in functionele groepen en deze groepen als een geheel te onderzoeken (Barrios 2007; Tabel 4).

Tabel 4. *Functionele sleutelgroepen van de bodemorganismen die bodemprocessen beïnvloeden en ecosysteemdiensten verschaffen in landbouwlandschappen (naar Barrios 2007)*

Sleutel functionele groepen	Bodemprocessen	Ecosysteemproces
Microsymbionten	Symbiose	Nutriënten- en wateropname
Afbrekers van organisch materiaal	Mineralisatie	Nutriëntenlevering
Ecosysteem ingenieurs	Structuurvorming bodem	Voorkomen bodemerosie, koolstofopslag, waterregulatie
Bodemgebonden ziekteverwekkers en pathogenen	Herbivorie en parasitisme	Negatief effect op primaire productie
Microregelaars	Predatie en parasitisme van bodemgebonden ziekteverwekkers en pathogenen Predatie van afbrekers van organisch materiaal	Natuurlijke plaagbestrijding Nutriëntenlevering

De microsymbionten, zoals de stikstoffixerende bacteriën (bijvoorbeeld Rhizobium) en arbusculaire mycorrhiza[5] dragen duidelijk bij aan de gewasproductie door een hoge nutriëntenbeschikbaarheid van respectievelijk N en P. De 'afbrekers van organisch materiaal' zorgen er voor dat het organisch materiaal wordt omgezet in eenvoudige moleculen en dit mineralisatieproces vormt de tegenhanger van de fotosynthese. De bodemingenieurs (bijvoorbeeld regenwormen en springstaarten) zorgen voor de opbouw en de afbraak van macro-aggregaten en een balans tussen beide is belangrijk om tot een goede bodemstructuur voor plantproductie te komen (Barros *et al*. 2001). Bodemgebonden ziekteverwekkers en pathogenen veroorzaken enorme jaarlijks gewasopbrengstverliezen en deze ziekteverwekkers en pathogenen kunnen (deels) door een gezonde bodemgemeenschap onder controle gehouden worden door predatie en parasitisme (Susilo *et al*. 2004). Naast inzicht in de functionele groepen, is het ook belangrijk om inzicht te krijgen in welke maatregelen invloed uitoefenen op het bodemleven die men wenst te bevorderen/verminderen. Swift (1998) deelde hiervoor het landbouwsysteem in drie hiërarchische lagen, zijnde de toplaag is het gewassysteem (bijvoorbeeld monocultuur of gewasrotatie, gebruik van groenbedekker), de middenlaag het bodembeheerniveau (bijvoorbeeld ploegen of gereduceerde bodembewerking) en ten slotte het bodembiodiversiteitsniveau (bijvoorbeeld het toedienen van regenwormen). Maatregelen die op een hoger niveau worden genomen, hebben de sterkste invloed. Daarnaast kan een maatregel wel in het beoogde effect resulteren (bijvoorbeeld meer regenwormen), maar terzelfder tijd ook in minder gewenste effecten (bijvoorbeeld meer plantparasitaire aaltjes). Inzicht in beide effecten is nodig. Als voorbeeld wordt de maatregel 'groenbedekker' besproken (Dhose *et al*. 2012). Groenbedekkers hebben een positieve invloed op de afbrekers van organisch materiaal omdat ze het voedselaanbod voor deze organismen verhogen. De plantenwortels van de nog levende groenbedekkers scheiden suikers af en later vormt de in de bodem ingewerkte groenbedekker een voedselbron. Groenbedekkers leven ook in symbiose met mycorrhiza. Maar, sommige groenbedekkers kunnen ook een positief effect hebben op plantparasitaire nematoden doordat groenbedekkers de waardplanten zijn van bepaalde aaltjes. Dit effect kan voorkomen worden door (1) geen groenbedekker uit te zaaien die tot dezelfde familie behoort als de volgteelt en (2) het toepassen van aaltjesreducerende teelttechniek, zijnde een voldoende lange groeiperiode (dus tijdig inzaaien). Daarnaast dienen de bodemtemperatuur en -vochtigheid voldoende hoog te blijven. Groenbedekkers hebben ten slotte ook zowel een positief als negatief effect op regenwormen. Regenwormen hebben de voorkeur voor een bedekte bodem en verkiezen plantenbladeren boven plantenwortels als voedselbron (Valckx *et al.* 2009). Het negatieve effect is het gevolg van het afdoden en inwerken van groenbedekkers (zodat het hoofdgewas kan ingezaaid worden) waarbij schadelijke isothiocyanaten vrijkomen, die een potentieel negatief effect op de wormenpopulatie kunnen hebben. Maar dit schadelijk effect neemt snel af (Valckx *et al.* 2009). Voor meer informatie wordt verwezen naar hoofdstuk 18 ecosysteemdienst behoud bodemvruchtbaarheid en hoofdstuk 21 ecosysteemdienst regulatie van erosierisico.

[5] Mycorrhiza kan vertaald worden als schimmelwortel en is een samenlevingsverband tussen planten en bodemschimmels. De myccriza die bij fruitbomen, vlinderbloemigen, grassen en knolgewassen behoren tot de groep van arbusculaire mycorrhiza die bij 80% van de plantensoorten voorkomen.

2.1.2 Pestsoorten

Globaal wordt er geschat dat 30 à 40% van de potentiële gewasopbrengst verloren gaat ten gevolge van plantpathogenen (virussen, fungi, bacteriën en chromista), dierlijke plagen (insecten, mijten, nematoden, knaagdieren, slakken en vogels) en onkruiden (zijnde concurrentkrachtige planten) (Oerke 2006). Voor Noordwest-Europa zijn deze verliezen het laagst en bedragen zelfs minder dan 20%. Zonder fysische (bijvoorbeeld mechanische onkruidbestrijding), biologische (bijvoorbeeld gewasrotatie, raskeuze en predatoren) en chemisch bestrijdingsmaatregelen (gewasbeschermingsmiddelen) zou dit globaal verlies zelfs 50% voor tarwe, 69% voor maïs en 75% voor aardappelen zijn. Dit potentieel verlies is wel toegenomen door de intensifiëring van de landbouw. Bijvoorbeeld het potentieel verlies door tarweziektes nam in Duitsland toe van 10% naar 20% wanneer de opbrengst per hectare steeg van <400 kg/ha naar 12 ton/ha (Oerke *et al*. 1994).

2.1.3 Genetische diversiteit

Het behouden van de genetische diversiteit is belangrijk voor toekomstige veredelingen en voor ziekteresistenties. Uit een meta-analyse blijkt dat de genetische diversiteit van een aantal belangrijke landbouwgewassen (mais, tarwe, gerst, haver, vlas, soja, erwt en rijst) niet significant is afgenomen tijdens de periode 1960-2010 (van de Wouw *et al.* 2010). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de oprichting van een internationale genenbank in de jaren 1960 en 1970 als reactie op bezorgdheden dat de nieuwe gewasvariëteiten voor een vermindering van de genetische diversiteit zouden zorgen (Harlan 1970; Pistorius 1997). Maar het massaal gebruik van een beperkt aantal genotypes kan wel degelijk voor belangrijke economische en sociale problemen zorgen (Heal *et al*. 2004; Myers 1997). Het klassieke voorbeeld hiervan is de Ierse aardappelplaag in de 19de eeuw (Heal *et al.* 2004). De keuze van een landbouwer om te kiezen voor een beperkt aantal genotypes is afhankelijk van zijn risicogedrag en de mate dat hij/zij gedekt wordt bij misoogsten (Heal *et al*. 2004). Indien hij bereid is om risico te nemen of indien hij weet dat bij misoogsten de verzekering of de overheid tussenkomt dan zal hij kiezen voor het best presterende genotype en niet voor een mix van verschillende genotypes. Daarnaast wordt de keuze van de landbouwer beperkt door het beschikbaar aanbod op de zaadmarkt van genotypes. Zaadbedrijven brengen slechts een beperkt aantal variëteiten op de markt omdat de kost om een nieuw ras te ontwikkelen hoog is. Bovendien vraagt ook de grootdistributie specifieke rassen (Wustenberghs *et al*. 2005). Het uiteindelijk resultaat is dat er slechts een beperkt aantal rassen gebruikt wordt. Bijvoorbeeld bij appel en peren neemt één ras meer dan 50% van de oppervlakte in, dit is Jonagold bij appels en Conference bij peren (Wustenberghs et al. 2005).

Genetische diversiteit hangt ook samen met de nutriëntwaarde van voeding. Bijvoorbeeld de beta-caroteeninhoud van verschillende variëteiten van aardappel kunnen een factor 7 van elkaar verschillen (Burlingame *et al*. 2012; Tabel 5). De inname van de ene variëteit kan een verschil zijn tussen een micronutriënttekort of een voldoende inname. Een belangrijke vaststelling in het licht van 2 miljard mensen die nog een micronutriënttekort hebben (FAO 2013).

Tabel 5. *Variatie in nutriëntinhoud van verschillende variëteiten van eenzelfde soort (per 100 g eetbare delen, rauw) (Burlingame et al. 2009)*

Gewas	Proteïne (g)	Vezels (g)	Ijzer (mg)	Vitamine C (mg)	Beta-caroteen (µg)
Aardappel	1,4 – 2,9	1 – 2,23	0,3 – 2,7	6,4 – 36,9	1 – 7,7
Aubergine	-	9 - 19	-	50 – 129	-

2.2 Ecosysteemprocessen

2.2.1 Nutriëntenlevering en –retentie

Nutriëntenlevering is de capaciteit van de bodem om nutriënten beschikbaar te maken voor planten (Faber *et al.* 2009). Kwantitatief zijn de belangrijkste nutriënten stikstof, fosfor en kalium. Daarnaast hebben planten ook nood aan magnesium, calcium, zwavel en verschillende micronutriënten zoals mangaan, koper, zink, boor en seleen. Bij de nutriëntenlevering speelt het bodemleven een sleutelrol (Barrios 2007). Het bodemleven (schimmels en bacteriën) voedt zich met organische stoffen, zoals plantenresten, en scheiden hierbij anorganische verbindingen (bijvoorbeeld nitraat, koolstofdioxide) uit. Dit proces wordt mineralisatie genoemd. De vrijgemaakte anorganische stoffen worden daardoor opneembaar voor planten via hun wortels. Het

mineralisatieproces is erg temperatuur en zuurtegraadgevoelig. Daarnaast wordt mineralisatie niet alleen door micro-organismen (schimmels en bacteriën) uitgevoerd, maar ook door dieren die micro-organismen eten (microbivoren) zoals protozoën, nematoden en mijten. Deze microbivoren worden weer gegeten door grotere dieren. Bij iedere schakel van eten en gegeten worden in het bodemvoedselweb komen er nutriënten vrij.

Nutriëntenretentie is de capaciteit van de bodem om nutriënten vast te houden zodat ze niet verloren gaan, bijvoorbeeld door uitspoeling en vervluchtiging (Faber *et al*. 2009). Het vermogen van een bodem om positief geladen nutriënten (bijvoorbeeld calcium, kalium) te binden, wordt de kationenuitwisselingscapaciteit genoemd. De uitwisselingscapaciteit is afhankelijk van het organische stof gehalte, het kleigehalte en de zuurtegraad. Kleideeltjes en organische stof zijn negatief geladen en zijn daarom in staat om positief geladen deeltjes aan het oppervlak te binden en weer af te geven aan de plantenwortels.

In natuurlijke systemen vormt de mineralisatie van organische stof de voornaamste bron van nutriënten voor plantengroei en is er een balans tussen mineralisatie en nutriëntenopname (Faber *et al*. 2009).

In de moderne landbouw zijn nutriëntenkringlopen minder gesloten omdat veel nutriënten van elders worden aangevoerd in de vorm van kunstmest en krachtvoeder. De grote toevoer van nutriënten van buiten het bedrijf hebben geleid tot hoge gewasproductie, maar ook tot grotere verliezen van vooral stikstof naar water (nitraat) en lucht (ammoniak, lachgas) en tot ophoping van fosfaat in de bodem (Coppens et al. 2013; Tabel 6; Tabel 7). Om deze negatieve gevolgen te verminderen, werd de meststoftoediening van N en P in Vlaanderen beperkt. Als gevolg hiervan daalde het kunstmestgebruik zowel voor N als P zeer sterk (http://www.milieurapport.be). In 1990 werd 110 miljoen kg N en 14 miljoen kg P gebruikt (Wustenberghs *et al.* 2008). In 2008 was dit gedaald tot 63 miljoen kg N en 1,9 miljoen kg P (Lenders *et al*. 2010). In mindermate is de P-daling het gevolg van de sterke prijsstijging van P-kunstmeststof. Er wordt bij moderne landbouw ook gestreefd om N en P efficiënter toe te dienen, zodat de negatieve gevolgen verminderen. Een tweede nutriëntenbron, die deels als organische mest wordt toegediend, is veevoeder. Meer dan de helft van de grondstoffen voor het veevoeder komt uit het buitenland (BEMEFA 2011). In 2011 produceerde de leden van de Beroepsvereniging voor mengvoederfabrikanten (BEMEFA) 5.970.151 ton mengvoeders. Negentig percent van de Belgische productie gebeurt in Vlaanderen en de BEMEFA-leden staan in voor 95% van de Belgische productie (BEMEFA 2011).

Tabel 6. *Stofstroomanalyse van N en P bij plantaardige productie (Coppens et al. 2013)*

	Plantaardige productie	
Input	N berekend (kton)	P (berekend kton)
Dierlijke productie	108,51 ± 18,6%	21.41 ±16.1%
Chemische en overige industrie	61,08 ±19,6%	1.38 ±20.7%
Lucht (N-depositie)	16.76 ±20.5%	-
Voedingsindustrie	0.98±20%	0.15 ±20.1%
Lucht (N-fixatie)	5,44 ±20.2%	-
Biomassaverwerking	2,24 ±13.5%	0.52 ±11,2%
Bodem	-	1.11 ±20.6%
Totaal	195.01	24.57
Output		
Dierlijke productie	107.50 ±17.3%	15.70 ±21.40%
Veevoederindustrie	22.53 ±19.6%	4.30 ±19.3%
voedingsindustrie	17.66 ±19.6%	3.31 ±18.5%
Biomassaverwerking	0.66 ±36.1%	0.08 ±15.1%
Lucht (NH_3)	13.02 ±19.5%	-
Lucht (NO_x)	2.86 ±19.9%	-
Lucht (N_2o)	3.34 ±19.9%	-
Lucht (N_2)	5.03 ±19.8%	-
Water	19.35 ±8.8%	1.17 ±16.8%
Bodem	3.03 ±10.3%	-
Totaal	195.01	24.57

Tabel 7. *Stofstroomanalyse van N en P bij dierlijke productie (Coppens et al. 2013)*

	Dierlijke productie	
Input	N berekend (kton)	P (berekend kton)
Veevoederindustrie	152,26 ±11,7%	23,79 ±10,3%
Plantaardige productie	107,50 ±17,3%	15,70 ±21,4%
Voedingsindustrie	4,47 ±20,1%	0,85 ±25,8%
Import	16,32 ±20,7%	0,78 ±25,8%
Totaal	280,55	41,12
Output		
Plantaardige productie	108,51 ±18,3%	21,41 ±16,1%
Voedingsindustrie	119,92 ±15,4%	12,98 ±17,2%
Export mest	4,10 ±29,4%	1,36 ±27,9%
Export levende dieren	3,59 ±29,5%	0,17 ±29,7%
Biomassaverwerking	20,57 ±11%	5,21 ±8,6%
Lucht (NH_3)	19,50 ±19,1%	-
Lucht (NO_x)	2,43 ±19,9%	-
Lucht (N_2o)	0,77 ±20%	-
Lucht (N_2)	1,15 ±19,9%	-
Totaal	280,54	41,12

Agro-ecologische landbouw streeft terug naar een grotere rol van de bodembiodiversiteit (Faber *et al*. 2009). Het aantal afbrekers, die nutriënten vrijmaken uit organisch materiaal, stijgt door het toepassen van organische bemesting, compost en/of groenbemesters. De groenbemesters (vlinderbloemigen) leggen ook stikstof uit de lucht vast door Rhizobium bacteriën die in symbiose leven met de plant. Door het inploegen van de vlinderbloemigen komt de stikstof beschikbaar voor de daarop volgende voedselplant. Mycorrhiza's nemen bij een lagere bemesting ook in aantal toe waardoor er minder stikstof uitspoelt (De Vries *et al*. 2006), en de opname van fosfaat en zink door de plant verhoogt (Medina *et al*. 2003). Bij uitsluitend gebruik van organische meststoffen is er wel gemiddeld een lagere opbrengst (Kirchmann *et al*. 2007). Voor meer informatie wordt er verwezen naar hoofdstuk 18 ecosysteemdienst behoud van de bodemvruchtbaarheid.

2.2.2 Waterregulatie

Waterregulatie is het vermogen van de bodem om water op te nemen en af te voeren (infiltratie) als water langdurig na te leveren (waterlevering) (Faber *et al*. 2009). Het kunnen beschikken over voldoende niet vervuild water is voor landbouw een vereiste (Power 2010).

Infiltratie is de indringing van de neerslag vanaf het bodemoppervlakte in de bodem. Infiltratie wordt bijgevolg sterk beïnvloed door processen die het bodemoppervlak en de bodemstructuur wijzigen zoals bodembewerking, verslemping, korstvorming en wormgangen. Een vlotte waterinfiltratie betekent dat er minder water aan het oppervlak stagneert of oppervlakkig moet afgevoerd worden en reduceert dus het risico op bodemerosie door water. De bodemtextuur heeft een belangrijke invloed op de infiltratiesnelheid van een bodem. Water infiltreert snel in een zandbodem, middelmatig in een leembodem en traag in een kleibodem. De infiltratiesnelheid wordt ook bepaald door de structuur van de bodem. In een bodem bestaande uit goed gevormde aggregaten en met een grote porositeit, zal het water gemakkelijker kunnen infiltreren vergeleken met een weinig of niet-gestructureerde bodem. Schimmels, bacteriën, planten (wortels), regenwormen en mieren en de door hen vrijgestelde organische verbindingen dragen in belangrijke mate bij aan de vorming van stabiele aggregaten (Tissdall & Oades, 1982; Bronick & Lal 2005). Ploegen daarentegen vermindert het waterdoorlatend vermogen door destructie van aggregaten (Boyle *et al*. 1989).

Het waterleverend vermogen van de bodem hangt sterk samen met het gehalte aan organisch materiaal (Olness & Archer 2005) en met de aanwezigheid van microporiën (0.2 tot 30 µm) (Faber *et al.* 2009). Op kleiige gronden met een relatief slechte afwatering kan een 1% toename in organische stof resulteren in 2,5% groter volume water dat de bodem kan vasthouden (Saxton 2005 geciteerd in Manale 2007). In de bovenste 15 cm bodem komt dat neer op 37,5 m³/ha (Faber *et al*. 2009). Wereldwijd wordt aan 80% van de waterbehoefte van landbouw voldaan door dit als bodemvocht opgeslagen regenwater of het zogenaamde groene water (Molden 2007). De overige 20% is het 'blauwe' water of irrigatiewater (Power 2010). Het 'groene' wateraandeel kan verhoogd worden door het aanpassen van de bodemwerking of mulching waardoor de evaporatie (het verdampen van water) met 35-50% verminderd wordt (Rost *et al*. 2009). Daarnaast kan

'overtollig' regenwater geoogst worden en bijvoorbeeld opgeslagen worden in poelen. Het actief oogsten van regenwater en het verminderen van de verdamping kan de wereldproductie verhogen met 20%, een waarde die vergelijkbaar is met de productieverhoging van de huidige oppervlakte geïrrigeerd land (Rost *et al*. 2009).

In Vlaanderen is de landbouwsector een belangrijke grondwatergebruiker, bijna een vierde van het totale grondwaterverbruik[6] in Vlaanderen is voor rekening van de landbouw. De sector oefent dus, zeker lokaal, een grote druk op de watervoorraden. Het totale waterverbruik in de Vlaamse landbouw bedraagt ongeveer 50 miljoen m³, waarvan 40% diep grondwater, 29% ondiep grondwater, 16% hemelwater, 3% oppervlaktewater en 12% leidingwater (Lenders *et al*. 2010). Het hemelwaterverbruik is in de berekening van Lenders et al. (2010) beperkt tot het regenwater dat door bedrijfsgebouwen opgevangen wordt. Het regenwater dat op akkers, weilanden, boomgaarden of groenten valt, is hierbij niet opgenomen. In vergelijking met het totale waterverbruik van 740 miljoen m³ water in Vlaanderen is dit relatief laag (Wustenberghs *et al.* 2008). Voor meer informatie over waterretentie wordt er verwezen naar het hoofdstuk 22 ecosysteemdienst regulatie van overstromingsrisico.

2.2.3 Ziekte en plaagwering

De modernisering van de landbouw ging ook gepaard met een sterke toename van externe inputs. Het wereldpesticidenverbruik kende de laatste 40 jaar een vijftien- tot twintigvoudige toename (Oerke 2006). Dit toenemend verbruik kon het toenemend gewasopbrengstverlies milderen, maar het actuele procentuele gewasopbrengstverlies bleef gedurende deze periode nagenoeg hetzelfde. Dit gelijkblijvend actueel gewasopbrengstverlies kan verklaard worden door (Oerke 2006):

- een verhoogde schadegevoeligheid van het moderne landbouwsysteem,
- toename van de artificiële schade door strengere kosmetische voorwaarden van consumenten (geen vlekken op fruit) of door dalende industriële toleranties (bijvoorbeeld stukjes insect in blikvoeding),
- pesticiden resistentie van ziekten en plagen,
- toegenomen mobiliteit van ziekten en plagen, en
- het ontstaan van secundaire ziekten en plagen.

De schadegevoeligheid van het moderne landbouwsysteem kan onder andere verminderd worden door snellere en meer complexe gewasrotaties op bij voorkeur kleinere percelen[7] (Stukenbrock & McDonald 2008), door het gebruik van genetische diversiteit binnen een gewas (mengsels van meerdere variëteiten) (Garrett & Munt 1999; Wolfe *et al.* 1981), door het vergroten van de gewas- en landgebruiksdiversiteit op landschapsschaal (Stukenbrock & McDonald 2008), doordacht[8] toedienen van organische stof (bijvoorbeeld groenbedekker) (Dhose et al. 2012) en door geïntegreerde gewasbescherming[9] (IPM) (Pretty *et al.* 2006). Letourneau *et al*. (2011) toonden aan dat diverse agro-ecosystemen minder schade door plagen, minder herbivoren en meer natuurlijke vijanden hebben dan minder diverse teeltsystemen. In een Duitse studie werd aangetoond dat in biologische triticale percelen meer natuurlijke vijanden voorkomen en minder bladluizen (Krauss *et al*. 2011). Daarnaast toonde de Duitse studie ook aan dat een preventieve chemische plaagbestrijding inefficiënt is. Op korte termijn vermindert het aantal bladluizen, maar die nemen daarna sterk toe tot boven het niveau van niet preventief behandelde percelen. Bovendien vermindert ook nog eens het aantal natuurlijke vijanden. Voor meer informatie over natuurlijke plaagbestrijding verwijzen we naar hoofdstuk 17 ecosysteemdienst plaagbeheersing.

Vlaanderen kende de laatste 20 jaar wel een duidelijke vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Dit gebruik vermindert met 40% gedurende de periode 1990-2010 (http://www.milieurapport.be/). De daling in Vlaanderen kan verklaard worden door de introductie van agro-ecologische praktijken bij moderne als agro-ecologische landbouw (de introductie van

[6] Het totale grondwaterverbruik bedraagt ongeveer 150 miljoen m³, waarvan 34 miljoen m³ voor de landbouw.
[7] Kleinere percelen is binnen de moderne landbouw wel moeilijk te realiseren.
[8] Wanneer de organische stof wordt toegediend door bv een groenbedekker die ook plantparasitaire nematoden bevordert die de vervolgteelt kunnen aantasten dan vermindert de ziekte- en plaagwering. Een geschikte keuze kan dit voorkomen.
[9] IPM is de rationele toepassing van een combinatie van biologische, biotechnologische, chemische en fysieke bestrijding, teelt-of gewasveredelingsmaatregelen, waarbij het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen wordt beperkt tot het strikte minimum dat noodzakelijk is om populaties van schadelijke organismen onder de niveaus te houden waarbij in economisch opzicht onaanvaardbare schade of verliezen optreden.

geïntegreerde en biologische bestrijding), door technologische verbeteringen (spuitinstallaties, verbeterd gamma gewasbeschermingsmiddelen), gebruiksbeperking door strengere residucontroles, betere doseringen en efficiëntere formuleringen.

2.2.4 Bestuiving

Bestuiving door dieren draagt bij tot een productieverhoging bij 70% van de 124 belangrijkste landbouwgewassen (Klein *et al.* 2007). In Vlaanderen is deze afhankelijkheid lager, slechts 4 van de 20 belangrijke voedselgewassen[10]. Bestuiving wordt bij de moderne landbouw vooral verleend door de gedomesticeerde honingbij en een grote verscheidenheid aan wilde bijensoorten. Daarnaast is er bij de glastuinbouw een toenemend gebruik van gekweekte hommels (med. Bert Van Gils). De soortenrijkdom en het aantal wilde bijen kan verhoogd worden door de aanleg van kleine landschapselementen zoals bloemrijke randen. Dergelijke maatregelen zijn vooral effectief wanneer ze worden aangelegd in landschappen met 1 tot 20% half natuurlijk habitat (Scheper *et al*. 2013). Zowel aantal als soortenrijkdom van bestuivers verhogen de productie van bestuivingsafhankelijke gewassen (Klein *et al.* 2003, Hoehn *et al.* 2008, Winfree & Kremen 2009). Momenteel gaat het aanbod aan bestuivers, zowel de honingbij als de wilde bijen, sterk achteruit (Kluser & Peduzzi 2007), terwijl de vraag – oppervlakte aan gewassen die in grote mate afhankelijk zijn van bestuiving- toeneemt (Aizen *et al*. 2009). Deze tegengestelde trends kunnen ervoor zorgen dat de gewasopbrengsten achteruit gaan en dat dit verlies dient gecompenseerd te worden door een toename van inputs (bijvoorbeeld oppervlakte) of door het gebruik van technische alternatieven (bijvoorbeeld penseelbestuiving of verneveling van stuifmeel). Omwille van dit ongunstig scenario is het belangrijk te weten wat de gevolgen zouden zijn als bestuiving door honingbij en wilde bijen zou wegvallen. Volgens Aizen *et al*. (2009) zouden de directe gevolgen voor de wereldvoedselproductie beperkt zijn, namelijk een daling met 3 à 8% (Aizen *et al.* 2009). Deze beperkte daling maskeert wel meer ingrijpende gevolgen. Ten eerste, verschillende bestuivingsafhankelijke gewassen leveren vitaminerijke voedingsmiddelen op (Eilers *et al.* 2011). Ten tweede, het gaat in bijzonder om landbouwproducten met een hoge economische waarde (Aizen *et al.* 2009; Groeneveld *et al.* 2010). Volgens Gallai *et al.* (2009) is de waarde van bestuivingsafhankelijke gewassen 5 keer hoger dan deze van bestuivingsonafhankelijke gewassen (bv graan). De twee eerste redenen komen ook duidelijk naar voor in Vlaanderen. Het gaat hierbij onder andere om de plantaardige producten appel en peer (zie ook bijlage 1). Producten die vitaminerijk zijn en een hoge economische waarde vertonen. Ten derde, indien de doelstelling is om de totale productie van elk gewas te behouden (waarden van 2006 en berekend op gemiddeld opbrengstverlies), dan zou het wegvallen van bestuiving resulteren in een toename van de landbouwoppervlakte van ongeveer 15% in de industrielanden, 42% in de ontwikkelingslanden (Aizen *et al.* 2009) en 2% in Vlaanderen (bijlage 1). Desondanks zou het uitzicht van de Vlaamse landbouw veranderen, de oppervlakte fruitteelt zou dienen toe te nemen met 175% en groenten met 7% (bijlage 1). Hierdoor zou ook de oppervlakte aan serres toenemen met 76%. Ten vierde, het wegvallen van bestuiving zal waarschijnlijk ook indirect (bijvoorbeeld via natuurlijke plaagbestrijders die op planten leven die bestoven worden door wilde bijen) een negatieve invloed hebben op voedselproductie (Kremer *et al*. 2007), waardoor de productiedaling onderschat is. Voor meer informatie over bestuiving verwijzen we naar hoofdstuk 16 ecosysteemdienst bestuiving.

2.2.5 Fotosynthese

Fotosynthese is een proces waarin lichtenergie wordt gebruikt om koolstofdioxide om te zetten in koolhydraten, zoals glucose. Bij hogere planten komen er 2 hoofdtypes van fotosynthese voor. Bij het eerste type, de C_3-planten, wordt de koolstofdioxide via een tussenproduct met 3 C-atomen vastgelegd voordat het wordt omgezet naar glucose. De meeste hogere planten behoren tot dit type. Bij het twee type, C_4-planten, heeft het tussenproduct 4 C-atomen. Voorbeelden hiervan zijn maïs en suikerriet. De optimale temperatuur voor C_3-planten is 15 tot 25 °C en voor C_4-planten 25 tot 35 °C. Bij C_3-planten treedt lichtverzadiging op in half tot vol zonlicht. Bij C_4-planten treedt geen lichtverzadiging op in vol zonlicht. De maximale opbrengst per hectare is dan ook - onder ideale omstandigheden - bij C_4-planten aanzienlijk hoger: bijna de dubbele opbrengst aan droge stof per hectare per jaar.

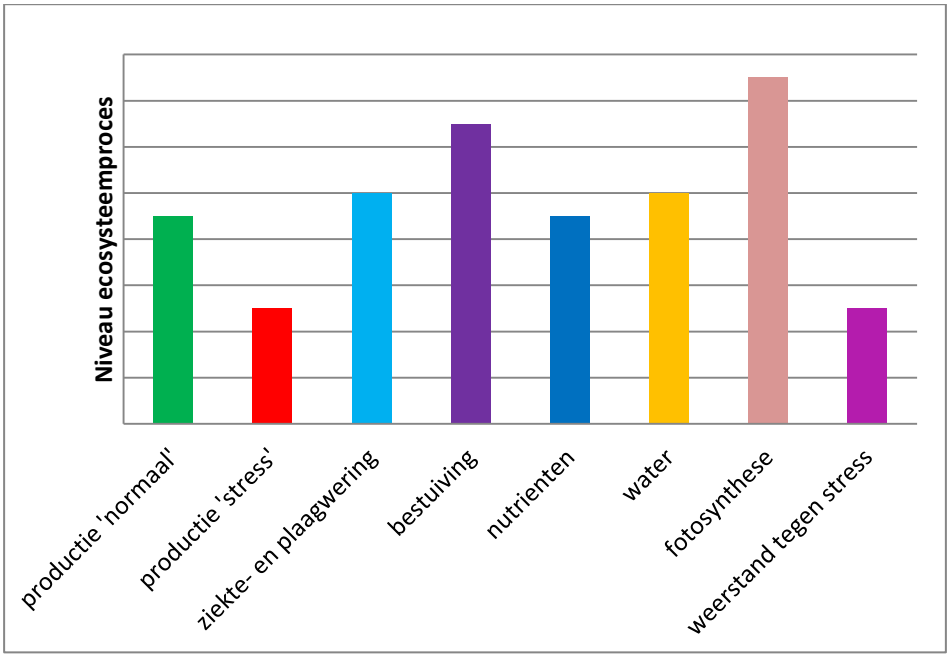
[10] Hierbij werd zowel rekening gehouden met oppervlakte als met waardencreatie. Als belangrijke gewassen werden beschouwd: suikerbiet, aardappel, wintertarwe, zomertarwe, wintergerst, gras, mais, appel, peer, aardbei, tomaten, kropsla, groene bonen, erwten, spruitkool, bloemkool, wortelen, witloof, spinazie en prei

2.2.6 Weerstand tegen stress

De weerstand tegen stress is het vermogen van een ecosysteem om de gevolgen van een verstoring (bijvoorbeeld droogte, een nieuwe plaag) te beperken (Faber *at al*. 2009). Deze weerstand vermindert wanneer het ecosysteem te sterk wordt vereenvoudigd (Ulanowicz *et al*. 2009). De vereenvoudiging verhoogt wel de productie, maar de bufferende effecten van een hogere biodiversiteit ten opzichte van milieuverstoringen gaat wel verloren (MacDougall *et al*. 2013). Daarom benadrukt Ulcanowicz et al. (2009) dat er een goede balans dient gevonden te worden tussen productiviteit en weerstand tegen stress.

2.3 Ecosysteemfunctie: primaire productie

Primaire productie is de aanmaak van organische verbindingen door organismen middels fotosynthese en is dus sterk afhankelijk van het ecosysteemproces fotosynthese. Daarnaast is het ook sterk afhankelijk van de ecosysteemprocessen nutriëntenlevering en –retentie, waterregulatie, vorming van stabiele aggregaten, ziekte- en plaagwering en bestuiving (Power 2010; Bommarco *et al*. 2013). De grootte van de productie wordt hierbij bepaald door het ecosysteemproces dat het minst goed ontwikkeld is (Bommarco *et al*. 2013; Figuur 2), zijnde de ecosysteendienstenformulering van de wet van het minimum (von Liebig 1840). Het ecosysteemproces 'weerstand tegen stress' volgt dezelfde logica maar de mate van weerstand wordt pas relevant in een stresssituatie (Ulanowicz *et al*. 2009; Figuur 2).

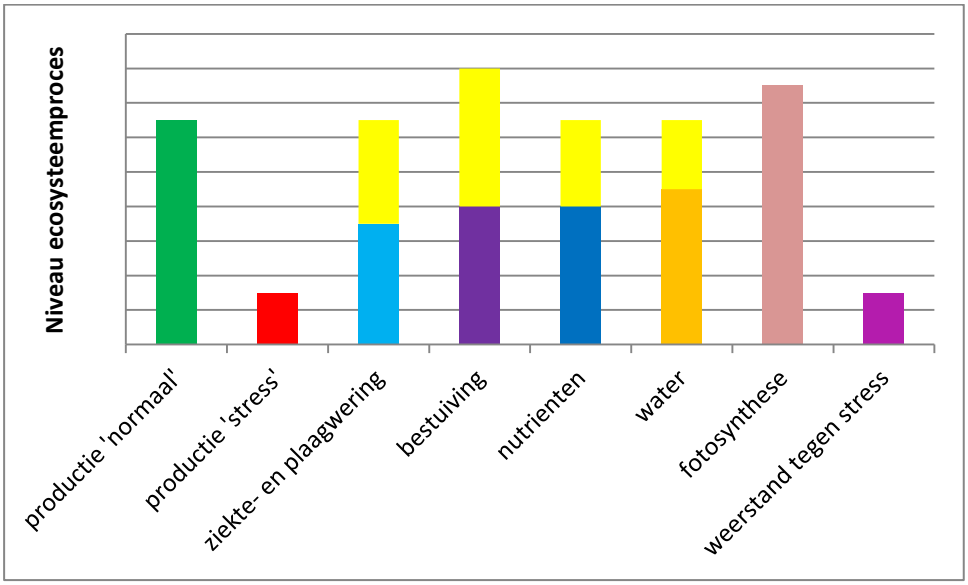


Figuur 2. *Invloed ecosysteemprocessen (incl. temperatuur) op primaire productie. Het proces 'weerstand tegen stress' heeft pas een impact bij een stresssituatie (droogte). Indien er geen stress is dan wordt het productieniveau bepaald door het proces dat de laagste waarde heeft (aangepast op basis van Bommarco et al. 2013)*

Bij moderne landbouw werden de natuurlijke inputs vervangen en/of aangevuld met externe inputs (geel), bijvoorbeeld honingbijen als bestuiver, chemische gewasbeschermingsmiddelen als plaagbestrijder, verwarmde serre om de temperatuur te verhogen en fotosynthese te stimuleren, extra beschikbaar water door irrigatie en kunstmeststoffen om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden of te verbeteren met als doel een hogere productie (Tilman *et al*. 2001; Figuur 3). Moderne landbouw is hierdoor minder afhankelijk geworden van de ondersteunende ecosysteemprocessen. Een nadeel is wel dat moderne landbouw deze ecosysteemprocessen ook deels ondermijnt waardoor er meer externe inputs nodig zijn (Bommarco *et al*. 2013). Bijvoorbeeld het toepassen van moderne landbouw ging in het verleden (en mogelijk deels ook nog in het heden) gepaard met

schaalvergroting[11], het verwijderen van kleine landschapselementen, het verminderen van de gewas- en de vegetatiediversiteit, die op hun beurt bijvoorbeeld leiden tot lagere aantallen en diversiteit van wilde bijen (Kennedy *et al*. 2012), waardoor de externe input van de honingbij belangrijker wordt. Daarnaast kan de toename van één extern input (bijvoorbeeld N-stikstof) leiden tot een noodzaak om een andere externe input (bijvoorbeeld pesticiden) te verhogen. Bijvoorbeeld plantpathogenen (bijvoorbeeld schimmels, bacteriën en virussen) en sapetende insecten (bijvoorbeeld sprinkhanen, bladluizen) nemen in aantal toe wanneer de N-input hoger wordt (Scriber 1984, Huber 1981; beide in Matson *et al*. 1997). De efficiëntieverhoging van moderne landbouwsystemen gaat ook gepaard met een lagere weerstand tegen stress (MacDougall *et al*. 2013; Figuur 3). Bij de verdere modernisatie wordt er vooral gekeken hoe de externe inputs kunnen verminderd worden, terwijl de productie op peil blijft of zelfs verhoogd wordt. Mogelijke methoden zijn:

- precisielandbouw waarbij nutriënten of water daar worden toegevoegd waar ze temporeel en ruimtelijk door de planten gevraagd worden. Dit betekent dat de inputs zo dicht mogelijk bij de plantenwortels worden toegediend op het moment van de grootste vraag, of een kleinere maar meer frequente toediening. Dergelijke technieken hebben de potentie om de efficiëntie van externe inputs te verhogen. Daarnaast kunnen ze zelfs leiden tot een hogere opbrengst of productkwaliteit (Matson *et al*. 1998). Een voorbeeld hiervan is druppelirrigatie.
- Biotechnologie (genetisch gemodificeerde organismen) zou er kunnen toe leiden dat planten een meervoudige duurzame resistentie krijgen tegen ziekten en plagen waardoor opbrengstverliezen door ziekte en plagen beperkt worden en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen kan verminderd worden (Ortiz 1998). Maar dit voordeel kan door een toename van secundaire plagen en ziekten teniet gedaan worden (Wang *et al.* 2008).

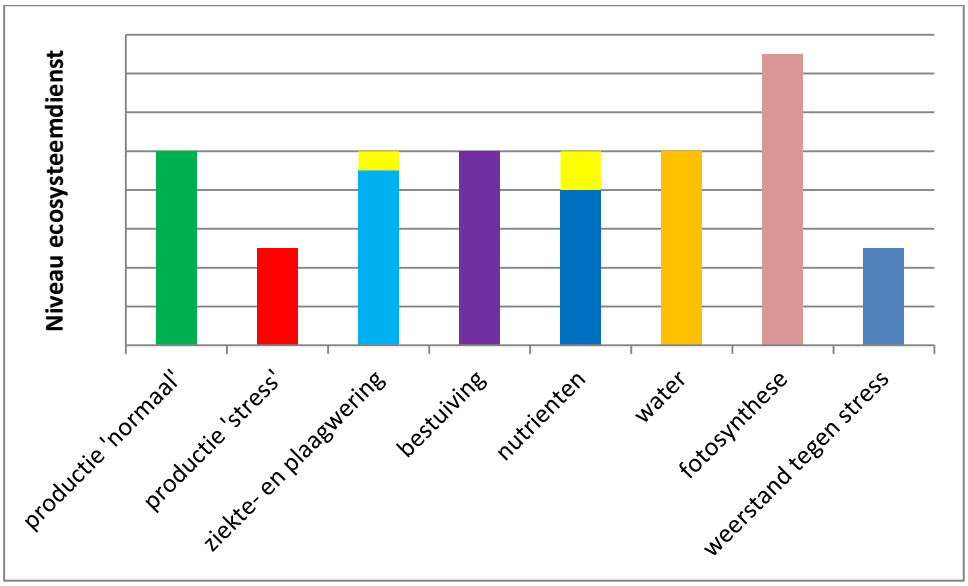


Figuur 3. *Conceptuele weergave modern landbouwsysteem. Geel is de toevoeging van externe inputs. Een modern landbouwsysteem is zeer productief (groene balk), behalve bij het optreden van stress (rode balk)*

De agro-ecologische landbouw wil de inputvermindering vooral realiseren door het bevorderen van de natuurlijke ecosysteemprocessen met een zo klein mogelijke productievermindering (Bommarco *et al*. 2013; Figuur 4). Doordat agro-ecologische landbouw ook de biodiversiteit bevordert (Schader *et al*. 2012) zal de bufferende werking tegen verstoringen groter zijn (MacDougall *et al*. 2013). Maar een investering in weerstand tegen stress leidt meestal wel tot een lagere productiviteit onder optimale omstandigheden (Ulanowicz *et al*. 2009). Daarnaast leidt de keuze om de

[11] De schaalvergroting bij moderne landbouw is een gevolg van dalende winstmarges, zodat landbouwers steeds meer land dienen te bewerken om tot een leefbaar inkomen te komen. Maar schaalvergroting is slechts één van de mogelijke strategieën, landbouwers zouden bijvoorbeeld ook kunnen verbreden (bijvoorbeeld hoevetoerisme). Schaalvergroting blijft bij moderne landbouw wel de meest toegepaste strategie.

bodemvruchtbaarheid onder meer op peil te houden door groenbemesters op te nemen in de gewasrotatie tot een bijkomende opbrengstdaling van de voedselproductie omdat gedurende dat jaar geen voedsel wordt geproduceerd (Connor 2013). Toch benadrukken andere auteurs (Tscharntke *et al*. 2012) dat het niet noodzakelijk tot een productievermindering dient te leiden omdat de gezamenlijke productiviteit van een agro-ecologisch systeem met meerdere planten in dezelfde lijn kan liggen met de productiviteit van één plant in een modern landbouwsysteem. In Tabel 8 worden de effecten voor de landbouw ondersteunende ecosysteemprocessen van een aantal veel gebruikte agro-ecologische beheeropties weergegeven. Hieruit blijkt dat verschillende opties er veelbelovend uitzien, maar van de meeste van deze opties is er nog geen kostenbatenanalyses beschikbaar waardoor ze nog maar beperkt toegepast worden in de praktijk (Bommarco *et al*. 2013).



Figuur 4. *Conceptuele weergave agro-ecologisch landbouwsysteem. Geel is de toevoeging van externe inputs. Een agro-ecologisch landbouwsysteem is in veel gevallen minder productief dan een modern landbouwsysteem (groene balk), behalve bij het optreden van stress (rode balk)*

Tabel 8. *Veel gebruikte agro-ecologische beheeropties (naar Bommarco et al. 2013)*

Beheeroptie	Bestuiving	Biologische plaagcontrole	Biologische onkruidbestrijding	Bodemvorming en nutriëntencyclus
Op het veld				
- geïntegreerd pestbeheer (IPM[12])	0 (+)	++	+	(+)
- gereduceerde bodembewerking	0 (+)	+	-	+
- mengteelt	0 (+)	+	++	++
- gediversifieerde vruchtwisseling en bodembedekkers	0 (+)	+	++	++
- set-aside of braak	++	+	+	++
Ruimere omgeving				
- toename kwantiteit van natuurlijke habitats	++	++	0	0
- toename van kwaliteit van natuurlijke habitats	++	++	0	0

[12] IPM of geïntegreerde gewasbescherming is de rationele toepassing van een combinatie van biologische, biotechnologische, chemische en fysieke bestrijding, teelt-of gewasveredelingsmaatregelen, waarbij het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen wordt beperkt tot het strikte minimum dat noodzakelijk is om populaties van schadelijke organismen onder de niveaus te houden waarbij in economisch opzicht onaanvaardbare schade of verliezen optreden.

3 Toestand & trend van de ecosysteemdienst

Om zicht te krijgen op de toestand van voedselproductie is het belangrijk dat vraag en aanbod gekwantificeerd worden, indien mogelijk ruimtelijk expliciet gemaakt wordt en met elkaar vergeleken wordt. Het ruimtelijk expliciet maken wordt bij voedselproductie beperkt tot het aanbod. Het ruimtelijk expliciet maken van de ESD voedselproductie is belangrijk wanneer er GIS analyses gebeuren om na te gaan in welke mate de levering van één ecosysteemdienst kan samengaan met de levering van andere ecosysteemdiensten of met de bescherming van biodiversiteit. Deze analyses zullen respectievelijk besproken worden in de thematische hoofdstukken interacties en biodiversiteit.

Om vraag met aanbod met elkaar te kunnen vergelijken kan de voedselconsumptie omgerekend worden naar een ruimtebeslag. Dit ruimtebeslag wordt omschreven als de voedselvoetafdruk ('food footprint'). De voedselvoetafdrukmethode werd gekozen in dit hoofdstuk en zal meer besproken worden bij paragraaf 3.6.

3.1 Keuze van eenheid

Het is belangrijk om een gemeenschappelijke eenheid te kiezen waarin het voedselaanbod, -vraag en –gebruik zal uitgedrukt worden. Een geschikte eenheid dient rekening te houden met volgende vaststellingen:

- De consumentenvraag wordt meestal uitgedrukt in verwerkt landbouwproduct (bijvoorbeeld brood, fruitsap en kaas), terwijl het producentenaanbod wordt uitgedrukt in product "af boerderij" (bijvoorbeeld ton graan, liter melk, aantal vleeskoeien).
- Het Vlaams aanbod is geen resultaat van de Vlaamse vraag doordat bij moderne landbouw regio's zich specialiseren in landbouwproducten waarbij zij het grootste comparatieve voordeel hebben. Daarnaast worden er ook producten (bijvoorbeeld sinaasappelen en rijst) gevraagd die niet in Vlaanderen kunnen groeien.
- De verschillende voedingsproducten (vlees of vleesvervangers, brood, fruit, groenten) hebben elk hun eigen kwaliteiten (Tabel 9). Aardappelen zijn rijk aan calorieën, terwijl fruit en groenten rijk zijn aan vitaminen en mineralen. In de Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (Wood *et al*. 2005) wordt benadrukt dat het innemen via voeding van voldoende calorieën voor de mens even belangrijk is als de diversiteit van het voedingspatroon met voldoende proteïnen, oliën, vetten en micronutriënten.
- Niet elke hectare van een landbouwproduct levert dezelfde opbrengst op.

Tabel 9. *De belangrijke bestanddelen van diverse voedingsmiddelen (http://www.voedingscentrum.nl/)*

Voedingsmiddelen	Belangrijke bestanddelen
Groenten en fruit	Vitamines (bijvoorbeeld vitamine C en foliumzuur), mineralen (bv kalium), vezels en bioactieve stoffen
Brood, granen, aardappelen, rijst, pasta en peulvruchten	Koolhydraten, eiwit, vezels, vitamine B en mineralen
Zuivel, vleeswaren, vis, ei en vleesvervangers	Eiwitten, mineralen (ijzer en calcium), vitamine B en visvetzuren
Vetten en olie	Vitamine A, D en E en essentiële vetzuren

Op basis van deze vaststellingen is er gekozen om te werken met relatieve m² van primaire productcategorieën. Relatief omdat een pixel van 10*10 m enkel de waarde 1 krijgt wanneer de bodemgeschiktheid 1 is (zie bijlage 2 en 3) en er geen productievermindering optreedt ten gevolge van beheerovereenkomsten, agromilieumaatregelen of wetgeving (zie bijlage 4). De andere pixelwaarden worden relatief ten opzichte van deze waarde bepaald en de waarde zal kleiner dan 1 zijn wanneer de landbouwgeschiktheid van een locatie daalt of wanneer de landbouwer verplichtte of vrijwillige productiebeperkingen in de praktijk brengt. Er is gekozen voor 'primaire product' om vraag en aanbod met elkaar te kunnen vergelijken. Dit betekent dat een afgewerkt product als

kaas terug wordt gebracht naar bijvoorbeeld het gras en maïs dat de koeien eten. Er is wel een vereenvoudiging doorgevoerd waarbij de primaire producten gegroepeerd werden in productcategorieën. De weerhouden categorieën zijn gras, akkerproducten (bijvoorbeeld granen, aardappelen, suikerbieten, koolzaad), groenten, fruit en maïs.

3.2 Toestand van het aanbod

De capaciteit van ecosystemen om diensten te leveren is sterk gelinkt aan (1) natuurlijke condities en (2) menselijke invloeden. Voor voedselproductie worden de volgende aanbodkaarten aangeleverd:

1. **Fysische geschiktheid**: waar is de actuele toestand van het fysisch systeem (bodemtextuur, -drainage, -profiel, -variant, -substraat, reliëf, overstromingsgevoeligheid, bodemafdekking) geschikt om de dienst voedselproductie te leveren? Voor landbouw werd de fysische geschiktheid afgeleid uit de bodemkaart met behulp van landbouwexpertinput (die rekening hielden met de dominante landbouwpraktijk). Er worden hierbij 5 geschiktheidsklassen (bodems die voor eenzelfde teelt en dezelfde teeltvoorwaarden nagenoeg dezelfde opbrengst geven tegen ongeveer gelijke kostprijs) onderscheiden. Deze geschiktheidsklassen werden geherinterpreteerd om rekening te houden met drainage, irrigatie, reliëf, bodemafdekking en overstromingsgevoeligheid. Deze kaart zal afzonderlijk gemaakt worden voor de vijf primaire productgroepen (gras, akkerproducten, maïs, fruit en groenten). Deze kaarten geven een idee waar de primaire productgroepen kunnen gekweekt worden, met uitzondering van percelen die water zijn of waarvan de bodem afgedicht is (bijvoorbeeld infrastructuur en bebouwing). Bij de inschatting van de geschiktheid voor groenten, maïs en akker werd er rekening gehouden met de potentiële erosiegevoeligheid van een perceel, omdat het bodemverlies door erosie op de lange termijn waarschijnlijk in een productievermindering zal resulteren. In een ideaal geval wordt hierbij ook rekening gehouden met andere bodemdegradatieverschijnselen zoals bodemverdichting. Maar hiervoor is geen kaart beschikbaar. In paragraaf 7.1.2. wordt de Vlaamse bodemdegradatie in meer detail besproken.
2. Kaart van het **potentieel voedselaanbod** van voedselproductie op basis van huidige bodembedekking. Deze kaart geeft een idee wat het voedselaanbod van de diverse primaire productcategorieën is. Er wordt hierbij verondersteld dat de landgebruikscategorie landbouw op de landgebruikskaart Vlaanderen versie 3 (Poelmans 2004) betekent dat het product als voedsel gebruikt zal worden. Omdat er geen kaart beschikbaar was van moestuinen kon er hiermee geen rekening gehouden worden. Daarnaast wordt er verondersteld dat op elk perceel de dominante landbouwpraktijk wordt toegepast zonder vrijwillige of verplichtte productiebeperkingen. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met het bodemverlies door erosie omdat de kaart het potentieel voedselaanbod op dit moment wil weergegeven.
3. Kaart van het **actueel voedselaanbod** op basis van het huidige landgebruik: in deze stap wordt in rekening gebracht in welke mate de potentiële voedselproductie verminderd wordt door vrijwillige of verplichte beheermaatregelen en/of –beperkingen (bijvoorbeeld biologische landbouw, vrijwillige beheerovereenkomsten, mestbeperkingen) en door niet-voedselgebruik (paardenweiden, energieteelt, sierteelt). Bij de huidige actuele voedselaanbodkaarten is biologische landbouw niet opgenomen omdat het INBO de GIS-kaart met biologische landbouw niet ter beschikking had. Maar gezien er slechts 5000 ha biologisch landbouw is, zal het ingeschatte actuele aanbod slechts een lichte overschatting zijn.

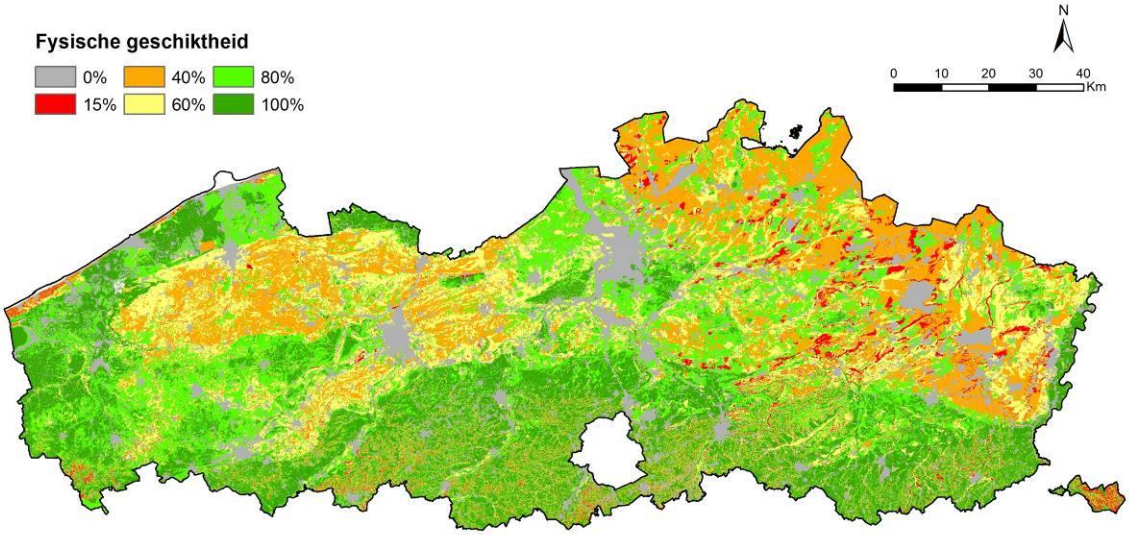
Voor een gedetailleerde beschrijving van de procedure om de aanbodkaarten te maken wordt er verwezen naar bijlage 2 (fysische geschiktheid), bijlage 3 (potentieel aanbod) en bijlage 4 (actueel aanbod).

3.2.1 Fysische geschiktheid

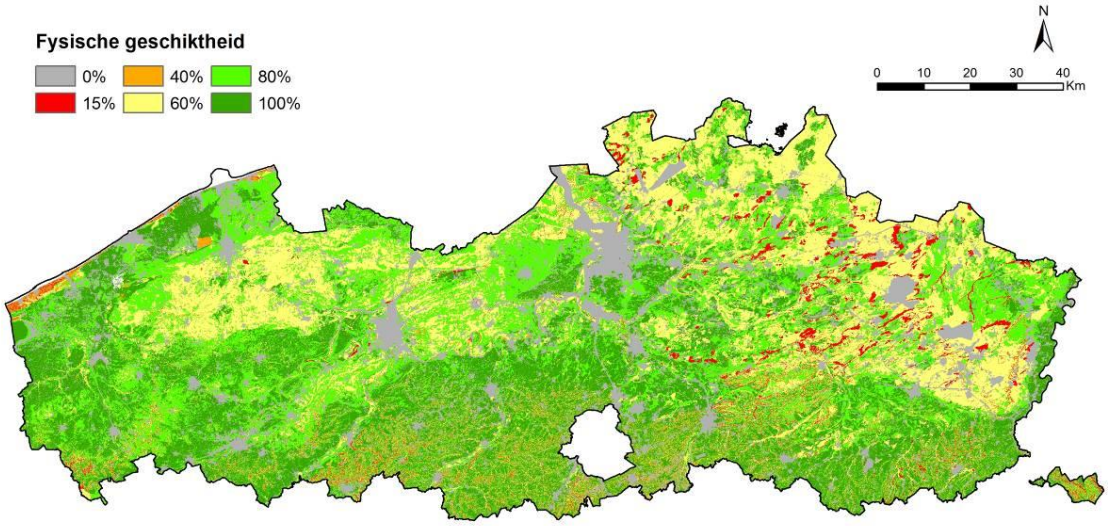
De fysische geschiktheidskaart voor akker, gras, groenten en fruit worden respectievelijk weergegeven in Figuur 5, Figuur 6, Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9 (voor de berekeningsmethode zie bijlage 2). Uit deze figuren blijkt dat de polders, de West-Vlaamse Heuvelstreek, de Vlaamse Ardennen, Groene Gordel, Hageland, Haspengouw, het noordelijk gedeelte van het Meetjesland en het zuidelijk deel van Scheldeland en Leiestreek voor 1 of meerdere van de gewasgroepen fysisch (zeer) geschikt zijn. Vlaanderen is hierbij in afnemende mate fysisch geschikt voor gras (71%), maïs (64%), fruit (57%), akker (50%) en groenten (31%) (Tabel 10).

Tabel 10. *De distributie van de fysische geschiktheden over de landbouwgeschiktheidsklassen (tot. gekarteerde oppervlakte= 980.000 ha)*

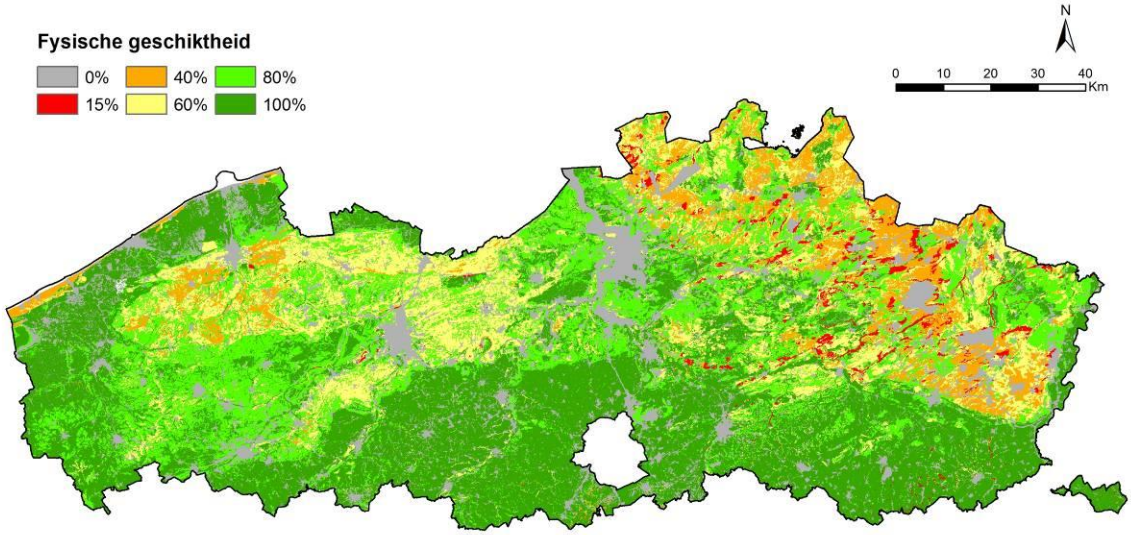
	>90%	75-90%	55-75%	30-55%	0-30%
Akker	23,45	26,24	23,38	23,06	3,87
Maïs	29,97	31,52	30,65	4,35	3,51
Gras	44,48	26,72	18,41	8,56	1,83
Groenten	10,06	24,13	34,38	24,01	10,13
Fruit	30,67	26,11	24,71	16,66	1,84



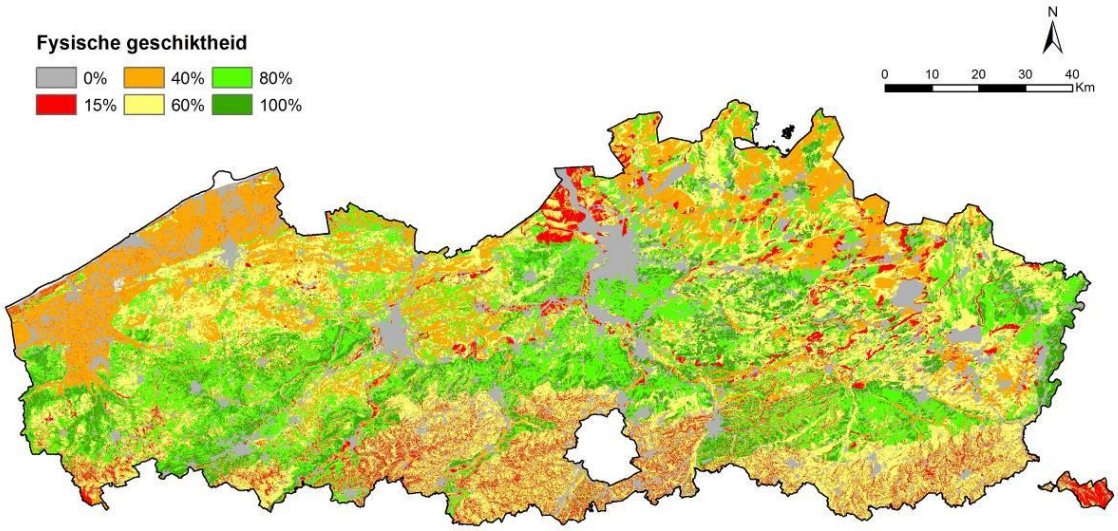
Figuur 5. *De fysische geschiktheid voor akkerbouw (bieten, aardappelen, graan, etc)*



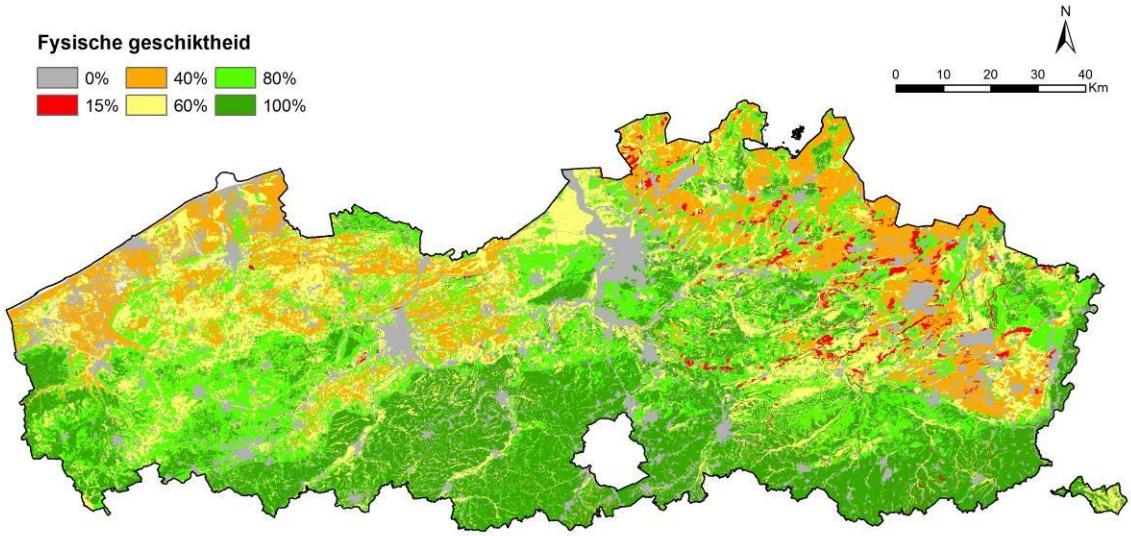
Figuur 6. *De fysische geschiktheid voor maïs*



Figuur 7. *Fysische geschiktheid voor gras*



Figuur 8. *Fysische geschiktheid voor groenten*



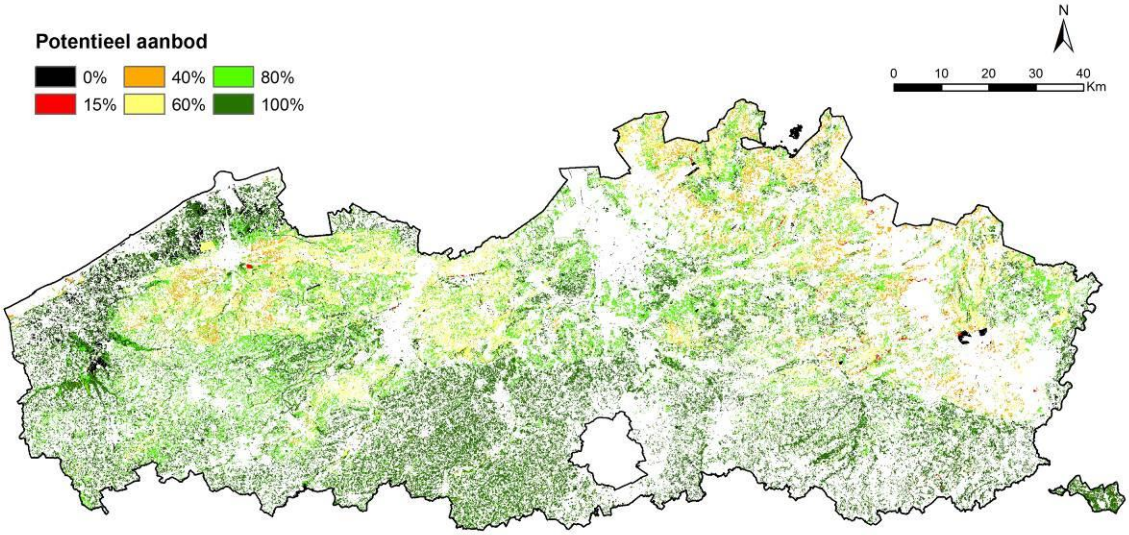
Figuur 9. *Fysische geschiktheid voor fruit*

3.2.2 Potentieel aanbod

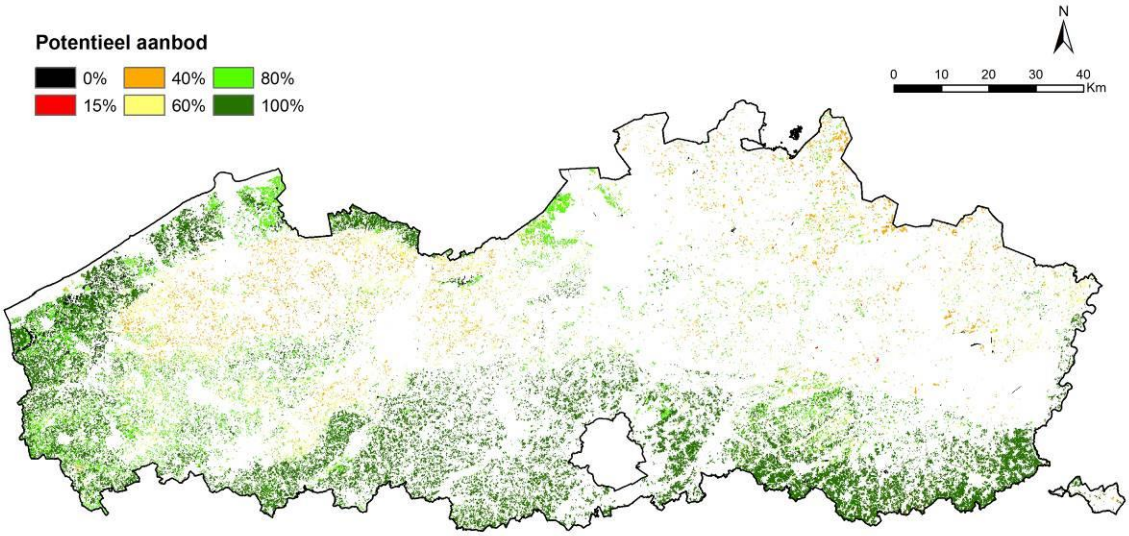
Het potentieel aanbod voor gras, akker, maïs, groenten en fruit wordt resp. weergegeven in Figuur 10, Figuur 11, Figuur 12, Figuur 13 en Figuur 14 (voor de berekeningsmethode zie bijlage 3). Uit deze kaarten blijkt dat landbouwers meestal de meest geschikte gronden voor een specifieke teelt kiezen. Uit Tabel 11 blijkt dat 70% van de landbouwteelten op geschikte tot zeer geschikte gronden gelegen zijn. Groenten is de teelt met het grootste aandeel in de matig geschikte klasse, maar dit kan te wijten zijn aan het feit dat we hiervoor de landbouwgeschiktheden van intensieve groenteteelt hebben geselecteerd.

Tabel 11. *De distributie van het potentieel aanbod over de herwerkte landbouwgeschiktheidsklassen*

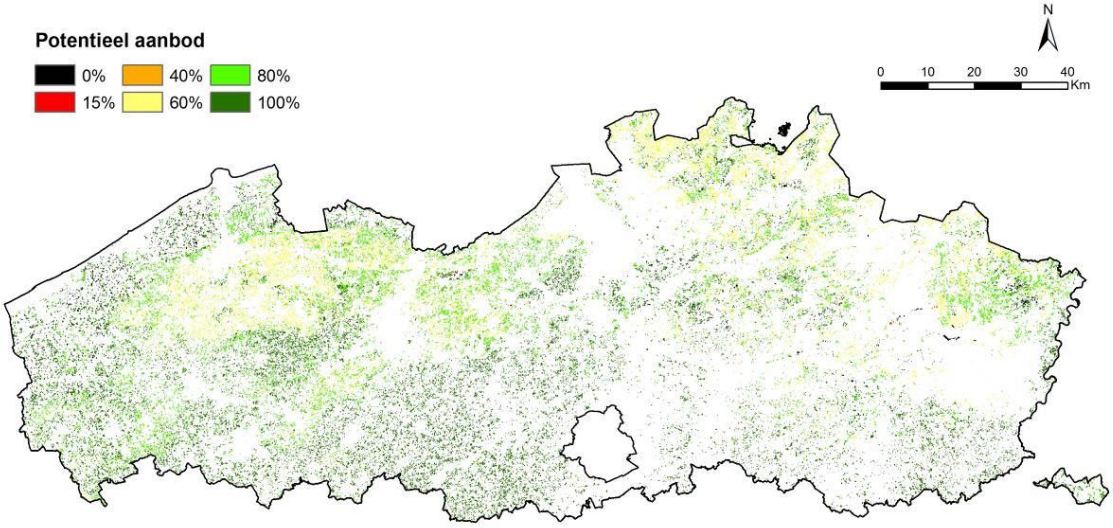
	90-100%	75-90%	55-75%	30-55%	0-30%
Gras	44,03	29,22	20,19	5,94	0,62
Akker	56,31	22,71	11,85	8,92	0,22
Maïs	39,63	33,33	26,74	0,13	0,17
Groenten	18,94	34,29	35,5	10,42	0,85
Fruit	62,16	26,87	7,85	2,79	0,33
Tot	45,51	28,76	20,07	5,27	0,39



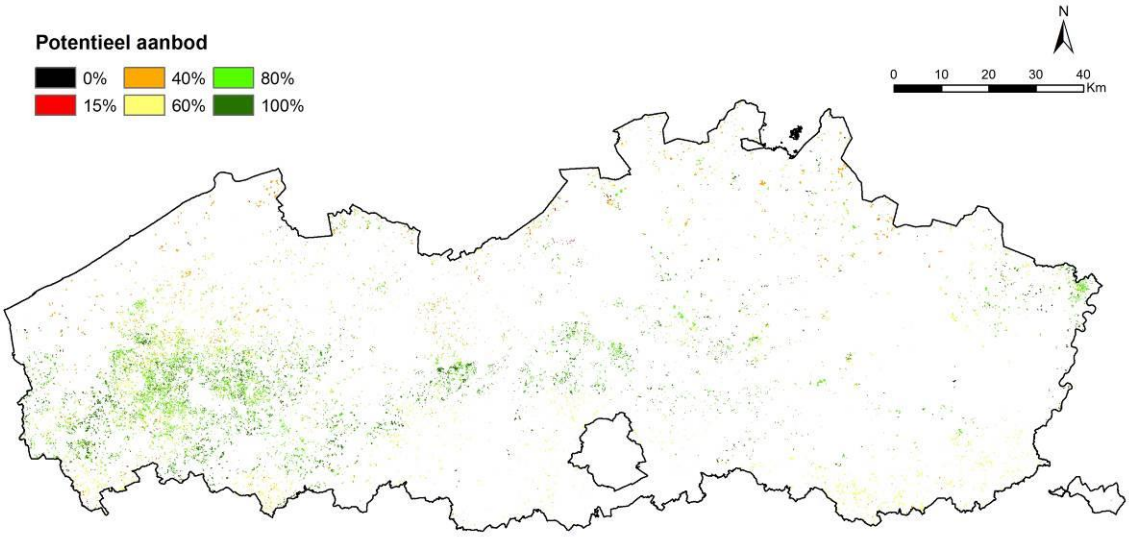
Figuur 10. *Potentieel aanbod gras*



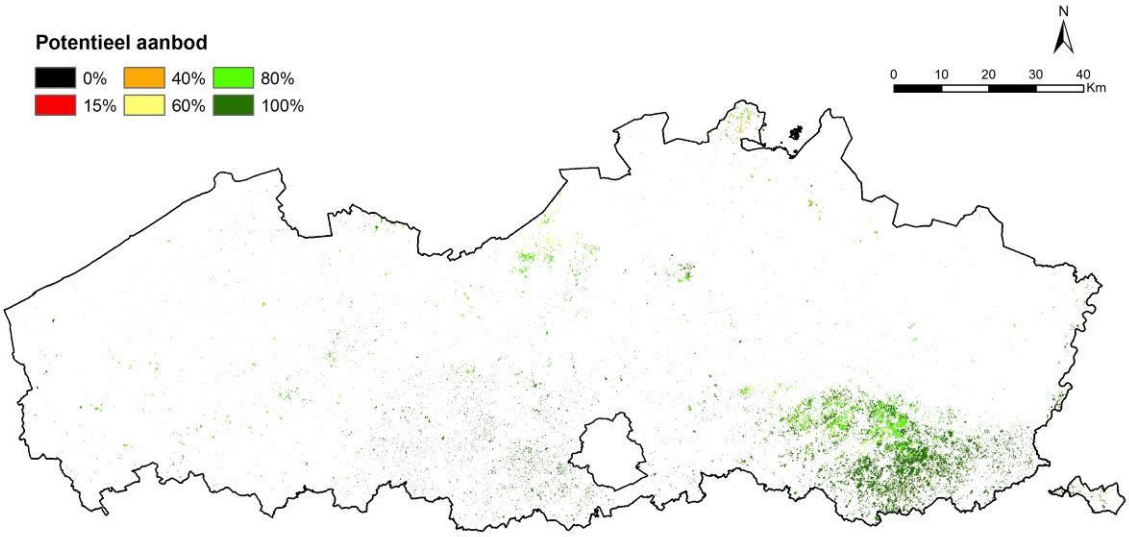
Figuur 11. *Potentieel aanbod akkerbouw*



Figuur 12. *Potentieel aanbod maïs*



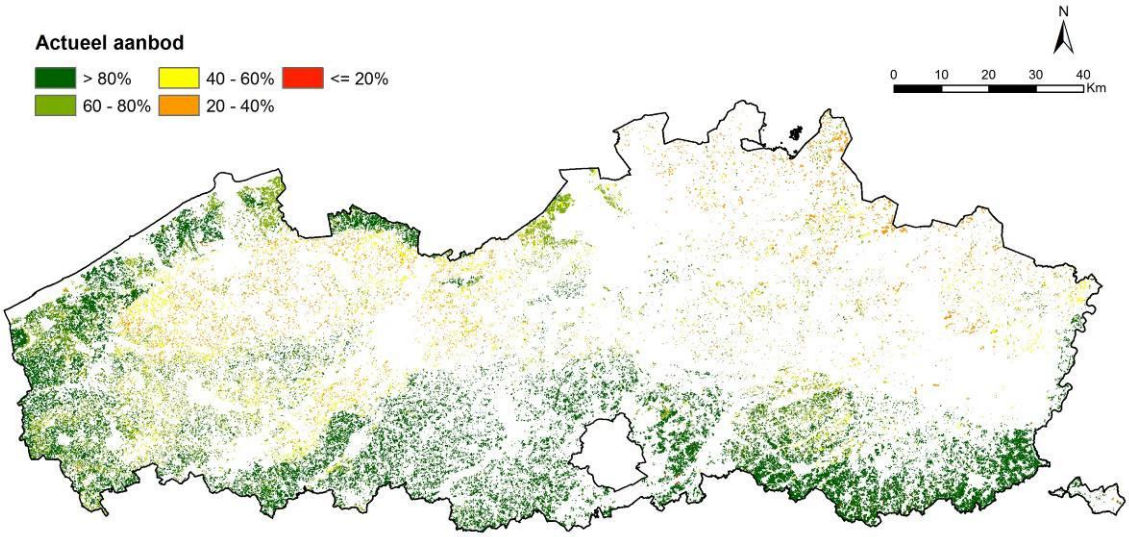
Figuur 13. *Potentieel aanbod groenten*



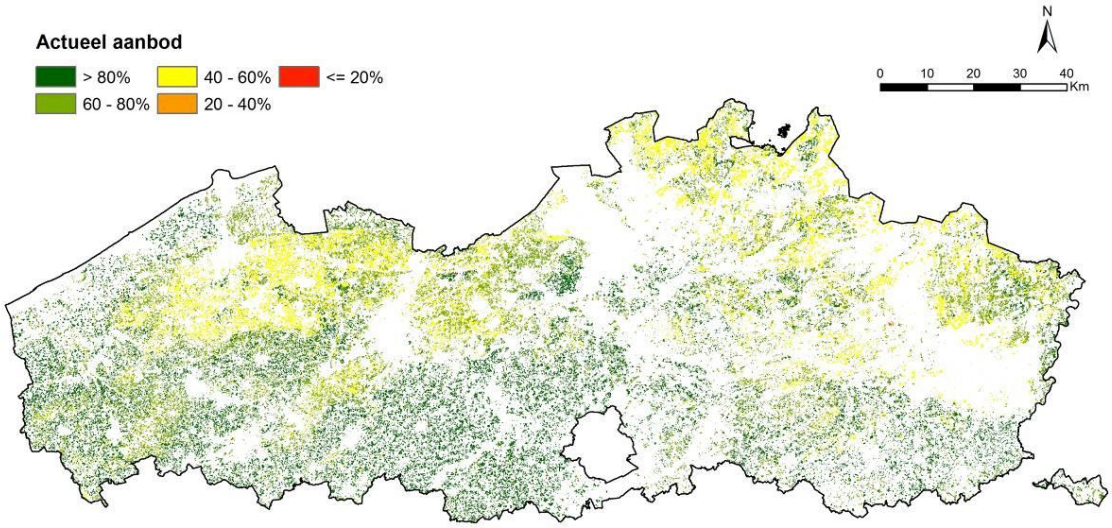
Figuur 14. *Potentieel aanbod fruit*

3.2.3 Actueel aanbod

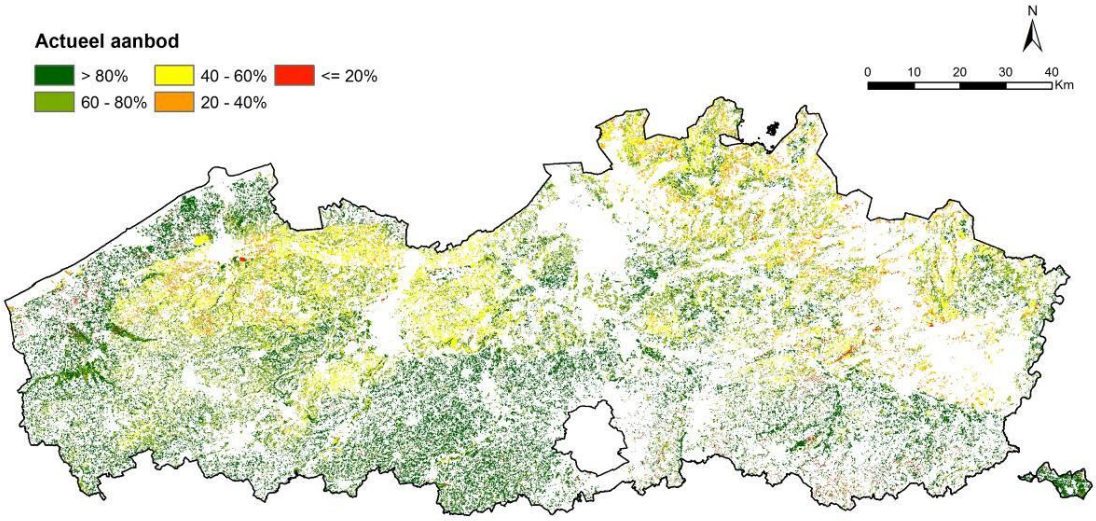
Het actueel aanbod voor akker, maïs, gras, groenten en fruit wordt resp. weergegeven in Figuur 15, Figuur 16, Figuur 17, Figuur 18 en Figuur 19 (voor de berekeningsmethode zie bijlage 4).



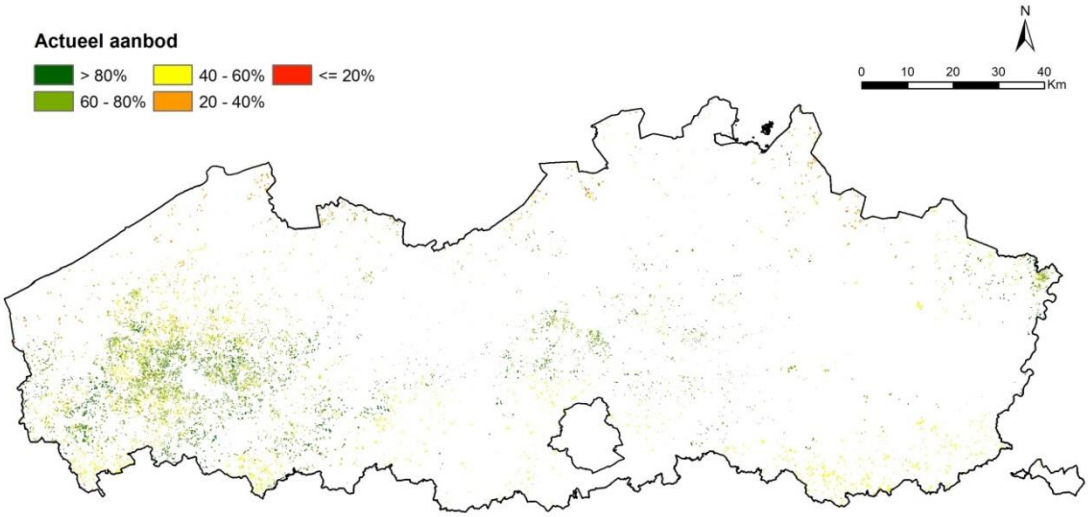
Figuur 15. *Actueel aanbod akker*



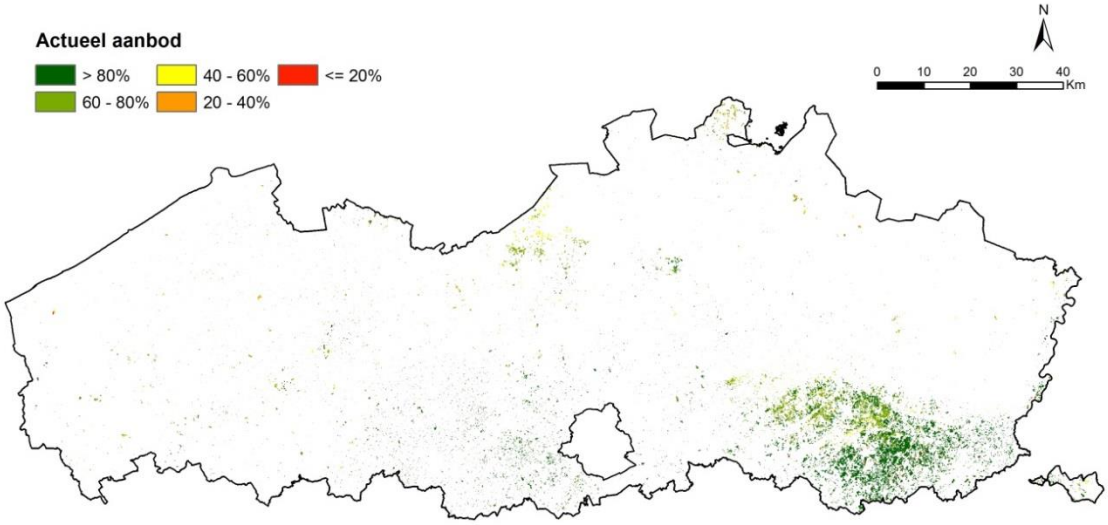
Figuur 16. *Actueel aanbod maïs*



Figuur 17. *Actueel aanbod gras*



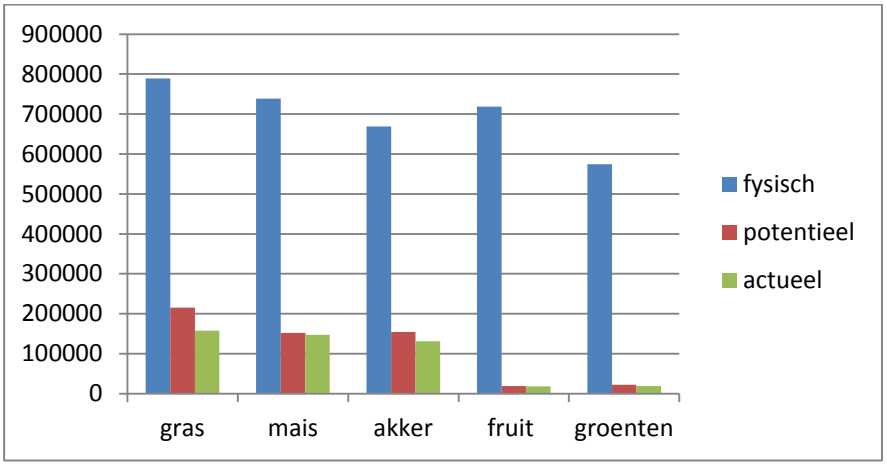
Figuur 18. *Actueel aanbod groenten*



Figuur 19. *Actueel aanbod fruit*

3.2.4 Conclusie

In Figuur 20 wordt nagegaan in welke mate het fysisch potentieel effectief gebruikt wordt om een potentieel en een actueel aanbod te realiseren. Dit is bij het potentieel aanbod vooral hoog voor de gewasgroep gras (27%), akker (23%) en maïs (21%) en laag bij groenten (3,9%) en fruit (2,6%). Het actueel aanbod vermindert door vrijwillige en verplichte beheerbeperkingen en door niet-voedingstoepassingen (bv. paardenweiden bij gras, sierteelt bij groenten) met 26% bij gras, 15% bij akker en bij groenten (door sierteelt), 3% bij maïs en 2% bij fruit.



Figuur 20. *De mate dat het fysisch potentieel van een gewasgroep gebruikt wordt om een aanbod te realiseren*

3.3 Trend in aanbod

Om de trend in aanbod in te schatten dient er nagegaan te worden of de gemiddelde opbrengst per hectare per gewasgroep veranderd is en dient de oppervlakteverandering per gewasgroep bepaald te worden. Deze gegevens zijn voor de periode 1990-2011 enkel beschikbaar via de FOD Economie (15 mei-telling voor 1990-2007 en 15-mei-enquête voor 2008-2011 voor de oppervlakte per teeltgroep en opbrengstramingen voor de gewasopbrengst). De gegevens van de 15 mei-telling blijken steeds lager te zijn dan de gegevens van de verzamelaanvraag (EPR). Bijvoorbeeld in 2011 was er 665.500 ha volgens de EPR en maar 617.092 ha volgens de 15 mei-telling. De 15-mei telling richt zich enkel op de beroepslandbouw, terwijl bij de EPR ook hobbylandbouw wordt aangegeven. Daarnaast is de EPR vollediger dan de 15 mei-tellingen. Ten slotte gaven sommige landbouwexperts aan dat de registratie van de beroepslandbouw in 2011 meer volledig is dan in 1990 en dat de oppervlakte in 1990 en 2011 waarschijnlijk weinig verschillen. Daarom hebben we de landbouwdata in 1990 gecorrigeerd voor deze 'waarschijnlijke onderschatting' door de totale landbouwoppervlakte gelijk te stellen met de oppervlakte in 2011. Uit de gecorrigeerde 15 mei-tellingen (Tabel 12) blijkt dat vooral maïs (+89%), nijverheidsgewassen (+85%) en overige voedergewassen (+115%) sterk toegenomen zijn in oppervlakte, terwijl granen (-37%), bieten (-48%) en grasland (-18%) achteruitgingen. Daarnaast vertonen de opbrengsten per ha van de meeste teelten nog steeds een stijgende tendens in België (Tabel 13). Voor granen komt de toename op 32%[13], voor aardappelen op 38%, voor bieten op 36%, voor akkerproducten (granen, aardappelen, bieten) op 35% en voor maïs op 18%. Vergelijkbare toenames worden ook teruggevonden op EU niveau, waarbij in de periode 1990-2010 de gemiddelde gewasopbrengsten met 29% zijn toegenomen (Allen & Keegan 2013). De opbrengsttoenames zijn deels toe te wijzen aan betere gewasvariëteiten (Rijk *et al*. 2013). De opbrengsttoenames van groenten, fruit en gras zijn niet gekend. Wanneer de opbrengst- en oppervlaktetrend worden samengenomen kunnen we concluderen dat het graanaanbod gedaald is met 16% en het bietenaanbod met 29%. Daarentegen zijn het aardappelaanbod gestegen met 80% en het maïsaanbod met 123%.

[13] gewogen gemiddelde op basis van het procentueel voorkomen van een specifieke graanteelt t.o.v. de totale oppervlakte in 2011 (zie annex 1 voor de teeltoppervlakten)

Tabel 12. *Gecorrigeerde* oppervlaktetrend (ha) gewassen periode 1990-2011 voor Vlaanderen (Bron: MIRA op basis van FOD economie)*

Gewasgroepen	1990	1990 cor	2011	% verschil
Aardappelen	36.095	37.107	48.294	30
Bieten (voeder- en suikerbieten)	47.916	49.260	25.811	-48
Fruit	12.094	12.433	15.054	21
Graangewassen	119.004	122.342	77.477	-37
Grasland	252.989	260.085	212.422	-18
Maïs	93.798	96.429	182.160	89
Groenten	22.511	23.142	27.828	20
Nijverheidsgewassen	6.323	6.500	12.001	85
Overige voedergewassen	4.040	4.153	8.933	115
Serreteelten	1.774	1.824	1.787	-2
Sierteelt	3.711	3.815	5.325	40
Totaal excl. objecten en houtachtige gewassen	600.255	617.092	617.092	

* Expertveronderstelling dat landbouwoppervlakte in 1990 en 2011 dezelfde was omdat de registratie van de beroepslandbouw in 2011 meer vollediger was dan in 1990

Tabel 13. *Opbrengsttrend per ha van gewassen periode 1985-2011 voor België (Bron: eigen berekeningen op basis van data van ADSEI)*

	Raming gemiddelde opbrengst in België (in 100 kg/ha)					toename in 2006-2011 (%)			
	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2006-20011	t.o.v. 1985-1989	t.o.v. 1990-1994	t.o.v. 1995-1999	t.o.v. 2000-2004
graangewassen (korrel)									
Wintertarwe	65,7	68,4	83,0	85,0	86,6	31,8	26,7	4,4	1,9
Zomertarwe	46,0	49,2	60,6	60,1	62,0	34,8	26,0	2,4	3,2
Rogge	41,9	43,9	41,5	42,8	45,3	7,9	3,1	9,1	5,7
Spelt	46,9	49,5	59,0	63,1	68,7	46,5	38,8	16,4	8,7
Brouwgerst		57,5	64,9	60,6	61,9		7,7	-4,6	2,1
Wintergerst	62,3	62,8	75,6	77,0	82,1	31,7	30,8	8,7	6,7
Zomergerst	38,1	40,5	49,5	51,2	51,8	35,9	28,0	4,7	1,1
Haver	41,8	43,2	51,8	54,8	53,5	27,9	23,8	3,3	-2,4
Zomermengsel	41,0	41,9	44,1	45,5					
Triticale	51,7	55,2	64,3	64,8	64,8	25,3	17,2	0,7	-0,1
Aardappelen									
Vroege	226,5	245,8	373,2	404,8	389,6	72,0	58,5	4,4	-3,8
Half-vroege | Bintje	358,3	401,3	438,7	465,0	463,5	29,4	15,5	5,6	-0,3
Late | Andere	401,0	391,1	427,6	466,6	482,7	20,3	23,4	12,9	3,4
suikerbieten – knollen	533,9	587,1	638,2	671,6	759,9	42,3	29,4	19,1	13,1
Voederbieten	916,8	896,8	958,3	981,9	990,1	8,0	10,4	3,3	0,8
voedererwten (droge)	40,5	44,6	48,2	41,4	42,1	3,9	-5,7	-12,7	1,7
Koolzaad	29,9	30,9	36,9	36,0	39,7	32,8	28,5	7,5	10,3
hop - droge bellen	16,9	18,4	22,4	18,9	17,7	4,5	-4,1	-21,2	-6,4
Mais									
droog geoogst maïs (korrel)	74,9	81,5	92,8	107,5	114,6	53,1	40,6	23,4	6,6
Melkrijpe maïs	471,3	479,3	455,0	480,8	465,9	-1,2	-2,8	2,4	-3,1

3.4 Toestand en trend van de vraag

Sylvie Danckaert (Afdeling Monitoring & Studie, Departement Landbouw & Visserij)

De Vlaamse voedselvraag wordt meestal indirect benaderd door te kijken naar de **consumptie**- of gebruiksgegevens. De meest recente gegevens zijn de Belgische Voedselconsumptiepeiling (BVCP) van de algemene populatie (15 jaar en ouder) van het Wetenschappelijk Instituut voor de Volksgezondheid in 2004 (De Vriese *et al.* 2004). Deze peiling geeft voor elk product de gemiddelde dagelijkse inname voor de algemene populatie in gram per persoon per dag weer. Door dit aantal te vermenigvuldigen met het aantal Vlamingen in 2011 (FOD Economie - ADSEI, 2011) en het aantal dagen per jaar (365) bekomen we de totale voedselconsumptie in Vlaanderen (Tabel 14). Hierbij werden de min 15-jarigen gelijkgesteld met de algemene populatie omdat er over deze groep geen gegevens beschikbaar zijn. Dit betekent dat de consumptiecijfers een overschatting zijn, aangezien in 2011 16% van de bevolking is jonger dan 15 jaar en deze min 15 jarigen consumeren minder dan de algemene populatie.

De voedselvraag op basis van consumptie dient wel nog verhoogd te worden met **voedselverliezen**. De voedselverliezen worden voor Europa (inclusief Rusland) geschat op 720 kcal/inwoner/dag en dit komt op jaarbasis en per inwoner overeen met een verlies van 18 m³ water, 334 m² landbouwgrond en 3,9 kg meststof (Kummu *et al.* 2012). Vergeleken met de gecorrigeerde[14] gemiddelde consumptie van 2268 kcal bij Belgen van 15 en ouder, komt dit overeen met een toename van de vraag met 32%. Indien de verliezen (voor Europa vooral deze van consumenten) zouden teruggebracht tot de laagste verliespercentages die op wereldschaal voorkomen, dan zou het verlies in Europa beperkt worden tot 266 kcal/inwoner/dag, dus een reductie van 63% waardoor de vraagtoename slechts 12% zou zijn. Hiermee samenhangend zou ook het verlies aan inputs sterk verminderd worden, zijnde een verlies van 9 m³ water, 152 m² landbouwgrond en 1,8 kg meststof (Kummu *et al.* 2012). Voor Vlaanderen werden de voedselverliezen (inclusief nevenstromen) weergegeven in Tabel 15.

Om de **trend in de vraag** correct in te schatten, is het nodig dat de gemiddelde voedingsconsumptie van de Vlaming in 1990 en nu gekend zijn en het aantal Vlamingen in 1990 en 2012. De gemiddelde voedingsconsumptie werd enkel bevraagd in 2004. Het aantal Vlamingen is wel gekend. In 1990 waren er 5,74 miljoen Vlamingen en in 2012 was dit toegenomen tot 6,351 miljoen. Dit komt overeen met een bevolkingstoename van 10,6%. Als in 1990 en 2012 de voedselconsumptie dezelfde was als deze in 2004 dan nam de consumptievraag toe met 10,6%. Voor specifieke voedingstrends (bijvoorbeeld gemaksvoeding, biologische voeding, vleesmatiging) wordt verwezen naar paragraaf 7.1.2.

[14] De personen, waarbij de gerapporteerde energie-inname extreem laag was, werden uitgesloten. Het betrof 20% van de bevraagden. De energie-inname kan laag zijn door methodologische problemen zoals een foutieve rapportering en een onderschatting van de energiewaarde in de gehanteerde voedingsmiddelentabellen en het feit dat mensen een dieet volgen of ziek waren op de dag dat ze bevraagd werden.

Tabel 14. *dagelijkse inname (g/pp/dag) en de totale voedselconsumptie in Vlaanderen (ton/jaar) (bron: AMS, De Vriese et al. 2004)*

Product(groep)	Dagelijkse inname (g/pp/dag)	Totale voedselconsumptie in Vlaanderen (ton/jaar)
Aardappelen en graanproducten (1)	295,5	680.218
- Waarvan aardappelen en aardappelproducten (2)	108,1	248.838
- Waarvan deegwaren, rijst en andere granen (3)	38,3	88.164
- Waarvan brood (4)	136,6	314.443
- Waarvan ontbijtgranen (5)	3,7	8.517
- Waarvan knäckebröd en beschuit (6)	5,4	12.430
- Waarvan meel, vlokken, bindmiddelen, deeg (=(1)-(2)-(3)-(4)-(5)-(6))	3,4	7.827
Groenten	145,2	334.239
Groentesoepen en –sappen	100,1	230.422
Fruit	121,1	278.763
Fruitsappen	56,2	129.368
Melk en calciumverrijkte sojaproducten (zonder kaas) (6)	158,9	365.776
- Waarvan melk en melkdranken (7)	87,0	200.267
- Waarvan yoghurt en pudding (8)	67,0	154.229
- Waarvan sojaproducten (= (6)-(7)-(8))*	4,9	11.279
Kaas	28,8	66.295
Vlees, vis, eieren, vleesvervangers (9)	163,0	375.213
- Waarvan vlees (10)	119,4	274.850
- Waarvan vis, schaal- en schelpdieren (11)	26,2	60.310
- Waarvan eieren (12)	11,4	26.242
- Waarvan vleesvervangers (=(9)-(10)-(11)-(12))	6,0	13.812
Smeer- en bereidingsvet	25,3	58.239
Restgroep (14)	468,0	1.077.300
- Waarvan alcoholische dranken (15)	186,7	429.769
- Waarvan sauzen (16)	30,5	70.209
- Waarvan gesuikerde dranken, koffieromen en creamers, zoete en hartige snacks (chips, gefrituurde snacks, snoep, chocolade, patisserie, koffiekoeken) ((14)-(15)-(16))*	250,8	577.322
Dranken (17) (in milliliter)	1.228,8	2.828.603
- Waarvan water (18)	621,0	1.429.494
- Waarvan koffie of thee (19)	501,7	1.154.875
- Waarvan ongesuikerde of light-frisdranken (20)	85,7	197.275
- Waarvan bouillon ((17)-(18)-(19)-(20))*	20,4	46.959
Totaal	2.790,9	6.424.436

Tabel 15. *Voedselverliezen en nevenstromen in de Vlaamse keten (bron: OVAM 2011, 2012 en Roels & Van Gijseghem 2011)*

Ketenschakel*	Raming (ton/jaar)**
Primaire sector	425.000 – 700.000
Voedingsindustrie	1.073.000
Distributie	116.000
Voedingsdiensten	166.000
Huishoudens	156.000-235.000
Totaal	1.936.000 – 2.290.000
Totaal per inwoner	0,314 – 0.372

* In de primaire productie en verwerking van voedselgrondstoffen ontstaan grote hoeveelheden nevenstromen. In de distributie, voedingsdiensten en huishoudens komt men in veel mindere mate in contact met ruwe voedselgrondstoffen, waardoor het voedselverlies en de nevenstromen, in deze sectoren van een andere aard (kleiner aandeel van de nevenstromen, meer afgewerkte producten,…) en grootteorde is.
** De gegeven cijfers zijn ramingen en dienen vooral om een grootteorde van de stroom te geven. De tonnages tonen de voedselverliezen en nevenstromen, per schakel in de keten.
*** Het totaal per capita drukt de totale stroom uit, over alle sectoren heen, per Vlaming. Het gaat dus niet enkel om het voedselverlies en nevenstromen tijdens consumptie.

3.5 Gebruik van het Vlaamse aanbod

Sylvie Danckaert (Afdeling Monitoring & Studie, Departement Landbouw & Visserij)

Om beide met elkaar te kunnen vergelijken en om de zelfvoorzieningsgraad van Vlaanderen in te schatten, kan er gebruik gemaakt worden van de voedselvoetafdruk (food footprinting). Bij deze methode wordt de voedselconsumptie omgerekend naar een ruimtebeslag. Die omrekening vertrekt in veel gevallen van een autarkisch scenario, zijnde het voorzien in de eigen voedingsbehoeften via lokale productie (zonder voedselimport). Het is belangrijk te benadrukken dat dergelijk autarkisch scenario waarschijnlijk zelf zou resulteren in veranderde voedingspatronen, alsook in andere veerassen (de huidige runderrassen zijn bijvoorbeeld aangepast aan een hoge soja-input) en gewasvariëteiten Dergelijke zaken zijn moeilijk inschatbaar en daarom word er geen rekening mee gehouden. Voor een beknopte bespreking van de methode wordt verwezen naar bijlage 5 en voor een uitvoerige bespreking naar Danckaert (2013a).

In totaal is een ruimtebeslag van 808.700 ha 'moderne' landbouw nodig om hetgeen de Vlaming aan voeding consumeert te produceren. Van dit ruimtebeslag is 28% toe te wijzen aan plantaardige voedingsmiddelen en 72% aan diervoeding. Ongeveer 21% van het ruimtebeslag bestaat uit ruwvoeder (gras en maïs). In totaal is 28% van de ruimte nodig voor de teelt van granen, waarvan 8% voor de menselijke voeding en 20% voor de dierlijke voeding. Het ruimtebeslag bedraagt 1.282 m² per inwoner. Het ruimtebeslag is groter dan het gezamenlijk potentieel en actueel aanbod (de vijf teeltgroepen gesommeerd; Tabel 16). Dit bedraagt respectievelijk 563.800 en 473.800 relatieve hectares. Er is hierbij vooral een tekort aan groenten (peulvruchten) en akkergewassen. Daarnaast is er een overaanbod aan ruwvoeder en in mindere mate fruit.

Tabel 16. *Het vergelijken van het ruimtebeslag van de consumentenvraag met het potentieel en het actueel aanbod*

Landbouwproduct	Ruimtebeslag (ha)	Potentieel aanbod (rel. ha)	Actueel aanbod (rel. ha)
Akker	**407.200**	**154.600**	**130.900**
Aardappelen	18.800	-	-
Granen (voedsel)	68.400	-	-
Granen (voeder)	158.000	-	-
Suikerbieten	10.700	-	-
Hop	700	-	-
Koolzaad (voedsel)	89.200	-	-
Chicorei	6.700	-	-
Oliehoudende gewassen (voeder)	54.700	-	-
Ruwvoeder (gras en maïs)	**171.800**	**367.700**	**305.000**
Groenten	**217.400**	**22.600**	**19.200**
Groenten (voedsel)	15.900	-	-
Peulvruchten (voeder)	201.500	-	-
Fruit	**11.500**	**18.900**	**18.600**
Kruiden	800	-	-

4 Menselijk welzijn

Het belang van voedselproductie voor menselijk welzijn kan moeilijk worden onderschat. Het is (Wood & Ehui 2005; Cassman & Wood, 2005):

- een basisvoorwaarde voor ons leven en gezondheid,
- het eten zelf is een culturele activiteit en creëert sociale samenhang,
- het verschaft de producenten, maar ook de verwerkers en de distributeurs werk en een inkomen,
- het productieproces kan directe gezondheidseffecten veroorzaken zowel voor de producenten als de consumenten: zowel negatief, zoals het gebruik van pesticiden, aan de mens overdraagbare ziektes van het vee en door landbouw veroorzaakte lucht- en watervervuiling, als positief, zoals het werken in de buitenlucht, sociale contacten tijdens het samen oogsten op een zelfplukboerderij, het gevoel te hebben dat je ergens toe bijdraagt (bijvoorbeeld zorgcliënt op een zorgboerderij) en het leuke gevoel om zelf groenten en fruit te kweken (bijvoorbeeld moestuinen),
- de akkers, fruitboomgaarden en weiden hebben een recreatieve waarde (bijvoorbeeld bloesems), maar de waardering door recreanten kan beïnvloed worden door het productieproces (bijvoorbeeld het uitrijden van mest, het spuiten van pesticiden).

In deze paragraaf zal er gefocust worden op voedsel als basisbehoefte (inclusief voedselveiligheid), als bron van inkomen en tewerkstelling, op de gezondheidseffecten van het productieproces (landbouwer, zorgcliënt) en op de sociale cohesie waartoe voedselproductie kan bijdragen. De welzijnseffecten van het productieproces ten gevolge van water- en luchtvervuiling worden respectievelijk behandeld in de ESD hoofdstuk 25 regulatie van waterkwaliteit en ESD hoofdstuk 19 regulatie van luchtkwaliteit. De welzijnseffecten van recreatie in het culturele landschap worden behandeld in het ESD hoofdstuk 26 groene ruimte voor buitenactiviteiten. In §8 zal er wel worden ingegaan hoe voedselproductie deze ESD's beïnvloedt.

4.1 Voedsel als basisvoorwaarde voor ons leven en gezondheid

Het invullen van deze basisvoorwaarde vereist dat er voldoende (bijvoorbeeld qua calorieën, eiwitten, micronutriënten) en gezond voedsel (bijvoorbeeld fruit met geen/weinig pesticidenresiduen) beschikbaar is in een land/regio door eigen productie of import, dat de consumenten toegang dat dit voedsel hebben (bijvoorbeeld voldoende inkomen om dit voedsel te betalen) en dat dit voedsel op een gezonde manier kan en wordt gebruikt (bijvoorbeeld een inname van de verschillende voedingscomponenten uit de voedingsdriehoek, een gezonde bereiding, toegang tot drinkbaar water) (Richardson 2010). Het schatten van de diverse componenten van dit welzijnseffect is in principe mogelijk, maar niet voor alle componenten bestaan er empirische gegevens.

De eerste component *voldoende en veilig voedsel* zou voor het onderdeel voldoende kunnen benaderd worden als de vergelijking van de consumentenvraag conform de aanbevelingen van de voedingsdriehoek met het aanbod (zowel door lokale productie als import). Het voldoende aanbod is niet direct een probleem in Vlaanderen (VMM 2012). Daarnaast is de aangeboden voeding grotendeels ook veilig voor de consument. De veiligheid van onze voeding wordt opgevolgd door de voedselveiligheidsbarometer[15], zijnde de chemische, fysische en microbiologische gevaren in de

[15] De voedselveiligheidsbarometer bestaat uit een korf van 30 zorgvuldig gekozen, meetbare indicatoren die samen de toestand van de voedselveiligheid in kaart brengen (http://www.favv.be/). De indicatoren omvatten alle schakels van de voedselketen, nl. van toeleveranciers tot consument, en dit zowel voor de Belgische productie als voor de import. Zowel controles van producten (op aanwezigheid van chemische en biologische gevaren) als controles van processen (inspecties en audits) zijn opgenomen in de korf. Ook de preventieve aanpak (autocontrole, meldingsplicht, traceerbaarheid) en voedseltoxi-infecties zitten vervat in de barometer.

voeding. De voedselveiligheidsbarometer is sinds zijn ontstaan enkel maar gestegen, zijnde +0.1% (2007/2008), +11,3% (2008/2009), +3,7 (2009/2010) en 1,8% (2010/2011). Desondanks was zowel in 2010 als in 2011 een opvallende toename van het aantal personen getroffen door een collectieve voedseltoxi-infectie. Samenvattend het aanbod is voldoende en meestal voldoende veilig voor onze gezondheid.

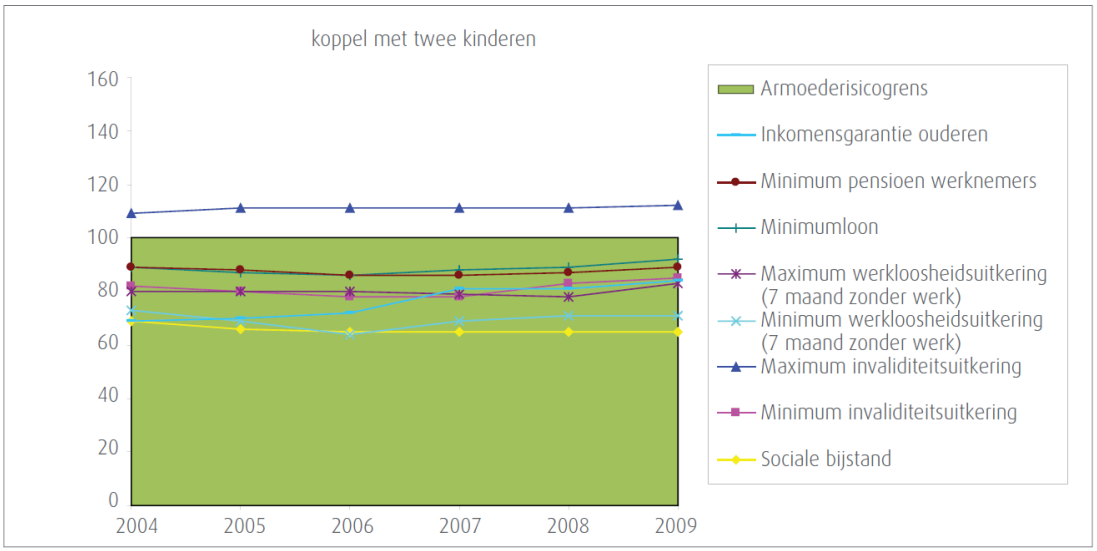
De tweede component *het kunnen beschikken over voedsel* is een moeilijker in te schatten. Enerzijds wordt naar voor geschoven dat het aandeel dat naar voeding gaat in het gezinsbudget de voorbije 30 jaar sterk gedaald is, van 22% in 1979 naar 15% in 2009 (http://www.centrumvoorsociaalbeleid.be/, niveau België). Als er een verband is tussen inkomen en dit aandeel dan hebben we een goede indicator om het beschikken over voedsel te kunnen meten. Maar het inkomen blijkt geen verband te hebben met het aandeel van het gezinsbudget dat aan voeding gespendeerd wordt (Tabel 17). Bovendien lijkt het aantal mensen dat honger heeft, op te lopen (VMM 2012). Het aantal mensen dat beroep doet op hulporganisaties omdat ze in armoede leven, blijft stijgen (VMM 2012). Die organisaties melden dat daarbij een opmerkelijke verschuiving optreedt: het aandeel Belgen is gestegen tot 50% (voorheen waren het vooral niet Belgen die een beroep deden op deze organisaties) (Van den Broek 2011). Dus het aandeel van het gezinsbudget dat aan voeding wordt gespendeerd, is geen goede indicator.

Tabel 17. *Het voedingsaandeel in de totale uitgave in functie van het inkomen in Vlaanderen (bron: huishoudbudgetonderzoek, Vlaamse cijfers zijn iets lager dan de Belgische cijfers)*

	gem 1999-2010	2000	2005	2010
20% laagste inkomen	12,5	12,1	12,2	12,5
Middengroep	12,5	12,2	12,4	12,1
20% hoogste inkomens	11,3	10,7	11,4	11,8

Een andere potentiële indicator is het aantal mensen dat een vrij besteedbaar inkomen heeft beneden de armoedegrens. De armoedegrens is het inkomensniveau waarop huishoudens in staat worden geacht in hun minimale behoeften (bijvoorbeeld voeding, kledij, huisvesting, etc.) te voorzien, of, anders gezegd, de kosten kunnen dragen van een minimaal consumptiepatroon (Storms & Van den Bosch 2009). Dit budget is afhankelijk van de gezinssituatie (bijvoorbeeld aantal kinderen en leeftijd kinderen) en de sociale voordelen (bijvoorbeeld het al dan niet beschikken over een sociale woning). Het minimaal noodzakelijk budget is niet haalbaar voor mensen met leefloon, in nagenoeg alle gezinssituaties en zelfs indien ze genieten van alle sociale voordelen (Storms & Van den Bosch 2009). Het is ook niet steeds mogelijk voor werklozen en mensen met een laag inkomen (Figuur 21). Het aantal mensen beneden de armoedegrens wordt in België geschat op 14,7% in 2008 en 15,3% in 2011 (IFRC 2013) en in Vlaanderen op 15% in 2010 (wel inclusief sociale uitsluiting) (Bral 2013). Deze indicator werd geselecteerd omdat het beter lijkt aan te geven dat ook in Vlaanderen mensen soms onvoldoende toegang hebben tot voedsel. Deze toegang wordt wel verbeterd door onder andere voedselbanken en sociale restaurants.

Omdat de impact van deze 30 indicatoren op de voedselveiligheid verschillend is, werd hun relatief belang gewogen door verschillende stakeholders van de voedselketen, nl. de risicomanagers, het Raadgevend Comité (waaronder vertegenwoordigers van andere overheden, en van de verschillende sector- en consumentenorganisaties) en het Wetenschappelijk Comité van het FAVV. Zo bijvoorbeeld kregen indicatoren die te maken hebben met inspecties een hoger gewicht toegekend dan indicatoren die verband houden met, bijvoorbeeld, acrylamide of Salmonella bij vleesvarkens of leghennen. Op basis van de resultaten van de voedselveiligheidsindicatoren en de weging van het onderling belang van deze indicatoren kan aldus een voedselveiligheidsbarometer opgesteld worden. Deze meet op jaarbasis de toestand van de voedselveiligheid in België en dit ten opzichte van een voorgaand jaar. Het resultaat van de barometer dient te worden uitgedrukt als een vergelijking van de toestand met een voorgaand jaar omdat de veiligheid van voedsel moeilijk in absolute cijfers uit te drukken is. De voedselveiligheid hangt namelijk onder meer af van normen of actielimieten die het beleid hanteert en die kunnen evolueren.



Figuur 21. *Netto minimum- en maximumuitkering als percentage van de armoederisicogrens voor koppels met twee kinderen (inclusief gezinstoelagen) (FOD sociale zekerheid 2009) (Bronnen:2003-2004-2005-2006: ADSEI (EU-SILC armoedegrens) en FOD Sociale Zekerheid (uitkeringen)- 2008-2009: FOD Sociale Zekerheid, MIMOSIS)*

De laatste parameter het gezond gebruik van voeding kan dankzij de voedingsconsumtiepeiling deels worden opgevolgd, zijnde voor de vergelijking t.o.v. de voedingsdriehoek (wel zonder trends, er is nog maar 1 maal gemeten) maar niet voor de vergelijking van de feitelijke bereiding met een gezonde bereiding. Uit de peiling blijkt dat de Vlaming te weinig dranken, graanproducten, groenten, fruit en melkproducten inneemt en te veel vlees en restproducten (Tabel 18). Bovendien kende in 2008 43,7% van de volwassen Vlamingen (>18 jaar) overgewicht en 13,7% is zelfs zwaarlijvig (BMI>30) (Drieskens 2010). In 1997 was dit nog respectievelijk 39,3 en 9,6%. De gemiddelde BMI van de Vlaming bedraagt 25, wat overeenkomt met de grenswaarde tussen normaal gewicht en overgewicht. Omdat de indicatoren 'aantal Vlamingen met overgewicht en zwaarlijvigheid' met een hogere frequentie worden opgevolgd dan de voedselconsumptiepeiling worden deze indicatoren geselecteerd om het ongezond gebruik van voeding op te volgen.

Overgewicht en vooral zwaarlijvigheid kunnen tot aanzienlijke gezondheidskosten leiden. In een masterscriptie kwam De Jonghe (2009) bij zwaarlijvige personen tot een jaarlijks gemiddelde medische kost van 4.378 euro per persoon, waarvan 822 euro voor contacten met hulpverleners, 3200 euro voor institutionele zorgen (ziekenhuisopname) en 300 euro voor medicatiegebruik. In vergelijking met de gemiddelde Vlaming is dit een gemiddelde jaarlijkse extra kost van 295 euro per persoon voor de hulpverleningskost en 2.629 euro per persoon voor de ziekenhuisopname. Op basis van de gegevens van De Jonghe (2009) maken de gezondheidskosten van zwaarlijvige personen 42% van de totale gezondheidskost uit[16].

[16] 13,7% is zwaarlijving en op 100 personen geeft dit een kost van 13,7/100*(822+3200+300)=592 euro, die 100 personen hebben een kost van (822-295+3200-2629+300-0)=1398 euro; 592/1398=0,42

Tabel 18. *dagelijkse inname in Vlaanderen versus de aanbevolen inname (bron: De Vriese et al. 2004)*

Product(groep)	Dagelijkse inname (g/pp/dag)	Aanbevolen inname (g/pp/dag)
Aardappelen en graanproducten (1)	295,5	
- Waarvan aardappelen en aardappelproducten (2)	108,1	210-350 (aardappel) of 60-100 (rijst-deegwaren)
- Waarvan deegwaren, rijst en andere granen (3)	38,3	
- Waarvan brood (4)	136,6	175-420
- Waarvan ontbijtgranen (5)	3,7	
- Waarvan knäckebröd en beschuit (6)	5,4	
- Waarvan meel, vlokken, bindmiddelen, deeg (=(1)-(2)-(3)-(4)-(5)-(6))	3,4	
Groenten	145,2	350
Groentesoepen en –sappen	100,1	
Fruit	121,1	250-375
Fruitsappen	56,2	
Melk en calciumverrijkte sojaproducten (zonder kaas) (6)	158,9	450-600
Kaas	28,8	20-40
Vlees, vis, eieren, vleesvervangers (9)	163,0	75-100
- Waarvan vlees (10)	119,4	
- Waarvan vis, schaal- en schelpdieren (11)	26,2	30
- Waarvan eieren (12)	11,4	
- Waarvan vleesvervangers (=(9)-(10)-(11)-(12))	6,0	
Smeer- en bereidingsvet	25,3	
Restgroep (14)	468,0	Niet nodig
Dranken (17) (in milliliter)	1.228,8	1.500
Totaal	2.790,9	

Bron: Belgische Voedselconsumptiepeiling (De Vriese, Huybrechts, Moreau, & Van Oyen, 2004)

In Tabel 19 worden de geselecteerde indicatoren weergegeven om het welzijnseffect 'basisbehoefte voedsel voor ons leven en gezondheid' op te volgen.

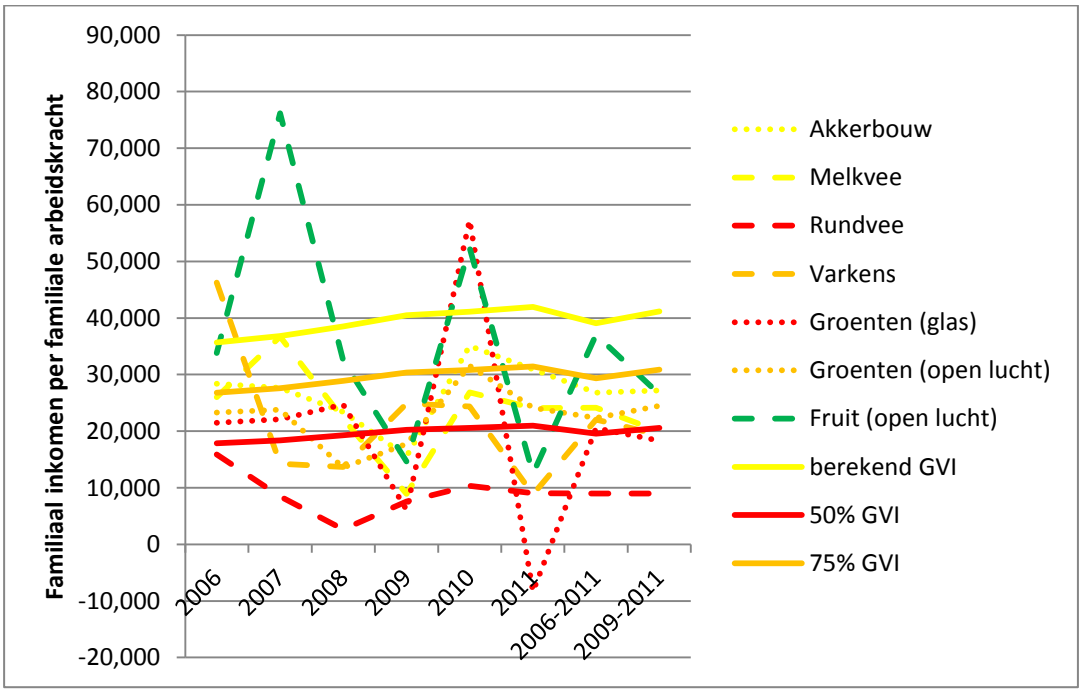
Tabel 19. *Indicatoren voor het welzijnseffect 'basisbehoefte voedsel voor ons leven en gezondheid'*

Deelaspect	Indicator
Voldoende en veilig voedsel	Voedselveiligheidsbarometer
Het kunnen beschikken over voedsel	% Vlamingen met inkomen groter dan de gezinsspecifieke armoederisicogrens
Het gezond gebruik van voedsel	% Vlamingen die geen overgewicht hebben (ondergrens) % Vlamingen die niet zwaarlijvig zijn (bovengrens)

4.2 Inkomen landbouwer

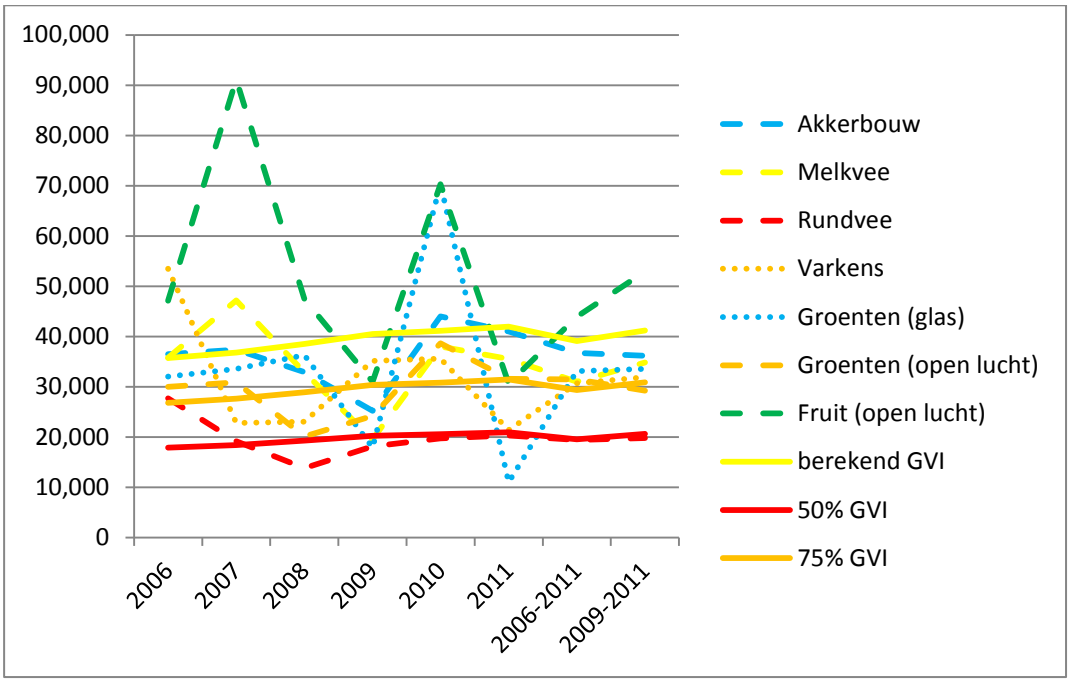
Dit inkomen kan benaderd worden door twee indicatoren, het familiaal arbeidsinkomen en het bedrijfsinkomen, beide per familiale arbeiderskracht (FAK) en beide meten het bruto-inkomen. Het familiale arbeidsinkomen wordt verkregen door van de totale opbrengsten alle operationele en structurele kosten, behalve het toegerekend loon van de familiale arbeidskrachten, in mindering te brengen. Het is de vergoeding van alle familiale arbeid (inclusief arbeid bedrijfsleider) vermeerderd

met het netto bedrijfsresultaat. Het bedrijfsinkomen omvat naast de vergoeding voor de familiale arbeid en het ondernemerschap ook de vergoeding voor de inbreng van eigen kapitaal van de ondernemer. Deze indicatoren worden respectievelijk weergegeven in Figuur 22 en Figuur 23. Uit deze figuren blijkt dat het familiaal arbeidsinkomen per familiale arbeiderskracht niet zo hoog is. In een aantal gevallen zit het zelfs onder het leefloon voor een alleenstaande (in 2009: €10.620) en meestal onder het aangenomen gewestelijk vergelijkbaar inkomen[17] (in 2009: €40.500). Het valt hierbij eerder onder de lage lonen (50-75% van dit gewestelijk vergelijkbaar inkomen; €20.250-30.375). Eén van de redenen dat het inkomen relatief laag is, is de prijsdruk die het beperkt aantal retailers en verwerkende bedrijven uitoefenen op het groter aantal landbouwbedrijven. Deze druk is soms zelfs zo groot dat landbouwers hun producten onder de kostprijs verkopen (Tischner & Kjærnes 2010). Het is dan ook niet verrassend dat landbouwers weinig tevreden zijn over hun inkomen (Van Buggenhout 2013). Daarnaast zijn verschillende landbouwspecialisaties sterk afhankelijk van subsidies voor hun bedrijfsinkomen (Bernaerts et al. 2012) (Tabel 20). Dit inkomen zou dus zonder subsidies nog veel lager zijn. Ten slotte, zijn de verschillen tussen de landbouwbedrijven groot. Tabel 20 geeft de financiële opbrengsten per hectare voor diverse teelten voor het 25%, 50% en 75% percentiel. Tabel 21 geeft de benodigde oppervlakte om op basis van de teeltopbrengsten van tabel 21 te komen tot een vergelijkbaar inkomen als een loontrekkenden. Een akkerbouwer heeft minimaal 25 hectare nodig om dit doel te bereiken. Hierbij dient de landbouwer wel bij de 25% best presterende akkerbedrijven te behoren en subsidies te krijgen van de overheid. Dit stijgt tot 34 ha wanneer de subsidies wegvallen of tot 39 ha wanneer de landbouwer tot het mediaanbedrijf behoort. Bij het mediaanbedrijf zonder subsidies is reeds 65 ha nodig. Ter vergelijking een gemiddeld akkerbouwbedrijf is 17 ha groot. De 5% grootste akkerbouwbedrijven zijn 52 ha groot (Vuylsteke *et al*. 2014)



Figuur 22. *Familiaal arbeidsinkomen (€) per familiale arbeiderskracht voor verschillende landbouwspecialisaties in 2006-2011 (bron: AMS)*

[17] Het vergelijkbaar inkomen (GVI) vertegenwoordigt het gemiddeld bruto salaris van alle loontrekkenden in Vlaanderen. Het wordt verkregen door de verhouding te nemen van de totale loonmassa die in Vlaanderen wordt betaald en het globale aantal loontrekkenden, omgerekend naar voltijdse arbeidskrachten.



Figuur 23. *Bedrijfsinkomen (€) per familiale arbeiderskracht voor verschillende landbouwspecialisaties in 2006-2011 (bron:AMS)*

Tabel 20. *Aandeel van de rechtsteekse steun in het bedrijfsinkomen volgens bedrijfstype 2008-2010 (bron: Departement landbouw & Visserij; Bernaerts et al. 2012)*

	Aantal bedrijven	Bedrijfsinkomen (€)	Rechtstreekse steun pijler 1 (€)	Subsidie-afhankelijkheid (%)
Akkerbouw	1.674	49.935	17.599	35
Melkvee	3.598	52.461	19.004	36
Vleesvee	1.899	31.740	24.626	78
Gemengd rundvee	1.166	54.467	22.347	41
Varkens	2.286	57.188	5.579	10
Fruit & boomteelt	1.237	70.757	1.300	2
Groenten – open lucht	496	51.874	2.194	4
Groenten – glas	1.280	65.307	55	0
Gewascombinaties	678	55.199	11.545	21
Veeteeltcombinaties	1518	69.455	17.116	25
Akkerbouw - melkvee	309	73.845	27.928	38
Akkerbouw - vleesvee	852	41.108	24.234	59
Akkerbouw - varkens	706	63.426	13.505	21
Totaal	18.407	54.079	14.041	26

Tabel 21. *Het 25%, 50% en 75% percentiel van het familiaal inkomen 2008-2009-2010 in Vlaanderen voor belangrijkste teelten (per ha) (op basis van Van Broekhoven et al. 2010, 2011, 2012)*

	met subsidies			zonder subsidies		
	P25	P50	P75	P25	P50	P75
fruit	-24,58	3371,00	7186,52	-125,89	3255,74	7149,45
groenten	365,57	3804,20	7445,61	200,37	3503,67	7233,13
maïs (voeder)	424,50	611,11	804,76	34,44	189,49	337,43
gras (voeder)	321,36	454,25	587,26	78,50	158,99	241,78
akker	492,26	1052,75	1634,97	112,29	633,11	1200,24

Tabel 22. *Benodigde oppervlakte van een teelt om tot een vergelijkbaar bruto inkomen te komen als loontrekkenden in Vlaanderen bij het 25%, 50% en 75% percentiel van het familiaal inkomen 2008-2010 van een specifieke teelt*

	met subsidies			zonder subsidies		
	P25	P50	P75	P25	P50	P75
fruit	-	12	6	-	13	6
groenten	121	16	8	196	17	9
maïs (voeder)	122	78	57	-	441	181
gras (voeder)	128	91	70	525	259	170
akker	84	39	25	350	65	34

4.3 Tewerkstelling

De familiale tewerkstelling daalde van 44.337 voltijdse arbeidskrachten in 2001 naar 36.952 in 2008. Dit is gevolg van de daling van het aantal landbouwbedrijven en van een vermindering van het aantal meewerkende gezinsleden. De niet-familiale tewerkstelling is vooral in de tuinbouw groot. Meer dan ¾ van deze tewerkstelling in de tuinbouw is seizoensarbeid (Tabel 23). De tewerkstelling kende een piek rond 2004 en daalde daarna terug. De tewerkstelling in 2008 is iets lager dan deze van 2000. Een andere vaststelling is het toenemend aantal niet-Belgen, in bijzonder bij de tuinbouw (Tabel 24).

Tabel 23. *Tewerkstelling per deelsector in de landbouw (bron: sociale fondsen voor de land- en tuinbouw; Loose et al. 2010; in voltijdse arbeidskrachten)*

	seizoensarbeid (2008)	reguliere tewerkstelling (2007)
Granenteelt	100	208
Groenteteelt	7.216	2.852
Bloementeelt	2.226	1.862
Steen & pitfruit	18.027	554
Boomkwekerij	1.819	1.006
Tuinbouw andere	693	473
Melkvee	9	188
schapen en geiten		193
Varkens	4	192
Pluimvee	101	138
Gemengd veebedrijf	331	170
Ander vee	31	551
Overig landbouw	14	679
Tot	30.571	9.066

Tabel 24. *Evolutie van de seizoensarbeid en de reguliere tewerkstelling (bron tewerkstelling: sociale fondsen voor de land- en tuinbouw; Loose et al. 2010; bron landbouwers: ADSEI, in voltijdse arbeidskrachten)*

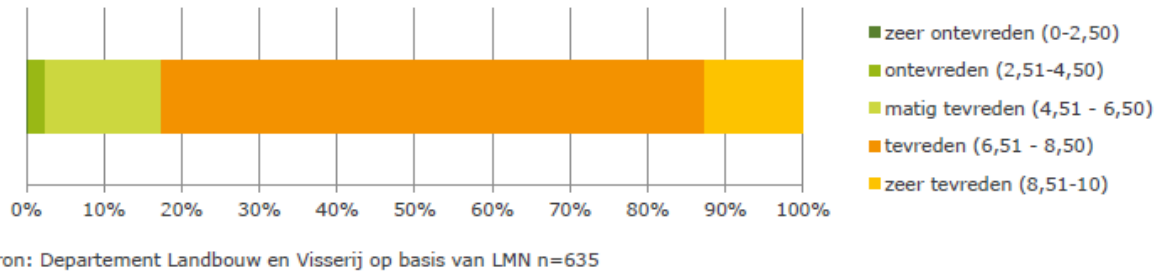
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Landbouwers (inclusief meewerkende gezinsleden)	44.337	43.693	42.157	41.694	40.547	38.976	37.717	36.952
Reg. Tewerkstelling								
Tuinbouw								
niet-Belg	900	1087	1327	1424	1481	1655	1889	2066
Belg	5.855	6.010	5.983	5.746	5.469	5.226	4.862	4.603
Landbouw								
niet-Belg	145	144	143	172	175	181	210	245
Belg	1.870	1.984	1.964	2.048	2.045	2.076	2.105	2.134
Seizoensarbeid								
Tuinbouw								
niet-Belg	5.330	6.493	11.672	17.397	19.789	19.618	16.609	13.423
Belg	22.063	23.322	27.202	32.965	30.726	26.607	21.819	16.756
Landbouw								
niet-Belg	17	22	36	65	89	73	86	89
Belg	280	350	335	444	366	278	328	303
Totaal	36.460	39.412	48.662	60.261	60.140	55.714	47.908	39.619

4.4 Gezondheidseffecten landbouwproductieproces

4.4.1 Landbouwers

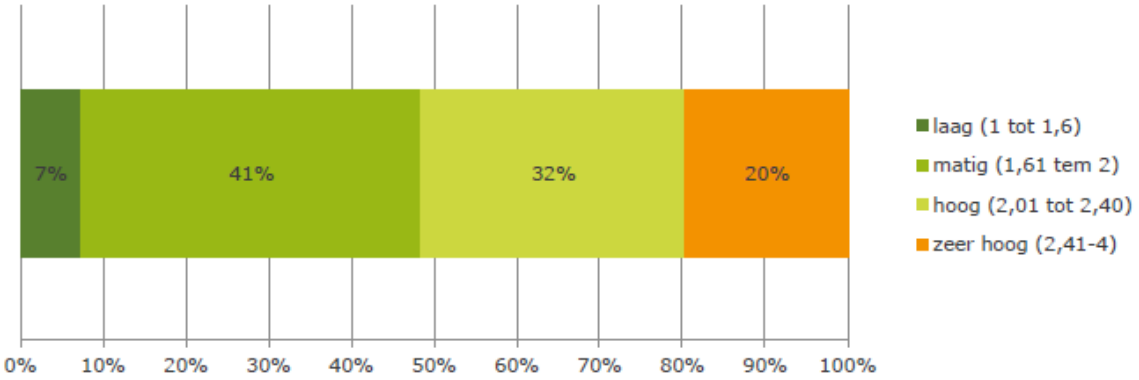
Het landbouwproductieproces heeft een invloed op het individueel lichamelijk en psychisch welzijn, bijvoorbeeld stress, tevredenheid, veiligheid en gezondheid op het werk. Een mogelijk manier om dit welzijnseffect in te schatten is om door middel van een enquêtering na te gaan in welke mate landbouwers tevreden en gelukkig zijn en de mate dat ze stress ondervinden (Van Buggenhout *et al*. 2013). Daarnaast kan de veiligheid op gevolgd worden door het aantal arbeidsongelukken.

Landbouwers zijn gelukkig (gemiddeld: 7,59/10) en tevreden (7,42). Beide zijn ook sterk gecorreleerd en daarom wordt in onderstaande figuur het gemiddelde van beide weergegeven.



Figuur 24. *Tevredenheid en gelukkige landbouwers (in %) (Van Buggenhout et al. 2013)*

Landbouwers ondervinden wel een hoge mate van stress (Figuur 25). De gemiddelde score is hoog (2,11) en iets meer dan de helft heeft een hoge tot zeer hoge mate van stress. Tekent hiervoor is ook dat 5% van de landbouwers al steun gezocht heeft bij Boeren op een kruispunt (www.boerenopeenkruispunt.be).



Bron: Departement Landbouw en Visserij op basis van LMN (n = 648)

Figuur 25. *De mate van stress (in %) (Van Buggenhout et al. 2013)*

Landbouw blijft een onveilig beroep, maar het aantal dodelijke ongelukken is in dalende lijn. In 2013 waren er 16 en in 2012 nog 21 en in 2011 22. Het aantal dodelijke ongevallen wordt ook gebruikt om een inschatting te krijgen van het aantal ernstige ongelukken (x30) en het aantal ongelukken met een letsel (x300).

4.4.2 Zorgcliënten

Zorgcliënten zijn actief op zorgboerderijen. Zorgboerderijen zijn landbouwbedrijven die als neventak groene zorg aanbieden. Groene zorg binnen de landbouw wordt gedefinieerd als het gebruik van agrarische bedrijven als basis voor de bevordering van de geestelijke en lichamelijke gezondheid en van de algemene levenskwaliteit (Dessein & Bock 2010). Groene zorg kan aangeboden worden aan diverse groepen zoals ouderen, jongeren (bijvoorbeeld bij time-out), mentaal gehandicapten en voormalige gedetineerden. In 2011 hebben 403 bedrijven effectief een zorgtaak op zich genomen. De trend ervan is licht stijgend (Bernaerts *et al*. 2012). Er zijn geen systematische gegevens beschikbaar in welke mate de geestelijke en lichamelijke gezondheid van de zorgcliënten verbeterd is door actief te zijn op een zorgboerderij

4.5 Sociale cohesie

Sociale cohesie duidt op de samenhang in de maatschappij. De samenhang kan bij voedselproductie ontstaan door het contact tussen de producent en de consument of door het contact tussen consumenten (samen eten).

In onze moderne maatschappij is dit eerste contact sterk verminderd en veel consumenten weten niet meer hoe voedsel geproduceerd wordt (Steel 2011). Om het voedselproductieproces terug meer centraal te zetten ontstonden initiatieven zoals korte-ketenprojecten, zelfplukboerderijen, hoevetoerisme, streekproducten, dag van de landbouw en schoolbezoeken aan landbouwbedrijven. Het aantal bedrijven met hoevetoerisme is in vijf jaar tijd toegenomen van 190 naar 286 bedrijven (Bernaerts et al. 2012). Er zijn naar schatting 1.183 hoeveproducenten in Vlaanderen. Dat cijfer ligt 26% hoger dan in 2010 (Bernaerts *et al*. 2012). Aan de dag van de landbouw nemen in 2013 44 bedrijven deel.

5 Governance

Governance omvat processen, gewoontes, beleid, wetten en regels die van betekenis zijn voor de manier waarop mensen een institutie sturen, besturen, beheren en controleren. Governance heeft ook betrekking op de relaties tussen de verschillende actoren (stakeholders) en de doelen van een institutie. Instituties zijn een ruim begrip en omvat de verschillende overheden, bedrijven (bijvoorbeeld supermarkten, landbouwbedrijven, conservenbedrijven), NGO's (bijvoorbeeld Boerenbond, Natuurpunt), de landbouwgezinnen, de landbouwers, consumenten en burgers. De keuzes die hier gemaakt worden, hebben een invloed op de indirecte en directe drivers en dus op de voedselvraag en het –aanbod. Maar de keuzes zelf worden ook beïnvloed door de drivers zelf. Er zal in dit gedeelte in meer detail worden ingegaan op de keuzes van consumenten, landbouwers en bedrijven.

5.1 Consumentenkeuzes

5.1.1 Aankoopcriteria

Voedselvoorkeuren spelen een sterkere rol wanneer de basisvoedselnoden ingevuld zijn (Wood & Ehui 2005). Maar de voorkeur van een welbepaalde productiepraktijk komt niet steeds tot uiting in het aankoopgedrag (Roosjen *et al*. 2012). Er is een onderscheid tussen een individu als burger en als consument. Als consument laten mensen zich vooral leiden door prijs-kwaliteitsverhouding, zonder acht te slaan op de productiewijze (Tabel 25). Er is wel een toenemend aantal consumenten dat bereid is om meer te betalen voor 'specifieke kwaliteit' (Tabel 25) maar dat onvoldoende aanbod vindt (VMM 2012). Uit consumentenonderzoek dat de VLAM liet uitvoeren blijkt dat ongeveer 15% van de Belgen een duurzame attitude heeft en dit ook consequent uit in zijn gedrag (Keystone 2010; Roels 2012). De helft van de bevolking is enigszins bezig met duurzaamheid en handelt er af en toe naar. Een kwart staat er voor open, maar handelt er nog niet na. Slechts 8% trekt zich niets van aan. De duurzaamheidsgedachte vinden we relatief meer terug bij vrouwen, bij ouderen en bij de hogere sociale klasse. Dus de vergrijzing zou de trend naar duurzaamheid kunnen versterken. De vergrijzing kan ook een effect hebben op andere voedselkenmerken. Bijvoorbeeld, uit Brits onderzoek bleek dat 65+ het gebruiksgemak van voeding belangrijk vinden, alsook de nabijheid en gezondheidsaspecten (IGD 2008).

Tabel 25. *Aankoopcriteria verse voeding door Vlaamse consument in 2007, 2011 en 2012*[18] *(bron: Ines consulting in opdracht van VLAM, n=400, verantwoordelijken voor aankoop tussen 18 en 64 jaar)*

	2007	2011	2012
Koosjer	17		
Halal	18	15	17
Biologisch	49	46	48
Land van herkomst	50	57	55
Nabijheid	55	59	57
Traceerbaarheid	55	58	58
Soort winkel	55	56	59
Label	56	57	61
Ambachtelijkheid		57	58
Arbeidsomstandigheden	59	62	61
Afwezigheid GGO's	61	54	60
Eerlijke handel	62	58	60
Afwezigheid additieven	65	66	68
Milieubewust	65	65	67
Seizoensgebonden		65	68
Dierenwelzijn	66	68	68
Praktische verpakking	68	64	66
Integrale ketenbewaking	68	68	67
Veiligheid	76	76	79
Informatie op verpakking	77	74	73
Uitzicht	77	77	77
Geur	80	80	81
Prijs	82	80	83
Kwaliteit	90	88	89
Smaak	90	89	90
Versheid	93	91	91

5.1.2 Trends in eetgewoonten

Er kunnen volgens IST (2008) en MIRA (2012) zes belangrijke trends in de eetgewoonten worden onderscheiden, zijnde een toenemend belang van:

- gemaksvoeding: bijvoorbeeld industrieel bereide producten, klant-en-klare maaltijden en smaakmakers,
- functionele voeding (nutraceuticals), zijnde voeding met geneeskundige of therapeutische eigenschappen,
- biologische voeding,
- energierijke voeding en drank: bijvoorbeeld frisdranken, gebakjes en chocolade,
- slow food/living: aandacht voor authenticiteit in voeding en lokaal ambacht, respect voor traditie en een geanimeerd cultuurleven,
- vermindering/vervanging dierlijke eiwitten: bijvoorbeeld 1 dag per week vegetarisch eten (donderdag veggiedag), vleesvervangers (seitan, quorn, tofu, tempeh) en meer beperkt of zelfs experimenteel zijn kweekvlees, insecten en algen en wieren.

Gemaksvoeding won een plaats in de eetgewoonten, door hun betaalbaarheid, door de toenemende tijdsdruk, de kleiner wordende gezinnen, de veranderende rolpatronen en de steeds grotere vraag naar flexibiliteit en mobiliteit in werk en ontspanning. Functionele voeding alsook biologische voeding won aan belang door het toenemend belang van gezondheid. Daarnaast speelt bij biologisch voeding een toegenomen milieubewustzijn een rol. Energierijke voeding en drank zijn lekker en de prijzen zijn laag, wat de drempel voor consumptie nog verlaagt (Drewnoski 2004). De energierijke voeding en drank leiden tot een toenemende vetzucht (zie §5.1). Slow food/living is een levenswijze die in teken staat van onthaasting, aandacht en zingeving in het jachtig dagelijkse leven in onze postindustriële maatschappij (VMM, 2012). Voedsel is voor slow food geen anoniem product, maar een vitale impuls voor betekenisgeving. Waarschijnlijk is de kookhype in Vlaanderen en veel andere landen een gevolg van deze vraag naar betekenisgeving (http://www.vilt.be in VMM, 2012). Vermindering/vervangen dierlijke eiwitten is een gevolg van de discussie rond de moderne veeteelt (bijvoorbeeld negatieve milieueffecten, dierenwelzijn, import diervoeder uit

[18] Berekening: 100 * % zeer belangrijk + 75 * % belangrijk + 50 * % neutraal + 25 *% minder belangrijk + 0 * niet belangrijk

ontwikkelingslanden) en de negatieve gezondheidsgevolgen van overmatige consumptie van dierlijke producten (Cazaux 2010, VMM 2012).

De aanvaarding in Europa van voeding met genetisch gemanipuleerde ingrediënten neemt langzaam toe (IST 2008). Toch blijft de meerderheid van het Europese publiek sceptisch staan tegenover genetische manipulatie in het algemeen. De patentregeling van genetisch gemodificeerde zaden wordt ook door brede lage van de bevolking negatief beoordeeld. Het vertrouwen van de consument in de veiligheid van voedingswaren wordt, ook in het licht van voedingsschandalen en epidemieën bij veehouders, een steeds relevantere factor voor de voedingsindustrie.

5.1.3 Houding voedselverliezen

De Vlaming is duidelijk tegen voedselverspilling onder het mom 'de consument wil alleen mooie producten in de winkelrekken' en vernietiging van verse onverkochte producten kan volgens hen echt niet door de beugel (Tabel 26). Ook het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen om mooie producten te kunnen verkopen, wordt niet aanvaard (http://www.vilt.be/nl_BE/document/index/showid/110288/id/354#item_110288). Maar deze houding komt onvolledig tot uiting in het gedrag, zoals blijkt uit de consumentenvoedselverliezen (Tabel 15). Indien de consumentenhouding in het gedrag zou tot uiting komen, dan zou volgens Kummu *et al.* (2012) de voedingsverliezen aanzienlijk kunnen beperkt worden. Indien de verliezen (voor Europa vooral deze van consumenten) zouden teruggebracht tot de laagste verliespercentages die op wereldschaal voorkomen, dan zouden de voedingsverliezen in Europe kunnen gereduceerd worden met 63%.

Tabel 26. *De houding van Vlamingen t.o.v. voedselverspilling (bron: VILT)*

	Volledig akkoord	Eerder akkoord	neutraal	Eerder niet akkoord	Helemaal, niet akkoord
Om enkel mooie producten in de winkel te krijgen, mag er verspild worden	0,5	2,7	9,6	38,8	48,3
Verse onverkochte producten mogen vernietigd worden	1,2	3	4,8	34,7	56,2
Groenten en fruit mogen besproeid worden om er mooi uit te zien	0,4	6,8	13	37,8	42

5.2 Producentenkeuzes

5.2.1 Landbouwer als beroep

Landbouwers zijn gemotiveerd om landbouwer te zijn omwille van de voldoening van het geleverde werk, de zelfstandigheid en onafhankelijkheid en leven in de open ruimte (Tabel 27). Deze top drie, weliswaar met verschillende volgorde, komt voor bij alle deelsectoren. De minst belangrijke redenen zijn de sociale status en de verbondenheid met de buurt. Beleid dat afbreuk doet aan 1 van de hoofdredenen om landbouwer te zijn, zal weinig kans op slagen hebben.

Tabel 27. *Positieve aspecten landbouw volgens landbouwers (%) (Bron: Departement Landbouw & Visserij op basis van het landbouwmeetnet (n=645))*

Aspect	Akkerbouw	Rundvee	Tuinbouw	Varkens	Gemengd	Totaal
De voldoening van het geleverde werk	91	88	86	88	89	88
De zelfstandigheid en onafhankelijkheid	89	90	83	86	88	87
Leven in de open ruimte	89	90	74	91	92	85
De arbeidsvreugde	81	78	73	73	87	77
Succesvol ondernemen	85	69	73	77	77	75
Combinatie werk-gezin	81	68	59	77	75	69
De verbondenheid met het platteland	69	69	64	71	70	67
Het inkomen	74	57	56	69	68	62
Bedenken en uitvoeren van nieuwe ideeën	55	42	61	45	47	50
Het voortzetten van het familiebedrijf	58	51	30	46	54	44
De verbondenheid met de buurt	38	41	28	39	50	38
De sociale status	31	24	18	28	25	24

5.2.2 Exploitatiekeuzes

In Vlaanderen laten landbouwers laten landbouwers zich in hun keuzes voor gewasvariëteiten, teelttechnieken en aard en hoeveelheid van de externe inputs in eerste instantie leiden door financiële motieven (Edward-Jones 2006), maar ook andere variabelen spelen een rol. Deze zijn:

- karakteristieken van de landbouwer zoals leeftijd, opleiding, geslacht, risicobereidheid - indien de overheid de schade dekt, neemt de bereidheid tot het nemen van risico's toe (Heal *et al*. 2004) - en persoonlijkheid,
- familiesituatie (werk van echtgenote/echtgenoot; bijkomende inkomstenbronnen (bijvoorbeeld verbreding), de aanwezigheid van een opvolger),
- bedrijfskarakteristieken (type, grootte, schuldgraad, specialisatie),
- sociale omgeving (niveau van voorlichting, beschikbaarheid van informatie, sociaal kapitaal, lokale cultuur, houding van vertrouwde vrienden) en beleidsomgeving en
- karakteristieken van de innovatie of beleidsmaatregel die toegepast gaat worden.

In Vlaanderen is de keuze van landbouwers het best onderzocht voor agromilieumaatregelen, zijnde maatregelen die de negatieve effecten op andere ecosysteemdiensten of biodiversiteit verminderen en/of niet vermarktbare ecosysteemdiensten vergoeden. Het is dus in kader van dit ecosysteemdienstenrapport relevant om hier op in te gaan. De Vlaams/Belgische studies (De Krom *et al* 2012; Maertens 2011; Van Herzele *et al*. 2011; 2013; Van Herzele & Dendoncker 2012; VLM 2012; Wauters 2010. Wauters *et al*. 2010; 2011) komen net zoals de internationale studies tot de bevinding dat een grote verscheidenheid aan factoren –nagenoeg dezelfde als bij gewas- en teeltkeuze- een rol spelen bij de acceptatiegraad van agromilieumaatregelen door landbouwers. Dit wil zeggen dat landbouwers niet enkel beïnvloed worden door financiële stimuli of wettelijke verplichtingen. Landbouwers laten zich o.a. ook leiden door de normen en waarden binnen de landbouwgemeenschap ('opgeruimd landschap', 'goede' producerende landbouwers) en met deinpasbaarheid van de maatregel in de bedrijfsvoering. Landbouwers zullen ook sneller een beheerovereenkomst of agromilieumaatregelen sluiten wanneer die een oplossing geeft voor een probleem die zij zelf ervaren (bv landbouwer ondervindt zelf erosieschade, landbouwer vindt het spijtig dat weidevogels verdwijnen) en wanneer landbouwers en/of landbouworganisaties betrokken waren bij het beleidsontwerp. Dit is een belangrijke bevinding omdat hierdoor duidelijk wordt dat landbouwers niet enkel gestuurd kunnen worden met subsidies of wetgeving.

5.3 Bedrijven

Voedingsbedrijven en in bijzonder de **supermarkten** bepalen de prijs en de kenmerken van de aangeboden producten (Wood & Ehui 2005; Berdegue *et al.* 2003). Een bijzondere vorm hiervan zijn de productie- en factorcontracten (Mathijs & Relaes 2012; Roels 2012). Productiecontracten zijn contracten waarbij het voedingsbedrijf verbindt om een vooraf bepaalde hoeveelheid te kopen, al dan niet tegen een vooraf bepaalde prijs, en het productieproces bepaalt via een lastenboek (bijvoorbeeld teelttechnieken, voederkeuze, huisvestigingsvoorwaarden). Een voorbeeld daarvan is een groenteteler die op contract levert aan diepvriesbedrijven. Factorcontracten gaan nog een stap verder. Het bedrijf levert ook de inputs (bijvoorbeeld diervoeder). Dit type contract komt voor bij varkens- kalveren- en pluimveebedrijven. De voedingsbedrijven en supermarkten hebben ook veel macht. Ongeveer 30 voedingsbedrijven controleren 30% van de wereldhandel in voedsel (Steel 2011). De omzet van de 3 grootste voedingsbedrijven (Nestlé, Pepsico en Unilever) bedroeg in 2011 respectievelijk 107, 67 en 65 miljard dollar. Een zelfde concentratie kan gevonden worden bij de supermarkten. De 3 grootste supermarkten (Walmart, Carrefour en Tesco) hebben een resp. omzet in 2012 van 477, 101 en 100 miljard dollar. In Vlaanderen hebben de 'Grote Drie' (Carrefour, Colruyt en Delhaize) meer dan 70% van het marktaandeel (VMM 2012). Grote supermarkten hebben de voortdurende neiging om de prijs te reduceren die ze voor hun producten dienen te betalen (Burch & Lawrence 2007). Daarnaast beschikken supermarkten over 'information power' en 'expert power'. Hun 'information power' bekomen ze door de vele consumenteninformatie waarover de supermarkten beschikken. Ze staan namelijk heel dicht bij de consument. Door deze kennis kunnen ze op de voorkeuren van de consument inspelen en worden ze een expert in het samenstellen van een marketingmix van producten die aanslaan bij de consument. Dus vandaar ook hun 'expert power'. Daardoor zijn de supermarkten in staat het grootste deel van de toegevoegde waarde naar zich toe te trekken waardoor voor andere schakels dan minder overblijft (Visser *et al.* 2000). Supermarkten kopen bij voorkeur ook grote en uniforme

partijen aan een zo'n laag mogelijke prijs en dit werkt een verdere specialisatie en schaalvergroting in de hand, bijvoorbeeld ook in de biologische landbouw (Ikerd 1999).

Toeleveranciers bepalen welke producten (bijvoorbeeld rassen, zaden en gewasbeschermingsmiddelen) onder welke condities (bijvoorbeeld prijs, verboden eigen zaad te produceren) aan de landbouwers worden aangeboden en via de voorlichters van de bedrijven aan de landbouwers gepromoot worden. Net zoals bij de supermarkten is het aantal toeleveranciers in Vlaanderen en zelfs wereldwijd zeer beperkt. Zes bedrijven (Monsanto, Bayer, BASF, Dow, DuPont en Syngenta) doen 75% van het private onderzoek naar plantveredeling, hebben ongeveer 60% van de wereldmarkt in zaaigoed in handen en 75% van de bestrijdingsmiddelenmarkt. Het gevolg hiervan is, is dat het keuzeaanbod voor landbouwers beperkt wordt. Deze bedrijven zetten ook zwaar in op gepatenteerde hybride of GGO-zaden om hun winstmarges te verhogen. Landbouwers krijgen hierdoor problemen omdat de supermarkten de baten van de landbouwers verminderen en de toeleveranciers de kosten verhogen.

Speculanten en beleggingsfondsen zijn sterk vertegenwoordigd in de wereldwijde voedselmarkten. Er zijn goede redenen om te veronderstellen dat deze actoren hebben bijgedragen of in de toekomst zullen bijdragen aan een verhoogde volatiliteit of kunstmatige hoge prijzen. Maar het is niet mogelijk om dit onweerlegbaar te bewijzen (Spratt 2013). Wel zijn de speculanten de enige actor waarvan verhoogde volatiliteit positief kan zijn. De verhoogde volatiliteit is negatief voor landbouwers, voedingsbedrijven en consumenten.

6 Drivers

Naar analogie met de UK NEA (Winn *et al*. 2011) en MEA (Nelson *et al*. 2005) onderscheiden we vijf types directe en vijf types indirecte drivers. *Directe drivers* werken rechtstreeks in op ecosysteemprocessen en veroorzaken meestal een meetbare fysische verandering in het ecosysteem en via deze weg op het aanbod van diensten door die ecosystemen. De vijf directe drivers zijn verandering landgebruik, exploitatie, effecten polluenten, klimaatverandering en introducties van exoten. *Indirecte drivers* daarentegen hebben geen rechtstreeks effect op de ecosysteemprocessen maar beïnvloeden de directe drivers. De indirecte drivers sturen ook de aard en de omvang van de vraag naar ecosysteemdiensten. De vijf indirecte drivers zijn demografie, economie, socio-politiek, technologie en wetenschap en cultuur en religie. In de volgende paragrafen worden deze drivers beschreven en hierbij is in belangrijke mate een beroep gedaan op de systeemanalyse landbouw (VMM 2012) en de MEA (Wood & Ehui 2005). Hierbij zullen de drivers zowel op wereld niveau als Vlaams niveau besproken worden. Dit is belangrijk omdat het Vlaamse voedselaanbod zowel in Vlaanderen als in andere landen gebruikt wordt. Er wordt aan de Vlaamse voedselvraag voldaan door landbouwproducten die in Vlaanderen geproduceerd worden als er buiten. Daarnaast voert Vlaanderen veel externe inputs (krachtvoeder, aardolie, kunstmest) in.

6.1 Directe drivers

6.1.1 Wereldniveau

Een belangrijke directe driver is "*verandering in landgebruik*" (Hanjira & Qureschi 2010). Er is geen overeenstemming in de literatuur of er nog veel land in landbouwproductie kan gebracht worden. Computermodellen berekenden dat 2,5 miljard ha geschikt is voor akkerland (Fischer *et al*. 2002a, 2002b; 2005). Maar hierbij werd er geen rekening gehouden met infrastructuur, nederzettingen en beschermde gebieden. Bovendien wordt de 'reserve' volledig teniet gedaan door een sterke klimaatverandering (Fischer *et al*. 2002a, 2002b; Parry *et al*. 2004) en zou de landbouwoppervlakte in 2080 dezelfde zijn als die in 2000. Andere auteurs benadrukken dat het merendeel van de geschikte gronden voor landbouw al in productie gebracht zijn (Khan & Hanjira 2008). Dus waarschijnlijk zal de huidige 'productieve' landbouwoppervlakte van 5 miljard ha (38,5% van de landoppervlakte), waarvan slechts 1,4 miljard ha akkerland is (FAOSTAT.FAO.org), niet veel meer toenemen. Dit is ook in lijn van de meeste scenariostudies die ook vertrekken van een gelijkblijvende landbouwoppervlakte (Vandenbroeck & Mathijs 2013). Deze scenariostudies kiezen er voor om geen omzetting van bos naar landbouw toe te laten omwille van de grote bijdrage van deze omzetting aan de klimaatverandering, hoewel deze verandering wel in werkelijkheid optreedt (Vandenbroeck & Mathijs 2013).

Een andere belangrijke driver is "*gebruiksconversie*". Deze driver duidt op het stijgende gebruik van landbouwgrond voor niet-voedingstoepassingen (Wood & Ehui 2005). Een eerste vorm van niet-voeding aanwending is het gebruik van landbouwgewassen als energiegewas. De IEA (2006) schat dat wereldwijd in 2004 1% van het akkerland voor energiegewassen gebruikt wordt en dat dit zal stijgen tot 2 à 3,8% in 2030. De stijging zal vooral plaatsvinden in landen/regio's met een wetgeving die biobrandstoffen ondersteunt. Zo zullen in de EU energiegewassen toenemen van 1,2% naar 11,6% van het akkerland en in de US van 1,9 naar 5,4%. De mate van concurrentie kan wel verminderd worden door technologische efficiëntieverbeteringen en door 2de generatie biobrandstoffen (Fischer *et al.* 2009). Dus er is een afzwakkend effect van de indirecte driver technologie en wetenschap. Daarnaast kunnen de restproducten van de biobrandstoffen-industrie als veevoeder gebruikt worden, bijvoorbeeld 'dried distellers grains with solubles' (DDGS) en tarwegistconcentraten. Een tweede vorm is het aanwenden van humaan voedsel en voeder voor vee als voeder voor huisdieren. Op dit moment is dit op wereldschaal nog niet een groot probleem. Maar sommige auteurs (Leenstra & Vellinga 2001) vrezen dat deze concurrentie in de toekomst gaat toenemen omdat het aantal huisdieren (en dus de huisdierenvoedselvraag) stijgt met toenemende welvaart.

De op dit moment belangrijkste directe driver is *exploitatie*. Exploitatie is een complexe driver en kan opgesplitst worden in de subdrivers waterschaarste, energieschaarste (inclusief N-kunstmest omdat het een energie-intensief proces is), fosfaatschaarste en bodemdegradatie.

Water is een belangrijke productieverhogende input. Veertig percent van de wereldlandbouwproductie wordt gegenereerd op geïrrigeerd land dat slechts 20% van de

landbouwoppervlakte inneemt (FAO 2008). Bijvoorbeeld in ontwikkelingslanden zorgt geïrrigeerde landbouwgrond voor een gemiddelde graanopbrengst van 3,1 ton/ha ten opzichte van 1,5 ton van regengevoede landbouw (Rosegrant *et al.* 2002). De verwachting is dat geïrrigeerde akkerbouw toeneemt van 20% in 2010 naar 40% in 2030 (Bruinsma 2003) en de opbrengst zal dus ook sterk stijgen. Maar verschillende auteurs vragen zich af of de toename wel mogelijk is:

- 450 miljoen mensen in 29 landen ondervinden nu al belangrijke watertekorten (Serageldin 2001),
- Er wordt geschat dat in 2025 20% meer water nodig zal zijn dan er op dit moment beschikbaar is (Seckler *et al*. 1999a),
- De helft van de rivieren en meren in de wereld zijn vervuild en grote rivieren zoals de Colorado, Ganges en Gele Rivier bereiken het grootste deel van het jaar de zee niet meer omdat al het water al stroomopwaarts gebruikt wordt (Richter *et al*. 2003),
- Op dit moment verbruiken al 25% van de irrigatiesystemen hoeveelheden water die hoger zijn dan de regeneratieschaal en brengen hierdoor de duurzaamheid van het systeem in gevaar (FAO 2008). Dit oververbruik leidt tot dalende beschikbaarheid van oppervlakte- en grondwater voor irrigatie (Shah et al. 2006).

De verwachting is dat waterschaarste een sterkere invloed op het voedselaanbod gaat hebben dan landschaarste (UNDP 2007). Daarnaast wordt ook het opbrengstverhogend effect op de lange termijn in vraag gesteld. Irrigatie kan verzilting veroorzaken. In een valleigebied in Californië zijn bijvoorbeeld 10% van de gronden verzilt (Schoups *et al.* 2002) en wereldwijd is er een jaarlijks verlies van 1,5 miljoen ha vruchtbare grond door verzilting (Wood *et al*. 2000). Mogelijke oplossingen voor de waterschaarste zijn:

- de moderne landbouwtechniek druppelirrigatie en real-time geoptimaliseerde irrigatie kunnen de waterefficiëntie verbeteren met 30 à 45% (Khatri et al. 2013). Ondanks vergelijkende prestaties gaat de voorkeur toch uit naar real-time geoptimaliseerde irrigatie omdat deze techniek weinig extra energie vraagt, terwijl druppelirrigatie een 65 à 75% hogere energieconsumptie vraagt (Khatri et al. 2013),
- De agro-ecologische technieken mulching en tijdelijke waterberging. Mulching vermindert de evapotranspiratie (zijnde het verdampen van water) met 35 à 50% (Rost et al. 2009). Tijdelijke waterberging is het oogsten van 'overtollig' regenwater dat tijdelijk in poelen wordt opgeslagen en wordt gebruikt voor de overbrugging van een drogere periode. Het actief oogsten van regenwater en het verminderen van de verdamping kan de wereldproductie verhogen met 20%, een waarde die vergelijkbaar is met de productieverhoging van de huidige oppervlakte geïrrigeerd land (Rost *et al*. 2009).

Moderne voedselproductie is een energie-intensief proces en sterk afhankelijk van *aardolie* (Hanjira & Qureshi 2010). Het zaaien, de fabricage van meststoffen (vooral bij N-kunstmest), irrigeren, oogsten, de voedselverwerking, het verpakken en het transporteren zijn allen energieafhankelijk. Op dit moment vraagt elke geproduceerde voedselcalorie ongeveer de input van 10 fossiele calorieën (Frey & Barrett 2007). Rekening houdend met de dalende beschikbaarheid van fossiele brandstoffen dient de energie efficiëntie omhoog te gaan (Hanjira & Qureshi 2010). Een mogelijkheid hierbij is het verminderen van het aantal voedselkilometers door de promotie van lokaal geproduceerd voedsel (bijvoorbeeld korte-ketenprojecten, zelfplukboerderijen, streek- en hoeveproducten).

Fosfaat is ook een schaars element dat bovendien zeer ongelijk verdeeld is over de wereld (Sutton *et al.* 2013). De schaarste en de ongelijke verdeling zorgen er ook voor dat bij de verdere modernisering van de landbouw op zoek gegaan wordt naar technieken om de efficiëntie van de fosfaatinputs te verhogen of de grondstoffen te recycleren (Cordell *et al*. 2009). Daarnaast zou de fosfaatvraag verminderd kunnen worden door een overschakeling van een vlees gebaseerd dieet (11,8 kg fosfaatrots) naar een vegetarisch dieet (4,2 kg fosfaatrots) (SEPA 1995; Cordell *et al*. 2009) (voor berekening zie bijlage 6).

De subdriver *landdegradatie* is ook belangrijk. Ongeveer 23% van het bruikbare land[19] is in een dergelijke mate gedegradeerd dat het een verminderde landbouwproductiviteit heeft (Oldeman et al. 1990; Bridges & Oldeman 1999; http://www.fao.org/nr/lada/). Hiervan is ongeveer ¼ extreem gedegradeerd en enkel te herstellen met aanzienlijke investeringen.

[19] dus geen woestijnen en bergen

De directe driver *klimaatverandering* heeft ook een belangrijke invloed op het voedselaanbod. De verwachting is een netto negatief effect (Tubiello & Fisher 2007) en zeker in landen die dicht bij de evenaar gelegen zijn (Droogers & Aerts 2005).

De driver *introductie van nieuwe soorten* bestaat uit de *subdriver introductie van ziekten en plagen en de subdriver nieuwe rassen*. De onbedoelde of onvoldoende doordachte introductie van niet-inheemse ziekten en plagen zorgen voor belangrijke opbrengstverliezen (Anderson *et al*. 2004). De introductie van nieuwe rassen, en in het bijzonder genetisch gemodificeerde organismen, zouden de productie kunnen verbeteren (World Bank 2010). Maar deze gewassen blijven controversieel omwille van ethische, milieu en gezondheidsoverwegingen, bijvoorbeeld de afhankelijkheid van landbouwers van zaadbedrijven, de ontwikkeling van nieuwe ziektes aangepast aan de genetisch gemodificeerde gewassen, etc.

6.1.2 Vlaams niveau

De directe driver *landgebruiksveranderingen* is niet zo belangrijk in Vlaanderen. Zoals al vermeld bij §4.3 bleef de landbouwoppervlakte tussen 1990 en nu nagenoeg constant. De grootste toekomstige vraag voor landbouwgrond is afkomstig vanuit wonen, infrastructuur en industrie. In 2005 schatte de natuurverkenning (Dumortier *et al*. 2009) de versteende ruimte op 376.000 ha of 27% van Vlaanderen. De natuurverkenning schatte dat de versteende ruimte met 50.000 à 65.000 ha ging toegenomen, in functie van het gehanteerde scenario. De toename van de versteende ruimte ging vooral te kosten gaan van landbouw (65 à 76% van de toename) en in mindere mate van natuur en bos (24 à 31%). Op basis van de huidige versie van de VITO landgebruikskaart (Poelmans 2004) dient de versteende ruimte wel naar beneden bijgesteld worden omdat op de nieuwe kaart de tuinen door de groenkaart in mindering gebracht konden worden. De versteende ruimte wordt hierbij in 2011 geschat op 19%, waarvan 6% infrastructuur, 5% bebouwd en 7% afgedicht (bijvoorbeeld opritten, parkings).

De directe driver *gebruiksconversie* is zeer belangrijk in Vlaanderen. Het betreft hierbij vooral het gebruik van voedsel en veevoeder als huisdierenvoeder. In Vlaanderen waren er in 2008 621.000 honden en 1.010.000 katten. Per 1000 inwoners zijn dat 101 honden en 164 katten (FOD economie 2010). Daarnaast waren er in 2008 90.000 geregistreerde paarden. Volgens experten is dit een onderschatting en het werkelijk aantal zal eerder 150.000 zijn (Policy research corporations 2008). De voedervoetafdrukken wordt geschat op 0,2 ha per hond, 0,1 ha per kat en 0,35 ha per paard (Leenstra & Vellinga 2011). Dit betekent dat er resp. 101.000, 124.200 en 31.500 à 52.500 ha nodig is om het katten-, honden- en paardenvoeder te produceren. In honden- en kattenvoer zit slechts een kleine fractie componenten die de mens ook zou willen consumeren, maar deze voeders bestaan wel uit een groot deel nevenstromen die voor veevoeders kunnen aangewend worden (Snels *et al*. 2012). Daarom vormen zij een onrechtstreekse concurrent voor de mens. Sport- en recreatiepaarden vormen volgens Leenstra & Vellinga (2001) in veel mindere mate een concurrent voor humaan voedsel, omdat paarden zich deels voeden met ruwvoer. Uit een voedersamenstelling voor sportpaarden bleek echter dat er 40 % nevenstromen aangewend worden (Snels *et al.* 2012). Dat is relatief weinig voor dieren die vlot grassoorten kunnen verteren. Om paarden te houden is er ook heel wat ruimte nodig, ook ruimte die anders door landbouwgrond zou kunnen ingenomen worden. Zo treden zij in zekere zin toch wel in competitie met de mens. Paardenweiden nemen ongeveer 5 % in van de totale ruimte en rond de 30 % van de weilandoppervlakte (Bomans *et al.* 2009). Het gebruik van voedsel/voeder voor energieproductie is zeer beperkt in Vlaanderen, bijvoorbeeld 2% van de snijmaïs wordt aangewend als energiemaïs (mon. med. Departement Landbouw & Visserij). Maar de mogelijke concurrentie op wereldschaal tussen energie en voedsel/voeder, zou kunnen leiden tot stijgende voedsel- en voerprijzen. Gezien Vlaanderen een belangrijke vleesproducerende regio is, kan deze driver een invloed hebben op de landbouwproductie in Vlaanderen (bijvoorbeeld meer lokaal geteelde eiwitten als reactie op de hogere voederprijzen).

De directe driver *exploitatie* is een belangrijke driver voor het huidig en toekomstig voedselaanbod. Exploitatie kan leiden tot overexploitatie en dus degradatie van het ecosysteem. De Vlaamse landbouwgronden zijn in *beperkte mate gedegradeerd* omdat iets minder dan de helft een organisch stofgehalte en pH beneden de streefzone hebben (Maes *et al*. 2012) (zie voor meer details §9.1). Het herstel van deze bodems is zeker nog mogelijk. Een ander minder oplosbaar probleem is de sterke verdichting van de Vlaamse landbouwbodems (Van de Vreken *et al*. 2007). De auteurs hebben hierbij suggesties gedaan hoe verdichting te voorkomen en op te lossen zodat de productiecapaciteit van de landbouwgrond behouden blijft. Dit is bijzonder belangrijk omdat de toegenomen vraag eerder via een productieverhoging dient gerealiseerd te worden. De *exploitatiekeuze* van aard en hoeveelheid van externe inputs wordt in Vlaanderen ook al deels

beïnvloed door de mogelijke toekomstige schaarste van de natuurlijke hulpbronnen. Door de stijgende prijzen van inputs (bijvoorbeeld energie) die onvolledig doorgerekend kunnen worden in de prijzen af boerderij wordt vooral gezocht naar methoden om de efficiëntie van de inputs te verhogen. In Vlaanderen toont de dreigende *fosfaatschaarste* zich nog niet omdat de vroegere fosfaatgift (uit dierlijke mest) te groot was ten opzichte van de fosfaatbehoefte van het gewas en hierdoor een fosfaatophoping plaatsvond op de akkers en weilanden (VMM 2012). Naar de toekomst toe zal het een zaak zijn om fosfaat te hergebruiken uit o.a. reststromen, algen en biomassa uit natuurgebieden, omdat de fosfaatverliezen die optreden bij het oogsten van plantaardige producten, nu eenmaal moeten gecompenseerd worden (Schuiling *et al*. 2011). Ten slotte is Vlaanderen een regio met zeer weinig beschikbaar water. Afhankelijk van de gebruikte methode blijkt dat er gemiddeld in Vlaanderen en Brussel jaarlijks tussen 1.100 en 1.700 m³ water per inwoner beschikbaar is (www.milieurapport.be). Er wordt gesproken van een waterschaarste wanneer de waterbeschikbaarheid lager is dan 1.000 m³/inw./jaar.

In Vlaanderen zou de *klimaatverandering* zich het duidelijkst manifesteren in een sterke temperatuurstijging met een frequentietoename van de warmste zomerdagen en in een hoge neerslagvariabiliteit met een toename van vooral de winterneerslag (Gobin *et al.* 2008; VMM 2012). Deze klimaatverandering kan zowel een positieve als een negatieve impact op plantaardige productie hebben, zijnde:

- Lange groeiperiode door hogere temperaturen in de winter (+),
- Verhoogde CO_2-beschikbaarheid (+),
- Meer fysische schade aan gewas door weersextremen (stortregen, hagel, droogte, overstroming, …) (-),
- Meer en nieuwe ziekten, schimmels en plagen[20] (-),
- Verzilting door verdroging (-), en
- Voor glastuinbouw: lage energiebehoeften voor verwarming (+), maar ook meer schade door weersextremen (-) (Gobin *et al.* 2008).

Het netto-effect bij een sterke klimaatverandering zou een productievermindering zijn van maximaal 30% voor suikerbiet, 29% gras, 27% voor voedermaïs, 25% voor korrelmaïs, 22% voor aardappelen, 8% voor bloemkool en 6% voor wintertarwe. Ook de dierlijke productie zal door de klimaatverandering beïnvloedt worden:

- Overschrijden van gevoelstemperaturen die tot hittestress leidt (-),
- Nieuwe ziekten en plagen (-),
- Grotere energiebehoeften voor koeling (-),
- Lagere energiebehoeften voor verwarming (+).

Het netto-effect zou een productievermindering zijn van 9% voor schapen, 8% voor runderen, 6% voor varkens en 3% voor pluimvee (Gobin *et al*. 2008).

Adaptatie kan deze productievermindering reduceren en zelfs tot nul herleiden (Gobin *et al.* 2008). De adaptatiemaatregelen zijn voor dierlijke productie:

1. voorzien van voldoende schaduw,
2. het staldak isoleren en voorzien van een reflectie-coating,
3. de ventilatie van de stal optimaliseren,
4. de stal uitrusten met evaporatieve koelingstechnieken (zowel directe als indirecte evaporatieve koeling)
5. aanpassingen doorvoeren aan de rantsoensamenstelling,
6. aanpassingen doorvoeren aan de drinkwatervoorziening,
7. het selecteren van hittetolerante dierenrassen en
8. het voorkomen en bestrijden van dierziekten.

De adaptatiemaatregelen voor plantaardige productiesector zijn:

1. het aanpassen van plant- en oogstdata,
2. de substitutie van gewas of cultivar,
3. het ontwikkelen van nieuwe cultivars (variëteiten),
4. waterconserverende en gereduceerde bodembewerking,
5. irrigatie en drainage en
6. het bestrijden van onkruiden, plantenziekten en –plagen.

De productievermindering zal minder groot zijn bij agro-ecologische systemen omdat die een grotere weerstand tegen stress hebben (Ulanowicz *et al*. 2009). Maar de agro-ecologische

[20] Bebber et al. (2013) toonden aan dat ten gevolge van de klimaatverandering ziekten en plagen sinds 1960 gemiddeld met 2,7 km±0,8 km per jaar opschuiven naar de polen.

systemen hebben wel een lagere absolute productie dan de moderne landbouwsystemen (Connor 2013, Ulanowicz *et al*. 2009).

In Tabel 28 worden de effecten van de directe drivers samengevat.

Tabel 28. *inschatting van het effect en de trend van directe drivers voor Vlaanderen en de wereld*

Driver	Vlaams Voedselaanbod		Wereld Voedselaanbod	
	Effect	Trend van het effect	Effect	Trend van effect
D1. Habitatverandering				
D1.1. Toename versteende ruimte, afname open ruimte	-	↑	-	↑
D1.2. Toename groene ruimte, afname landbouw	-	↑		
D1.3. Toename bos, afname landbouw	-	=		
D1.4. Afname bos, toename landbouw			+	?
D2. Gebruiksconversie				
D2.1. Huisdierengebruik	-	?	-	?
D2.2. Energiegebruik	-	?	-	↑
D3. Exploitatie				
D3.1 Waterschaarste	-	↑	-	↑
D3.2.Energieschaarste	-	↑	-	↑
D3.3. Fosfaatschaarste	0	=	-	↑
D3.4 Bodemdegradatie	-	?	-	?
D5 Klimaatverandering			-	↑
D5.1. Weersextremen	-	↑		
D5.2. Temperatuurstijging (langer groeiseizoen)	+	↑		
D5.2. Temperatuurstijging (overschrijden gevoelstemperatuur)	-	↑		
D6. Introductie van niet-inheemse ziekten en plagen	-	↑	-	↑

6.2 Indirecte drivers

De indirecte drivers werken meestal in op de voedselvraag, maar sommige ervan werken in op de directe drivers en dus op het voedselaanbod. Beide worden afzonderlijk besproken. Daarnaast zullen de drivers zowel op globaal als regionaal niveau besproken worden.

6.2.1 Voedselvraag

6.2.1.1 Wereldniveau

De demografische driver *bevolkingstoename* was tussen 1961-2001 de voornaamste indirecte driver. De bevolking steeg in deze periode van 3 naar 6,1 miljard. Op wereldniveau wordt deze driver minder belangrijk omdat de jaarlijkse bevolkingstoename is teruggevallen van 2,1% in de late 1960's naar 1,35% bij de overgang naar het nieuw millennium (UNDP 2003). Desondanks zal de bevolking verder toenemen naar 8 miljard in 2030 en 9 miljard in 2050.

De economische driver *welvaartstoename* is een belangrijk driver. Naarmate de welvaart toeneemt, stijgt de vraag naar vlees en vis en daalt de vraag naar koolhydraatrijke producten zoals granen. De wereldwijde welvaartstoename uit zich onder andere in een sterke toename van de vleesproductie. De wereldwijde vleesproductie verviervoudigde tussen 1961-2011 (http://faostat.fao.org/). Studies voorspellen op mondiaal vlak een stijging in gemiddelde vleesconsumptie van 32 kg per persoon per jaar in 2011 naar 52 kg in 2050 (Foresight 2011). Dit betekent dat de vleesproductie dient te verdubbelen omdat de bevolking tijdens deze periode ook toeneemt met 2 miljard. Een gevolg van deze toenemende vleesproductie is dat steeds meer granen gebruikt zullen worden als voer in plaats van als voedsel. Delgado *et al*. (2003) schat dat in 2020 954 miljoen ton graan als voeder zal gebruikt worden ten opzichte van 660 miljoen ton in 1997 (zijnde 35% van de totale graanproductie in 1997). Aan een deel van deze granenvraag zal tegemoet gekomen worden door nieuwe landbouwgrond. Dit kan bijvoorbeeld in Brazilië een verdere ontbossing tot gevolg hebben (Karstensen *et al.* 2013). Maar deze toenemende vraag kan ook leiden tot hogere graanprijzen, wat hogere voedselprijzen voor burgers tot gevolg heeft en hogere voederprijzen voor landbouwers. Gezien Vlaanderen een belangrijke vleesproducerende regio is, kan deze driver een invloed hebben op de landbouwproductie in Vlaanderen. Bijvoorbeeld vleesveebedrijven gaan zich meer toeleggen op bedrijfseigen teelt van plantaardige eiwitten (zoals klaver en luzerne) als reactie op de hogere voederprijzen.

Ook de economische driver voedselprijs is relevant. Het effect op de vraag verschilt van product tot product. In een Amerikaanse meta-analyse (Andreyeva *et al*. 2010) wordt er geconcludeerd dat het prijseffect op de voedselvraag inelastisch is. Dit betekent dat de vraag minder sterk vermindert dan de prijstoename. Een prijstoename van 10% leidt tot bijvoorbeeld een afname van 7,9% bij frisdrank, 6,8 tot 7,5% bij vlees, 3,4% bij zoetigheden en 2,7% bij eieren. De voedselprijs zelf wordt beïnvloed door transsport- en verwerkingskost (waarbij de olieprijs bepalend is), natuurlijke oorzaken (weer en ziektes en plagen), en menselijke oorzaken (niet-voedinggebruik van voedsel, speculatie, subsidies, voedselverliezen door 'menselijk' rampen, dieetveranderingen).

De socio-culturele driver *stedelijke levensstijl* is een belangrijke driver van de voedselvraag. Het aantal mensen met een stedelijke levensstijl neemt toe. In 2008 leefden voor het eerst meer mensen in een stedelijke omgeving dan op het platteland (Seto *et al.* 2010; Crossette 2010). Deze trend zal zich in de toekomst nog verder doorzetten. De stedelijke levensstijl uit zich op verschillend dimensies van de voedselvraag (Wood & Ehui 2005). Stedelingen hebben meestal een hoger inkomen en hebben keuze uit een grotere verscheidenheid aan lokaal en geïmporteerd voedsel. Hierdoor zijn stedelijke diëten meer divers en bevatten meer micronutriënten (bijvoorbeeld vanuit fruit en groenten) en dierlijke proteïnen, maar ook meer geraffineerde koolhydraten, verzadigd en totaal vet en minder vezels (Popkin 2000). Stedelijke levensstijlen houdt ook in dat men meer van thuis weg is en hierdoor ook meer maaltijden buitenhuis eet (Popkin 1993). Daarnaast wordt er ook meer verwerkte en gemaksvoeding gegeten. De benodigde voedselenergie is bij stedelingen wel lager dan bij plattelandsbewoners omdat stedelingen een meer zittende levensstijl hebben (Clark *et al.* 1995; Delisle 1990). Een stedelijke levensstijl vereist op dit moment ook meer natuurlijke hulpbronnen dan de levensstijl van plattelandsbewoners. Steden zijn wereldwijd verantwoordelijk voor 75% van de mondiale grondstoffenconsumptie (Madlener & Sunak 2011) en 70% van de energiegerelateerde uitstoot (Grimm *et al*. 2001), terwijl er in 2012 slechts 51% van de bevolking woont (www.kff.org). Maar tegelijk ziet men steden ook uitdrukkelijk als de aangewezen plaatsen om duurzaamheidsproblemen effectief aan te pakken (Bulkeley *et al*. 2011). Ze kunnen de motor worden van duurzame ontwikkeling (Rotmans *et al.* 2000). Stadslandbouw, stadsimkers en voedselteams zijn voedselgerelateerde voorbeelden van dergelijke stedelijke innovaties. Maar steden zullen door de voedselimport steeds een hogere ecologische voetafdruk hebben. Bijvoorbeeld toekomstige eco-steden (bijvoorbeeld Dongtan[21]) hebben een geschatte ecologische voetafdruk van 2,4 ha (Steel 2011). Dit is veel minder dan de geschatte 5,8 ha in een huidige stad, maar nog altijd meer dan de beschikbare 1,8 ha per inwoner.

6.2.1.2 Vlaanderen

De *demografische driver bevolkingstoename* is minder belangrijk in Vlaanderen. De bevolking steeg tussen 2000-2010 tot 6,25 miljoen (www.statbel.fgov.be), een jaarlijkse toename van 0,52%. Deze toename was in 2010 voor 75% het gevolg van migratie. De verwachting is dat de Vlaamse bevolking zal stijgen tot 6,6 miljoen in 2030.

De *economische driver welvaartstoename* is belangrijk in Vlaanderen. De welvaart name toe gedurende de periode 1970-2009. Dit uit zich in België in een daling van het aan voeding en dranken besteed budget, van 30% in 1970 naar 15% in 2009, en van een stijging van de zichtbare vleesconsumptie (op niveau productie), van 200 gram/inwoner/dag in 1970 naar 245 gram/inwoner/dag in 2009 (FOD Economie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie 2012, Taskforce Duurzame Ontwikkeling 2012). De zichtbare ligt wel hoger dan de werkelijke vleesconsumptie (via enquête, hetgeen wat daadwerkelijk geconsumeerd wordt). Deze werkelijke vleesconsumptie bedroeg in 2004 121 gram/dag bij Belgische personen vanaf 15 jaar. Bij vrouwen lag dat volume significant lager dan bij mannen, respectievelijk 91 en 152 gram/dag. Sindsdien is er geen update meer gebeurd (Afdeling Epidemiologie 2006) en daarom kan er geen trend van de zichtbare consumptie weergegeven worden. Een derde indicator van de vleesconsumptie zijn de thuisverbruikcijfers (op niveau van aankoop) die VLAM laat verzamelen door GfK Panel Services Benelux. Deze indicator geeft vooral een idee van de recente trend en bevindt zich op een mesoniveau tussen de zichtbare (macroniveau) en de werkelijke (microniveau) vleesconsumptie. Het thuisverbruik van vers vlees daalde beperkt: van 22,29 kilo per Vlaming in 2009 naar 22,00 kilo in 2010 en 21,60 kilo in 2011 (Bron: VLAM op basis van Gfk Panel Services Benelux).

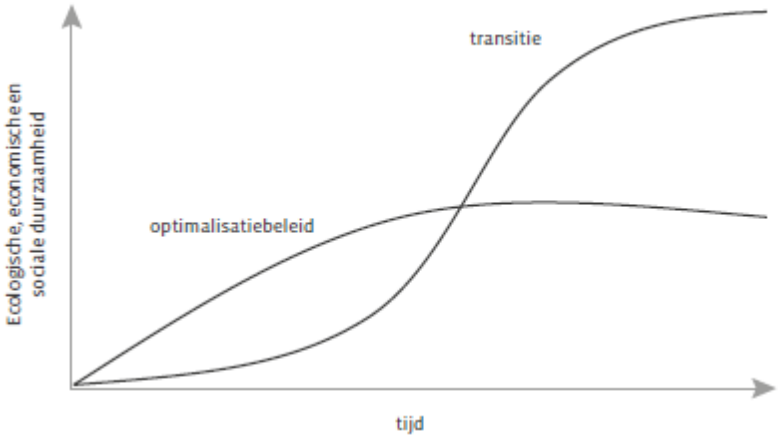
De socio-culturele driver *stedelijke levensstijl* is een belangrijke driver van de voedselvraag. Ondanks het feit dat Vlaanderen een atypische verstedelijking[22] heeft omwille van haar zeer grote

[21] Dongtan was een geplande eco-stad in China, maar het plan werd nooit uitgevoerd.
[22] In Vlaanderen woont 1,5 miljoen mensen in een centrum- of grootstad, 40% in overgangsgebied en 40% op het platteland (VMM 2012).

stadsgewesten (Boudry *et al*. 2003), komt het voedingspatroon overeen met de kenmerken van een stedelijk gebied. Gemaks- en functionele voeding winnen aan belang (IST 2008). Deze laatste is ook het gevolg van een toenemende aandacht voor gezonde voeding, o.a. het vermijden van overgewicht en obesitas (Roels 2012). Daarnaast worden in 2011 26% van de warme maaltijden buitenhuis gegeten of gekocht in een afhaalrestaurant of als kant-en-klaar gekocht uit de supermarkt. Van alle consumpties (niet alleen warm) werd in 2009 33% buitenhuis geconsumeerd (VLAM op basis van Insites Consulting).

6.2.2 voedselaanbod

Wetenschap en technologie zijn een belangrijke indirecte driver van het wereldwijd toegenomen voedselaanbod (Wood & Ehui 2005) en gidsen het systeem ook naar meer duurzame oplossingen, maar waarbij het systeem in zijn huidige configuratie grotendeels behouden of zelfs versterkt wordt (VMM 2012). Een voorbeeld hiervan is de verdere modernisering van de moderne landbouw, waarbij er vooral gebruik wordt gemaakt van technologische maatregelen (bijvoorbeeld GGO's en precissielandbouw) en in beperkte mate van agro-ecologische maatregelen (bijvoorbeeld IPM en niet-kerende bodembewerking). Systeeminnovaties waarbij nieuwe systemen worden uitgedacht, komen veel minder voor (VMM 2012). Deze laatste zijn nodig om tot een meer duurzaam systeem te komen (Figuur 26). Een voorbeeld van een systeeminnovatie is het agro-ecologische landbouwsysteem. Systeeminnovaties zijn moeilijk omdat het een invloed heeft op nagenoeg alle systeemcomponenten zoals de bestaande machtsstructuren (bijvoorbeeld de macht van de supermarkten en toeleveranciers), de gewoontes (huidige manier om aan landbouw te doen) en het onderwijssysteem (bijvoorbeeld agro-ecologie komt beperkt aan bod bij (sommige) landbouwopleidingen). De weerstand van bestaande systemen om te wijzigen kan omschreven worden als institutionele 'lock-in' (Vanloqueren & Baret 2008).



Figuur 26. *Potentieel van optimalisatie en transitie inzake duurzaamheid (bron: Departement Landbouw en Visserij op basis van Wetterings et al. 1997)*

Een meer controversiële indirecte driver van het voedselaanbod is het *landbouw- en handelsbeleid* en dan vooral de producentensubsidies en de invoertarieven die in bijzonder de VS, Europa en Japan toepassen (Wood & Ehui 2005). Deze maatregelen zorgen voor dalende wereldmarktprijzen, ondermijnen de potentiële rendabiliteit van producenten van ontwikkelingslanden op hun eigen markten en verminderen tegelijkertijd hun exportmogelijkheden (Watkins & von Braun 2003). Deze marktverstoringen zorgen er ook voor dat in landen waar de subsidies betaald worden het voedselaanbod stijgt tot niveaus die niet economisch zijn, in afwezigheid van de subsidies. Als reactie op deze overproductie verving de Europese Unie de productiesteun grotendeels door indirecte inkomenssteun. Daarnaast legde de EU randvoorwaarden op betreffende natuur, milieu, dierenwelzijn en voedselveiligheid. In 2014 start een nieuwe periode van het gemeenschappelijk landbouwbeleid. De kaart van duurzaamheid wordt hierbij verder doorgetrokken. Naast de randvoorwaarden, zal de landbouwer ook moeten voldoen aan de zogenaamde vergroeningsvoorwaarden om een deel van zijn directe steun te ontvangen. De voorgestelde vergroeningsvoorwaarden zijn: gewasdiversificatie, instandhouding blijvend grasland en het inrichten van een deel van het areaal als ecologisch aandachtsgebied[23] (braak, kleine

[23] Hoe dit ecologisch aandachtsgebied in Vlaanderen zal ingevuld worden, is nog niet geweten.

landschapselementen bufferstroken, …). Deze vergroeningsvoorwaarden kunnen ertoe leiden dat een landbouwer een deel van zijn productieruimte verliest en dus minder 'voedsel' voortbrengt. Hetzelfde kan eigenlijk gezegd worden over de vrijwillige beheerovereenkomsten, bijvoorbeeld het vrijwillige weidevogelbeheer 'uitstel van maaien tot 15 juni' leidt op basis van het ECOPAY-model (Van Gossum et al. 2012) tot een geschat productieverlies van 27% en er zal dus meer oppervlakte gras nodig zijn om melk en rundvlees te produceren.

Het voedselaanbod wordt ook beïnvloed door het *Vlaams en Europees natuur-, milieu-, en landschapsbeleid*, hetzij via het opleggen van randvoorwaarden of via het stopzetten van het landbouwgebruik. Ongeveer 27% van het landbouwgebruiksareaal of 182.871 ha heeft één of meerdere juridische randvoorwaarden (Danckaert 2003b). Ongeveer 8% heeft juridische randvoorwaarden vanuit het natuurbeleid, 4% vanuit het landschapsbeleid, 12 vanuit het waterbeleid, 2% vanuit het natuur- en landschapsbeleid, 1% vanuit het natuur- en waterbeleid en 1% heeft juridische randvoorwaarden vanuit alle drie de beleidsvelden. Bijvoorbeeld in de beschermingszone 2 en 3 van drinkwatergebieden en in de kwetsbare gebieden natuur[24] gelden er strengere mestnormen: een maximale bemesting van 210 kg N/ha op grasland op niet-zandgrond met maaibeheer (drinkwater) en een begrazing met maximaal 2 grootvee-eenheden per hectare (natuur). Deze strenge bemestingsnormen kunnen tot een lagere opbrengst leiden, bijvoorbeeld bij maisteelt of grasland (Dept. Landbouw & Visserij 2009). Ongeveer 1,2% van het landbouwgebruiksareaal wordt beheerd door terreinbeherende organisaties[25] (Danckaert 2003b). Het nettoresultaat voor het voedselaanbod is een productievermindering. Maar er gaat verhoudingsgewijs veel meer landbouwoppervlakte verloren aan harde bestemmingen zoals wonen en industrie (Danckaert 2003b), waardoor het effect van deze subdriver eerder beperkt is. Het effect zal waarschijnlijk wel groter worden wanneer de instandhoudingsdoelstellingen op gebiedsniveau geïmplementeerd worden.

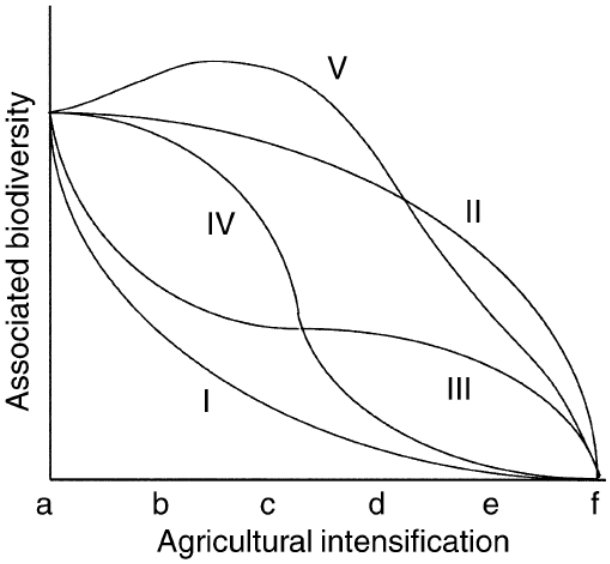
De Europese richtlijn 2009/28/EG ter bevordering van het *gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen* legt voor de verschillende lidstaten bindende doelstellingen vast voor het aandeel hernieuwbare energie in het energieverbruik (Europese Unie, 2009). Deze richtlijn stelt voorop dat tegen 2020 20% van het energieverbruik in Europa uit hernieuwbare energievormen bestaat. Elke lidstaat kreeg een bindende doelstelling opgelegd, en voor België bedroeg die 13%. Eveneens volgens die richtlijn moet er door elke lidstaat minimaal 10% aan hernieuwbare energie in transport aanwezig zijn. De richtlijn geeft bovendien duurzaamheidscriteria aan voor biomassa. Bijvoorbeeld een beperking van biobrandstoffen afgeleid van voedselgewassen tot 6% van het totale brandstofverbruik in het transport (Europees parlement, 11 september 2013). Het effect op het voedselaanbod van deze indirecte driver is beperkt.

[24] Kwetsbare gebieden natuur zijn de gewestplanbestemmingen 'natuurgebieden', 'natuurontwikkelingsgebieden', 'natuurreservaten' en 'bosgebieden' met verstrenging; en de bestemmingen 'natuur en reservaat' en 'bos' van de gewestelijke ruimtelijke uitvoeringsplannen (GRUP).

[25] Terreinbeherende organisaties zijn het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB), Waterwegen en Zeekanaal (WenZ) en erkende gewestelijke terreinbeherende organisaties Natuurpunt vzw, vzw Durme en Limburgs Landschap vzw.

7 Impact ESD op biodiversiteit

De biodiversiteit van Europese landbouwlandschappen gaat sterk achteruit (Krebs *et al*. 1999; Newton 2004; Biesmeijer *et al*. 2006; Ockinger *et al.* 2006; Turbe *et al*. 2010). Dit biodiversiteitsverlies is het gevolg van de aan elkaar gerelateerde processen (Persson *et al*. 2010) van landbouwintensivering (Donald *et al.* 2001) en het verlies aan ecologische heterogeniteit (Benton *et al.* 2003). Het biodiversiteitsverlies ten gevolge van de vermindering van de natuurlijkheidsgraad kan verlopen volgens verschillende ontwikkelingsrichtingen (Vandermeer 2002; Figuur 27). Het aandeel van het oorspronkelijk systeem dat omgezet is naar een productiesysteem en de mate dat het nieuwe systeem verschilt van het oorspronkelijke systeem zijn hierbij belangrijke factoren (Cunningham *et al*. 2013). Een lichte vermindering van de natuurlijkheidsgraad kan zelfs soms leiden tot een hogere biodiversiteit (Giller *et al*. 1997). Deze ontwikkelingsrichtingen zijn zelfs soortafhankelijk. Flynn *et al*. (2009) vonden in een meta-analyse dat vogels en zoogdieren snel achteruit gaan bij vermindering van de natuurlijkheidsgraad, terwijl planten eerder beperkt achteruit gingen.



Figuur 27. *Mogelijke relaties biodiversiteit en natuurlijkheidsgradiënt (aangepast op basis van Vandermeer 2002; Hooper et al. 2005) met a: natuurlijk ecosysteem; b: ecosysteem met hoge mate van natuurlijkheid, c: halfnatuurlijk ecosysteem (bijvoorbeeld heide), d: agro-ecologische landbouw (akkerbouw, grondgebonden veeteelt en tuinbouw), e: moderne landbouw (akkerbouw, grondgebonden veeteelt en tuinbouw), f: Glastuinbouw en niet grondgebonden veeteelt (de geassocieerde biodiversiteit is zeer laag, maar niet nul) en I is patroon met drastische reductie van biodiversiteit, IV: invloed vermindering natuurlijkheidsgraad op biodiversiteit pas groot bij sterke vermindering, II en III tussenliggende patronen*

Dat agro-ecologische landbouw meer geassocieerde biodiversiteit heeft dan moderne landbouw, blijkt uit een meta-analyse van Schader *et al*. (2012) (Tabel 29). Dit blijkt bovendien te gelden voor alle taxa. De verschillen zijn wel meer uitgesproken voor akkerteelten dan voor grasland (Niggli *et al.* 2008).

Tabel 29. *Biodiversiteit: biologische versus moderne landbouw (Hole et al. (2005), update door Niggli et al. (2008) en Schader et al. (2012))*

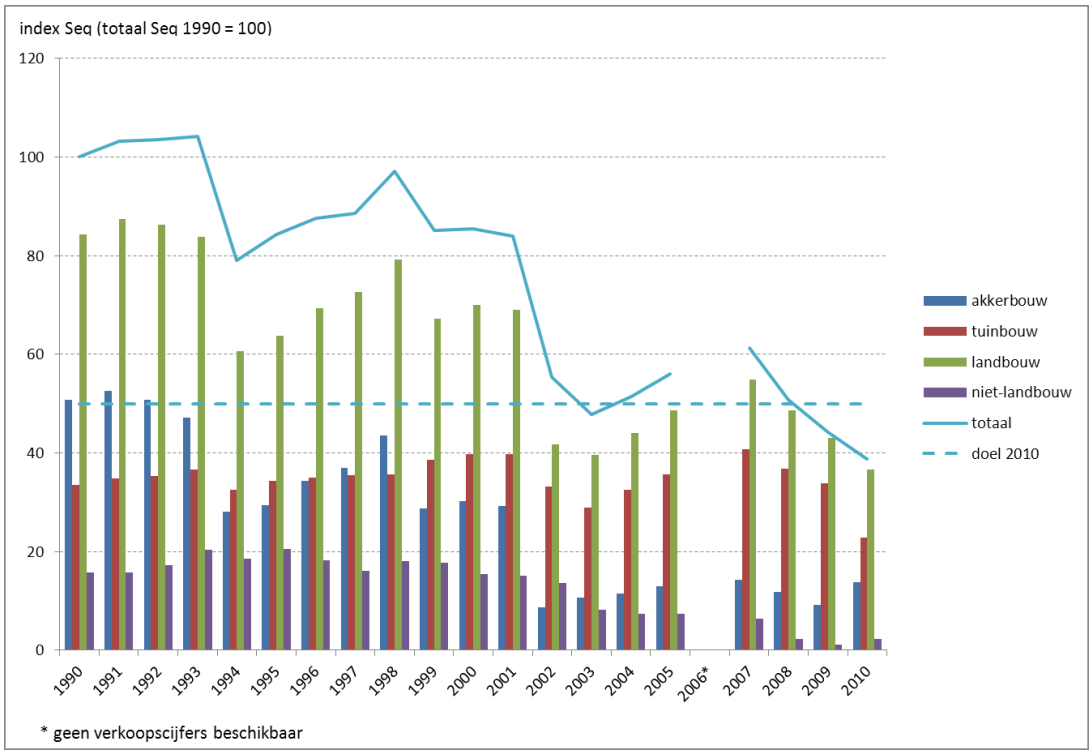
Soortgroep	Invloed van biologische landbouw		
	+	=	-
Planten	16	2	0
Vogels	11	2	0
Zoogdieren	3	0	0
Geleedpotigen			
Kevers	15	4	5
Spinnen	9	4	0
Vlinders	2	1	0
Bijen	2	0	0
Andere	8	3	1
Regenwormen	8	4	2
Bacteriën, schimmels en nematoden	12	8	0
Totaal	87	28	8

In Vlaanderen wordt de biodiversiteitsinvloed van landbouw (hoofdzakelijk moderne landbouw) opgevolgd door drie indicatoren, zijnde het effect van pesticiden op de waterbiodiversiteit, het effect van nutriënten op plantenbiodiversiteit, het effect van landbouw op (bijzondere) broedvogels en de milieu-biodiversiteitsproxy uitstoot van verzurende emissies.

De druk van pesticiden op het waterleven (Seq.-waarde[26]) is tussen 1990 en 2010 sterk gedaald, namelijk een daling van ruim 60% (Figuur 28). De totale Seq.-waarde wordt grotendeels bepaald door een beperkt aantal werkzame stoffen[27]. In 2010 bedroeg het aandeel van de tuinbouw, akkerbouw en niet-landbouw in de druk op het waterleven respectievelijk 59, 35 en 6 % (Figuur 28).

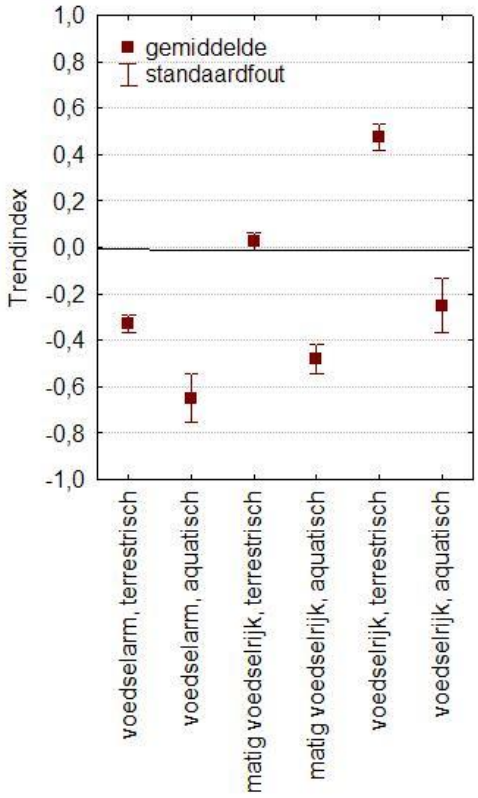
[26] De milieudruk van gewasbeschermingsmiddelen kan weergegeven worden door de som van de jaarlijkse verspreidingsequivalenten (Seq) per gewasbeschermingsmiddel. Voor de berekening wordt de jaarlijkse emissie van een middel gewogen op zijn ecotoxiciteit (in dit geval de toxiciteit voor waterorganismen) en verblijftijd in het milieu. De som van de Seq-waarden (ΣSeq) van de afzonderlijke actieve stoffen geeft een indicatie van de totale belasting op het watermilieu door de verspreiding van gewasbeschermingsmiddelen. De Seq-indicator schat enkel het risico voor de waterorganismen in en houdt geen rekening met niet-doelorganismen in het veld, bodemorganismen, het bio-accumulerend vermogen, de hormoonverstorende eigenschappen en de synergetische milieueffecten.

[27] Anno 2010 zijn drie stoffen verantwoordelijk voor meer dan de helft van dat totaal: flufenoxuron (25 %), aclonifen (insecticide, 16 %) en chloorpyrifos (insecticide, 14 %).



Figuur 28. *Druk op waterleven door gewasbescherming (Vlaanderen, 1990-2010) (Bron: UGent en FOD VVVL)*

Het effect van de nutriënten op de plantensoorten wordt weergegeven in Figuur 29. Uit de figuur blijkt dat de aquatische planten achteruitgegaan zijn en dit onafhankelijk van hun voedselvoorkeur (zijnde gebonden aan voedselarme, matig voedselrijke als voedselrijke milieus). De achteruitgang is wel het grootst bij planten gebonden aan voedselarme milieus. Landgebonden planten zijn vooral achteruit gegaan wanneer ze een voorkeur vertonen voor voedselarme situaties, maar zijn sterk vooruit gegaan wanneer ze gebonden zijn aan voedselrijke situaties (Schneiders *et al.* 2007).



Figuur 29. *Gemiddelde trendindex*[28] *van plantengroepen typerend voor aquatische en terrestrische milieus in relatie tot voedselrijkdom (basisgegevens van Van Landuyt et al. 2006)*

De broedvogels van de landbouwgebieden kenden een sterke daling tussen 1990 en 2000-2002 (Tabel 30). Deze daling zette zich verder in de periode 2000-2002 tot 2007. In 2007-2010 was de afname minder sterk, hoewel de trends van echte landbouwspecialisten zoals grauwe gors, veldleeuwerik, grutto en ringmus onverminderd negatief waren en gecompenseerd werden door de vooruitgang van generalisten zoals houtduif en spreeuw. De algemene achteruitgang van de vogels van het landbouwgebied houdt verband met de modernisering van de landbouw. Volgens Newton (2004), Dochy & Hens (2005) en Bos en Schröder (2009) is deze achteruitgang o.a. een gevolg van een verhoogd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, verwijderen van kleine landschapselementen, de vervanging van zomergranen door wintergranen, de vervangen van granen door maïs, verlies van de mozaïek van verschillende landgebruiken in tijd en ruimte en toegenomen aantal grond- en gewasbewerking tijdens broedseizoen vogels. Maatregelen om die achteruitgang te stoppen, zoals de PDPO I en II-maatregelen blijken tot op heden op een te kleine schaal te worden toegepast. Nochtans heeft een recente INBO-studie aangetoond dat sommige van de maatregelen potentieel erg waardevol kunnen zijn (Strubbe *et al*. 2010).

Tabel 30. *Broedvogelindex landbouwgebieden 1990-2012*

Jaar	Broedvogelindex landbouwgebieden
1990	100,00
2000-2002	25,00
2007-2009	21,80
2010-2012	20,15

De totale emissie van potentieel verzurende stoffen door de landbouw daalde met 57% ten opzicht van 2011 (www.milieurapport.be). De daling van de verzurende emissies kan verklaard worden

[28] De trendindex is een maat voor relatieve toename (+) of afname (-) van het verspreidingsgebied van een soort in de periode 1939-1971 versus 1973-2004

door het lagere zwavelgehalte in stookolie, omschakeling van stookolie naar aardgas, de vermindering van de veestapel, de lagere stikstofinhoud van veevoeder, de emissiearme meststoftoediening, de bouw van emissiearme stallen en de toenemende mestverwerking. Maar deze daling is onvoldoende om kwetsbare natuur te beschermen. Bovendien is het relatief aandeel van de landbouw stijgende, in 2011 42%, omdat andere sectoren nog grotere daling realiseerden. Dit groot aandeel bij landbouw kan verklaard worden door de ammoniakemissies. Zo is 93% van de Vlaamse ammoniakemissies afkomstig van de landbouw en deze ammoniakemissies zijn goed voor 83% van de verzurende emissies van de landbouw. Daarnaast veroorzaakt de landbouw ook verzurende emissies door de uitstoot van stikstofoxiden (14% van de verzurende landbouwemissies) en zwaveldioxide (3%).

Dus de modernisering van de landbouw ging gepaard met een achteruitgang van de biodiversiteit. Wel worden de laatste jaren veelaleer technologische oplossingen gebruikt om dit effect op de biodiversiteit te verminderen. Maar sommige auteurs (bijvoorbeeld Stevenson *et al*. 2013) benadrukken dat de modernisering van de landbouw ook een positief effect heeft op de biodiversiteit. De modernisering heeft er voor gezorgd dat er minder land in productie gebracht werd en hierdoor heeft voorkomen dat bijvoorbeeld biodiversiteitsrijke tropische bossen in productie gebracht zijn. Bijvoorbeeld in een wereld die niet heeft kunnen genieten van de genetische verbeteringen van de belangrijkste basisvoedselgewassen (bijvoorbeeld granen en rijst) zou de akkeroppervlakte in 2004 17,9 tot 26,7 miljoen hectare groter zijn en zouden er in de tropen 2 miljoen hectare bos minder zijn. Maar niet elke technologische verbetering voorkomt ontbossing. Dit is eerder het geval wanneer de technologie arbeidsintensief is, wanneer het gewas betreft dat hoofdzakelijk voorkomt in bestaande landbouwgebieden en wanneer de vraag gelimiteerd is (Stevenson *et al*. 2013). Een tegenvoorbeeld zijn oliehoudende gewassen, deze hebben nagenoeg een ongelimiteerde vraag en vinden vooral plaats naast bestaande bossen en de technologische verbeteringen leiden hier vooral tot bijkomende ontbossing wanneer geschikte regelgeving om dit te voorkomen afwezig is (Stevenson *et al*. 2011).

8 Interactie met andere ESD's

De huidige moderne landbouwproductie gaat gepaard met tal van negatieve effecten voor andere ecosysteemdiensten, zoals globaal klimaat (broeikasgassen), luchtkwaliteit (fijn stof, vorming troposferische ozon, ammoniak, stikstofoxiden), waterproductie (verdroging), regulatie waterkwaliteit (sedimentatie van waterwegen, afvloeien van nutriënten en pesticiden), behoud bodemvruchtbaarheid (verdichting, verslemping, bodemverlies, vermindering organisch stofgehalte), natuurlijke plaagbestrijding, bestuiving, regulatie van erosierisico (modderstromen, bodemverlies) en visproductie (frequentie en ernst van algenbloei, hypoxie en vissterfte en 'dode zones' in mariene ecosystemen door eutrofiëring) (Stoate *et al*. 2001; Bouwman *et al*. 2009; Power *et al.* 2010; Schader *et al*. 2012; Avnery *et al*. 2013, Boye & Arcand 2013) (zie ook §9.2). Daarnaast zorgt een onoordeelkundig intensief gebruik voor productieverlies op de lange termijn (Olderman 1990) (zie §9.1), wat versterkt wordt door de negatieve effecten die landbouw op andere ecosysteemdiensten uitoefent. Bijvoorbeeld troposferische ozon, bodemverdichting, bodemverlies en watertekorten verminderen de productie (zie §9.1). Landbouw levert langs de andere kant ook een bijdrage aan verschillende ecosysteemdiensten zoals globaal klimaat (opslag van broeikasgassen in de bodem), luchtkwaliteit (afvangen van fijn stof) en recreatie (zie ook §9.2). Zowel de verdere technologische als de ecologische modernisering van de landbouw worden naar voor geschoven als een mogelijk manier om de negatieve gevolgen van de landbouwproductie te verminderen. Of dit zo is, zal besproken worden in §9.3. Daarnaast is er het globale effect. Veel diensten worden deels in- of uitgevoerd uit Vlaanderen. Dit hoeft niet per se een negatief gegeven te zijn, maar het is essentieel een beeld te krijgen van de impact van de levering van diensten buiten Vlaanderen op diensten én waarden in het land van herkomst (zie §9.4).

8.1 Effect van voedselproductie op zichzelf en de daarmee samenhangende ondersteunende diensten

De invloed van voedselproductie op zichzelf manifesteert zich vooral via de regulerende ecosysteemdiensten bodemvruchtbaarheid, bestuiving, natuurlijke plaagbestrijding en zelfs regulatie van luchtkwaliteit (troposferische ozon die deels via emissies van de landbouw gevormd wordt).

Onoordeelkundig *bodembeheer* (bijvoorbeeld slecht nutriënten- en waterbeheer, bodemverdichting en bodemerosies) heeft er voor gezorgd dat wereldwijd 17% van de landoppervlakte met vegetatie gedegradeerd is, dus een lagere bodemvruchtbaarheid heeft (Oldeman 1990). Dit verminderd productiviteitsverlies kan soms wel gecompenseerd worden door een toename van bemesting, irrigatie en ziektecontrole, waardoor de productiekosten wel toenemen (Naylor 1996). Nutriëntenbeheer is meer dan N, P en K. Op de lange termijn zijn er ook problemen met de (micro)nutriënten Mg, Ca, S, Mn, Cu, Zn en Se (Jones *et al*. 2013). Bijvoorbeeld, in Vlaanderen is zwavel een nutriënt dat onvoldoende voorradig is en via kunstmest wordt toegediend. Dit na jaren van – eerder een onbewuste - antropogene bemesting door zwavelhoudende regen (med. Bodemkundige Dienst van België). Dat bodemdegradatie ook in Vlaanderen voorkomt, blijkt uit de gegevens van de Bodemkundige Dienst van België. Een recente studie laat zien dat het koolstofgehalte in de Vlaamse landbouwgrond daalde in de periode 1989-1991 tot 2004-2007, waarbij het aantal percelen dat de streefzone[29] niet haalde steeg van 20,9% naar 52% bij akkers en van 29,6% naar 52,4% voor weilanden (Maes *et al*. 2012). De meest recente meetcampagne, zijnde 2008-2011, toonde aan dat er een stagnatie of zelfs een beperkte verbetering merkbaar is. Maar deze dient door volgende meetcampagnes bevestigd te worden omdat veranderingen in organische stof enkel voldoende zichtbaar zijn op de lange termijn. De zuurtegraad van de landbouwgronden kent ook een geleidelijke verbetering. In de periode 2008-2011 had 39% van de geanalyseerde akkerbouwgronden door de Bodemkundige Dienst van België een zuurtegraad lager dan de streefzone, terwijl dit nog 48% was in de periode 1989-1991. De conclusies is dat de landbouwproductie de Vlaamse bodem heeft verarmd, maar dat recent terug een geleidelijke verbetering merkbaar is. Een ander probleem is het aantasten van de fysische bodemvruchtbaarheid door verdichting als gevolg van het gebruik van zware machines en het frequent passeren met landbouwmachines. Volgens Van de Vreken *et al*. (2007) zijn verschillende landbouwgronden sterk verdicht, wat een negatief effect heeft op de gewasgroei doordat de wortels bijvoorbeeld niet door de verdichte laag kunnen groeien. Ten slotte treedt er

[29] De streefzone is een referentiewaarde waarbij een optimale landbouwproductie mogelijk is, rekening houdend met kosten maar niet met ecologische normen.

bodemverarming op door erosie van de bovenste vruchtbare bodemlaag. Bodemerosie door water en bewerking treedt vooral op in de leemstreek. Moderne landbouw versterkt erosie door onder andere schaalvergroting van de percelen, verlies van kleine landschapselementen, verdichting van de bodem en een toename van de oppervlakte erosiegevoelige gewassen (Evans, 1996; Chambers et al. 1992; Stoate *et al*. 2001). In Vlaanderen kiezen veel landbouwers op de erosiegevoelige percelen voor weinig erosiegevoelige teelten. Maar het aandeel aan erosiegevoelige teelten blijft hoog: 22% op percelen met een zeer hoge erosiegevoeligheid en 57% bij percelen met hoge bodemerosiegevoeligheid (Oorts *et al*. 2012). Op percelen met een zeer hoge erosiegevoeligheid dient een landbouwer wel verplicht erosiereducerende maatregelen te nemen, waardoor het erosierisico vermindert. Deze verplichting zal vanaf 2018 ook gelden voor percelen met een hoge erosiegevoeligheid. Momenteel kunnen op deze percelen vrijwillige beheeroverkomsten gesloten worden om het erosierisico te verkleinen. Doordat de productieverminderingen ten gevolge van bodemdegradatie meestal pas optreden op de lange termijn en de huidige landbouwer hierbij nagenoeg geen nadelige gevolgen van ondervindt, heeft de landbouwer ook geen stimulans om hier iets aan te doen (Stoate *et al*. 2001).

Moderne landbouw heeft ook een negatief effect op de ecosysteemdienst bestuiving omdat het de aantallen en de diversiteit van wilde bijen vermindert door onder andere schaalvergroting, het verwijderen van kleine landschapselementen, het verminderen van de gewas- en de vegetatiediversiteit (Kennedy *et al*. 2012). Bovendien zijn moderne insecticiden, zijnde de neonicotinoïden, één van de oorzaken van de wereldwijde bijensterfte door hun toxiciteit die kan versterkt worden in combinatie met andere agrochemicaliën en door hun synergetische reactie met verwekkers van bijenziektes (Van Der Sluijs *et al*. 2013). De EU heeft daarom recentelijk besloten om een gedeeltelijke pesticidenban (stoffen: Clothianidine, Thiametoxam en Imidacloprid, uitzondering niet-bloeiende gewassen) in te voeren voor 2 jaar (vanaf 1 december 2013). Want zoals al vermeld kan het wegvallen van bestuiving leiden tot een sterke vermindering of zelfs verdwijning van bestuivingsafhankelijke gewassen zoals de meeste fruitsoorten. Voor meer informatie over bestuiving wordt er verwezen naar het ESD hoofdstuk 16 bestuiving.

Moderne landbouw kent ook een verhoogde plaaggevoeligheid (Oerke 2006) en minder natuurlijke plaagbestrijders (Letourneau *et al*. 2011), waardoor ze sterker afhankelijk zijn van pesticiden om de gewasschade binnen aanvaarde drempels te houden (Oerke 2006). Voor meer informatie over natuurlijke plaagbestrijding wordt er verwezen naar het ESD hoofdstuk 17 plaagbeheersing.

Landbouw heeft ook een negatief effect op de luchtkwaliteit en dit heeft ook gevolgen voor de landbouwproductie. Het onder andere door de landbouw uitgestoten methaangas draagt bij aan de vorming van troposferisch ozon en troposferische ozon heeft een negatieve invloed op de gewasproductie. Recente studies schatten het wereldwijd opbrengstverlies van de belangrijkste basisvoedselgewassen (granen, knolgewassen, etc.) op 2 tot 15% (Feng & Kobayashi 2009, Van Dingenen *et al*. 2009, Fishman *et al*. 2010, Avnery *et al*. 2011a). Dit opbrengstverlies kan onder de huidige condities tegen 2030 oplopen tot gemiddeld 10% (Van Dingenen *et al*. 2009, Avnery *et al*. 2011b).

Landbouw stoot ook veel broeikasgassen (bijvoorbeeld methaangas, koolstofdioxide) uit en zoals al vermeld bij directe drivers is het netto-effect van de klimaatverandering negatief voor de landbouw in Vlaanderen.

8.2 Effect van voedselproductie op andere ESD's

Zoals al vermeld heeft moderne landbouw een invloed op nagenoeg alle andere ecosysteemdiensten, zowel in positieve als negatieve zin. De invloed is verschillend in functie van het type ecosysteemdienst.

Voedsel- en voederproductie zijn een concurrent voor de meeste andere producerende diensten, zoals energie- en materialenproductie. Doordat voedselproductie een basisbehoefte is, krijgt het logischerwijze meestal de voorkeur op de andere diensten. De verschillende producerende diensten hoeven elkaar ook niet steeds uit te sluiten. Voorbeelden zijn het aanwenden van restproducten van de voedselproductie voor energieproductie en boslandbouw waarbij zowel hout als voedsel geproduceerd worden.

De recreatieve waarde van landbouw wordt bepaald binnen zijn historische maatschappelijke context. Wel kan gezegd worden dat moderne landbouw de Europese landschapsdiversiteit verkleind heeft door onder andere het verwijderen van kleine landschapselementen, het vergroten van velden, het vereenvoudigen van gewasrotaties en het verdwijnen van kleurrijke akkerplanten

waardoor de recreatieve waarde verminderd is (Stoate *et al.* 2001). Maar landbouw heeft ontegensprekelijk nog steeds belangrijke recreatieve waarden. Deze diensten zijn impliciet – als een passieve bijdrage – als ze door de maatschappij als meerwaarde worden gepercipieerd zonder dat de landbouwsector er doelgericht inspanningen voor levert, bijvoorbeeld de landschappelijke waarde van boomgaarden, grazende dieren, stilte, een historische boerderij of de publiek toegankelijke landwegen (Gobin *et al*. 2008). Ze zijn expliciet indien de landbouw actief inzet, wat gewoonlijk als "verbreding" of diversifiëring wordt omschreven. Hoeverecreatie en zorgboerderijen zijn hier gekende voorbeelden van. Diverse structuren van de landbouwsystemen dragen meer bij tot deze diensten dan andere. Veel van deze structuren behoren ruimtelijk en functioneel tot de zogenaamde "tarra", die onderdelen van het landbouwareaal die geen voedsel produceren maar hiermee wel in verband staan, zoals perceelsranden (bijvoorbeeld verminderen van pesticidentoevoer naar waterlopen), sloten (bijvoorbeeld voor drainage), landbouwwegen (bijvoorbeeld toegang tot de akker) en elementen van hoeveverfraaiing.

Ten slotte maakt voedselproductie gebruik van verschillende regulerende diensten (bijvoorbeeld bestuiving, bodemvruchtbaarheid, natuurlijke plaagbestrijding, waterproductie, regulatie van waterkwaliteit) (zie §3) en het moderne landbouwmodel heeft op de meeste van deze diensten een negatief effect (zie §9.1). Daarnaast worden ook talrijke gassen uitgestoten die de luchtkwaliteit (bijvoorbeeld fijn stof, ammoniak, methaangas – bijdragen aan de vorming van troposferisch ozon) en het globaal klimaat (methaangas, lachgas, koolstofdioxide) beïnvloeden en komen verschillende externe inputs (pesticiden, nutriënten) en vruchtbare bodem (door erosie) terecht in de waterlopen met nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit. De N-emissies (lachgas, ammoniak) zijn iets meer afkomstig van de dierlijke productie (24 kton N) dan van de plantaardige productie (22 kton N), terwijl de N-emissies naar het water afkomstig zijn van de plantaardige productie (19 kton N) (Coppens et al. 2013). Ten slotte dragen de landbouwmachines, het vee en de ventilatoren van de stallen in beperkte mate bij aan de geluidsoverlast. Uit een gestandaardiseerde enquête naar geluidshinder in 2000-2001, 2004 en 2008 op niveau van het Vlaams Gewest blijkt dat het aandeel van de respondenten die ernstig tot extreem gehinderd worden door lawaai uit de landbouw, beperkt is tot ongeveer 1% (LNE 2008).

In de volgende paragrafen gaan we in meer detail in op het effect van landbouwproductie op de luchtkwaliteit door opname/uitstoot van fijn stof, op het globaal klimaat door opname/uitstoot van broeikasgassen en op waterproductie en waterkwaliteit.

8.2.1 Opname en uitstoot fijn stof

Het landbouwproductieproces brengt fijn stof (Tabel 31) in de lucht, maar de teelten nemen ook fijn stof op (Tabel 32). Uit beide tabellen blijkt dat veel voedselteelten een neutrale eindbalans hebben.

Tabel 31. *Fijn stofemissies van verschillende landbouwteelten (bron: LARA 2012)*

	Opp (ha, 2011)	Fijn stofemissies (kg/ha)		Verklaring
		PM_{10}	$PM_{2,5}$	
Akkerbouw	224.428	6,13	1,20	PM_{10} 1375 ton (2010) en $PM_{2,5}$ 270 ton (2010)
Voedermais	117.364	10,14	2,04	Bij PM_{10} gaat het daarbij voor 61% om het stof dat opwaait bij de bewerking van akkers voor voedermais en grasland. De stofemissiefactor voor grasland ligt drie maal lager dan voor mais. Daarnaast gaat het om 30% stofemissie door brandstofgebruik (van voornamelijk landbouwmachines) en 9% door mestopslag. (LARA, 2012). In 2010 gaat het om 2291 ton stofemissies
Grasland	212.422	5,18	2,04	Zeer fijn stof (PM2,5) wordt in de rundveehouderij vooral geproduceerd door brandstofgebruik (92%) en in mindere mate door mestopslag (8%). In 2010 gaat het om 672 ton stofemissies.
Groenten	27008	10,06	3,91	Ten opzichte van 2007 is de uitstoot weinig veranderd: 188 ton PM2,5 en 484 ton PM10 in 2010.
Glasgroenten	1199	184	160	De emissie door glastuinbouwactiviteiten daalt na 2007 tot 306 ton PM10 en 266 ton PM2,5 in 2010
Fruit	15.777	10,06	3,91	

Tabel 32. *Kengetallen voor de kwantificering van afvang van fijn stof (PM10) door weiland en akker (bron: Oosterbaan (2011) omgerekend door VITO (2013) naar kg/ha*

Vegetatietype	Hoeveelheid min (kg/ha)	Hoeveelheid max (kg/ha)
Weiland	18	36
Akkerland	6,4	12

Naast de directe uitstoot van fijn stof door de Vlaamse landbouw zijn er ook indirecte fijn stofemissies gekoppeld aan de productie van inputs (bijvoorbeeld kunstmeststoffen, diervoeders) en aan de productie van geïmporteerde voedingswaren die, al dan niet na verwerking, geconsumeerd worden door Vlaamse gezinnen. Vercalsteren *et al*. (2012) berekende dat voor PM10 53% en voor PM2,5 41% van de totale fijn stofemissies die verbonden zijn aan de consumptie van de Vlaamse huishoudens gerelateerd zijn aan voedingswaren (Tabel 33). Wat voedselproductie dus de grootste fijn stofbron maakt.

Tabel 33. *De broeikasgasemissies van geconsumeerde voedingswaren (bron: Vercalsteren et al. 2012)*

Milieueffect	Voedingswaren							Totale consumptie
	Vis	groenten & fruit	Vlees	Dranken	melkproducten	andere	tot	
Fijn stof PM10 (kg/cap)	0,27	0,34	1,15	0,65	0,53	2,21	5,15	9,79
Fijn stof PM2,5 (kg/cap)	0,08	0,09	0,35	0,19	0,16	0,64	1,51	3,65

8.2.2 Opname en uitstoot van broeikasgassen

Landbouwproductie is naar schatting verantwoordelijk voor 12-14% van de globale antropogene emissies van broeikasgassen, hierbij zijn de emissies ten gevolge van hoofdzakelijk (tropische) ontbossingen niet opgenomen (IPCC 2007). In Vlaanderen is de landbouwsector en de voedingsindustrie, respectievelijk verantwoordelijk voor 10,6 en 1,7% van de totale Vlaamse broeikasgasemissies. De uitstoot voor de verschillende landbouwsubsectoren (in ton CO_2-equivalenten per hectare) wordt weergegeven in Tabel 34. Typisch voor de landbouwsector is het grote aandeel vanuit niet-energetische bronnen: methaan (afkomstig van mestopslag en spijsvertering van herkauwers) en lachgas (door nitrificatie en denitrificatie in de bodem) waren in 2010 goed voor respectievelijk 37 en 24% van de totale broeikasgasuitstoot van de landbouw (MIRA 2012). Dit groot aandeel komt doordat lachgas en methaangas respectievelijk een 310 en 21 keer zwaarder broeikaseffect hebben dan koolstofdioxide. Tussen 1990 en 2010 daalde de totale Vlaamse broeikasgasuitstoot met nauwelijks 1%. Zowel de landbouw als de voedingsindustrie deed het beter met een daling van respectievelijk 17% en 37% t.o.v. 1990. Deze daling is het gevolg van een duidelijke trend naar schonere energiebronnen (http://www.milieurapport.be). Zo is het gebruik van aardgas sinds 1990 verelfvoudigd en dit ten koste van het gebruik van steenkool (-78 %) en extra-zware stookolie (-90 %). Sinds 2005 doet ook biomassa als hernieuwbare energiebron zijn intrede in de landbouw. Deze brandstof wordt ingezet in de glastuinbouw. In 2011 bedroeg het aandeel van biobrandstoffen in het totaal energiegebruik 9 %.

Tabel 34. *De jaarlijkse broeikasgasemissies van de Vlaamse landbouw voor akkerbouw, veeteelt en tuinbouw (bron: LARA 2012)*

	ton CO_2-eq/ha
Akkerbouw	7,53
Tuinbouw (open lucht)	4,70
Tuinbouw (glas)	702,54
Rundvee[30]	10,40

Naast de directe uitstoot van de broeikasgassen door de Vlaamse landbouw- en voedingssectoren zijn er ook broeikasgasemissies gekoppeld aan de productie van inputs (bijvoorbeeld kunstmeststoffen, diervoeders) en aan de productie van geïmporteerde voedingswaren die, al dan

[30] Totale uitstoot rundveesector (3431 kton in 2010) gedeeld door de voederoppervlakte.

niet na verwerking, geconsumeerd worden door Vlaamse gezinnen. Vercalsteren *et al*. (2012) berekende dat 17% van de totale broeikasgasemissies die verbonden zijn aan de consumptie van de Vlaamse huishoudens gerelateerd zijn aan voedingswaren (Tabel 35). Het merendeel hiervan, grosso modo 70%, komt vrij buiten Vlaanderen. Voedingswaren die in sterke mate aan het broeikasgaseffect bijdragen zijn kaas, vlees en eieren (Tischner & Kjærnes 2010) en voedingswaren die per vliegtuig worden ingevlogen (Thielicke 2007).

Tabel 35. *De broeikasgasemissies van geconsumeerde voedingswaren (bron: Vercalsteren et al. 2012)*

Milieueffect	Voedingswaren							Totale consumptie
	vis	groenten & fruit	vlees	dranken	melkproducten	andere	tot	
Broeikasgas (ton CO2-eq/inwoner)	0,15	0,22	0,6	0,31	0,29	0,77	2,34	13,62

8.2.3 Waterverbruik

In 2009 verbruikte de Vlaamse voedingsindustrie 47,6 miljoen m³ water (exclusief koelwater) en de Vlaamse landbouw tussen 54 (cijfers AMS) en 68 miljoen m³ (cijfers MIRA) of resp. 7 en 10% van het Vlaamse waterverbruik (VMM 2012). Voor grondwater loopt dit wel op tot ongeveer een vierde (Wustenberghs *et al*. 2008). Landbouw oefent dus, zeker lokaal, een grote druk op de watervoorraden. Daarnaast is de Belgische waterexploitatie-index (WEI, het werkelijk waterverbruik van de beschikbare voorraden) met een waarde van 32% in 2007 (EEA 2009) veel te hoog. Een waarde hoger dan 20% wordt als alarmerend beschouwd (Alcamo *et al*. 2000). Daarnaast is Vlaanderen een regio met zeer weinig beschikbaar water. Afhankelijk van de gebruikte methode blijkt dat er gemiddeld in Vlaanderen en Brussel jaarlijks tussen 1.100 en 1.700 m³ water per inwoner beschikbaar is (www.milieurapport.be). Er wordt gesproken van een waterschaarste wanneer de waterbeschikbaarheid lager is dan 1.000 m³/inw./jaar. Daarnaast is er volgens Rockström *et al*. (2007) 1.300 m³/inw/jaar nodig voor een gezond dieet van 3000 kcal/dag/inwoner met vleesaandeel van slechts 20%.

Naast het direct waterverbruik in de Vlaamse landbouw- en voedingssector is er ook waterverbruik gekoppeld aan de productie van externe inputs en aan de productie van geïmporteerde voedingswaren die in Vlaanderen geconsumeerd worden. Dit totale waterverbruik kan worden gemeten door de watervoetafdruk. Het is een methode die door sommige nog bekritiseerd wordt en daarom dienen de bevindingen nog met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Volgens WWF (2001) bedraagt de jaarlijkse watervoetafdruk van de gemiddelde Belg[31] 7.406 liter/dag of 2703 m³. Dit is het dubbele van het wereldwijde gemiddelde, meer dan onze buurlanden (Nederland: 2300 m³/inwoner; Verenigd Koninkrijk: 1700 m³/inwoner), zelfs meer dan de wereldwijde beschikbare hoeveelheid hernieuwbaar zoet water (2500 m³/inwoner). Ongeveer drie vierde van deze 'waterconsumptie' is toe te schrijven aan de voedselconsumptie, waarbij vooral rundsvlees en zuivel een hoge water voetafdruk hebben, en drie kwart ervan wordt vanuit het buitenland ingevoerd (www.watervoetafdruk.be; VMM 2012).

8.2.4 Waterkwaliteit

Landbouwproductie heeft een negatieve invloed op de waterkwaliteit wanneer te hoge concentraties van pesticiden en nutriënten (vooral nitraten en fosfaten) en sedimenten (afspoelen bodem door erosie) in het grondwater en de waterlopen komen. Ondanks het dalende gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (-24% t.o.v. 1990; uitgedrukt als actieve stof) worden bestrijdingsmiddelen vaak teruggevonden in concentraties boven wettelijke normen in oppervlaktewater en grondwater (VMM 2012; MIRA 2012). Bijvoorbeeld in 2011 werd voor 47% van de meetlocaties van het grondwatermeetnet een overschrijding van de kwaliteitsnorm voor een of meer (afbraakproducten) bestrijdingsmiddelen vastgesteld (VMM 2012). De landbouwproductie was in 2011 verantwoordelijk voor 61% van de N-belasting en 40% van de P-belasting van het oppervlaktewater (MIRA 2012). Dit aandeel wordt de laatste jaren groter omdat de vermindering van de N- en P-belasting door bedrijven en huishoudens veel groter is dan de landbouw. De N- en P-belasting zorgen er voor dat slechts 30% van de grotere waterlopen de stikstofnorm haalt en

[31] Om de watervoetafdruk van België te berekenen, analyseerde WWF, samen met ECOLIFE (zie ook De Clerck 2009), de waterbehoefte van alle geconsumeerde landbouwproducten, op basis van de productie- en verkoopgegevens van PC-TAS (ITC 2006). Dit omvat 503 teelten (bijvoorbeeld katoen, levensmiddelen, bloemen) en 141 veeteeltproducten.

amper 20% deze voor fosfaat (MIRA 2012). Voor het grondwater werd de norm door 35,5% van de meetpunten niet gehaald.

8.3 Produceren van voedsel met minder negatieve interacties voor andere ESD's

Zowel de moderne als agro-ecologische landbouw wordt naar voor geschoven als een mogelijk manier om de wereld te voeden en terzelfder tijd de negatieve gevolgen van de landbouwproductie te verminderen. Bij moderne landbouw gaat het hierbij om precisielandbouwtechnieken en genetisch gemodificeerde organismen. Deze technieken bieden perspectieven omdat ze de inputs kunnen verminderen en de opbrengst behouden of verbeteren. Maar dit is wel niet steeds het geval, bijvoorbeeld het optreden van secundaire pesten bij ziekteresistente GGO's (Wang *et al.* 2008). Het effect van deze moderne landbouwtechnieken op andere ESD's is nog maar beperkt onderzocht. Dit is wel het geval bij de agro-ecologische landbouw. De resultaten van de meta-analyse die Kremer & Albies (2012) uitvoerden, wordt weergegeven in Tabel 36. De conclusie van deze auteurs was dat agro-ecologische percelen –ondanks de zeer beperkte ondersteuning- slechts een matige verlaging kennen van de productiviteit. Daarnaast scoren agro-ecologische systemen voor veel andere ecosysteemdiensten veel beter dan moderne systemen, waardoor uit ESD oogpunt dit systeem te verkiezen valt. Maar agro-ecologische systemen vereisen wel een grotere arbeidsinput per hectare dan moderne landbouwsystemen. Dit betekent dat de eenheidsprijs per oppervlakte hoger dient te zijn om zowel het opbrengstverlies als de hogere arbeidsinput te compenseren of dat de landbouwer een vergoeding krijgt voor de andere ecosysteemdiensten.

Tabel 36. *Agro-ecologisch versus moderne landbouw: een vergelijking van hun invloed op ecosysteemdiensten en biodiversiteit (naar Kremer & Miles 2012)*

Ecosysteemdienst	Effect*			Bewijskracht**
	Grootte	Richting	Sign.	
Voedselproductie: opbrengst per ha[32]	<25%	-	*	Zwak
Bodemvruchtbaarheid				
Organische koolstof	Klein tot medium	+	*	Sterk
Fysische bodemkwaliteit	Klein tot groot	+	*	Sterk
Biologische bodemkwaliteit	Medium tot groot	+	*	Sterk
Erosiebescherming	Groot	+	*	Sterk
Waterzuivering[33]				
Nitraatuitspoeling	Klein	+	*	Zwak
Fosfaatuitspoeling	Klein	+	n.s.	Onduidelijk
Overstromingsbescherming: water retentie	Klein tot groot	+	*	Zwak tot sterk, meer uitgesproken onder droge omstandigheden
Natuurlijke plaagbestrijding				
Onkruiden		+		Gematigd tot sterk
Luchtgebonden plantpathogenen	Groot	+	*	Sterk
Bodemgebonden plantpathogenen		+		Zwak tot gematigd
Geleedpotigen (lokale schaal)	Klein	+	*	Zwak
Geleedpotigen (landschapsschaal)	Niks tot groot	+	n.s. tot *	Onduidelijk
Bestuiving	Klein	+	*	Zwak
Droogtebescherming	Medium tot groot	+	*	Sterk
Bescherming tegen hevige neerslag en orkanen	Klein tot groot	+	*	Sterk
Globaal klimaat				
Koolstofsekwestratie op 30 cm bodemdiepte	klein	+	*	Zwak
Koolstofsekwestratie op 1 m bodemdiepte			n.s.	Onduidelijk
Energie-gebruikseffici ëntie		+		Sterk
Bijdrage broeikasgaseffect				Onduidelijk
Biodiversiteit				
Abundantie	Groot	+	*	Sterk
Rijkdom	Medium	+	*	Sterk

* grootte: klein=<25%, medium=25 tot 50% en groot=>50%; richting: +: agro-ecologische systemen scoren beter dan moderne landbouw; significantie: *=p<0.05 en ns=niet significant

** bewijskracht: sterk= grootte van effect is medium of groot en significant, zwak=grootte van effect is klein significant, onduidelijk = niet significant of studies tonen zowel positieve als negatieve effecten of kan niet geëvalueerd worden omdat er te weinig studies zijn; Bij vote count studies werd de bewijskracht strenger beoordeeld. Hierbij is zwak < 50% van de studies vindt het effect, medium: 50-75% en sterk > 75%

8.4 Effecten van de Vlaamse voedselproductie buiten Vlaanderen

De Vlaamse voedselproductie en –consumptie hebben belangrijke effecten buiten Vlaanderen. Bijvoorbeeld de al besproken effecten op globaal klimaat, de lokale en globale effecten van geïmporteerde voedingswaren (bijvoorbeeld het er mee samenhangend watergebruik, landgebruik, de productie aan fijn stof) en externe inputs (bijvoorbeeld fossiele brandstoffen, fosfaatrots, veevoeder) en de landoverschrijdende gevolgen van lucht- en waterverontreiniging. Daarnaast vereisen de huidige productie en consumptie van vlees, melkproducten en eieren de import van palmolie- en sojaproducten. Deze komen respectievelijk voor een belangrijk deel uit Brazilië

[32] Vergelijken van biologische met conventionele landbouw, agro-ecologisch landbouw sluit in tegenstelling tot biologische landbouw een beperkte toediening van anorganisch mest niet uit, wat waarschijnlijk in een kleinere daling zal resulteren. Bovendien zouden de verschillen ook kunnen verminderd worden door bijkomend onderzoek en door de ontwikkeling van variëteiten die beter aangepast zijn aan het agro-ecologische systeem

[33] Nitraat- en fosfaatuitspoeling naar oppervlaktewater kan wel verminderd worden door de aanwezigheid van bufferstroken.

(ongeveer 50% voor de EU, Brookes *et al*. 2005), Maleisië en Indonesië (Fitzherbert *et al*. 2008). Ze resulteren daar in de achteruitgang van de tropische bossen en de Braziliaanse Cerrado en de daarmee samenhangende biodiversiteit en ecosysteemdiensten (Nepstad *et al*. 2006; Fitzherbert *et al*. 2008).

Lectoren

De lectoren hebben de ontwerptekst van dit rapport kritisch nagelezen en advies gegeven over de inhoudelijke onderbouwing. Deze rol houdt niet in dat de lectoren het volledig eens zijn met de inhoud van de uiteindelijke tekst.

Sylvie Danckaert, Departement L&V, afdeling Monitoring & Studie

Evelien Decuypere, Departement L&V, afdeling Duurzame landbouwontwikkeling

Frederic Ghys, BioForum

An Jamart, BioForum

Stijn Lambert, Arcadis

Lon Lommaert, INBO

Stijn Overloop, VMM, MIRA

Bert Van Gils, ILVO, eenheid Plant

Philippe Vandenbroeck, ShiftN

Freek Verdonckt, BBL

Bavo Verwimp, VLM

Bart Vleeshouwers, Boerenbond

Referenties

ADSEI, 2013. Kerncijfers landbouw. Algemene Directie Statistiek en Economische informatie, Brussel.

Afdeling Epidemiologie, 2006. De Belgische Voedselconsumptiepeiling 2004, Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, Brussel.

Ahnstrom J., Hockert J., Bergea H.L., Francis C.A., Skelton P., Hallgren L., 2009. Farmers and nature conservation: What is known about attitudes, context factors and actions affecting conservation? Renew Agr Food Syst, 24(1), 38-47.

Ahnstrom J., Winqvist C., Björklund L., Hallgren L., 2010. To cut or not to cut – that is the question for Swedish pasture managers. Aspects of Applied Biology, 100, 295-302.

Aizen, M., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A., Klein, A.M., 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. Annals of Botany, 103, 1579-1588.

Alcamo, J., Henrich, T., Rosch, T., 2000. World Water in 2025 – Global modelling and scenario analysis for the world Commission on Water for the 21st Century. Report A0002, Centre for Environmental System Research, University of Kassel, Germany.

Allen, B.R., Keegan, D., 2013. Biomass and bioenergy in the wider land-use context of the European Union. Biofuels, bioprod. Bioref., 7, 207-206

Altieri, M.A., 2005. The myth of coexistence: why transgenic crops are not compatible with agroecologically-based systems of production. Bulletin of Science, Technology and Society, 25(4), 361-371.

Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., Daszak, P., 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. Trends in Ecology and Evolution, 19(10), 535-544.

Andreyeva, T., Long, M.W., Brownell, K.D. 2010. The impact of food prices on consumption: a systematic review of research on the price elasticity of demand for food. American Journal of Public Health, 100(2), 216-222

Avnery, S., Mauzerall, D.L., Liu, J., Horowitz, L.W., 2011a Global crop yield reductions due to surface ozone exposure: 1. Year 2000 crop production losses and economic damage. Atmospheric Environment, 45, 2284–2296.

Avnery, S., Mauzerall, D.L., Liu, J., Horowitz, L.W., 2011b. Global crop yield reductions due to surface ozone exposure: 2. Year 2030 potential crop production losses and economic damage under two scenarios of O3 pollution. Atmospheric Environment, 45, 2297–2309.

Avnery, S., Mauzerall, D.L., Fiore, A.M., 2013. Increasing global agricultural production by reducing ozone damages via methane emission controls and ozone resistant cultivar selection. Global Change Biology (2013) 19, 1285–1299, doi: 10.1111/gcb.12118

Barrios, E., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological economics, 269-285.

Barros, E., Curmi, P., Hallaire, V., Chauvel, A., Lavelle, P., 2001. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. Geoderma 100 (1/2), 193–213.

Bebber, D.P., Ramotowski, M.A.T., Gurr, S.J., 2013. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. Nature climate change, doi:10.1038/nclimate1990

Beleidsdomein Landbouw & Visserij, 2012. De randvoorwaarden in het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. Vlaamse Overheid, Brussel.

Behan Pelletier, V.M., 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 411–423.

Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends Ecol Evol, 18(4), 182-188.

Berdegue, J.A., F. Balsevich, L. Flores, D. Mainville, and T. Reardon, 2003: Food Safety and Food Security in Food Trade. Case Study: Supermarkets and Quality and Safety Standards for Produce in

Latin America. Focus 10. Brief 12 of 17. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, 2 pp

Bernaerts, E., Demuynck, E., Lenders, S., Maertens, E., Van Buggenhout, E., Vuylsteke, A., 2012. Landbouw in Vlaanderen. In: Platteau J., Van Gijseghem D., Van Bogaert T. & Maertens E. (reds.) (2012),Landbouwrapport 2012, Departement Landbouw en Visserij, Brussel

Biesmeijer J.C., Roberts S.P.M., Reemer M., Ohlemuller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A.P., Potts S.G., Kleukers R., Thomas C.D. et al., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science, 313(5785), 351-354

Bohac, J., 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. Agric. Ecosys. Environ. 74, 357– 372.

Bomans, K., Gulinck, H., Steenberghen, T., 2009. Het ruimtelijk belang van de paardensector in de Vlaamse open ruimte – een verkennende analyse. Steunpunt Ruimte en Wonen. Heverlee, België. 74p.

Bomans, K., Dewaelheyns, V., Gulinck, H., 2011. Pasture for horses: an underestimated land use class in an urbanized and multifunctional area. International Journal of Sustainable Development and Planning 6(2), 195-211.

Bomans, K., Dewaelheyns, V., Gulinck, H., 2011. The spatial importance of gardens: a regional perspective. In: Dewaelheyns, V., Bomans, K., Gulinck, H. (Eds) The Powerful Garden. Emerging views on the garden complex, Garant Publishers, Antwerp (2011), pp. 69–84

Bommarco, R., Kleijn, D., Potts, S.G., 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. Trends in ecology and evolution, 28(4), 203-238

Borsari, B., Neri, D., Ferretti, G., Tavoletti, S., Wei-Choun, Y., 2014. Critical evaluation of genetic manipulation for improved productivity: is this a sustainable agenda? In: Campbell, W.B. & López-Ortíz (Eds.). Sustainable food production includes human and environmental health. Issues in agroecology – present status and future prospects 3. Springer, Dordrecht, pp. 43-83.

Bos, J., Schröder, J. 2009. Akkervogels en landbouw: ecologie, maatregelen en beleid. Plant research International, Wageningen.

Boudry L., Cabus P., Corijn E., De Rynck F., Kesteloot C. & Loeckx A. (Eds), 2003. Witboek – De eeuw van de stad: over stadsrepublieken en rastersteden, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel.

Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W. & Billen, G., 2009 Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. Global Biogeochem. Cycles 23, GB0A04

Boyle, M., Frankenberger jr., W.T., Stolzy, L.H., 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. Journal of Production Agriculture, 2, 209-299.

Bral, L., 2013. Pact 2020. Kernindicatoren meting 2013. Studiedienst van de Vlaamse regering. Brussel.

Bridges, E.M, Oldeman, L.R., 1999. Global assessment of human-induced soil degradation. Arid soil research and rehabilitation, 13(4), 319-325.

Bromich, C.J., Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma, 124, 3-22.

Brookes, G. 2001. The EU animal feed sector: protein ingredient use and the implications of the ban on use of meat and bonemeal. Brookes West, Canterbury, United Kingdom.

Bruinsma, J., 2003. World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective. London: Eartscan publications Ltd.

Bulkeley H., Hodson M. & Marvin S. (2011) Emerging strategies of urban reproduction and the pursuit of low carbon cities. In The New Politics of Sustainable Urban Planning. Flint, J. & Raco, M. The Policy Press.

Burch, D. and Lawrence, G. (eds) 2007, Supermarkets and Agri-food Supply Chains: Transformations in the production and consumption of food. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

Burlingame, B., Charrondiere, U.R., Mouilee, B., 2009. Food composition is fundamental to the cross-cutting initiative on biodiversity for food and nutrition. Journal of food composition and analysis, 22(5), 361-365.

Burlingame, B., Charrondiere, U.R., Dernini, S., Stadlmayr, B., Mondovi, S., 2012. Food biodiversity and sustainable diets: implications of applications for food production and processing. In: Boye, J.I., Arcand, Y. (Eds.), Green Technologies in Food production and Processing, 643-657.

Cazaux, G., 2010. Korte keten iniatieven in Vlaanderen: een overzicht. Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie, Brussel.

Chambers, B. J., Davies, D. B. and Holmes, S. (1992). Monitoring of water erosion on arable farms in England and Wales, 1989-90. Soil Use and Management 8, 163–170.

Clark, G., M. Huberman, and P. Lindert, 1995: A British food puzzle, 1770– 1850, Economic History Review, 48 (2), 215–37.

Connor, D.J. 2013. Organically grown crops do not a cropping system make and nor organic agriculture nearly feed the world. Field Crop Research, 144, 145-147

Coppens J., Stas S., Dolmans E., Meers E., Vlaeminck S.E., Buysse J. & Overloop S. (2013), Begroting van stikstof- en fosforstromen in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2013/09, UGent

Cordell, D. Drangert, J.-O., White, S. (2009) The story of phosphorus: global food security and food for thought. Global Environmental Change, 19, 292-305.

Crossette B. (2010) From conflict and crisis to renewal:generations of change. The state of world population 2010, UNFPA.

Cunninghame, S.A., Attwood, S.J., Bawa, K.S., Benton, T.G., Broadhurst, L.M., Didham, P., McIntyre, S., Perfecto, I., Samways, M.J., Tscharntke, T., Vandermeer, J., Villard, M.-A., Young, A.G., Lindenmayer, D., 2013. To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies, Agriculture, Ecosystems and Environment, 173, 20-27.

Danckaert S. (2013b) Bestemming en gebruik van landbouwgrond. Kwantitatief onderzoek naar landbouwgebruik en planologische landbouwbestemmingen, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

De Clerck, E. (2009). Analyse van de globale impact van de Belgische waterconsumptie door de berekening van de waterfootafdruk. Master thesis, Centrum voor Milieusanering, Universiteit Gent.

De Jonghe, E., 2009. De maatschappelijke kosten van obesitas in Vlaanderen. EEn pilootstudie met focus op de directe gezondheidskosten. Scriptie in kader van de opleiding tot arts, Gent.

De Krom M., Vandermeulen V., Dessein J., Van Huylenbroeck G. (2012). Organisatievormen bij het valoriseren van dienstverlenende activiteiten. In: Vandermeulen V., De Krom M., Mettepenningen E., Van Gossum P., Dessein J., Van Huylenbroeck G. (editors). Strategieën en instrumenten voor de vergoeding van publieke diensten van landbouw Eindrapport Project IWT Landbouwonderzoek. p 64-109.

de Nocker L., Backx Hans, van Hove Ditske , Meire Patrick, et al..- Multifunctionaliteit van overstromingsgebieden : wetenschappelijke bepaling van de impact van waterberging op natuur, bos en landbouw : eindrapport Studie uitgevoerd in opdracht van VMM door Vito, IMS, in samenwerking met Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, Universiteit Gent, Vakgroep Landbouweconomie, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

de Ponti, T., Rijk, B., van Ittersum M.K. 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture Agricultural Systems. 108, 1–9.

Delgado, C., M. Rosegrant, and N. Wada, 2003: Meating and milking global demand: stakes for small-scale farmers in developing countries. In: The Livestock Revolution: A Pathway from Poverty? Record of a Conference Conducted by the ATSE Crawford Fund. Parliament House, Canberra, 13 August 2003. A festschrift in honor of Derek E. Tribe.

Delisle, H., 1990: Patterns of Urban Food Consumption in Developing Countries: Perspectives from the 1980s. FAO, Rome, 92 pp.

Demolder, L., De Mey, J., Rousseau, D., Meers, E., 2012. Voortgangsrapport 2012. Anaerobe vergisting in Vlaanderen. Biogas-E, Kortrijk

Departement Landbouw & Visserij, 2009. Programma voor plattelandsontwikkeling 2007-2013. Departement Landbouw & Visserij, Brussel.

Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (2008) Eindrapport: Uitvoeren van een schriftelijke enquête ter bepaling van het percentage gehinderden door geur, geluid en licht in Vlaanderen.SLO2-meting, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Brussel.

J. Dessein, B.B. Bock (Eds.), The Economics of Green Care in Agriculture. COST Action 866, Green Care in Agriculture, Loughborough University Press, Loughborough (2010)

De Vries, F.T., Hoffland, E., Van Eekeren, N., Brussaard, I., Bloem, J. (2006). Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting management. Soil biology and Biochemistry, 38, 2092-2103.

Dhose, T. 2012. In: Van Gossum, P. (Ed.), Doelevaluatie van natuurbeleid in landbouwgebied: case vogelbeheer en erosiebestrijding. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012 (51). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, pp. 46-47

Donald P.F., Evans A.D. (2006). Habitat connectivity and matrix restoration: the wider implications of agri-environment schemes. J Appl Ecol 43(2):209-218.

Dochy, O.; Hens, M. (2005). Van de stakkers van de akkers naar de helden van de velden : beschermingsmaatregelen voor akkervogels. Rapporten van het instituut voor natuurbehoud, 2005(01). Instituut voor Natuurbehoud: Brussel. 106 pp.

Drewnowski, A. (2004). Obesity and the food environment: dietary energy density and diet costs, American Jornal of preventive medicine, 27(35), 154-162

Drieskens, S., 2010. Voedingsstatus. In: Gezondheidsenquête België 2008. Waetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, Brussel, 711-769. https://his.wiv-isp.be/nl/Gedeelde%20%20documenten/NS_NL_2008.pdf

Doberman, A., Regahold, JP, 2012. Comparing apples with orange, Nature 485, 176-177

Droogers, P., Aerts, J. 2005. Adaptation strategies to climate change and climate variability: a comparative study between seven contrasting river basins. Physics and chemistry of the earth parts, A/B/C, 30(6-7), 339-346

Douds, D.D., Millner, P., 1999. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 77–93.

Duelli, P., Obrist, M.K., Schmatz, D.R., 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. Agric. Ecosys. Environ. 74, 33–64.

Dumortier M., De Bruyn L., Hens M., Peymen J., Schneiders A., Van Daele T. & Van Reeth W. (red.) (2009) Natuurverkenning 2030. Natuurrapport Vlaanderen, NARA 2009. Mededeling van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2009.7, Brussel.

Edward-Jones, G., Cross, P., Foley, N., Harris, I., Kaiser, M., Le Vay, L., Rayment, M., Scowen, M., Waller, P., 2011. Provisioning services. In: The UK National Ecosystem Assessment Technical Report. UK National Ecosystem Assessment, UNEP-WCMC, Cambridge.

EEA, 2009. EEA Signals 2009, Key Environmental Issues Facing Europe, www.eea.europe.int.

Eilers, E.J., Kremen, C., Smith Greenleaf, S., Garber, A.K., Klein, A.-M., 2011. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. PLoS One 6 (6), e21363.

Evans, R. (1996). Soil Erosion and its Impact in England and Wales. London: Friends of the Earth.

Faber, J.H., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Bloem, J., Lahr, J., Diemont, W.H., Braat, L.C. 2009. Ecosysteemdiensten en bodembeheer. Maatregelen ter verbetering van de biologische bodemkwaliteit. Alterra rapport 1813. Alterra, Wageningen, 150 p.

Fairlie, S., 2007. Can Brittain feed itself. The land, pp. 18-26.

Fauvel, G., 1999. Diversity of Heteroptera in agroecosystems: role of sustainability and bioindication. Agric. Ecosys. Environ. 74, 275–303.

FAO, 2008. The state of the food insecurity in the world. High food prices and food security – threat and opportunities. http://www.fao.org/docrep/011/i0291e/i0291e00.htm

FAO, 2009. High level expert forum – how to feed the world in 2050. http://www.fao.org/wsfs/forum2050/en/

FAO, 2013. The state of food and agriculture. Food systems for better nutrition. . Rome, FAO.

Feng Z, Kobayashi K (2009) Assessing the impacts of current and future concentrations of surface ozone on crop yield with meta-analysis. Atmospheric Environment, 43, 1510–1519.

Fischer, G., Shah, M., van Velthuizen, H., 2002a. Climate change and agricultural vulnerability. International Institute for applied system analysis, Laxenburg.

Fischer, G, van Velthuizen, H, Shah, M, Nachtergaele, N., 2002b. Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results. International Institute for applied system analysis, Laxenburg. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fischer, G., Shah, M, Tubiello, F., 2005. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an assessment, 1990-2080. Philisophical transactions of the royal society of biological sciences, 360(1463), 1-17.

Fischer, G., Hizsyik, E., Prieler, S., Shah, M., van Velthuizen, H., 2009 Biofuels and food security. Implications of an accelerated biofuels production. OFID Pampphlet Series. OFID Study prepared by International Institute for applied system analysis, Vienna.

Fishman J, Creilson J, Parker P et al. (2010) An investigation of widespread ozone damage to the soybean crop in the upper Midwest determined from ground-based and satellite measurements. Atmospheric Environment, 44, 2248–2256.

Fitzherbert, E.B., Struebig, M.J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C.A., Donald, P.F., Phalan, B., 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? Trends in Ecology and Evolution, 23(10), 538-545.

Flynn, D.F.B., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Mollinari, N., Richers, B.T., Lin, B.B., Simpson, N., Mayfield, M.M., DeClerck, F., 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. Ecology letters, 12, 22-33.

Foissner, W., 1999. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 95–112.

FOD Economie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie (2010) De honden en katten van de Belgen. FOD economie, Brussel.

FOD Economie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie (2012) Vleesconsumptie, FOD economie, Brussel.

FOD Sociale zekerheid, 2009. Indicatoren voor sociale bescherming in Vlaanderen. Federale overheidsdienst Sociale zekerheid, Brussel

Foresight, 2011. The future of food and farming. Final project report. The government office of science, London.

Freibauer, A., Mathijs, E., Brunori, G., Zoya, Damianova, Z., Faroult, E., Girona i Gomis, J., O´Brien, L., Treyer, S., 2011. Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world. The 3rd SCAR Foresight Exercise. European Commission – Standing Committee on Agricultural Research (SCAR)

Frey, S., Barrett, J. 2007. Our health, our environment: the ecological footprint of what we eat. Stockholm institute, University of York, Heslington, UK.

Frouz, J., 1999. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. Agric. Ecosys. Environ. 74, 167–186

EC, 2010. Developments in the income situation of the EU agricultural sector. http://ec.europa.eu/agriculture/rica/pdf/hc0301_income.pdf

Gallai, N., Salles J.-M., Settele, J., Vaissière, B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics, 68, 810.-821.

Galloway, J. N. et al. 2004 Nitrogen cycles: past, present, and future. Biogeochemistry 70, 153–226.

Garrett, K.A., Mundt, C.C., 1999. Epidomology in mixed host populations. Phytopathology, 89, 984-990.

Gerbens-Leenes, P., Nonhebels, S., Ivens, W., 2002. A method to determine land requirements relating to food consumption patterns. Agriculture, Ecosystems, Environment, pp. 47-58.

Giller, K. E., M. H. Beare, P. Lavelle, A. M. N. Izac, and M. J. Swift. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology 6: 3–16.

Gobin, A., Van De Vreken, P., Van Orshoven, J., Keulemans, W., Geers, R., Diels, J., Gulinck, H. Hermy, M., Raes, D., Boon, W., Muys, B., Mathijs, E. (2008) in opdracht van departement Landbouw en Visserij (afdeling Monitoring en Studie) Adaptatiemogelijkheden van de Vlaamse landbouw aan klimaatverandering, Klimaatpark Arenberg, Leuven.

Groeneveld, J.H., Tscharntke, T., Moser, G., Clough, Y., 2010. Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 12, 183–191.

Grimm N.B., Faeth S.H., Golubiewski N.E., Redman C.L., Wu J., Bai X. et al. (2008) Global Change and the Ecology of Cities, Science 319, 756-760.

Haines-Young R., Potschin M. (2008). England's Terrestrial Ecosystem Services and the Rationale for an Ecosystem Approach. Full technical report CEM, School of Geography, University of Nottingham. Defra Project Code NR0107. 89 p.

Haines-Young R., Potschin M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. Report to the European Environment Agency. Centre for Environmental Management, University of Nottingham. EEA Framework Contract number EEA/IEA/09/003. 34 p.

Harlan JR (1970) Evolution of cultivated plants. In: Frankel OH,Bennett E (eds) Genetic resources in plants—IBP Handbook No 11. International Biological Programme, London, pp 19–32

Hoehn, P., Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Steffan-Dewenter, I., 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. Proc. Roy. Soc. Lond. B 275, 2283–2291.

Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? Biological Conservation, 122, 113-130.

Hooper, D.U., Chapin III, F.S., Ewel, J.J., Inchausti, P., Lavorei, S.3, Lawton, H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J., Wardle, D.A., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs, 75(1), 3-35.

Horlings, L.G., Marsden, T.K., 2011. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'. Global Environmental Change, 21, 441-452.

Idea Consult & Agro-business Consultancy, 2008. Analyserapport van het agrobusinesscomplex in Vlaanderen. Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie, Brussel.

IEA, 2006. World energy outlook 2006. http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2008-1994/WEO2006.pdf

IFRC, 2013. Think differently. Humanitarian impacts of the economic crises in Europe. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva.

IGD (The Institute of Grocery Distribution) (2008) The Golden Generation. Identifying opportunities to meet the needs of a diverse older population, http://shoppervista.igd.com/Hub.aspx?id=32&tid=4&rptid=88.

Ikerd, J., 1999. Organic Agriculture Faces the Specialization of Production Systems. Specialized Systems and the Economical Stakes. Prepared for presentation at an international conference, "Organic Agriculture Faces the Specialization of Production Systems," Sponsored by Jack Cartier Center, Lyon, France, December 6-9, 1999 http://web.missouri.edu/ikerdj/papers/FRANCE.html

Iperti, G., 1999. Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. Agric. Ecosys. Environ. 74, 323–342.

IPCC. 2007 Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate

Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press

IST, 2008. Trends in Vlaanderen. Instituut voor Technologie en Samenleving, Brussel.

ITC (2006). PC-TAS version 2000-2004 in HS or SITC, CD-ROM. Geneva, International Trade Centre.

Jones, D.L.J., Cross, P., Withers, P.J.A., DeLuca, T.H., Robinson, D.A., Quillam, R.S., Harris, I.M., Chadwick, D.R., Edwards-Jones, G., 2013. Nutrient stripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks. Journal of Applied Ecology, doi: 10.1111/1365-2664.12089

Karstensen, J., Peters, G.P., Andrew, R.M., 2013. Attribution of CO2 emissions from Brazilian deforestation to consumers between 1990 and 2010. Environment Resource Letter, 8, 1-7

Kirchmann, H., Bergström, L, Kätterer, T., Mattsson, L., Gesslein, S. 2007. Comparison of long-term organic and conventional crop-livestock systems on a previously nutrient-depleted soil in Sweden. Agronomy Journal, 99, 960-972.

Kennedy, A.C., 1999. Bacterial diversity in agroecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 65–76.

Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A.L., Cariveau, D., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Cunningham, S.A., Danforth, B.N., Dudenhöffer, J.H., Elle, E., Gaines, H.R., Gratton, C., Greenleaf, S.S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Javorek, S.K., Jha, S., Klein, A.M., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L., Neame, L.A., Otieno, M., Park, M., Potts, S.G., Rundlöf, M., Saez, A., Steffan-Dewenter, I., Taki, H., Tuell, J. K., Viana, B.F., Veldtman, R., Westphal, C. & Kremen, C., (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on native bee pollinators in agroecosystems. Ecology Letters, 16, 584-599.

Keystone (2010) Kwalitatief consumentenonderzoek VVA's en duurzaamheid, Vlaams Centrum voor Agro- en Visserijmarketing, Brussel

Kevan, P.G., 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. Agric. Ecosys. Environ. 74, 373–393.

Khan, S, Hanjira, M.A., 2008. Footprints of water and energy inputs in food production – global perspectives. Food policy, 34, 130-140.

K. Khatri, A. Memon, Y. Shaikh, A. Pathan, S. Shah, K. Pinjani, R. Soomro, R. Smith and Z. Almani, 2013. Real-Time Modelling and Optimisation for Water and Energy Efficient Surface Irrigation. Journal of Water Resource and Protection, 5(7), 681-688.

Klein, A.-M., Steffan-Dewenter, I., Tscharntke, T., 2003. Fruit set of highland coffee depends on the diversity of pollinating bees. Proc. Roy. Soc. Lond. B 270, 955– 961.

Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing

landscapes for world crops. Proc. Roy. Soc. Lond. B 274, 303–313.

Kluser, S., Peduzzi, P., 2007. Global pollinator decline: a literature review. Geneva: UNEP/GRID.

Koehler, H.H., 1999. Predatory mites (Gamasina Mesostigmata). Agric. Ecosyst. Environ. 74, 395–410.

Krauss, J., Gallenberger, I., Steffan-Dewenter, I., 2011. Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop yields. www.plosone.org, 6(5), 1-9

Krebs J.R., Wilson J.D., Bradbury R.B., Siriwardena G.M. (1999). The second silent spring? Nature 400(6745):611-612.

Kromp, B., 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agric. Ecosys. Environ. 74, 187–228

Kremer, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer L, Potts SG, Roulston T, Steffan-Dewenter I, Vázquez DP, Winfree R,Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein AM, Regetz J, Ricketts TH., 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. Ecology letters, 10, 299-314.

Kremer, C., Miles, A., 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. Ecology and Society, 17(4), 40. http://dx.doi.org/10.5751/ES-05035-170440.

Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., Ward, P.J., 2012. Lost food, wasted resources: global food supply chain looses and their impacts on freshwater, cropland and fertiliser use. Science of the Total environment, 438, 477-489.

Lavelle, P., Spain, A.V., 2001. Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

Leenstra, F., Vellinga, T., 2011. Indicatie van de ecologische footprint van gezelschapsdieren. Eerste verkenning toegepspitst op katten, honden en paarden in Nederland. Rapport 509. Wageningen UR Livestock research, Wageningen.

Lenders, S., D'Hooghe, J., Coulier, T., 2010. Milieudruk vanuit de landbouw. Op basis van gegevens van het landbouwmonitoringsnetwerk 2005-2008. Afdeling Monitoring & Studie, Departement Landbouw & Visserij, Brussel.

Letourneau, D.K., Armbrecht, I., Rivera, B.S., Lerma, J.M., Carmona, E.J., Daza, M.C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S.D., Mejía, J.L., Rangel, A.M.C., Rangel, J.H., Rivera, L., Saavedra, C.A., Torres, A.M., Trujillo, A.R., 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. Ecol. Appl. 21, 9–21.

Lobry de Bruyn, L.A., 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 425–441.

Loose, M, Lamberts, M., 2010. De tewerkstelling van allochtonen in de land- en tuinbouw. Een kwantitatieve en kwalitatieve beschrijving van de huidige situatie. Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Minitoring & Studie, HIVA-K.U.Leuven, Brussel, 114 p.

MacDougall, A.S., McCann, K.S., Geliner, G., Turkington, R., 2013. Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse. Nature 494, 86-89.

Madlener R. & Sunak Y. (2011) Impacts of Urbanization on Urban Structures and Energy Demand: What Can We Learn for Urban Energy Planning and Urbanization Management?, Sustainable Cities and Society 1(1), 45-53.

Maertens E. (2011). Maatregelen i.k.v. agrobiodiversiteit: hoe denken landbouwers erover? Tech. Rep. D/2011/3241/008. Brussel: Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie.

Maes, S.; Elsen, A.; Tits, M.; Boon, W.; Deckers, S.; Bries, J.; Vogels, N.; Vandendriessche, H. Wegwijs in de bodemvruchtbaarheid van de Belgische akkerbouw- en weilandpercelen (2008-2011). Bodemkundige Dienst van België. 2012. 198 pp.

Manale, A.P. 2007. Soil carbon and mitigation of the risks of flooding. In: Kimble, J.M., Rice, C.W., Reed, D., Money, S., Follett, R.F., Lal, R., (Eds.). Soil carbon management. Economic, Environmental and Societal Benefits. CRC Press, Boca Raton, pp. 199-207.

Marc, P., Canard, A., Ysnel, F., 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 229–273.

Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., Ward, L.K., 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Res. 43, 77–89.

Mathijs, E., Relaes, J., 2012. Landbouw en voedsel, verrassend actueel. Acco, Leuven.

Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J., 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science, 277, 504-509

Matson, P. A., Naylor, R. & Ortiz-Monasterio, I. 1998. Integration of environmental, agronomic, and economic aspects of fertilizer management. Science 280, 112–115

Medina, A., Probanza, A., Guitierrez Manero, F.J., Azcón, R. 2003. Interactions of arbuscular-miccorrhizal fungi and Bacillus strains and their effects on plant growth, microbial rhizosphere activity (thymidine and leucine incorporation) and fungal biomass (ergosterol and leucini incorporation) and fungal biomass (ergosterol and chitin). Applied soil Ecology, 22-15-28.

MIRA 2012. Milieurapport Vlaanderen, Feiten en cijfers, www.milieurapport.be

Molden, D. (Ed.) 2007 Water for food, water for life. London, UK, Earthscan.

Moonen, A.-C., Bàrberi, P. 2008. Functional biodiversity: an agro-ecosystem approach. Agriculture, Ecosystems and environment, 127, 7-21.

Myers, N., 1997. The advantages and hazards of genetic homogeneity. Annals of the New York academy of Sciences, 287, 1-20.

Naylor, R. 1996. Energy and resource constraints on intensive agricultural production. Annu. Rev. Energy Environ. 21, 99–123

Nelson G.C., Bennett E., Asefaw Berhe A., Cassman K.G., DeFries R., Dietz T., Dobson A., Dobermann A., Janetos A., Levy M., Marco D., Nakic´enovic´ N., O'Neill B., Norgaard R., Petschel-Held G., Ojima D., Pingali P., Watson R., Zurek M. (2005). Drivers of Change in Ecosystem Condition and Services. In: Ecosystems and human well-being: scenarios v2: findings of the Scenarios Working Group, Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC.

Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Almeida, O.T., 2006. Globalization of the amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. Conservation biology, 20(6), 1595-1603

Newton I. (2004). The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. Ibis 146(4):579-600.

Niggle, U.A., Fließbach, Stolze, M., Sanders, J., Schader, C., Wyss, G., Balmer, O., Pfiffner, L., Wyss, S., 2008. Gesellschaftliche leistungen der biologischen landwirtschaft. Foschungsinstitut für Biologischen Landbau, Frick

Ockinger E., Hammarstedt O., Nilsson S.G., Smith H.G. (2006). The relationship between local extinctions of grassland butterflies and increased soil nitrogen levels. Biol Conserv 128(4):564-573.

Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests. J. Agric. Sci. 144, 31–43

Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schönbeck, F., Weber, A., 1994. Crop production and crop protection – estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam: Elsevier Science.

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroeck, W.G., 1990. World map of the status of human induced soil degradation. International soil reference and information center, Wageningen, the Netherlands.

Olness, A., Archer, D., 2005. Effect of organic carbon on available water in soil. Soil Science, 170, 90-101.

OIVO, 2012. De Belg en zijn tuin. Onderzoeks- en informatiecentrum van de verbruikersorganisaties, Brussel. http://www.crioc.be/files/nl/6605nl.pdf

Oosterbaan A. Michel Kiers, 2011. Landelijke kaart "potentiële fijnstofinvang door groene vegetaties", (Alterra Wageningen UR), in Melman, T. C. P. en C. M. van der H. Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenning 2011. Wageningen.

Ortiz, R. Critical role of plant biotechnology for the genetic improvement of food crops: perspectives for the next millennium. J. Biotechnol. 1, 1–8 (1998).

OVAM 2011. Nulmeting van voedselverspilling bij Vlaamse gezinnen via sorteeranalyse van het restafval. OVAM, Mechelen.

OVAM 2012. Voedselverlies in ketenperspectief. OVAM, Mechelen.

Paoletti, M.G., 1999. Special issue—Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes: practical use of invertebrates to assess sustainable land use – Foreword. Agric. Ecosyst. Environ. 74, IX–XI.

Paoletti, M.G., Hassall, M., 1999. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 157–165.

Parry, M, Rosenzweig, A. Iglesias, A, Livermore, M., Fischer, G., 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. Global Environmental Change, 14, 53-67.

Pistorius R (1997) Scientists, plants and politics—a history of the plant genetic resources movement. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy

Policy research Corporations, 2008. De paardensector als economische en maatschappelijke actor in Vlaanderen. Een analyse van het economisch en sociaal-maatschappelijk profiel en belang van de Vlaamse paardenhouderij. Policy research corporations, Antwerpen.

Popkin, B.M., 1993: Nutritional patterns and transitions. Population and Development Review 19(1), 138–157.

Popkin, B., 2000: Urbanization and the Nutrition Transition. Policy Brief 7 of 10. Focus 3. In: Achieving Urban Food and Nutrition Security in the Developing World. J. Garret and M. Ruel (eds.), International Food Policy Research Institute, Washington, DC, 20 pp.

Power, A.G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synenergies. Philosophical transactions of the royal society biological sciences, 365, 2959-2971.

Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., Penning de Vries, F.W.T., Morison, J.I.L. 2006. Resource-conserving agriculture increase yields in developing countries. Environ. Sci. Technol., 40, 1114-1119.

Rijk, B., Van Ittersum, M., Withagen, J., 2013. Genetic progress in Dutch crop yields. Field crops research, 149(1), 262-268.

Reubens B., D'Haene K., D'Hose T., Ruysschaert G. (2010). Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie. Activiteit 1 van het Interregproject BodemBreed. Merelbeke-Lemberge: Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO). 203 p.

Richardson, R.B., 2010. Ecosystem Services and Food Security: Economic Perspectives on Environmental Sustainability. Sustainability 2010, 2, 3520-3548; doi:10.3390/su2113520

Richter, B.D., Mathews, R., Harrison, D.L., Wigington, R., 2003. Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. Ecological applications 13, 206-224.

Rimmer, E., Ferguson, A., 2012. Total fertility rates and avoiding catastrophe. OPT Journal, 12(2), 18-20

Rockström J, Lannerstad M and Falkenmark M 2007 Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries Proc. Natl Acad. Sci. 104 6253–60

Roegiers, B., Bekaert, K, De Bruyne, S., Delbare, D., Depestele, J., Lescrauwaet, A.-K., Moreau, K., Polet, H., Robbens, Moreau, K., Polet, H., Robbens, J., Vandamme, S., Van Hoey, G., Verschueren, B., 2012. Visserijrapport 2012. Departement Landbouw & Visserij, Brussel.

Roels, K., Van Gijseghem, D., 2012. Verlies en verspilling in de voedselketen. Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie, Brussel.

Roels, K. 2012. De keten. In: In: Platteau J., Van Gijseghem D., Van Bogaert T. & Maertens E. (reds.) (2012),Landbouwrapport 2012, Departement Landbouw en Visserij, Brussel, pp. 320-354.

Roosjen, M., Almaši, A., de Vries, N., van Winden, A., 2002. LNV, de burger en de consument. Een verkenning in het kader van maatschappelijk verantwoord ondernemen. Expertisecentrum LNV. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Rapport EC-LNV nr 2002/144, Ede-Wageningen.

Rosegrant, M., Ximing, C., Cline, S.A, Nakagawa, N., 2002. The role of rain fed agriculture in the future of global food production. EPTD Discussion paper No 90, Washington, D.C., International food policy research institute.

Rost, S., Gerten, D., Hoff, H., Lucht, W., Falkenmark, M., Rockstrom, J. 2009. Global potential to increase crop production through water management in rainfed agriculture. Environment Research Letter, 4, doi:10.1088/1748-9326/4/4/044002

Rotmans J., Kemp R., van Asselt M.B.A., Geels F., Verbong G. & Molendijk K. (2000) Transities & Transitiemanagement: de casus van een emissiearme energievoorziening, ICISboek, Maastricht.

Samborski, V. (2011). Het Vlaamse agrobusinesscomplex. Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie.

Samborski V. (2013), De buitenlandse handel in land- en tuinbouwproducten: stand van zaken in 2012, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.Depotnummer: D/2013/3214/163.

Schader, C., Stolze, M., Gattinger, A., 2012. Environmental performance of organic farming. In: Boye, J.I., Arcand, Y. (Eds.) Green technologies in food production and food processing, pp. 183-209

Scheper, J.,Holzschub, A., Kuusaari, S., Potts, S.G., Rundlöf,M., Smith, H.G., Kleijn, D., 2013. Environmental factors driving the effectiveness of European agr-environmental measures inmitigating pollinator loss – a meta-analysis. Ecology letters, doi: 10.1111/ele.12128

Schils, R., 2012. 30 vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid. Wageningen UR, Wageningen.

Schneiders, A., Hens, M., Van Landuyt, W., Overloop, S., Ronse, A., Herremans, M., Van den Broeck, D., 2007. Vermesting. In: Dumortier M, De Bruyn L, Hens M, Peymen J, Schneiders A, Van Daele T, Van Reeth W (red.) Natuurrapport 2007. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek nr. 4, Brussel. pp. 75-95.

Schoups, G., Hopmans, J.W., Young, C.A., 2002. Sustainability of irrigated agriculture in the San Joaquin Valley, California. Proceedings of the national academy of sciences, USA, 102, 15352-15356.

Schuiling, R., van Enk, R.J., van der Vee, G., Acera, L.K., Ehlert, P.(2011) De fosfaatbalans – Huidige ontwikkelingen en toekomstvisie, Innovatienetwerkrapport, nr. 10.2.232E, Utrecht.

Sebek, L.B.J., Temme, E.H.M., 2011. De humane eiwitbehoefte en eiwitconsumptie en de omzetting van plantaardig eiwit naar dierlijk eiwit. Rapport 232. Animal Science Group, Wageningen.

Seckler, D., Amarasinghe, U.D., Molden, R., de Silva Barker, R., 1999. World water demand and supply: 1990-2025: scanrios and issue. Research report, 19, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

SEPA, 1995. The content of wastewater from Swedish households'. Report 4425, Swedish Environmental Protection Agency (in Swedish) Stockholm.

Serageldin, I., 2001. Assessing water for food: the challenge of the coming generation. Water Resource Development 17(4), 521-524.

Seto K.C., Fragkias M., Güneralp B. & Reilly M.K. (2010) A meta-analysis of global urban land expansion. PLOS One 6(8), e23777.

Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A. Comparing yiels of organic and conventional agriculture. Nature, 485, 229-232

Shah, T., Singh, O.P., Mukherji, A., 2006. Some aspects of South Asia's groundwater irrigation economy: analyses from a survey in India, Pakistan, Nepal, Terai and Bangladesh. Hydrogeology Journal, 14(3), 286-309

Siebert R., Toogood M., Knierim A. (2006). Factors affecting European farmers' participation in biodiversity policies. Sociol Ruralis 46(4):318-340.

Snels, 2012. Efficiëntie als basis voor duurzame dierlijke productie. Master thesis, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven.

Sommaggio, D., 1999. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? Agric. Ecosys. Environ. 74, 343–356.

Spratt, S. 2013. Food price volatility and financial speculation. Working paper 047. www.future-agricultures.org

Stelzl, M., Devetak, D., 1999. Neuroptera in agricultural ecosystems. Agric. Ecosys. Environ. 74, 305–321.

Stevenson, J., Byerlee, D., Villoria, N., Kelley,T., Maredia, M. 2011. Agricultural technology, global land-use and deforestation: A review and new estimates of the impact of crop research. Measuring the Environmental Impacts of Agricultural Research: Theory and Applications to CGIAR Research (Independent Science and Partnership Council Secretariat of the CGIAR, Rome), Chap 3, pp 49–87.

Stevenson, J.R., Villoria, N., Byerlee, D., Kelley,T., Maredia, M. (2013) Green Revolution research saved an estimated 18 to 27 million hectares from being brought into agricultural production. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. DOI:10.1073/pnas.1208065110

Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., de Snoo, G.R., Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of environmental management, 63, 337-365.

Storkey, J., 2006. A functional group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. Weed Res. 46, 513–522.

Storms, B., Van den Bosch, K., 2009. Wat heeft een gezin minimaal nodig? Een budgetstandaard voor Vlaanderen, Leuven: Acco.

Stukenbrock, E.H., McDonald, B.A., The origins of plant pathogens in agro-ecosystems. Annual Review of Phytopathology, 46, 75-100.

Strubbe D., Verschelde P., Hens M., Wils C., Bauwens D., Dermout M., De Bruyn L. (2010). Impact van PDPO II maatregelen op de biodiversiteit. Studie uitgevoerd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) in opdracht van het Departement Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.

Susilo, F.X., Neutel, A.M., van Noordwijk, M., Hairiah, K., Brown, G., Swift, M.J., 2004. Soil biodiversity and food webs. In: van Noordwijk, M., Cadisch, G., Ong, C.K. (Eds.), Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems. CAB International, Wallingford, pp. 285–302.

Sutton M.A., Bleeker A., Howard C.M., Bekunda M., Grizzetti B., de Vries W., van Grinsven H.J.M., Abrol Y.P., Adhya T.K., Billen G.,. Davidson E.A, Datta A., Diaz R., Erisman J.W., Liu X.J., Oenema O., Palm C., Raghuram N., Reis S., Scholz R.W., Sims T., Westhoek H. & Zhang F.S., with contributions from Ayyappan S., Bouwman A.F., Bustamante M., Fowler D., Galloway J.N., Gavito M.E., Garnier J., Greenwood S., Hellums D.T., Holland M., Hoysall C., Jaramillo V.J., Klimont Z., Ometto J.P., Pathak H., Plocq Fichelet V., Powlson D., Ramakrishna K., Roy A., Sanders K., Sharma C., Singh B., Singh U., Yan X.Y. & Zhang Y. (2013) Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative.

Swift, M.J., 1998. Towards the second paradigm: integrated biological management of soil. In: Siqueira, J.O., Moreira, J.O., Lopes, F.M.S., Guilherme, A.S., Faquin, L.R.G., Furtani Neto, V., Carvalho, A.E. (Eds.), Inter-relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Plantas. UFLA, Lavras, pp. 11–24.

Swift, M.J., Izac, A.M.N., van Noordwijk, M., 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes — are we asking the right questions? Agriculture, Ecosystems & Environment 104, 113–134.

Taskforce Duurzame Ontwikkeling (2012) Indicatoren van duurzame ontwikkeling, Federaal Planbureau, www.indicators.be.

Thielicke, R. (2007) Essen gegen die Hitze? Focus, 9 (February), 28-30

Tilman, D., Fargioine, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schindler, W.H., Schlesinger, W.H., Simberloff; D., Swackhamer, D. (2001) Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science 292, 281–284

Tischner, U., Kjærnes, U. (2010) Sustainable consumption and production un the agriculture and food domain. In: Tichner, U., Stø, E., Kjærnes, U., Tukker, A. (Eds.) Case studies in sustainable consumption and production. Food and Agriculture, Greenleaf Publishing, Sheffield, UK, 6-44

Tisdall, J. M., and J. M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. Journal of Soil Science 33(2):141-163.

Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., Whitbread, A., 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. Special Issue Article Advanced Environmental Conservation: Essays in honor of Navjot Sodhi, Biological Conservation, 151, 53-59.

Tubiello, F.N., Fischer, G. 2007. Reducing climate change impacts on agriculture: global and regional effetcs on mitigation, 2000-2080. Technological Forecasting and social change, 74(7), 1030-1056.

Turbé A., De Toni A., Benito P., Lavelle P., Ruiz N., Van der Putten W.H., Labouze E., Mudgal S. (2010). Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Contract 07.0307/2008/517444/ETU/B1. Final report. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO report for the European Commission. Brussels: Commission E.

Ulanowicz, R.E., Goerner, S.J., Lietaer, B., Gomez, R., 2009. Quantifying sustainability: resilience, efficiency and the return of information theory. Ecological complexity, 6, 27-36.

UNDP, 2007. Human Development Report 2006 – Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis. United Nations Development Programme, New York.

Van Broekhoven E., Somers L. & Tacquenier B., 2010. Overzicht van de boekhoudkundige resultaten van 767 land- en tuinbouwbedrijven Boekjaar 2008 Landbouwmonitoringsnetwerk, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel

Van Broekhoven E., Somers L. & Tacquenier B., 2011. Overzicht van de boekhoudkundige resultaten van 766 land- en tuinbouwbedrijven Boekjaar 2009 Landbouwmonitoringsnetwerk, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel

Van Broekhoven E., Somers L. & Tacquenier B., 2012. Overzicht van de boekhoudkundige resultaten van 749 land- en tuinbouwbedrijven Boekjaar 2010 Landbouwmonitoringsnetwerk, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel

Van Buggenhout E., 2012. Sociale aspecten in land- en tuinbouw in Vlaanderen anno 2012: resultaten van het Landbouwmonitoringsnetwerk, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.

Van den Broeck, A., 2001. Steeds meer Belgen lijden honger, De Morgen, 3 oktober 2011.

Vandenbroeck, P., Mathijs, E., 2013. De toekomst van het mondiale landbouw– en voedingsysteem 2010-2050. Meta-analyse van enkele belangrijke lange-termijntoekomstverkenningen (2009-2011). Dit rapport werd gefinancierd door PODDO (Programmatorische Federale Overheidsdienst Duurzame Ontwikkeling), DGD (Directoraat Generaal Ontwikkelingssamenwerking) en Vredeseilanden. ShiftN, Heverlee.

Vandermeer, J., Lawrence, D., Symstad, A., Hobbie, S., 2002. Effect of biodiversity on ecosystem functioning in managed systems. In: Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P. (Eds.) Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives, 221-233.

Van der Sluijs, J., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J.-M., Belzunces, J.p., 2013. Neonicotinoids, bee disorder and the sustainability of pollinator service. Current Opinion in Environmental Sustainability, 5, 1-13

Van De Vreken P., Van Holm L., Diels J., Van Orshoven J. (2009). In opdracht van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie. Verkennende studie betreffende bodemverdichting in Vlaanderen en afbakening van risicogebieden voor bodemverdichting. Eindrapport: Spatial Applications Division Leuven en Afdeling Water- en Bodembeheer, K.U.Leuven.

Van de Wouw, M., van Hintum, T., Kik, C., van Treuren, R., Visser, B., 2010. Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta analysis. Theor. Appl. Genet., 120, 1241-1252.

Van Dingenen R, Raes F, Krol MC, Emberson L, Cofala J (2009) The global impact of O3 on agricultural crop yields under current and future air quality legislation. Atmospheric Environment, 43, 604–618.

Vercalsteren A., Van der Linden A., Dils E., Geerken T. (2012), Milieu-impact van productie- en consumptieactiviteiten in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2012/07, VITO.

Van Gijseghem, D, Vervloet, D., 2012. Transitie: meer dan innovatie. In LARA 2012.

Van Gossum, P., Aertsens, J., Sturm, A., Van Reeth, W.,Mewes, M., Van Daele, T., Johst, K., Broekx, S., Wätzold, F., Wils, C. 2012. Optimalisatie van natuurbeleid in landbouwgebied: ECOPAY – een economisch-ecologisch weidevogelmodel. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012 (44). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Herzele A., Dendoncker N., Acosta-Michlik L. (2011). Mobilisation capacity of agri-environmental management. J Environ Manage 92:1023-1032.

Van Herzele A., Gobin A., Van Gossum P., Acosta-Michlik L., Waas T., Donnez N., Dendoncker N., de Frahan B.H. (2013). Effort for money? Farmers' response to agri-environment measures with different degrees of implementation complexity. Submitted.

Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., Van den Bremt L., Vercruysse W. & De Beer D. (2006). Atlas van de flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Vanloqueren, G., Baret, P., 2008. Why are ecological, low-input, multi-resistant wheat cultivars slow to develop commercially? A Belgian agricultural 'lock-in' case study. Ecological Economics, 666, 436-446

Visser, J.J., Vlaar, P.W.L., Neves, F., 2000. The concept of power illustrated with the Dutch pork Chain. In: Trienekens, J.H., Zuurbier, P.J.P. (Eds). Chain management in agribusiness and the food industry, proceedings of the fourth international Conference on: Management Studies Group, Wageningen Agricultural University, blz. 379-387.

VLM, 2012. Rapport Consultatieronde Landbouwers i.v.m Beheersovereenkomsten – VLM POINT Consulting Group.

VMM, 2008. Mira-T 2008 Milieurapport Vlaanderen Indicatorrapport. Vlaamse Milieumaatschappij, Mechelen.

VMM, 2012. Transitie naar een duurzaam landbouw- en voedingssysteem in Vlaanderen: een systeemanalyse. Topicrapport MIRA in samenwerking met AMS, Departement Landbouw & Visserij.

von Liebig, J. 1840. Ueber das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preußen. Braunschweig, Berlin. Urn:nbn:de:hbz:061:2-7658

Vuylsteke A., Bergen D. & Demuynck E. (2014) Schaalgrootte en schaalvergroting in de Vlaamse land- en tuinbouw, Departement Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.

Wang, S., Just, D.R., Pinstrup-Anderson, P., 2008. Bt-cotton and secondary pests. International Journal on Biotechnology, 10, 113-120

Watkins, K. and J. von Braun, 2003: Time to Stop Dumping On The World's Poor. 2002–2003 International Food Policy Research Institute, Annual Report Essay. Washington, DC, 18 pp

Wauters E. (2010). The use of social psychology for improving the adoption of conservation practices. Soil conservation in Belgium. PhD dissertation. Leuven: Arenberg Doctoral School of Science, Engineering & Technology. 261 p.

Wauters E., Bielders C., Govers G., Poesen J., Mathijs E. (2010). Adoption of soil conservation practices in Belgium: an examination of the theory of planned behaviour in the agri-environmental domain. Land Use Policy 27(1):86-94.

Wauters E., Roca A., Lauwers L., D'Haene K. (2011). Explaining decisions to engage in agro-biodiversity practices: attitudes, group and social norms and perceived behavioral control. Conference paper. 9th Biennial Conference on Environmental Psychology, Eindhoven, the Netherlands, 26-28 September 2011.

Weterings R., Kuijpers J., Smeets E., Annokkée, G. & Minne B. (1997) 81 mogelijkheden: technologie voor duurzame ontwikkeling, TNO Studiecentrum voor Technologie en Beleid

Wiegmann, K., Eberle, U., Fritsche, R., Hünecke, K., 2005. Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien. Diskussionspapier Nr. 7. Öko-Institute, Darmstadt/Hamburg.

Winfree, R., Kremen, C., 2009. Are ecosystem services stabilized by differences among species? A test using crop pollination. Proc. Roy. Soc. Lond. B 276, 229– 237.

Winn J., Tierney M., Heathwaite A.L., Jones L., Paterson J., Simpson L., Thomson A., Turley C. (2011). The drivers of change in UK ecosystems and ecosystem services. In: The UK National Ecosystem Assessment Technical Report. UK National Ecosystem Assessment, UNEP-WCMC, Cambridge.

Wolfe, M.S., Barrett, J.A., Jenkins, J.E.E., 1981. The use of cultivar mixtures for disease control. In: Jenkyn, J.F., Plumb, R.T. (Eds). Strategies for the control of cereal disease. Blackwell Scientific publications. Oxford, UK, pp. 73-80

World Bank, 2010. World Development Report. Development and climate change. Washington DC, World Bank.

Wood, S., Sebastian, K., Scherr, S.J. 2000. Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystems. International Food Research Institute and World Resource Institute, Washington DC.

Wood, S., Ehui, S, 2005. Food. In: Hassan, R., Scholes, R., Ash, N., 2005. Ecosystems and human well-being: current state and trends, Volume 1. Islandpress, Washington, 209-241.

WWF, 2001. België en zijn watervoetafdruk, Rapport WWF.

Yeates, G.W., Bongers, T., 1999. Nematode diversity in agroecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 74, 113–135.

Young, A., 1999. Is there really spare land? A critique of estimates of available cutivable land in developing countries. Environ. Dev. Sustainability, 1, 3-18

Bijlage 1 Karteringschema's en methodologie

Opbrengstverlies voor Vlaanderen wanneer de ecosysteemdienst bestuiving wegvalt (naar analogie met Aizen *et al.* 2009)

Teelt	Type	Geschatte reductie in ton		opp (2011, 1 mei-telling)	Nodige oppervlakte om huidige productie te behouden	
		Min	max		min	max
Appel	3	40	90	6157	10262	61571
Peer	3	40	90	7607	12679	76073
Kers	3	40	90	889	1481	8885
Pruim	3	40	90	29	48	289
ander fruit	3	40	90	65	108	649
klein fruit	3	40	90	307	512	3069
bessen (serre)	3	40	90	29	49	291
druiven (serre)	0	0	0	2	2	2
ander fruit (serre)	3	40	90	10	17	101
aardbei (open lucht)	2	10	40	820	912	1367
aardbei (serre)	2	10	40	315	349	524
Erwten	0	0	0	2184	2184	2184
groene bonen	1	0	10	3321	3321	3690
Wortelen	0	0	0	2465	2465	2465
Uien	0	0	0	1503	1503	1503
Sjalotten	0	0	0	1	1	1
selder (witte, groene & knol)	0	0	0	1032	1032	1032
Koolrabi	0	0	0	6	6	6
Rapen	0	0	0	84	84	84
Schorseneren	0	0	0	616	616	616
Witloof	0	0	0	1744	1744	1744
Spinazie	0	0	0	2026	2026	2026
Kervel	0	0	0	25	25	25
Sla	0	0	0	212	212	212
Andijvie	0	0	0	82	82	82
Rabarber	0	0	0	27	27	27
Venkel	0	0	0	43	44	45
Kruiden	0	0	0	137	137	137
Asperges	0	0	0	205	205	205
Prei	0	0	0	3329	3329	3329
Kool	0	0	0	6222	6222	6222
Courgette	4	91	99	211	2343	21085
Pompoen	4	91	99	92	1026	9235
andere groenten	0	0	0	1439	1439	1439
tomaten (glas)	1	0	10	447	447	497
paprika (glas)	1	0	10	92	92	102
komkommer (glas)	0	0	0	33	33	33
courgette (glas)	4	91	99	20	222	1996
aubergines (glas)	2	10	40	22	24	36
sla (glas)	0	0	0	202	202	202
andijvie (glas)	0	0	0	4	4	4
selder (witte, groene) (glas)	0	0	0	7	7	7
venkel (glas)	0	0	0	1	2	3
kruiden (glas)	0	0	0	14	14	14
bloemkool (glas)	0	0	0	6	6	6

Teelt	Type	Geschatte reductie in ton		opp (2011, 1 mei-telling)	Nodige oppervlakte om huidige productie te behouden	
		Min	max		min	max
bonen (glas)	1	0	10	8	8	8
radijzen (glas)	0	0	0	4	4	4
andere groenten (glas)	0	0	0	17	17	17
Wintertarwe	0	0	0	54913	54913	54913
Zomertarwe	0	0	0	5522	5522	5522
Spelt	0	0	0	437	437	437
Rogge	0	0	0	239	239	239
Wintergerst	0	0	0	10418	10418	10418
Zomergerst	0	0	0	2345	2345	2345
Haver	0	0	0	725	725	725
Korrelmais	0	0	0	64895	64895	64895
Triticale	0	0	0	2724	2724	2724
andere granen	0	0	0	126	126	126
Suikerbiet	0	0	0	21407	21407	21407
Cichorei	0	0	0	1293	1293	1293
Vlas	0	0	0	8577	8577	8577
kool- en raapzaad	2	10	40	586	651	976
andere oliehoudende gewassen	0	0	0	9	9	9
Tabak	0	0	0	57	57	57
Hop	0	0	0	185	185	185
Geneeskrachtige en aromatische planten en kruiden	0	0	0	25	25	25
Landbouwzaden	0	0	0	1242	1242	1242
Andere nijverheidsgewassen	0	0	0	28	28	28
Aardappelen	0	0	0	48294	48294	48294
tuinboon (droog)	2	10	40	219	243	365
voedererwt (droog)	0	0	0	159	159	159
overig voedergewas	0	0	0	8933	8933	8933
Voedermais	0	0	0	117264	117264	117264
tijdelijk gras	0	0	0	54555	54555	54555
blijvend gras	0	0	0	157867	157867	157867
Totaal				607157	620569	776590
Toename					13412	169434
% toename opp					2	27

Bijlage 2 Kwantificatie en kartering van de actuele fysische geschiktheid

De actuele fysische geschiktheid houdt zo veel mogelijk rekening met de huidige toestand van ecosysteemstructuren en –processen. Voor voedselproductie zal deze worden afgeleid op basis van de volgende kaarten:

- landbouwgeschiktheidskaarten,
- potentiële bodemerosie,
- kaart met gemoduleerde overstromingskans (P1, P2, P5 en P10; indien beschikbaar),
- landgebruikskaart VITO versie 3 (Poelmans 2014)

Landbouwgeschiktheidskaarten

De landbouwgeschiktheidskaarten groepeert bodems die voor eenzelfde teelt en dezelfde teeltvoorwaarden (bewerking, bemesting, ...) nagenoeg dezelfde opbrengst geven tegen ongeveer gelijke kostprijs.

De landbouwgeschiktheidskaarten zijn gebaseerd op de bodemkaart (textuur, profiel, drainage, etc.) die grotendeels dateert van voor de modernisering van de landbouw. Hierdoor geven de kaarten enkel de "*intrinsieke bodemgeschiktheid*" weer. Landbouwexperts hebben hierbij een inschatting gemaakt van het productiepotentieel van de verschillende bodemtypes voor een specifieke teelt. Er werd hierbij uitgegaan van 5 geschiktheidsklassen op basis van het rendement, uitgedrukt in % van het optimale rendement op de beste bodem:

- Klasse 1: zeer geschikt 90-100 %
- Klasse 2: geschikt 75-90%
- Klasse 3: matig geschikt 55-75 %
- Klasse 4: weinig geschikt 30-55%
- Klasse 5: ongeschikt 0-30%

De bodemkwaliteit kan in de praktijk verbeterd worden door bijvoorbeeld irrigatie, drainage, structuurverbeterende middelen, bemesting, diepwoelen, ... In veel gevallen heeft de modernisering van de landbouw de bodemgeschiktheid verbeterd. Dit is vooral zo bij de drainageklasse en minder bij profielontwikkeling en textuur. Om dit in rekening te brengen is er gekozen om de landbouwgeschiktheidskaarten te herinterpreteren.

Bij de herinterpretatie is ervan uitgegaan dat de bodemgeschiktheidsverbetering door irrigeren/draineren maximaal de beste bodemgeschiktheidsklasse kan bereiken die in een bepaalde textuurklasse mogelijk is. Deze herinterpretatie werd enkel uitgevoerd voor percelen die onder de klasse landbouw (aangegeven bij eenmalige perceelsregistratie of productiegrasland of akker onder de biologische waarderingskaart). De inschatting van beste bodemgeschiktheidsklasse van een teeltgroep verschilt wel van provincie tot provincie. Hierbij werd er gekozen voor de in die provincie meest voorkomende waarde. Indien er twee meest voorkomende waarden zijn dan werd voorrang verleend aan de hoogste bodemgeschiktheidswaarde. In een volgende stap wordt de bodemgeschiktheid gecorrigeerd voor profielontwikkeling en substraat. Daarna wordt er in rekening gebracht dat de intrinsieke bodemkwaliteit slechts gedeeltelijk verbeterd kan worden:

- ongeschikte landbouwgronden (klasse 5) kunnen voor alle teelten maximaal verbeterd worden tot matig geschikte gronden (klasse 3).
- Matig tot weinig geschikte gronden (klasse 3 en 4) kunnen voor akker, maïs, groenteteelt en fruit maximaal verbeterd worden tot geschikte gronden (klasse 2).

Deze veronderstelling komt overeen met de opbrengstinschatting door afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling bij de baten voor Natura2000 studie (Broeckx *et al.* 2013).

Ten slotte kan de gecorrigeerde geschiktheid ook niet lager zijn de 'intrinsieke bodemgeschiktheid'. De oorspronkelijke landbouwgeschiktheden zijn afzonderlijk beschikbaar voor gras, akkerbouwgewassen, groenten (gekozen voor de intensieve groenteteelt), fruit en maïs. De herinterpretatie gebeurde dan ook per teeltgroep.

Geschiktheid grasland

- Stap 1 Bodemtextuur

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
Z	4	3	3	2	**3**
S	2	2	3	2	**2**
P	2	2	2	2	**2**
L	2	1	2	1	**1**
A	1	1	1	1	**1**
E	1	1	1	1	**1**
U	2	2	1	2	**2**
V			5	5	**5**
X			5	5	**5**
P-Z			3		**3**
Gb				1	**1**

- Stap 2 Profielontwikkeling, substraten en varianten

Neem de maximale waarden indien meer dan 1 aanpassing dient te gebeuren.

- *Profielontwikkeling*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
x	+1	+1	+1	+1	**+1**
g			+1	+1	**+1**
h			+1	+1	**+1**
m			-1	-1	**-1**

- *Substraat*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
w			+1	+1	**+1**
w-			+1	+1	**+1**
u			+1	+1	**+1**
u-			+1	+1	**+1**
g			+1	+1	**+1**
t			+1	+1	**+1**
v			+1	+1	**+1**
v-			+1	+1	**+1**

- *Variante*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
(v)			+1	+1	**+1**

- Stap 3. Beperkte verbetering bij ongeschikte gronden

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 5 and "gerherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 or 2 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 3

- Stap 4. Kies hoogste bodemgeschiktheid

Neem de minimale pixelwaarde (intrinsieke bodemgeschiktheid; geherinterpreteerde bodemgeschiktheid). De geherinterpreteerde bodemgeschiktheidskaarten krijgen volgende klassenwaarden

Geschiktheidsklasse	Waarde
1	1
2	0,8
3	0,6
4	0,4
5	0,15

Geschiktheid akker

- Stap 1 Bodemtextuur

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
Z	4	4	3	3	**3**
S	3	3	3	3	**3**
P	2	2	2	1	**2**
L	1	1	1	1	**1**
A	1	1	1	1	**1**
E	2	2	1	1	**1**
U	2	2	1	2	**2**
V			5	5	**5**
X			5	5	**5**
P-Z			5		**5**
Gb				4	**4**

- Stap 2 Profielontwikkeling, substraten en varianten

Neem de maximale waarden indien meer dan 1 aanpassing dient te gebeuren.

- *Profielontwikkeling*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
x	+1	+1	+1	+1	**+1**
g	+1	+1	+1	+1	**+1**
h	+1	+1	+1	+1	**+1**
m			-1	-1	**-1**

- *Substraat*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
u	+1	+1	+1	+1	**+1**
u-	+1	+1	+1	+1	**+1**
w			+1	+1	**+1**
w-			+1	+1	**+1**
g			+1	+1	**+1**
t			+1	+1	**+1**
v			+1	+1	**+1**
v-			+1	+1	**+1**

- *Variante*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
(v)			+1	+1	**+1**

- Stap 3. Beperkte verbetering bij ongeschikte gronden

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 5 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 or 2 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 3

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 3 or 4 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 2

- Stap 4. Kies hoogste bodemgeschiktheid

Zelfde als bij grasland.

Geschiktheid maïs

- Stap 1 Bodemtextuur

	West-Vl[34]	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
Z	4	2	2	1	**2**
S	3	2	2	1	**2**
P	2	2	1	1	**1**
L	1	1	1	1	**1**
A	1	1	1	1	**1**
E	2	2	2	1	**2**
U	3	3	3	1	**3**
V			5	5	**5**
X			5	5	**5**
P-Z			5		**5**
Gb				1	**1**

- Stap 2 Profielontwikkeling, substraten en varianten

Neem de maximale waarden indien meer dan 1 aanpassing dient te gebeuren.

- *Profielontwikkeling*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
x	+1	+1	+1	+1	**+1**
g	+1	+1	+1	+1	**+1**
h	+1	+1	+1	+1	**+1**
m			-1	-1	**-1**

- *Substraat*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
u	+1	+1	+1	+1	**+1**
u-	+1	+1	+1	+1	**+1**
w			+1	+1	**+1**
w-			+1	+1	**+1**
g			+1	+1	**+1**
t			+1	+1	**+1**
v			+1	+1	**+1**
v-			+1	+1	**+1**

- *Variante*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
(v)			+1	+1	**+1**

- Stap 3. Beperkte verbetering bij ongeschikte gronden

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 5 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 or 2 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 3

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 3 or 4 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 2

- Stap 4. Kies hoogste bodemgeschiktheid

Zelfde als bij grasland.

[34] Zelfde als akker

Geschiktheid intensieve groenteteelt

- Stap 1 Bodemtextuur

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
Z	3	3	3	2	**3**
S	2	2	2	2	**2**
P	1	1	1	1	**1**
L	1	1	1	1	**1**
A	4	3	4	3	**3**
E	4	4	4	5	**4**
U	5	5	4	5	**5**
V			5	5	**5**
X			5	5	**5**
P-Z			5		**5**
Gb				5	**5**

- Stap 2 Profielontwikkeling, substraten en varianten

Neem de maximale waarden indien meer dan 1 aanpassing dient te gebeuren.

- *Profielontwikkeling*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
x	+1	+1	+1	+1	**+1**
g	+1	+1	+1	+1	**+1**
h	+1	+1	+1	+1	**+1**
m			-1	-1	**-1**

- *Substraat*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
u	+1	+1	+1	+1	**+1**
u-	+1	+1	+1	+1	**+1**
(u)	+1	+1			**+1**
w	+1	+1	+1	+1	**+1**
w-	+1	+1	+1	+1	**+1**
g	+1	+1	+1	+1	**+1**
t			+1	+1	**+1**
v			+1	+1	**+1**
v-			+1	+1	**+1**

- *Variante*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
(v)			+1	+1	**+1**
(h)				+1	**+1**

- Stap 3. Beperkte verbetering bij ongeschikte gronden

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 5 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 or 2 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 3

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 3 or 4 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 2

- Stap 4. Kies hoogste bodemgeschiktheid

Zelfde als bij grasland

Geschiktheid fruiteelt

- Stap 1 Bodemtextuur

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
Z	3	4	3	3	**3**
S	3	3	2	2	**2**
P	2	2	2	2	**2**
L	1	1	2	1	**1**
A	1	1	2	1	**1**
E	2	2	3	2	**2**
U	4	3	4	3	**3**
V			5	5	**5**
X			5	5	**5**
P-Z			5		**5**
Gb				3	**3**

- Stap 2 Profielontwikkeling, substraten en varianten

Neem de maximale waarden indien meer dan 1 aanpassing dient te gebeuren.

- *Profielontwikkeling*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
x	+1	+1	+1	+1	**+1**
g	+1	+1	+1	+1	**+1**
h	+1	+1	+1	+1	**+1**
m			-1	-1	**-1**

- *Substraat*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
u	+2	+2	+1	+1	**+1**
u-	+1	+1	+1	+1	**+1**
(u)	+1	+1			**+1**
w	+1	+1	+1	+1	**+1**
w-	+1	+1	+1	+1	**+1**
g			+1	+1	**+1**
t			+1	+1	**+1**
v			+1	+1	**+1**
v-			+1	+1	**+1**

- *Variante*

	West-Vl	Oost-Vl	Antwerpen	Limburg	Vlaanderen
(v)			+1	+1	**+1**

- Stap 3. Beperkte verbetering bij ongeschikte gronden

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 5 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 or 2 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 3

If "intrinsieke bodemgeschiktheid" = 3 or 4 and "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 1 then "geherinterpreteerde bodemgeschiktheid" = 2

- Stap 4. Kies hoogste bodemgeschiktheid

Zelfde als bij grasland

<u>Gemoduleerde overstromingsfrequentie</u>

De fysische combineerbaarheid van een teelt met waterberging is zowel afhankelijk van teeltkenmerken (tolerantie voor overstromingen, eenjarige versus meerjarige teelten,…) als van de overstromingsparameters (frequentie, duur, tijdstip,…)(De Nocker *et al*. 2007). Bij de combineerbaarheid dient men ook rekening te houden met de waterkwaliteit.

Voor Vlaanderen is er een kaart gemaakt die de verwachtte overstromingsfrequentie van een gebied weergeeft. Om tot een inschatting te komen van het opbrengstverlies is er gekozen om tijdstip en overstromingsduur zo te kiezen dat het mogelijk verlies hoog wordt ingeschat, zijnde een zomeroverstroming van 7 tot 14 dagen (zie onderstaande tabel).

Tabel 37. *Opbrengstcorrectie (in %) van een teeltgroep in functie van de overstromingsfrequëntie (op basis van De Nocker et al. 2007, opbrengstderving groter dan 100% omwille van effect op het volgende groeiseizoen werden herleid naar 100)*

	Gras	Maïs	Graan	Akker	Fruit of groenten
Jaarlijks of vaker	-70	-100	-88	-100	-100
1x per 2 jaar	-50	-52	-44	-51	-78
1x per 5 jaar	-15	-21	-18	-21	-31
1x per 10 jaar	-7	-11	-9	-10	-16
1x per 25 jaar	-3	-4	-4	-4	-6

De desbetreffende kaart bestaat, maar was niet beschikbaar en daarom kon de correctie niet worden doorgevoerd.

Potentiele erosiegevoeligheid

Deze kaart geeft de erosiegevoeligheid van een perceel weer op basis van een akkergewas. Indien de erosiegevoeligheid medium, hoog of zeer hoog is wordt de geschiktheid voor akker, maïs en groenten resp. verminderd met 1, 2 en 3 klassen. Er is gekozen voor deze inschatting om rekening te houden met het verlies van de vruchtbare bodem door erosie die op de lang termijn kan resulteren in een verminderde bodemvruchtbaarheid. De erosierisico-correctie werd enkel gedaan bij het aanbod op basis van de actuele fysische geschiktheid en niet bij potentieel an actueel aanbod omdat beide laatste kaarten ingegaan op het aanbod op de korte termijn.

Landgebruikskaart Vlaanderen versie 3

Deze kaart geeft zeer gedetaileerd weer wat het landgebruik is in Vlaanderen. De klassen horeca (bebouwd en overig), infrastructuur, militaire voorziening (bebouwd en overig), recreatie & sportterrein (bebouwd en overig), residentiële en commerciële bebouwing (bebouwd en overig), zeehaven (bebouwd en overig), industrie (bebouwd & overig), commerciële diensten en lichte industrie (bebouwd en overig), zeekust & estuaria en water worden beschouwd als ongeschikt voor landbouw en krijgen waarde nul. Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende klassen wordt verwezen naar Poelmans (2014).

Bijlage 3 Kwantificatie en kartering van het potentieel aanbod (kaart 2)

Het potentieel aanbod wordt afgeleid op basis van de volgende kaarten:

- fysische aanbodkaart
- voorkomende teelten (via landgebruikskaart Vlaanderen versie 3)

Dit potentieel aanbod wordt afzonderlijk berekend voor de akkerbouwgewassen, gras, maïs, groenten en fruit.

Landgebruikskaart Vlaanderen

Er worden afzonderlijke binaire kaarten gemaakt voor fruit, groenten, maïs, akkerbouwgewassen en gras (1: aanwezig; 0: afwezig). Er wordt hierbij vertrokken van niveau 3, zijnde het meest gedetailleerde niveau van de landgebruikskaart. Er werd hierbij vanuit gegaan dat alle landbouwpixels potentieel kunnen bijdragen aan voedselproductie.

	Teelten
Fruit	7102 Aardbeiplanten 7106 Fruit en noten 7200 Boomgaard (hoogstam) 7300 Boomgaard (laagstam) 7601 Fruit (kweekplanten)
Groenten	7602 Groenten 7603 Jongplanten voor de sierteelt 7604 Kruiden 7605 Plantgoed van niet-vlinderbloemige groenten 7606 Sierplanten 7607 Sierteelt
Mais	7801 Snijmaîs 7802 Korrelmaïs
Gras	7401 Blijvend grasland 7402 Cultuurgrasland permanent_bwk 7403 Weiland met bomen 7501 Cultuurgrasland tijdelijk 7502 Graszoden
Akker	7101 Aardappelen 7103 Braak 7104 Chicorei 7105 Eiwithoudende gewassen 7107 Graan 7108 Hop 7109 Houtige gewassen 7110 Koolzaad 7111 Oliehoudende zaden 7112 Olifantengras, mariadistel 7113 Overige gewassen 7114 Raapzaad 7115 Suikerbieten 7117 Vlas en hennep 7118 Voedergewassen (andere) 7119 Voedergewassen bieten 7120 Akker andere bwk 7700 Korte omloophout

Berekening potentieel aanbod

De 'geherinterpreteerde geschiktheidskaart' worden vermenigvuldigd met de binaire kaarten. Dit levert 5 potentieel aanbodkaarten op, zijnde potentieel aanbod groenten, fruit, maïs, akkerbouwteelten (granen, koolzaad, aardappelen, suikerbieten, etc) en gras (blijvend en tijdelijk).

Bijlage 4 Kwantificatie en kartering van het actueel aanbod (kaart 3)

Het actueel aanbod wordt afgeleid uit:

- Fysisch aanbod;
- Landgebruikskaart Vlaanderen versie 3 (om niet-voedingteelten uit te sluiten),
- Voedselopbrengstverminderingen per oppervlakte-eenheid ten gevolge van beheerovereenkomsten, agromilieumaatregelen, bio-landbouw, paardenweiden, waterwingebieden en energieteelten.

Akkerbouwteelten

Stap 1. Verwijderen van teelten die niet voor voeding kunnen gebruikt worden

Akker	7103 Braak 7109 Houtige gewassen 7112 Olifantengras, mariadistel 7120 Akker andere bwk (beschouwd als hobbylandbouw, productie onbekend) 7700 Korte omloophout

Stap 2. Verwijderen van teelten die voor voeding kunnen gebruikt worden maar gebruikt worden als energieteelt

Het doel hiervan is om de landgebruikskaart (niveau 3) te herwerken en te bepalen welke pixels snijmaïs, korrelmaïs, aardappelen, suikerbieten en granen bijdragen aan de voedselproductie en welke aan de energieproductie. De exacte totale oppervlakte aan energieteelten is niet gekend. Daarnaast is ook niet geweten op welke percelen die energieteelt precies wordt toegepast. Daarom is er gekozen om de volgende werkwijze aan te houden.

- Granen, korrelmaïs en suikerbieten als energieteelt

Doordat de bioethanolcentrales hun product betrekken in een straal van 250 km wordt voor deze teelten gekozen voor een ad random toekenning. Er wordt hierbij gezocht naar 1567,43 ha graan, 1359,53 korrelmaïs en 436,91 ha suikerbiet. Dit komt steeds overeen met 2%[35] van de totale oppervlakten van deze teelten. De geselecteerde pixels krijgen hierbij één van de volgende landgebruikscode 7121 energiegraan, 7122 energiesuikerbiet en 7804 energiekorrelmaïs.

- Snijmaïs als energieteelt

Het doel is het toekennen van 3.000 ha snijmais[36] als energieteelt. De percelen die het dichtst bij een vergistingsinstallatie gelegen zijn, komen hiervoor in aanmerking. Hierbij wordt er rekening gehouden met de capaciteit van de vergistingscentrale (Tabel 38). Het toekennen van de pixels gebeurt iteratief eerste wordt er binnen de gemeenten gekeken of er voldoende snijmaïspixels (landgebruikscode 7802) voorkomen. Indien er meer dan voldoende voorkomen dan gebeurt de aanduiding binnen de gemeente at random. Indien er onvoldoende voorkomen dan wordt er via buffers rond de gemeente naar bijkomende snijmaïspixels gezocht. Alle geselecteerde pixels krijgen de nieuwe landgebruikscode 7803 energiemaïs.

[35] In Vlaanderen zijn er geen oppervlaktes bekend voor de overige energiewassen (tarwe, suikerbiet, koolzaad, korrelmaïs …) die worden aangewend voor energiedoeleinden zijn niet bekend (bron: Koenraad Holmstock). Daarom is de aanname gemaakt dat het aandeel energieteelt vergelijkbaar is met dat van snijmaïs, dus ongeveer 2% van de teeltoppervlakte.

[36] De 3000 ha energiemaïs is gebaseerd op de schatting van het Departement Landbouw en Visserij (bron: Koenraad Holmstock) van 2.500-3.000 ha energiemaïs in Vlaanderen (op basis van de registratie van de inputstromen bij vergistingsinstallaties) en ligt in de lijn van de berekeningen van de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG) in het antwoord op een schriftelijke vraag aan het Vlaams Parlement (nr. 431). Het VREG berekende immers dat in 2011 165.000 ton silomaïs gebruikt werd in de Vlaamse vergistingsinstallaties. Dit is het equivalent van ongeveer 3.510 ha silomaïs, uitgaande van een opbrengst van 47 ton/ha.

Tabel 38. *Capaciteit van de vergistingsintallaties in Vlaanderen (bron: Demolder et al. 2012)*

Gemeente	Capaciteit (ton/jaar)	Snijmaïs (10*10 pixels)
Arendonk	50000	9940
Beernem	60000	11928
Brecht	50000	9940
Deinze	60000	11928
Diksmuide	20000	3976
Haasdonk	60000	11928
Halle	27000	5368
Herk-de-stad	20000	3976
Herselt	52500	10437
Hooglede	24000	4771
Houthalen-Helchteren	24000	4771
Houthulst	60000	11928
Ieper	100000	19881
Kallo (Beveren)	100000	19881
Lommel	150000	29821
Malle	60000	11928
Merksplas	60000	11928
Moorslede	35000	6958
Pittem	60000	11928
Rijkevorsel	24000	4771
Roeselare	120000	23857
Rumbeke	35000	6958
Sint-lenaarts	65000	12922
Veurne	7500	1491
Vliermaal	40000	7952
Zedelgem	15000	2982
Zomergem	70000	13917
Zoutleeuw	60000	11928
Totaal	1509000	299994

- Koolzaad als energieteelt

Doordat de biodieselcentrales hun product betrekken in een straal van 250 km wordt voor deze teelten gekozen voor een ad random toekenning. Er wordt hierbij gezocht naar 146,7 ha koolzaad. Dit komt steeds overeen met 30% van de totale oppervlakten van deze teelt. De geselecteerde pixels krijgen hierbij één van de volgende landgebruikscode 7123 energiekoolzaad.

Stap 3. Herberekening van het 'potentieel' aanbod

- Aanmaak nieuwe binaire kaart akker

Akker	7101 Aardappelen 7104 Chicorei 7105 Eiwithoudende gewassen 7107 Graan 7108 Hop 7110 Koolzaad 7111 Oliehoudende zaden 7113 Overige gewassen 7114 Raapzaad 7115 Suikerbieten 7117 Vlas en hennep 7118 Voedergewassen (andere) 7119 Voedergewassen bieten

- Binaire kaart akker vermenigvuldigen met de herwerkte bodemgeschiktheid akker.

Stap 3. Productievermindering ten gevolge van bio, agromilieumaatregelen en beheerovereenkomsten

In een volgende stap wordt de voedselproductievermindering van biologische landbouw, agromilieumaatregelen en beheerovereenkomsten in rekening gebracht (Tabel 39). Het betreft de

toestand van 2011. Doordat de rastercellen slechts 10*10 meter zijn, worden de lijnvormige beheerovereenkomsten (bijvoorbeeld perceelsranden natuur) op de vectorkaart vlakvormige elementen op de rasterkaart. Het opbrengstverlies van de grasvormige stroken wordt ingeschat als 90%[37] en van graanvormige stroken met 40%.

Tabel 39. *Opbrengstverminderingen ten gevolge van biologische landbouw, agromilieumaatregelen en beheerovereenkomsten (bronnen: Departement Landbouw & Visserij, 2009; Reubens et al. 2010)*

Categorie	Opbrengstvermindering	Factor
BO perceelsranden natuur of milieu, erosiemaatregelen grasstroken en grasgangen, kleine landschapselementen, akkervogelmaatregelen faunaranden, gemengde grasstroken, opgeploegde gemengde grasstroken en gemengde grasstrook duorand	-80%	0,2
Botanisch beheer akker	-100%	0
BO water (akker)	-8%	0,92
Akkervogelmaatregel graanranden	-40%	0,6
Akkervogelmaatregelen Leeuwerikvakjes	-0,2%	0,998
Akkervogelmaatregelen vogelvoedergewassen	-50%	0,5
Niet-kerende bodembewerking, groenbedekking, vlinderbloemigen, mechanische onkruidbestrijding, akkervogels winterstoppels, geen maatregelen	0%	1
Directe inzaai	-17%	0,83
Biologische landbouw	-20%	0,8

Het 'herwerkte' potentieel aanbod wordt vermenigvuldigd met deze voedselproductieverminderingskaart.

<u>Gras</u>

Stap 1. Verwijderen van graszoden

Stap 2. Verwijderen van paardenweiden

Volgens Bomans *et al*. (2011) bevat Vlaanderen zo'n 70.000 ha paardenweiden. Op de landgebruikskaart niveau 3 komt er 32.285,12 ha cultuurgrasland die niet voorkwam op de eenmalige perceelsregistratie, maar wel wordt aangeduid als cultuurgrasland op de Biologische Waarderingskaart (klasse 7402 op de landgebruikskaart). Dit cultuurgrasland wordt sowieso beschouwd als paardenweide. De overige 37.714,88 ha wordt ad random toegekend als paardenweiden bij de categorieën 7401 en 7403. De geselecteerde pixels en categorie 7402 wordt samengevoegd in de nieuwe categorie 'paardenweide' (7404). Er wordt hierbij vanuit gegaan dat deze paardenweiden niet bijdragen aan de voedselproductie.

Hiervoor is een herberekening nodig van het 'potentieel aanbod'.

Stap 2. Aanmaak nieuwe binaire kaart gras

Gras	7401 Blijvend grasland 7403 Weiland met bomen 7501 Cultuurgrasland tijdelijk

- Binaire kaart gras vermenigvuldigen met de herwerkte bodemgeschiktheid gras.

Stap 3. Opbrengstvermindering ten gevolge van bio, agromilieumaatregelen, waterwingebieden en beheerovereenkomsten

In een volgende stap wordt de voedselproductievermindering van biologische landbouw, agromilieumaatregelen, vergoeding natuur en beheerovereenkomsten in rekening gebracht (Tabel 40). Deze gegevens worden vermeld in de kolom 'pijler 2' van de eenmalige perceelsregistratie. Daarnaast wordt ook de beschermingszone grondwater (2 of 3 omdat in beide de mestbeperking geldt en soms er geen zone 3 werd aangeduid) in rekening gebracht. Deze is enkel additief voor de

[37] De grasstrook heeft een lagere opbrengst, maar kan nog geoogst worden. De opbrengst wordt wel niet steeds aangewend voor de voedselproductie.

BO stroken. De mestbeperkingen zijn bij de andere categorieën reeds voldoende in rekening gebracht.

Tabel 40. *Opbrengstverminderingen ten gevolge van biologische landbouw, agromilieumaatregelen en beheerovereenkomsten (bronnen: Departement Landbouw & Visserij, 2009; Van Gossum et al. 2012)*

Categorie	Opbrengstvermindering	Coëfficiënt
BO weidevogelbeheer uitgesteld maaien	-33%	0,67
BO weidevogelbeheer uitgesteld begrazen	-24%	0,76
BO weidevogelbeheer vluchtstroken	-14%	0,86
BO weidevogelbeheer nestbescherming	0%	1
BO botanisch beheer maaien 1 juni	-36%	0,64
BO botanisch beheer maaien 16 juni	-42%	0,58
BO water	-34%	0,66
Vergoeding natuur	-90%	0,1
Waterwingebied	-10%	0,9
Biologische landbouw	-20%	0,8
Perceelsranden natuur & milieu en kleine landschapselementen	-80%	0,2

Het herwerkte potentieel aanbod wordt vermenigvuldigd met deze voedselproductieverminderingskaart.

<u>Mais, groenten en fruit</u>

Stap 1 Verwijderen van teelten die niet als voeding gebruikt worden

Fruit	7102 Aardbeiplanten 7601 Fruit (kweekplanten)
Groenten	7603 Jongplanten voor de sierteelt 7604 Kruiden (wegens beperkte voedingswaarde) 7605 Plantgoed van niet-vlinderbloemige groenten 7606 Sierplanten 7607 Sierteelt

Stap 2. In rekening brengen van beheerovereenkomsten

Alleen de voedselproductievermindering van biologische landbouw, agromilieumaatregelen, vergoeding natuur en beheerovereenkomsten dient in rekening gebracht te worden. Voor maïs kunnen we hierbij verwijzen naar Tabel 39, enkel de opbrengstvermindering van de BO water is hoger dan bij akkerteelten en bedraagt 30%.

Bijlage 5 Inschatting van het ruimtegebruik van de voedingsconsumptievraag

Sylvie Danckaert (Afdeling Monitoring & Studie, Departement Landbouw & Visserij)

In een eerste stap worden de verschillende voedingsproducten omgezet naar primaire producten of landbouwproducten. Hierbij waren aannames nodig inzake de vervanging van niet-lokale producten door lokale producten (bijvoorbeeld vervangen van rijst door aardappelen), de samenstelling van producten (vb. frisdrank bevat fruit en suikers) en de beperking van productgroepen (bijvoorbeeld de alcoholische dranken worden beperkt tot bier). Voor een uitvoerige bespreking van de verschillende aannames wordt verwezen naar Danckaert (2013a). Op basis van deze aannames kan de totale behoefte aan landbouwgewassen en aantal dieren berekend worden door voor de gewassen rekening te houden met de gemiddelde opbrengsten in Vlaanderen en voor het aantal dieren rekening te houden met de hoeveelheden vlees per dier.

In een tweede stap wordt ook de benodigde hoeveelheid diervoeder doorgerekend. Hierbij wordt er geopteerd om een volledig lokaal (dus soja- en palmolievrij) rantsoen door te rekenen. Het lokaal rantsoen bestaat uit ruwvoeder (gras en maïs, enkel bij melk- en vleesvee), granen, peulvruchten en oliehoudende gewassen. Bij de berekening werd ook rekening gehouden met rest- en bijproducten zoals bietenpulp, draf en schroten die als veevoeder kunnen gebruikt worden.

Bijlage 6 Inschatting van benodige fosfaatrots bij vegetarisch en vlees gebaseerd dieet

De berekening wordt weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 41. *Geschatte fosfaatrotsvraag in vegetarisch en in westers dieet (SEPA 1995; Cordell et al. 2009)*

Dieet	P in menselijke uitscheidingen (vooral in urine)	P in verwerkt voedsel	P in geoogste gewassen	Totaal opgenomen	Kg fosfaatrots
Vegetarisch	0,3 kg P/jaar	0,45 kg P/jaar (veronderstelling 2/3 gegeten en 1/3 is organisch afval)	1,8 kg P/jaar (veronderstelling 1/4 wordt voedsel en 3/4 gaat verloren)	0,6 kg P/jaar (veronderstelling 1/3 fosfaatrots en 2/3 via bodem)	4,2 (veronderstelling 7 kg rots voor 1 kg P)
Westers	0,6 kg P/jaar	0,80 kg P/jaar (veronderstelling ¾ gegeten en 1/4 is organisch afval)	8 kg P/jaar (veronderstelling 1/10 wordt voedsel en 9/10 gaat verloren)	1,6 kg P/jaar (veronderstelling 1/5 fosfaatrots en 4/5 via bodem)	11,8