

STT 81



VAN AUTONOME ROBOTS TOT ZILTE AARDAPPELS

Toekomstverkenning naar de invloed van
technologische ontwikkelingen op de
agri- & foodsector tot 2050



Silke de Wilde red.
Stichting Toekomstbeeld der Techniek

Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek



VAN AUTONOME ROBOTS
TOT ZILTE AARDAPPELS

Colofon

Hoofdredactie	Silke de Wilde, STT, Den Haag
Mede-auteurs	Ellen Willemse, Raoul Blankesteyn en Koen Donker van Heel
Taalredactie	Annette Potting, Leandra Huijbrechts, STT, Den Haag
Beeldredactie	Silke de Wilde, STT, Den Haag
Vormgeving	Ellen Bouma, Alkmaar
Drukwerk	Quantes, Den Haag

ISBN 978 94 913 9709 7

STT-publicatie nr. 81

NUR 950

Trefwoorden: Toekomstverkenning; technologische ontwikkelingen; scenario's; agri- en food; landbouw; voedsel; toekomst; maatschappij; (demografische) trends; gezondheid; gedrag; schaarste; energie; innovatie; connectiviteit; toekomstvisie; multi/interdisciplinair, sociale innovatie

© 2015, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, Den Haag

Fotomateriaal: Thinkstock/Getty images en Istock. Pag. 6-7: Ellen Bouma



Van Autonome robots tot Zilte aardappels. Toekomstverkenning naar de invloed van technologische ontwikkelingen op de agri- & foodsector tot 2050 (2015) van Stichting Toekomstbeeld der Techniek wordt auteursrechtelijk beschermd zoals vastgelegd onder de Creative Commons Naamsvermelding NietCommercieel-GeenAfgeleideWerken 3.0 Unported licentie.

U kunt dit werk toeschrijven aan Stichting Toekomstbeeld der Techniek / Silke de Wilde (www.stt.nl), 2015. Bezoek <http://www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/nl/> voor de volledige tekst van de licentie.

Stichting Toekomstbeeld der Techniek

Prinsessegracht 23, 2514 AP Den Haag

Postbus 30424, 2500 GK Den Haag

070-302 98 30

info@stt.nl

www.stt.nl

Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek





VAN AUTONOME ROBOTS
TOT ZILTE AARDAPPELS



**Toekomstverkenning naar de invloed van technologische
ontwikkelingen op de agri- & foodsector tot 2050**

**Stichting Toekomstbeeld der Techniek,
red. Silke de Wilde**

VOORWOORD

De wereld van vandaag produceert voldoende voedsel om alle wereldbewoners te voeden, maar we weten ook dat voedsel nog niet in voldoende mate voor iedereen beschikbaar is. Voor de wereld van morgen is de beschikbaarheid van voldoende voedsel echter geen vanzelfsprekendheid. Bovendien doemen er vragen op over de kwaliteit van ons voedsel en de invloed daarvan op onze fysieke en mentale gezondheid. Gegeven de groeiende wereldbevolking staat voedselzekerheid steeds prominenter op de geopolitieke agenda. Voedsel is ook *big business* en wordt dat met de wereldwijde stijging van het gemiddelde inkomen nog meer. Nederland speelt een vooraanstaande rol in de internationale voedselproductieketens en de daaraan gerelateerde markten. Dat hebben we onder meer te danken aan het technologische ontwikkelingsniveau van onze agri- & foodsector. Door de uitdagingen van de wereldwijde voedselvoorziening vandaag en morgen blijft de behoefte aan technologische innovaties in de agri- & foodsector niettemin onverminderd groot. Daarbij moeten we ons realiseren dat door religieuze en sociaal-culturele ontwikkelingen de productie van en de vraag naar voedsel in de wereld van morgen anders zullen zijn dan vandaag. Tegelijkertijd stellen nieuwe technologische ontwikkelingen ons ook voor nieuwe vragen.

Het is niet zo dat wat technologisch haalbaar is allemaal realiteit zal worden. De complexiteit en verwevenheid van alle factoren die invloed hebben op onze agri- & foodsector vormden de aanleiding voor de STT-toekomstverkenning waarover u kunt lezen in dit boek. De publicatie geeft een overzicht van ontwikkelingen die de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector tussen nu en 2050 mogelijk beïnvloeden. De nadruk in deze verkenning ligt op de technologische ontwikkelingen, die op hun beurt worden bekeken in de context van mogelijke sociale, economische en politieke ontwikkelingen in de wereld om ons heen.

Toekomstverkennen is een systematische exploratie van hoe de toekomst eruit kan zien, om te bepalen welke strategieën en acties we nú kunnen inzetten om ons op verschillende mogelijke toekomsten voor te bereiden. Vooruit kijken maakt het mogelijk condities te creëren die ons in staat stellen adequaat te reageren op crises en helpt ook om de voortekenen van een aankomende crisis, bijvoorbeeld op het gebied van voedselveiligheid of energievoorziening, tijdig te herkennen. Toekomstverkennen is

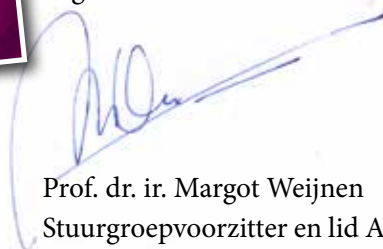
geen 'Spielerei'. Door nú, aan de hand van alternatieve mogelijke toekomstbeelden, na te denken over de toekomst kunnen we in een vroeger stadium kansen en bedreigingen herkennen en daarmee winnen we straks kostbare tijd.

Deze verkenning had niet tot stand kunnen komen zonder de bijdragen van meer dan honderd agro-experts en toekomstverkenners. De 'sector' die we gemakshalve aanduiden als de agri- & foodsector, bestaat feitelijk uit een verzameling van sectoren die heel verschillende kennisdomeinen bestrijken. Dankzij de deelnemers uit al die verschillende sectoren en kennisdomeinen, van de agrarische productie tot en met de voedingsmiddelenindustrie, en van de technologie tot en met de kennis van markten, is een rijke toekomstverkenning tot stand gekomen. We zijn al deze betrokkenen zeer dankbaar voor hun belangeloze inzet. Ieders bereidheid om zijn/haar unieke kennis in te brengen, maar ook de bereidheid om naar elkaar te luisteren, elkaars ideeën te waarderen en elkaars taal te leren begrijpen, hebben deze verkenning zelf tot een inspirerende, multidisciplinaire en multisectorale dialoog gemaakt. Die dialoog is, naast het boek dat u in handen houdt, ook een belangrijk resultaat van deze verkenning.

Het verheugt mij dat de bevindingen van al dit werk nu bijeengebracht zijn in dit prachtige boek, waarin de technologieverkenning in narratieven tot leven komt. Dit boek is niet alleen het tastbare eindproduct van een STT-toekomstverkenning. Het is bedoeld als handreiking voor een



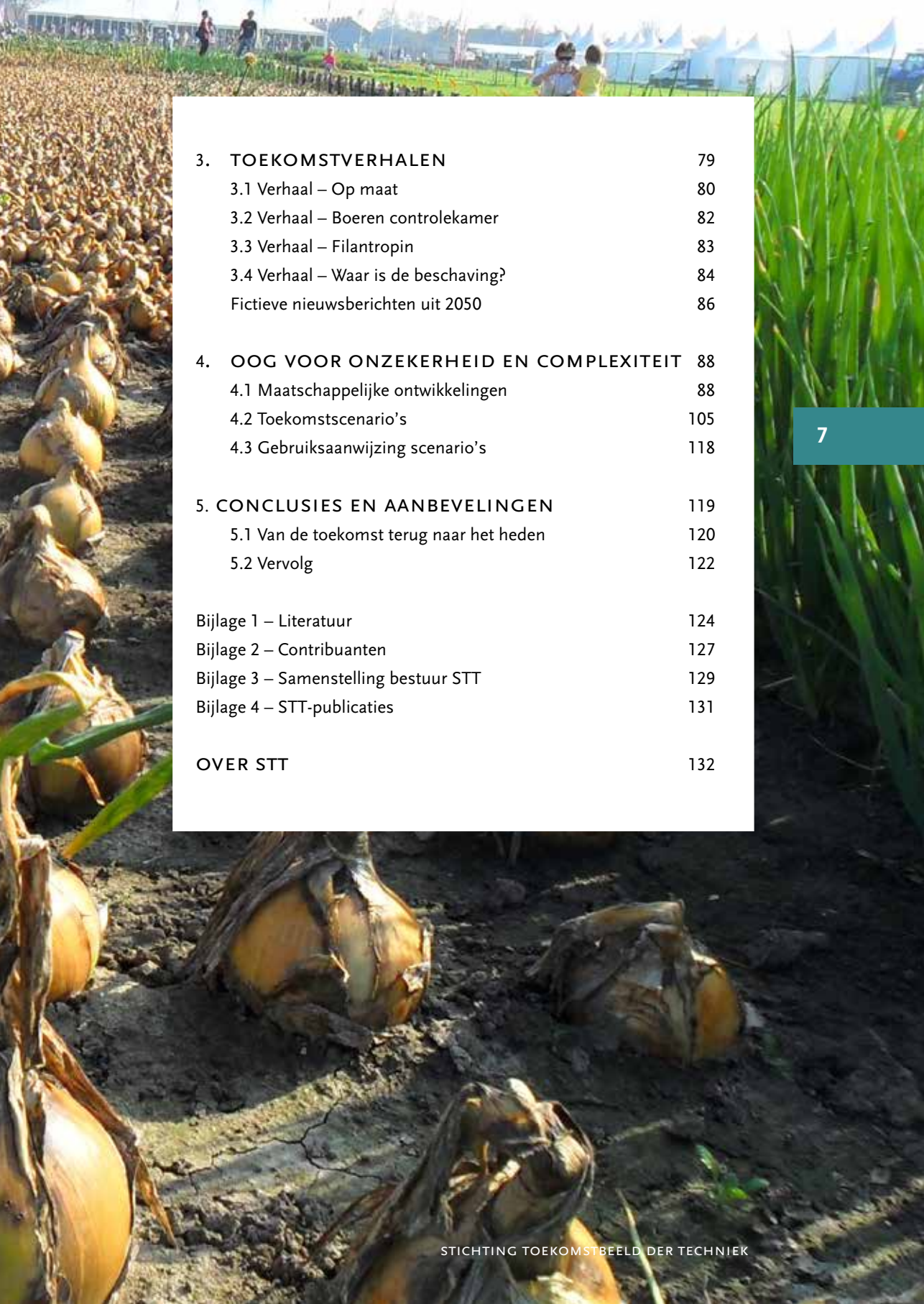
gestructureerd debat over de toekomst – een strategische conversatie door beleidsmakers, onderzoekers, ondernemers, consumenten en studenten. Het voeren van dit debat is essentieel om de agri- & foodsector én de Nederlandse samenleving voor te bereiden op de kansen en uitdagingen die in het verschiep liggen. Ik hoop dat dit boek aan dat debat zal bijdragen en ons zal helpen de toekomst creatief en besluitvaardig tegemoet te treden.



Prof. dr. ir. Margot Weijnen
Stuurgroepvoorzitter en lid Algemeen Bestuur STT

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	4
SAMENVATTING	8
SUMMARY	9
1. INLEIDING EN AANPAK	16
Toekomst van vroeger	22
2. TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN	25
2.1 3D-printen	28
2.2 4D-printen	30
2.3 Slimme materialen	32
2.4 Robotica	34
2.5 Autonoom handelende miniaturodrones en micro-robots	38
2.6 Sensortechnologie	40
2.7 Informatietechnologie en IT-infrastructuren	42
2.8 Bio-informatica	46
2.9 Precisielandbouw	48
2.10 Hernieuwbare energie	50
2.11 Bioaffinage en biobrandstoffen	52
2.12 Gentechnologie	56
2.13 Synthetische biologie	60
2.14 Eiwittransitie	64
2.15 Food design	66
2.16 Aquacultuur	68
2.17 Verticale landbouw	70
2.18 Conserveringstechnologieën	72
2.19 Transporttechnologie	74
2.20 Weersbeïnvloeding	76



3. TOEKOMSTVERHALEN	79
3.1 Verhaal – Op maat	80
3.2 Verhaal – Boeren controlekamer	82
3.3 Verhaal – Filantropin	83
3.4 Verhaal – Waar is de beschaving?	84
Fictieve nieuwsberichten uit 2050	86
4. OOG VOOR ONZEKERHEID EN COMPLEXITEIT	88
4.1 Maatschappelijke ontwikkelingen	88
4.2 Toekomstscenario's	105
4.3 Gebruiksaanwijzing scenario's	118
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	119
5.1 Van de toekomst terug naar het heden	120
5.2 Vervolg	122
Bijlage 1 – Literatuur	124
Bijlage 2 – Contribuanten	127
Bijlage 3 – Samenstelling bestuur STT	129
Bijlage 4 – STT-publicaties	131
OVER STT	132

SAMENVATTING

Gekweekte hamburgers, bonbons uit de 3D-printer, algen als brandstof en zoutwaterkomkommers in door drones afgeleverde groentepakketten. Welke nieuwe technologieën – of toepassingen van bestaande technologieën – kunnen radicale gevolgen hebben voor de Nederlandse agri- & foodsector tussen 2015 en 2050? Dat is de centrale vraag in deze toekomstverkenning van STT. En welke niet-technologische ontwikkelingen spelen hierbij mogelijk een rol? Kunnen we de toekomst van de agri- & foodsector in scenario's vatten? Deze publicatie beoogt niet een voorspelling van de toekomst te zijn, maar een discussiestuk dat de lezer moet inspireren zelf over die toekomst na te denken. Dat de agri- & foodsector heel complex is, is evident. Zeker is ook dat het hoog tijd is voor die discussie. In 2050 wonen er negen miljard mensen op aarde en zijn de grondstoffen schaarser dan ooit.

STT heeft voor dit onderzoek verschillende methoden gehanteerd: literatuuronderzoek, interviews met experts, futurologen en trendwatchers en creatieve workshops met direct betrokkenen. Deze hebben geleid tot de inventarisatie van technologische ontwikkelingen, toekomstverhalen en scenario's die in dit boek worden beschreven, inclusief de niet-technologische ontwikkelingen die hun invloed kunnen doen gelden. Wat zijn de kansen, wat de bedreigingen? Dit boek wil partijen uit de overheid, het bedrijfsleven en de kennisinstellingen – beleidsmakers, bestuurders, ondernemers, onderzoekers, studenten, consumenten, toekomstverkenners en geïnteresseerden – stimuleren tot een strategisch debat. Het wil een inspiratie zijn.

Hoofdstuk 1 beschrijft in het kort de aanpak van de toekomstverkenning.

Twintig technologische ontwikkelingen die een grote impact kunnen hebben op de Nederlandse agri- & foodsector van morgen zijn beschreven in hoofdstuk 2. Deze lijst van twintig is geen compleet overzicht, maar het resultaat van literatuuronderzoek en consultatie van ongeveer dertig experts. Hun werd niet alleen gevraagd wat de mogelijke impact van die technologische ontwikkelingen kan zijn, maar ook wat de wenselijkheid en waarschijnlijkheid van die impact is.

SUMMARY

Artificially grown hamburgers, chocolates from your 3D printer, algae used for fuel, and salt water cucumbers delivered by drones to your doorstep. What are the new technologies – or applications of existing technologies – that may have a radical impact on the Dutch agri and food sector between now and 2050? This is the main question in this futures study by STT. And which non-technological developments will – possibly – also play a role here? Can we outline the future of the agri & food sector in trend scenarios? This publication does not aim to predict the future. It is a starting point for debate that seeks to inspire the reader to think about the future for himself. Granted, the agri and food sector is a complicated business. But it is high time for a debate. In 2050 earth will be inhabited by 9 billion people. Natural resources will by then have become very scarce.

STT employed various methods for this research: a thorough desk study, interviews with experts, futurologists, and creative workshops with groups of stakeholders. The result is the inventory of technological developments (Ch 2), visions of the future (Ch 3) and scenarios described in Ch 4, as well as the non-technological developments that have their impact. This book aims to stimulate stakeholders from government, trade & industry and research institutes – policymakers, authorities, entrepreneurs, researchers, students, consumers, futurologists and general readers – to start a strategic debate about the opportunities and the threats. It wants to be an inspiration.

The twenty technological developments that may have a large impact on the future of the Dutch agri and food sector are described in chapter 2. By technology we mean: the systematic application of (exact) scientific knowledge for practical purposes. This overview is therefore not a complete survey, but the result of desk research and consultation with experts. The experts were not only asked about the potential impact of these technological developments, but also about their desirability and feasibility.

Dit zijn de technologieën:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. 3D-printen | 10. Hernieuwbare energie |
| 2. 4D-printen | 11. Bioraffinage en biobrandstoffen |
| 3. Slimme materialen | 12. Gentechnologie |
| 4. Robotica | 13. Synthetische biologie |
| 5. Autonoom handelende
micro-robots | 14. Eiwittransitie |
| 6. Sensortechnologie | 15. Food design |
| 7. Informatietechnologie
en IT-infrastructuren | 16. Aquacultuur |
| 8. Bio-informatica | 17. Verticale landbouw |
| 9. Precisielandbouw | 18. Conserveringstechnologieën |
| | 19. Transporttechnologie |
| | 20. Weersbeïnvloeding |

Een voorbeeld. Weersbeïnvloeding (nr. 20) is het doelbewust manipuleren of veranderen van het milieu met als doel het weer te veranderen. De meest bekende vorm is wolkenbezaaiing om de regen- of sneeuwkanans te verhogen en zo de lokale watertoevoer te reguleren. Nu en in de nabije toekomst gebruikt men in de druiven- en sinaasappelteelt vaak een hagelkanon dat granaten met zilverjodidekristallen op de wolken afschiet. Het water in de wolk zet zich af op de kristallen met als gevolg dat de afzonderlijke ijskristallen minder groot worden en de hagel minder schade aanricht aan de oogst.

In de verre toekomst gaan we wellicht in de richting van climate engineering, het directe ingrijpen in een klimaatsysteem. De twee belangrijkste technologieën om de opwarming van de aarde tegen te gaan zijn kooldioxideverwijdering en regulering van de zonnestrallen. Deze laatste technologie beoogt de opwarming van de aarde te compenseren door de aarde minder warmte te laten absorberen. Risico's zijn er ook. Wil deze technologie kans van slagen hebben, dan moet deze langdurig, grootschalig en internationaal worden toegepast, met het gevaar dat er onomkeerbare processen in gang worden gezet. Weersbeïnvloeding is bovendien ook militair te gebruiken en daarom bij het grote publiek niet populair. Maar wat als de mens deze technologie in 2050 onder de knie heeft? Dat zou kunnen betekenen dat we steeds het optimale klimaat voor gewassen kunnen creëren en we meer voedsel kunnen produceren. De toekomstverhalen in hoofdstuk 3 scheppen een mogelijk (maar imaginair) beeld van de agri- & foodsector in 2050. Ook dit zijn geen voorspellingen. Deze mogelijke toekomstbeelden zijn wederom bedoeld om een strategische discussie tussen alle betrokken partijen te stimuleren.

These are the technologies discussed:

1. 3D printing
2. 4D printing
3. Smart materials
4. Robotics
5. Autonomous micro-robots
6. Sensor technology
7. Information technology and IT infrastructures
8. Bioinformatics
9. Smart farming
10. Sustainable energy
11. Biorefinery and biofuels
12. Gen technology
13. Synthetic biology
14. Protein transition
15. Food design
16. Aquaculture
17. Vertical agriculture
18. Conservation technology
19. Transport technology
20. Weather modification

An example. Influencing the weather (nr. 20) is the conscious manipulation or modification of the environment in order to change the weather. A well-known technology is cloud seeding to increase the chance of rain or snow in order to regulate the local water supply. Today (and in the near future) grape and orange farmers often use a hail gun that shoots grenades containing silver iodide crystals into the clouds. The vapour in the cloud will settle on these crystals, leading to smaller individual ice crystals, meaning that the hail will do less damage to the crop.

In the distant future we may be heading towards climate engineering, intervening directly in a climate system. The two main technologies to counter global warming are the removal of carbon dioxide and the regulation of sun radiation. The latter technology aims to compensate for global warming by making earth absorb less solar heat. But there are risks. For this technology to succeed it needs to be applied for a long time on a large, international scale, but this might be an irreversible process. Weather modification also has a military application, rendering it less popular with the general public. But what if we manage to harness this technology by 2050? It could mean that we could create the perfect climate for crops, and thus be able to produce more food.

The future visions in chapter 3 draw conceivable (but totally imaginary) pictures of the Dutch agri and food sector in 2050. Once again, these visions are not meant to be forecasts. They aim to stimulate a strategic debate between all stakeholders involved.

De agri- & foodsector vormt slechts een onderdeel van een wereldwijd voedselsysteem. Er zijn veel andere niet-technologische ontwikkelingen die een rol (kunnen) spelen. Hoofdstuk 4 brengt deze ontwikkelingen onder in vijf categorieën:

1. **Demografisch**
2. **Economisch**
3. **Sociaal-cultureel**
4. **Ecologisch**
5. **Geopolitiek**

Demografische ontwikkelingen zijn bijvoorbeeld bevolkingsgroei en verstedelijking, economische ontwikkelingen de circulaire economie en de opkomst van online shopping. Daarmee is niet gezegd dat deze ontwikkelingen – dertig in totaal – ook daadwerkelijk zo zullen plaatsvinden zoals ze in hoofdstuk 4 worden beschreven.

Om het beeld te completeren kijkt dit hoofdstuk ook naar vijf archetypische scenario's (inclusief mindmaps), bedoeld om op een andere manier na te denken over mogelijke toekomst met alle onzekerheden van dien. Dit zijn die scenario's:

Scenario A: Economisch optimisme

De marktdynamiek regeert. Wereldwijde vrijhandel zorgt voor economische groei. De technologische ontwikkelingen verlopen snel en hebben een positieve uitwerking op de wereldvoedselzekerheid.

Scenario B: Hervormde markten

Wereldwijde vrijhandel zorgt voor economische groei. De technologische ontwikkelingen verlopen snel. Waar de markt tekortschiet – bijvoorbeeld in sociale ontwikkeling en milieubescherming – daar stuurt de overheid bij.

Scenario C: Wereldwijde duurzame ontwikkeling

Milieubescherming en het tegengaan van ongelijkheid staan centraal. Er wordt wereldwijd samengewerkt om dit te bereiken. Onze levensstijl verandert en technologie is gericht op duurzaamheid.

The agri and food sector is just a tiny part of a global food system. There are many factors in play here, including non-technological ones. Chapter 4 describes some of these factors, according to five categories:

1. **Demography**
2. **Economy**
3. **Socio-cultural**
4. **Ecology**
5. **Geopolitics**

Demographic developments are, for example, the growth of the global population and urbanisation, economic developments are, for instance, the circular economy and the rise of online shopping. These developments – thirty in all – will not necessarily materialise the way they have been described in chapter 4.

In order to complete the picture this chapter also addresses five archetypal scenarios (including mindmaps), which is simply another way to look at the potential futures and the uncertainties it will bring. These are the scenarios:

Scenario A: Economic optimism

Market dynamics rule. Global free trade produces economic growth. Technological developments are fast, influencing global food security in a positive way.

Scenario B: Reformed markets

Global free trade produces economic growth. Technological developments are fast. When the market falls short – e.g. in social development and the protection of the environment – government intervenes.

Scenario C: Global sustainable development

Protection of the environment and countering inequality are central. Cooperation to achieve this takes place on a global scale. Our lifestyle changes. Technology is aimed at sustainability.

Scenario D: Regionale concurrentie

De regio's – (groepen) landen of regio's binnen landen – nemen hun lot in eigen hand en werken primair aan hun eigen belangen en identiteit. Dit kan tot spanningen tussen regio's of culturen leiden.

Scenario E: Regionale duurzame ontwikkeling

Milieuproblemen en sociale ongelijkheid worden op regionaal niveau door een decentraal bestuur aangepakt. Het hoofdstreven is niet de eigen veiligheid (zoals in scenario D), maar duurzaamheid.

Het hoofdstuk conclusies en aanbevelingen wijst nog eens op de vele onzekerheden waarmee de agri- & foodsector wordt omgeven, niet alleen vanwege de complexiteit van de sector, maar ook vanwege de vele mogelijke visies en perspectieven die er zijn. De gebruikte onderzoeksmethoden reflecteren deze veelvormigheid. Specifieke aanbevelingen betreffen onder meer een pleidooi voor investeringen in (onderzoek naar) nieuwe technologieën. Daarnaast zou het niet juist zijn om specifieke technologieën op voorhand op ethische of morele gronden af te wijzen. De belangrijkste vraag van/voor de toekomst is echter hoe de samenleving om zal gaan met de nieuwe technologische mogelijkheden. De mens, of nog beter, de veranderende sociale verhoudingen bepalen welke technologieën de ruimte zullen krijgen en of wij daar vertrouwen in hebben.

Scenario D: Regional competition

Regions – (groups of) countries or regions within countries – will take their fate into their own hands, working primarily on their own interests and identity. This may lead to tensions between regions or cultures.

Scenario E: Regional sustainable development

Environmental problems and social inequality are handled by a decentralised government at the regional level. The main ambition is not security for the region (as in scenario D), but sustainability.

Chapter 5, Conclusions and Recommendations, points out yet again the many uncertainties surrounding the future of agri & food. Not only because of the complexity of the sector, but also because of the many potential visions en perspectives concerning the sector. The research methods used in this study reflect this diversity. Specific recommendations include a plea for investments in (researching) new technologies. Additionally, it would not be right to reject certain new technologies beforehand because of ethical or moral objections. The most important question facing us in the future, however, is how society will deal with new technological possibilities. man, or even better, changing social dynamics and our trust in technologies will determine what new technologies eventually will play a part in the future.

1. INLEIDING EN AANPAK

Gekweekte hamburgers, bonbons uit een 3D-printer, algen als brandstof en zoutwaterkomkommers in door drones afgeleverde biologische groentepakketten. Slechts een aantal voorbeelden van toekomstbeelden die ontstaan als we nadenken over de mogelijke invloed van technologische innovaties op de toekomst van de agri- & foodsector.

16

Niemand kan de toekomst voorspellen, maar de toekomst verkennen, dát kan wel. In de periode juni 2014 – april 2015 heeft Stichting Toekomstbeeld der Techniek gewerkt aan de toekomstverkenning naar de agri- & foodsector. De onderzoeksvraag die centraal stond in deze verkenning is:

Welke nieuwe technologieën, of nieuwe toepassingen van bestaande technologieën kunnen radicale gevolgen hebben voor de agri- & foodsector tussen 2015-2050?

De tijdshorizon van 35 jaar vooruit, 2050, is gekozen om een brede scope mogelijk te maken en biedt voldoende afstand om buiten de beperkingen van de huidige kaders te denken. Hiermee creëren we ruimte voor sociale verbeeldingskracht en inlevingsvermogen. Hoewel de nadruk in deze verkenning ligt op technologische ontwikkelingen zijn ook andere ontwikkelingen (sociaal, politiek, economisch, ecologisch) in de studie overwogen. Om te kunnen duiden welke mogelijke gevolgen technologische ontwikkelingen hebben is het namelijk noodzakelijk ook maatschappelijke factoren en veranderingen in ogenschouw te nemen.

Denkrichtingen en instrumenten

Om antwoorden te zoeken en initiële denkrichtingen te schetsen zijn verschillende methoden van toekomstverkenning ingezet. De resultaten daarvan zijn te vinden in deze publicatie: een overzicht van mogelijke disruptieve technologieën en andere ontwikkelingen, schetsen van toekomstscenario's en creatieve verhalen over de toekomst. Deze resultaten zijn instrumenten die ingezet kunnen worden om te komen tot een 'strategische conversatie' over een onzekere toekomst.

Een echt eenduidig antwoord op de eerder gestelde onderzoeksvraag is natuurlijk niet te geven. De beelden en aanbevelingen die deze verkenning heeft opgeleverd moeten gezien worden als input voor het debat dat speelt of soms als antwoord uit eerdere debatten. Hoewel de toekomst niet te voorspellen is, is het wel goed en noodzakelijk om met elkaar in gesprek te gaan over de toekomst. Om inzicht te krijgen welke uitdagingen en kansen deze biedt en welke handelingsruimte er is om ons voor te bereiden of te profiteren van wat de toekomst ons brengt.

STT heeft deze toekomstverkenning niet alleen uitgevoerd, maar heeft kunnen putten uit de expertise, ervaringen en ideeën van een grote groep stakeholders, experts, studenten en toekomstverkenners. De toekomstverkenning naar de mogelijke invloed van technologische ontwikkelingen op de agri- & foodsector was exploratief, participatief en kwalitatief van karakter. Met behulp van beelden over de toekomst zijn verschillende mogelijke toekomstige samenleving gezocht.

De beschrijvingen van de technologieën, de toekomstverhalen en de scenario's corresponderen dus niet één op één met ideeën van individuele deelnemers of organisaties, maar zijn gedestilleerd uit de diverse zienswijzen van alle betrokkenen bij de verkenning. Deze publicatie is niet zozeer een eindpunt, maar vooral ook een beginpunt: de instrumenten die de verkenning heeft opgeleverd en het netwerk dat is samengebracht zijn voor STT en andere betrokken partijen een startpunt om de discussie over de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector aan te wakkeren.

Complexiteit

In deze toekomstverkenning ligt de nadruk op technologische ontwikkelingen. De agri- & foodsector is echter geen op zichzelf staande entiteit en technologische ontwikkelingen voltrekken zich ook niet zelfstandig, maar interfereren bijvoorbeeld met ontwikkelingen op economisch, sociaal, politiek niveau. Voedselsystemen van verschillende landen zijn op allerlei manieren met elkaar verweven, van handel in grondstoffen tot eindproducten.

Bovendien wordt ook een groot deel van de economische waarde van voedsel niet op het boerenbedrijf maar in voedselverwerkingsprocessen en in retailbedrijven toegevoegd. En aan het einde van de voedselketen vinden we nog de consument, wiens wensen en eisen veel invloed uitoefenen op productie en aanbod van voeding. Daarnaast kunnen

bedrijven in de voedselketen soms veel politieke en sociale invloed uitoefenen en ook consumentenwensen beïnvloeden. Dit al met al zeer complexe systeem vraagt om een benadering van de toekomst waarbij rekening wordt gehouden met veel verschillende factoren en een grote mate van onzekerheid.

Cruciaal

Wie zich verdiept in de internationale literatuur over de toekomst van agri & food zal het opvallen dat veel organisaties en publicaties het huidige tijdperk een cruciaal moment in de geschiedenis noemen: meer dan ooit lijkt er behoefte te zijn aan actie en verandering in het wereldwijde voedselsysteem. De komende decennia moet worden voldaan aan de behoeften van een almaar groeiende wereldbevolking met steeds schaarser wordende voorraden aan essentiële grondstoffen zoals water, energie en land. Het voedselsysteem moet daarom duurzamer worden en zich aanpassen aan een veranderend klimaat en wellicht aan de maatregelen die verdere klimaatverandering tegengaan. De uitdaging om honger tegen te gaan wordt steeds groter. Actoren in het voedselsysteem staan voor de vraag hoe een balans te vinden tussen de factoren die het wereldvoedselsysteem steeds meer onder druk zetten en de steeds hogere (soms botsende) eisen die worden gesteld aan het systeem.

Onzekerheid

Als we slechts 2-3 jaar vooruit zouden kijken, zouden we misschien toekomen met de huidig beschikbare data. Willen we verder vooruit kijken en nadenken over het functioneren van de agri- & foodsector in het complexe wereldvoedselsysteem, dan neemt de mate van onzekerheid toe.



We kunnen geen harde grenzen tussen sectoren en disciplines trekken. Technologische ontwikkelingen kunnen beïnvloed worden door beleidsmakers, ondernemers en onderzoekers, maar ook door maatschappelijke ontwikkelingen. Op hun beurt beïnvloeden technologische ontwikkelingen weer andersoortige ontwikkelingen zoals op het gebied van voeding en gezondheid, maar ook sociaal-cultureel. Wij proberen in deze verkenning recht te doen aan de complexiteit van het onderwerp zonder te pretenderen volledig te zijn. Wie op zoek is naar antwoorden en voorstellingen zal in deze publicatie dan ook niet aan zijn trekken komen. Wie op zoek is naar inspiratie en schetsen van mogelijke toekomsten wel.

Aanpak

De volgende stappen zijn onderdeel geweest van deze toekomstverkenning:

Stap 1. Literatuuronderzoek en expert-survey

In de eerste fase is een literatuuronderzoek gedaan naar de trends en toekomstscenario's die in bestaande binnenlandse en buitenlandse publicaties worden geschetst. Eerdere toekomstverkenningen van STT, zoals de publicaties *STT Horizonscan 2050* en *Aspirine op je brood* zijn een belangrijke basis geweest voor het technologie-overzicht. Daarnaast zijn experts uit de agri- & foodsector en uit de wereld van toekomstverkenning (futurologen, trendwatchers) gevraagd hun visie te geven op belangrijke trends en ontwikkelingen die van invloed zijn op de toekomst van de agri- & foodsector. De overzichten van technologische ontwikkelingen (hoofdstuk 2), van maatschappelijke ontwikkelingen en de toekomstscenario's (hoofdstuk 4) zijn een belangrijk resultaat van deze eerste fase.

Stap 2. Creatieve workshops

In de volgende fase hebben experts, studenten, toekomstverkenners en creatieve denkers in verschillende workshops met ons nagedacht, gebaseerd op de ontwikkelingen en scenario's, over hoe de toekomst van de agri- & foodsector er uit zou kunnen zien. Voor deelneming aan deze workshop is gezocht naar een vertegenwoordiging van bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen en andere belanghebbenden. De resultaten van deze workshops waren de basis voor de toekomstverhalen en de interpretatie van de scenario's.

Stap 3. Werken met toekomstverhalen

De resultaten van de eerste workshopronde hebben geleid tot acht toekomstverhalen: verhalen die een mogelijk toekomstbeeld schetsen en de lezer inspireren om over de toekomst na te denken en in discussie te gaan. Een aantal van deze toekomstverhalen zijn te lezen in hoofdstuk 3. Aan de hand van deze verhalen zijn later, ook in workshop-setting, discussies gevoerd over de mogelijke kansen en uitdagingen die deze toekomstbeelden in zich hebben.

Stap 4: Het gesprek starten

Tijdens de uitvoering van de toekomstverkenning is het gesprek over de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector al in gang gezet maar zeker nog niet afgerond. Stap 4 'Het gesprek starten' gaat over het gebruiken van de resultaten van de toekomstverkenning om een strategische conversatie te starten. Het doel van deze verkenning is immers om partijen met elkaar in gesprek te laten gaan over de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector, om te identificeren waar kansen liggen, wat mogelijke bedreigingen zijn en om een impuls te geven aan versterking en vernieuwing waar nodig. STT hoopt dat deze publicatie gespreksstof biedt en hoopt aan de hand van de resultaten van deze toekomstverkenning met partijen uit overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen in dialoog te gaan over de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector.

Voor wie?

Deze toekomstverkenning is geschreven met het oog op een brede doelgroep: beleidsmakers, bestuurders, ondernemers, onderzoekers, studenten, consumenten, toekomstverkenners en anderen die geïnteresseerd zijn in de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector. Beleidsmakers, strategen en toekomstverkenners kunnen het overzicht van technologische en niet-technologise ontwikkelingen, de scenario's en de toekomstverhalen gebruiken voor creatieve sessies of als startpunt voor verder onderzoek of nieuw beleid. Ondernemers en consumenten worden aangesproken door de inspiratie die deze verkenning biedt en kunnen voor zichzelf of hun eigen organisatie doordenken wat de mogelijke implicaties van de toekomstige ontwikkelingen kunnen zijn, om zo strategieën voor de toekomst te bepalen.

DE DESKUNDIGEN

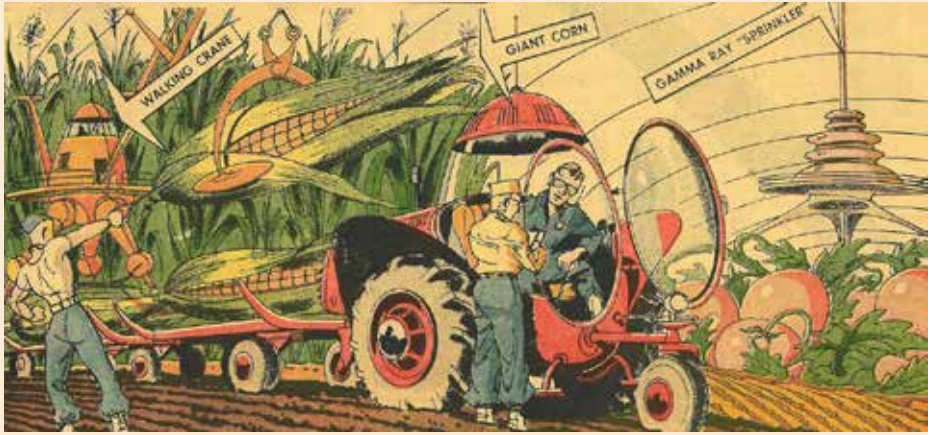
Meer dan 200 jaar geleden publiceerde Thomas Malthus zijn pessimistische essay waarin hij veronderstelde dat de bevolkingsgroei geremd zou worden door een langzame groei in voedselproductie. Nu kennen wij een wereldbevolking van bijna zeven miljard mensen, een toename van ongeveer 600% ten opzichte van de tijd waarin Malthus zijn essay schreef. Wat Malthus niet voorzag was de enorme impact die technologische veranderingen zouden hebben op agrarische productie. In de tijd van Malthus was technologische verandering nog niet zo omvangrijk als nu (of zoals die in de toekomst mogelijk zal zijn) en was een toename van voedselproductie voornamelijk een resultaat van een stijging van productiefactoren (land, water, energie). In de eeuwen die daarop volgden waren innovaties in landbouw voornamelijk gericht op het besparen van land en tegelijkertijd het verhogen van productie. Denk bijvoorbeeld aan de 'Groene revolutie' in Azië en Latijns-Amerika. [Trewavas, 2013]

Zaaien en oogsten. Daar blijft het om draaien bij het boeren in de toekomst, in welke vorm dan ook. Zaaien en oogsten van agrarische producten, maar ook van de kennis, productiemiddelen en data die daarvoor nodig zijn. Circulariteit en wederkerigheid worden in *future farming* van impliciet meer expliciet. Future farming berust op twee pijlers met *connectivity* als drager: verbinding met technologie en design aan de ene kant (*smart farming*) en met de omgeving, de samenleving aan de andere kant (*social farming*). Future farming maakt het mogelijk om op een verantwoorde en volhoudbare manier voldoende en gezond voedsel te produceren voor een groeiende en andere eisen stellende wereldbevolking. Future farmers zijn ook leverancier van bio-based grondstoffen, zorg en energie. Future farming vergt, c.q. is innovatie in drievoud: technologisch, sociaal en economisch. Nederland is de thuisbasis van future farming en is het *living lab* voor (future) farming in metropoli- taan gebied.

Elies Lemkes, Algemeen Directeur ZLTO

TOEKOMST VAN VROEGER

Nadenken over de toekomst vraagt om creativiteit en inlevingsvermogen. Hoe dacht men vroeger over de toekomst van de agri- & foodsector? In de Amerikaanse krant *The Chicago Tribune* stond van 1958 tot 1963 elke week de strip 'Closer Than We Think'. Futuroloog Arthur Radebaugh schetste beelden van wat de toekomst zou kunnen brengen. Hieronder vier voorbeelden.



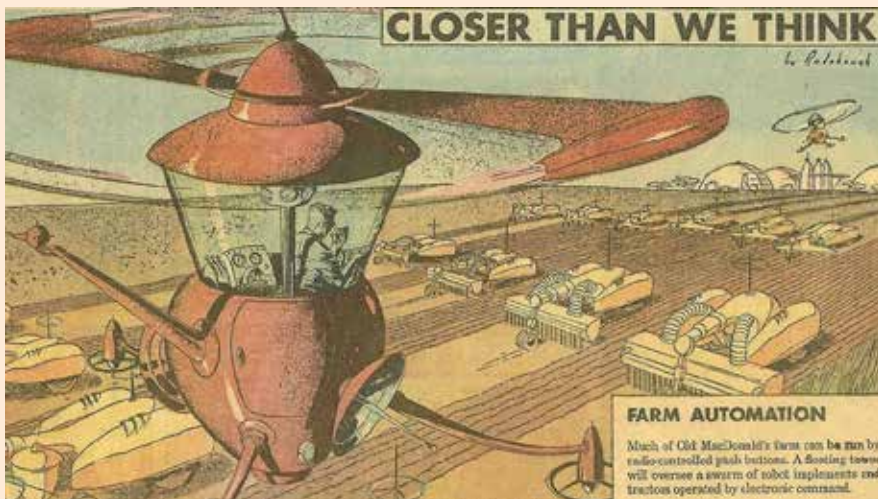
'Colossal Crops' uit 1962



'Factory Farm' uit 1961



'Fat Plants and Meat-Beats' uit 1958



'Farm Automation' uit 1958

Bron: <http://paleofuture.gizmodo.com>



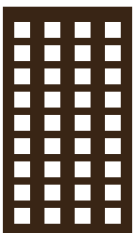
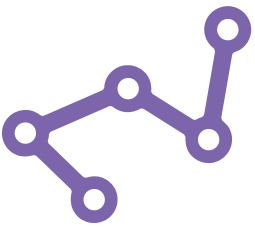
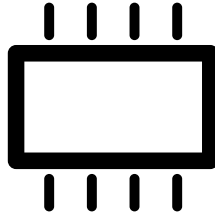
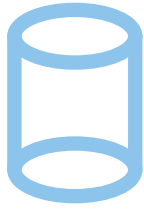
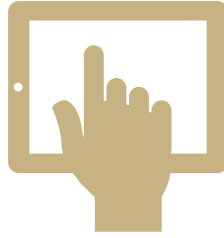
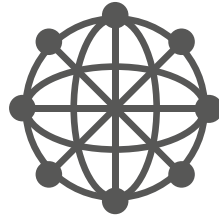
2. TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

Voor onze toekomstverkenning ligt de nadruk op het onderzoeken van technologische ontwikkelingen. De technologische ontwikkelingen die in dit hoofdstuk beschreven worden zijn uit onze verkenning naar voren gekomen als ontwikkelingen die grote veranderingen teweeg kunnen brengen in de Nederlandse agri- & foodsector. Veranderingen kunnen zitten in processen, producten, diensten, verdienmodellen en/of gerelateerde zaken als opleidingseisen, regelgeving etc.

25

Technologie is in deze gedefinieerd als *de systematische toepassing van (exact-) wetenschappelijke kennis ten behoeve van praktische doeleinden*. Op basis van die definitie ligt het voor de hand de technologische ontwikkelingen te benoemen aan de hand van wetenschapsgebieden. Echter, in het dagelijks taalgebruik worden vaak heel andere benamingen gebruikt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij robotica, waar het feitelijk gaat om verschillende technologieën die samenkomen in één product. Ook in geval van informatie- en communicatietechnologie gaat het om een combinatie van technologieën, alleen is de benaming in dat geval gebaseerd op het gebruiksdoel. Wanneer wordt gesproken over nanotechnologie, gaat het juist weer om de schaalgrootte. Welke benamingen ook worden gebruikt, enige overlap tussen verschillende ontwikkelingen is niet te vermijden. Enkele kruisverwijzingen zijn ingevoegd om overlap zichtbaar te maken.

Het betreft nadrukkelijk geen compleet overzicht, maar een selectie van de ontwikkelingen die volgens STT een grote impact zullen hebben. De selectie is gemaakt op basis van literatuuronderzoek en consultatie van ongeveer dertig experts.



2.1 3D-printen	28	
2.2 4D-printen	30	
2.3 Slimme materialen	32	
2.4 Robotica	34	
2.5 Autonoom handelende miniatuurdrones en microrobots	38	
2.6 Sensortechnologie	40	
2.7 Informatietechnologie en IT-infrastructuren	42	
2.8 Bio-informatica	46	
2.9 Precisielandbouw	48	
2.10 Hernieuwbare energie	50	
2.11 Bioraffinage en biobrandstoffen	52	
2.12 Gentechnologie	56	
2.13 Synthetische biologie	60	
2.14 Eiwittransitie	64	
2.15 Food design	66	
2.16 Aquacultuur	68	
2.17 Verticale landbouw	70	
2.18 Conserveringstechnologieën	72	
2.19 Transporttechnologie	74	
2.20 Weersbeïnvloeding	76	



2.1 3D-printen

Andere benamingen: *Additive manufacturing*, *Rapid prototyping*

Wat is het?

3D-printen is een proces waarbij driedimensionale objecten op basis van een digitale 'bouwtekening' (computerbestand) gemaakt worden. Meestal gebeurt dit door een additief proces waarbij het object laag na laag wordt opgebouwd door middel van een 3D-printer. De objecten kunnen bijna elke vorm of geometrie hebben en vaak worden bestaande 3D-modellen als bouwtekening gebruikt. Als bouw materiaal van deze solide objecten wordt vaak een fijn poeder (een mengsel van plantaardige stoffen, kunststoffen en gips) gebruikt.

3D-printen nu en in de nabije toekomst

Wekelijks, zo niet dagelijks, verschijnen er nieuwsberichten over wat er geprint kan worden met een 3D-printer. 3D-printen kan veel gemak en kostenbesparing opleveren. Een experiment in de VS liet zien dat huishoudelijke voorwerpen zoals een douchekop en een knoflookpers tot tien keer goedkoper zelf te printen waren dan om aan te schaffen. Het is momenteel nog tijdsintensief om de modellen te vinden of zelf te maken. De ontwikkelingen wat betreft materialen en kleuren gaan erg snel, zo zijn er inmiddels al voorbeelden van het 3D-printen van glas, metaal (sieraden) en biologisch weefsel zoals botten en organen. TNO experimenteert al een aantal jaar met het printen van voedsel en produceerde in 2013 chocoladebonbons met verschillende kleuren en vormen. 3D-printen biedt kansen voor het produceren van 'exclusieve hapjes', maar ook voor serieuze toepassingen, bijvoorbeeld voor mensen die geen vast voedsel kunnen eten, maar niet alles willen pureren. De hardheid, grootte, het aantal calorieën en toegevoegde vitamines kunnen naar behoefte gevarieerd worden. 3D-printen maakt het ook mogelijk om bewegende onderdelen te printen die direct bruikbaar zijn. Zo is het dus mogelijk om allerlei gereedschap op maat te printen. Dit zou veel kunnen betekenen voor bijvoorbeeld het onderhoud van landbouwwerktuigen. Daarnaast zijn er voorbeelden van het printen van onderdelen van robots en drones. Doordat prototypes sneller en goedkoper geproduceerd kunnen worden is het makkelijker ontwerpfouten in

Gerelateerd aan:

- Food design
- 4D-printen
- Sensortechnologie
- Slimme materialen
- Conserveringstechnologieën

nieuwe producten of gereedschappen te signaleren en aan te passen. Het repareren of onderhouden van werktuigen, machines en gereedschappen kan daardoor goedkoper en sneller omdat bepaalde onderdelen makkelijk geprint kunnen worden. Een laatste voorbeeld is het hergebruik van materiaal (bijvoorbeeld plastic uit oude melkverpakkingen) voor printmateriaal van de 3D-printer. Met behulp van een zogenoemde *RecycleBot* zouden (oude), schoon en klein gemaakte materialen kunnen worden aangepast voor gebruik in een 3D-printer. Hiermee wordt meer energie bespaard dan in traditionele recycling.

3D-printen in de verre toekomst

In veel steden zijn al copyshops waar je 3D-modellen kunt laten printen en de verwachting is dat over een jaar of tien ieder huishouden een 3D-printer zal hebben. Naast de voorbeelden die eerder zijn genoemd wordt er geëxperimenteerd met geleidende materialen. Dit maakt het printen van elektrische apparaten mogelijk. Zo zijn er bijvoorbeeld al voorwerpen geprint met geïntegreerde flex- en aanraaksensoren, zoals een gamepad voor spelletjescomputers en een mok die aangeeft hoeveel er nog in zit. Voor bedrijven maken 3D-printers het makkelijker om producten op maat en gepersonaliseerd te kunnen leveren, doordat het maken van kleine aantallen van producten goedkoper wordt. Een bedreiging kan zijn dat mensen, net als eerder gebeurde in de muziekindustrie, kiezen voor 'gratis downloads' en niet meer de officiële producten aanschaffen (piraterij). De gevolgen voor de transport- en logistieke sector van de opkomst van 3D-printen zouden enorm kunnen zijn, als die minder eindproducten gaat aanleveren en moet inspelen op het massaal aanleveren van grondstoffen voor thuis printen.

29



Bronnen en verder lezen

- TNO: 3D-printen van voedsel, <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/industrie/flexible-free-form-products/additive-manufacturing-of-3d-printing/3d-printen-van-voedsel/>
- W. Vermeend: De wereld van 3D printen, <http://www.3dprintwereld.com/index>
- McKinsey: Disruptive technologies, http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies

2.2 4D-printen

Andere benaming: *Programmeerbare materie*

Wat is het?

4D-printen is een uitbreiding op 3D-printen waarbij tijd er als vierde dimensie bij komt. Net als bij 3D-printen wordt een solide driedimensionaal object geproduceerd door het gebruik van een printer. Die samenstelling van het bouw materiaal is echter zo gekozen dat het geprinte object in de loop van de tijd van vorm kan veranderen. Er worden objecten gemaakt die uit één enkele, complete structuur bestaan en onder bepaalde omstandigheden van vorm kunnen veranderen. Denk bijvoorbeeld aan ingebouwde scharnierpunten, drukpunten of elektronische componenten waardoor het object zich, bijvoorbeeld onder invloed van licht- of temperatuurverschillen (waarbij een deel van een product uitzet en een ander deel niet) kan aanpassen.

4D-printen nu en in de nabije toekomst

4D-printen is op dit moment nog experimenteel. Wetenschappers werken al aan apparaten die zichzelf kunnen assembleren, waarbij het nog voornamelijk gaat om minuscule apparaten op nanoschaal (die bijvoorbeeld fungeren als biochemische sensoren), om elektrische onderdelen, of om apparaatjes die medicijnen naar de juiste locatie in het lichaam transporteren. Als deze techniek verder wordt ontwikkeld kan deze een nieuw type sensoren opleveren dat bijvoorbeeld in medische apparatuur kan worden geïntegreerd om allerlei meetwaarden te detecteren.

4D-printen in de verre toekomst

De vraag is wat de impact van 4D-printen zal zijn zodra het mogelijk wordt programmeerbare objecten te maken die groot genoeg zijn om waar te nemen met het blote oog. Denk bijvoorbeeld aan kleding die de mate van isolatie en koeling kan aanpassen aan klimatologische omstandigheden en met zelf reparerende materialen (zie ook 2.3). Wat betekent het als we zichzelf reparerende waterbuizen of gasleidingen kunnen creëren? Wetenschappers hopen in de toekomst met 4D-printen objecten te kunnen creëren die onder invloed

Gerelateerd aan:

- 3D-printen
- Slimme materialen
- Sensortechnologie

van licht, temperatuur of geluid van vorm veranderen; hiermee zouden bijvoorbeeld pijpleidingen zonder een pomp te gebruiken vloeistof kunnen transporteren. Werktuigen en gereedschappen zouden van vorm kunnen veranderen. 4D-printen zou ingezet kunnen worden bij bouwactiviteiten: programmeerbare materie zou zich kunnen vormen tot een compleet gebouw met elektriciteitskabels en waterleidingen. Dit kan een uitkomst bieden in ontoegankelijke omgevingen waar de inzet van menselijke arbeid risicovol is, zoals oorlogsgebieden of Mars. Andere voorbeelden waarover wordt gesproken zijn autobanden die voor optimale grip zorgen door zelf hun oppervlak aan te passen aan het wegdek en de weersomstandigheden, zelf reparerende materialen voor bruggen, vliegtuigen, meubels, werktuig etc. Voor de landbouw zou materie die zichzelf kan aanpassen aan klimatologische omstandigheden ook veel kunnen betekenen. Wanneer programmeerbare materie op grote schaal doorbreekt kan dit ertoe leiden dat we niet langer een eindigheid aan grondstoffen hebben. Al het materiaal dat we hebben is dan steeds en oneindig opnieuw te vormen in dat wat we op dat moment nodig hebben. Omdat er minder grondstoffen gewonnen en bewerkt hoeven worden zou de negatieve impact op het milieu enorm beperkt worden. De sleutelvraag is natuurlijk op welke schaal programmeerbare materie beschikbaar zal komen en voor wie het toegankelijk zal zijn.

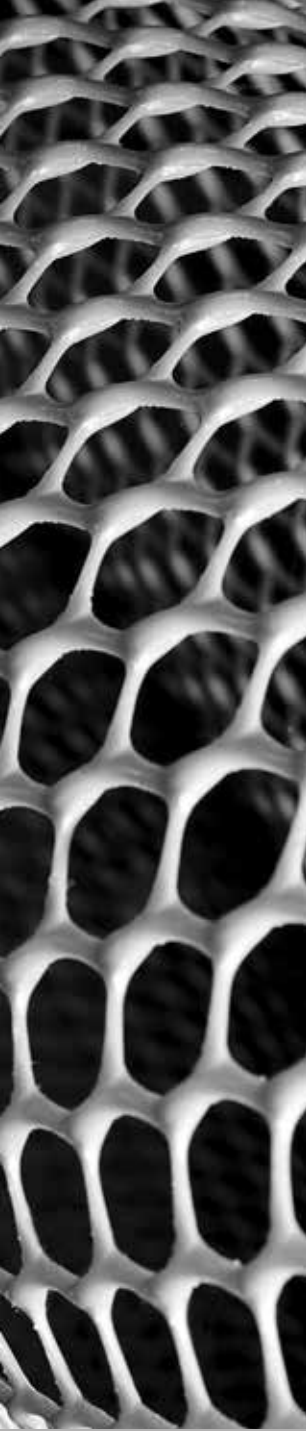


Bronnen en verder lezen

Atlantic Council: The nex wave: 4D printing: programming the material world, http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/The_Next_Wave_4D_Printing_Programming_the_Material_World.pdf

Livescience.com: 4D-printing shape shifting structures, <http://www.livescience.com/49185-4d-printing-shape-shifting-structures.html>

Welingelichtekringen.nl: Al gewend aan 3d-printen? Hier is 4d-printen, <http://www.welingelichtekringen.nl/wetenschap/155436/al-gewend-aan-3d-printen-hier-is-4d-printen.html>



2.3 Slimme materialen

Andere benamingen: *Smart materials*, *slimme verpakkingen*

Wat is het?

Slimme materialen is een term die gebruikt wordt als verzamelnaam voor de materialen die op basis van externe invloeden grote veranderingen in hun vorm kunnen ondergaan. Deze invloeden kunnen zich voordoen in de vorm van belasting, temperatuur, vochtigheid, zuurgraad (pH) en elektrische of magnetische velden. Het gaat dan om wenselijke vormverandering die plaatsvindt in al toegepast materiaal. Denk bijvoorbeeld aan de eerder genoemde autobanden in paragraaf 2.2. Afhankelijk van het soort slim materiaal is het proces *reversibel* (omkeerbaar) of *irreversibel* (onomkeerbaar). Enkele voorbeelden van slimme materialen:

- Piëzo-elektrische materialen of piëzokristallen
- Geheugenmetaal
- Elektro- en magneto-reologische (ER/MR) vloeistoffen
- Geleidende polymeren
- Van kleur veranderende materialen
- Licht emitterende materialen

Slimme materialen passen zich zonder menselijke tussenkomst aan hun omgeving aan. Daardoor kunnen ze een grote toegevoegde waarde leveren aan producten.

Slimme materialen nu en in de nabije toekomst

Ultra-absorberende materialen kunnen worden ingezet om gevaarlijke stoffen op te ruimen (olie, gif). Voor verpakkingen kan de komst van slimme materialen grote gevolgen hebben. Bijvoorbeeld doordat de verpakking functionele prestaties toevoegt. Voedsel zou langer bewaard of sneller geprepareerd kunnen worden, doordat de verpakking zelf kan koelen of verhitten. Dit zal bijdragen aan het consumentengemak. Er wordt gewerkt aan verpakkingen die (bijvoorbeeld voor ouderen) makkelijker te openen zijn en toch de producten vers houden, en aan sensoren die met verschillende kleuren aangeven hoe vers een product nog is.

Gerelateerd aan:

- 4D-printen
- Conserverings-technologieën
- Informatietechnologie
- Sensortechnologie

Slimme materialen in de verre toekomst

Er zijn oneindig veel voorbeelden van toepassingen van slimme materialen te bedenken. Het is net als het 4D-printen (paragraaf 2.2) een ontwikkeling in een experimentele fase en het is nog niet duidelijk welke vorm en omvang de impact van deze technologie zal hebben. Vooral de voedselindustrie heeft hoge verwachtingen van slimme materialen. Het is mogelijk dat in de toekomst etiketten kunnen communiceren met de hele productieketen, waardoor registratie en monitoring steeds nauwkeuriger wordt en consumenten meer inzicht krijgen in wat er in hun voedsel zit en waar het vandaan komt. Leveranciers van verse producten kunnen de transportbewegingen monitoren en controleren of de producten gezond en veilig worden afgeleverd. Uiteraard zijn hiervoor gekoppelde IT-systemen (paragraaf 2.7) nodig. In huishoudens zou er communicatie kunnen komen tussen verpakkingen en huishoudelijke apparaten. Wanneer er naast slimme etiketten ook complete slimme verpakkingen zijn, kunnen gegevens door de hele distributieketen worden verzonden, waardoor bijvoorbeeld koelkasten de bestellingen zouden kunnen doen bij de supermarkt zodra een verpakking aangeeft bijna leeg te zijn. Of verpakkingen kunnen communiceren met televisies, waardoor gerichte speciale aanbiedingen kunnen worden uitgezonden. Door de slimme verpakkingen kunnen leveranciers meer te weten komen over hun klanten en mogelijk makkelijker maatwerk leveren. Tot slot zouden slimme verpakkingen ertoe kunnen leiden dat het recyclen van materialen makkelijker is en verspilling van voedsel wordt tegengegaan.



Bronnen en verder lezen

NPO Wetenschap: Slimme materialen, <http://www.npowetenschap.nl/programmas/de-kennis-van-nu-tv/onderwerpen/2014/november/slimme-materialen.html>

The Institute of Materials, Minerals & Mining: Smart materials for the 21st century, <https://connect.innovateuk.org/documents/2854053/3676905/Smart+Materials+for+the+21st+Century,%20Foresight+Report.pdf/b053f0d7-4899-43f0-8e28-5c5222c33f4e>

Smarteconomy.com: Smart materials, http://smarteconomy.typepad.com/smart_economy/smart_materials/



2.4 Robotica

Andere benamingen: *autonome systemen, mechatronica*

Wat is het

Robotica houdt zich bezig met theoretische implicaties en praktische toepassingen van geautomatiseerde systemen. De rol van autonome, intelligente systemen zal de komende decennia sterk toenemen. Robots kunnen autonoom (volledig zelfstandig) of semi-autonoom (afhankelijk van één of meerdere bestuurders) functioneren. Er zijn al veel verschillende vormen van robots, variërend van grijpparmen en drones (onbemande vliegende robots voor zaaien, planten, bemesten, wieden, monitoren etc.) tot microrobots (robots zo klein dat ze bijvoorbeeld in een menselijke bloedbaan een taak kunnen uitvoeren; zie ook paragraaf 2.5) en humanoïden (robots met een menselijk uiterlijk en gedrag).

Robotica nu en in de nabije toekomst

Robots worden in de praktijk vaak ingezet voor gemaks- of veiligheidsredenen of kostenbesparingen. In toepassingen voor preciselandbouw (paragraaf 2.9) verrichten robots taken autonoom en kunnen door middel van sensoren evalueren en daarna beslisregels toepassen. Tegelijkertijd kan de data verkregen door de sensoren gebruikt worden om steeds grotere datasets (*big data*, zie ook paragraaf 2.7) te krijgen en de beslisregels te verbeteren. Er liggen veel mogelijkheden voor robotica op het gebied van automatisering in de agri- & foodsector, zoals landbewerking en oogsten, automatisering van voedselbereiding en automatisering van voedsellogistiek. In Nederland worden robots momenteel ingezet voor stekproductie, gewasbescherming, sorteren en verpakken. Toepassingen waarmee al geëxperimenteerd wordt zijn plukrobots (tomaat, komkommer, aardbei, etc.), paprika's oogsten, rozen oogsten, onkruid bestrijding, het verpakken van voedsel en grijpen van zachte producten. Bijna iedereen kent de melkrobot, maar automatisch voeden, mest verwijderen, schoonmaken van schuren en afzetten van velden (*field fencing*) zijn ook al aan de orde van de dag. In de nabije toekomst worden doorbraken verwacht op het gebied van miniaturisatie, efficiënter energieverbruik, sensortechnologie en communicatie. Waar

Gerelateerd aan:

- Data analyse
- Sensoren
- Precisielandbouw
- Informatietechnologie
- Autonoom handelende microrobots

robots de afgelopen jaren nog vooral een rol op de achtergrond speelden in productieprocessen is er momenteel veel aandacht voor de interactie tussen gebruikers en robots. Het vervangen van menselijke arbeid door robotica is weer een belangrijk thema in het maatschappelijk debat. Sommigen vinden dat een onwenselijke ontwikkeling, anderzijds is er in de Nederlandse agri- & en foodsector sprake van een tekort aan goed opgeleide arbeidskrachten, van stijgende arbeidskosten en van een slecht sector-imago. De inzet van robotica op grotere schaal zou vanuit dat oogpunt juist een uitkomst kunnen bieden. Ook zouden robots het gevaarlijke, zware of ongezonde werk kunnen overnemen. Daarnaast wordt verwacht dat robots bijdragen aan een efficiënter productieproces. Andere discussies die spelen rond het invoeren van robots zijn de veiligheid en het legale aspect (aansprakelijkheid).

Robotica in de verre toekomst

Er zijn experimenten met *soft robotics* waarbij robots in plaats van een harde en statische vorm, een zachte en veranderlijke vorm hebben. Een actueel voorbeeld is een autonome robot die onder extreme omstandigheden zoals de blootstelling aan vuur of water of een aanrijding met een auto kan blijven presteren. Ook wordt gewerkt aan apparaten die op plaatsen kunnen komen die (te) gevaarlijk zijn voor mensen (rampgebieden, extreme weersomstandigheden, oorlogsgebieden of de ruimte). In 2050 zijn autonome systemen en robots waarschijnlijk net zo gangbaar als vandaag de dag computers zijn. De generaties die nu en de komende decennia opgroeien zullen het 'normaal' vinden om op allerlei momenten interactie te hebben met robots. Systemen en platformen worden steeds slimmer en autonomer. Het zal daardoor naar verwachting steeds moeilijker worden voor mensen om de autonome systemen te controleren – vaak zijn er meerdere tegelijk aan het werk – en relevante informatie te interpreteren. Met de voortgang van technologische ontwikkelingen zal arbeid steeds vaker overbodig worden en vervangen worden door intelligente machines. Veel futurologen en technici, zoals Ray Kurzweil in zijn boek *The singularity is near*, verwachten dat mensen op termijn zullen 'versmelten' met intelligente machines. Dit idee leidt tot veel discussie onder ethici en filosofen. Momenteel gaat bij ontwikkelingen in robotica veel aandacht naar *sensing*, mobiliteit



(bijvoorbeeld autonoom vervoer), manipulatie en *end-effectors*. In de toekomst zal naar verwachting meer aandacht komen voor onder andere navigatie en manipulatie in ongestructureerde omgevingen, veiligheid van mensen, dieren en gewassen, en de omstandigheden waarin de machines opereren (stof, vuil, regen, temperatuurswisselingen etc.).

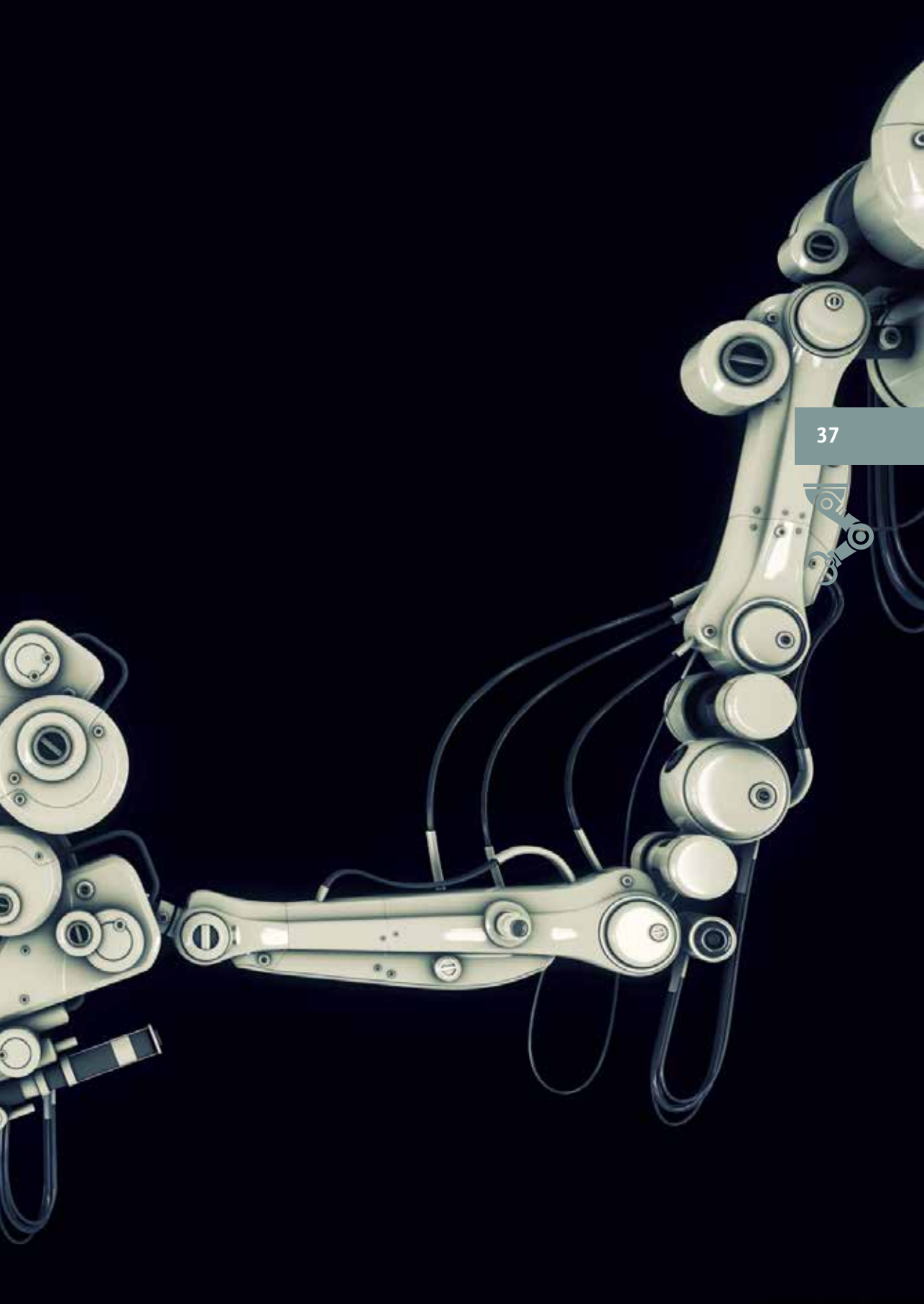
Bronnen en verder lezen

Harvard Gazette: Cutting the cord on soft robots, <http://news.harvard.edu/gazette/story/2014/09/cutting-the-cord-on-soft-robots/>

Robotics Business Review: Big Ag & Agribotics: 2014-2020 Robotics and the Revolution in Global Agriculture, http://www.roboticsbusinessreview.com/article/the_ultimate_guide_to_agricultural_robotics/agriculture

Fastcoexist.com: Your Food Is Going To Be Grown By Robots, As They Take Over The Farm, <http://www.fastcoexist.com/3038615/futurist-forum/your-food-is-going-to-be-grown-by-robots-as-they-take-over-the-farm>







2.5 Autonoom handelende miniaturdrones en micro-robots

Wat is het?

Autonoom handelende (micro-)robots zijn zelfstandige kinetische machines met variabele vormleer. Ze gaan verder dan traditionele robots doordat ze beschikken over de vaardigheid om opzettelijk hun vorm te veranderen. Dit gebeurt door het herschikken van connectiviteit van hun onderdelen, voor het aanpassen aan nieuwe omstandigheden, het uitvoeren van nieuwe taken, of om schade te herstellen. Zo'n robot zou bijvoorbeeld een wormachtige vorm aan kunnen nemen zodat hij door een smalle pijp kan navigeren. Ook mini drones zijn in ontwikkeling waarbij de inzetbaarheid snel toeneemt door de manipuleerbaarheid, en het lage energieverbruik.

Nu en in de nabije toekomst

Voorbeelden van toepassingen zijn bijvoorbeeld drones die zo klein en licht zijn dat ze niet meer dan 20 gram wegen. Met een 3D-camerasysteem kan het navigeren en obstakels ontwijken. Als een obstakel wordt gedetecteerd, vliegt de minidrone in een halve cirkel totdat het obstakel niet meer in beeld is. Zo kan het apparaat zonder hulp van mensen gebieden verkennen zonder vast te komen zitten. Een piepklein computertje verwerkt de video razendsnel. Dergelijke minidrones kunnen worden gebruikt om rijp fruit te vinden in kassen of om luchtbeelden te maken van grote evenementen. Autonome 'soft' robots van siliconenrubber, kevlar en microbuisjes van glas kunnen onder extreme omstandigheden blijven presteren. Denk bijvoorbeeld aan de blootstelling aan water of vuur, of een aanrijding met een auto. Dan zijn er nog de kilobots: een zwerm van kleine robotjes die worden aangestuurd door een soort infraroodlamp die boven de zwerm hangt. Er wordt één opdracht gegeven, zoals het maken van een vorm of het volgen van de leider, en alle robots zullen dat vervolgens in samenwerking doen. Hulp van een mens is daarbij niet nodig. De robots hebben een infraroodlaser die

Gerelateerd aan:

- Robotica
- 4D printing
- Slimme materialen
- Sensortechnologieën

naar de grond wijst en via weerkaatsing kunnen ze zo weten waar de andere robots zich bevinden en met elkaar communiceren.

In de verre toekomst

Als de kilobots nog kleiner worden en gegroepeerd worden in megazwermen van miljarden of biljoenen mini-supercomputers, spreken we van een *utility fog*. In feite gaat het om actief, polyform materiaal dat zich kan veranderen in elke willekeurige vorm, autonoom of met een simpele instructie van een mens. Het ene moment een telefoon, het volgende een stoel of wat ook maar nodig is. Hele kamers of zelfs gebouwen kunnen in een oogwenk ontstaan of verdwijnen als dat nodig is. Wat zou het kunnen betekenen als iedereen over een eigen zwerm van kleine robotjes beschikt die continu van vorm kan veranderen? Betekent het dat we minder gaan produceren en dus minder grondstoffen nodig hebben? We hebben immers altijd een zwerm robotjes bij ons die zich kunnen veranderen in wat we maar nodig hebben op dat moment. Het is nu nog moeilijk voor te stellen dat dit realiteit zou kunnen worden en welke gevolgen het zou kunnen hebben. In ieder geval zal de impact op hoe wij materie en gebruiksvorwerpen ervaren drastisch veranderen.

39



Bronnen en verder lezen

IO9: Why “utility fogs” could be the technology that changes the world, <http://io9.com/5932880/how-utility-fogs-could-become-the-technology-that-changes-the-world>

<http://www.nanotech-now.com/utility-fog.htm>

Nanotech-now.com: Utility Fog, <http://www.nanotech-now.com/utility-fog.htm>

Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO): Focus op de landbouwsector, http://eoedu.belspo.be/nl/profs/Agriculture_A4_NL-small.pdf

http://eoedu.belspo.be/nl/profs/Agriculture_A4_NL-small.pdf

2.6 Sensortechnologie

Andere benamingen: *Foodsensoren, moleculaire sensoren*

Wat is het?

Sensoren zijn apparaten die iets kunnen waarnemen, bijvoorbeeld geluid, licht, gewicht etc. zonder direct contact te maken met het object. Sensortechnologie kan onder andere worden gebruikt om de samenstelling en/of de kwaliteit van voedsel vast te stellen. In de agri- & foodsector wordt sensortechnologie bijvoorbeeld gebruikt om informatie over bodem, gewassen en dieren te verzamelen op basis van sensoren die geïntegreerd zijn in allerlei agrarische apparatuur en machines, vliegtuigen, drones (zie ook paragraaf 2.4) of satellieten. Sensoren bieden boeren *realtime* informatie over hun gewassen en dieren, waardoor ze sneller en adequater kunnen reageren en (corrigerende) beslissingen kunnen nemen en uitvoeren. Met sensortechnologie kan de productkwaliteit en -veiligheid worden vastgesteld, maar bijvoorbeeld ook de herkomst. Voorbeelden van sensortechnologie in de landbouw zijn: luchtfoto's, thermische beelden en nabij-infrarood data (NIR-data).

Sensortechnologie nu en in de nabije toekomst

Mogelijke toepassingen van sensortechnologie zijn:

- Intelligente verpakkingen die kunnen waarnemen of een product nog voldoende vers is.
- Millimetergolfsensoren waarmee men contactloos tot in de kern van een voedingsproduct metingen kan verrichten. Onder andere door de specifieke interactie van deze golven met water kunnen industriële droog- en vriesprocessen van voeding geoptimaliseerd worden.
- 'Lab on a chip'-technologie waarbij verschillende laboratoriumfuncties geïntegreerd zijn op een chip van een paar vierkante centimeter. Deze technologie maakt het zeer makkelijk om bijvoorbeeld diagnoses bij zieke dieren te stellen, de aanwezigheid van bepaalde gassen vast te stellen of de versheid van eten te bepalen.

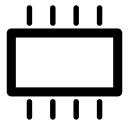
Gerelateerd aan:

- Slimme materialen
- Precisielandbouw
- Gentechnologie
- Informatietechnologie

- Hyperspectrale camera's die vreemde voorwerpen, latente defecten of schimmels kunnen detecteren; inspecties aan productoppervlaktes kunnen doen of die een productsamenstelling (vochtgehalte, suikergehalte, vetgehalte, eiwitgehalte) kunnen analyseren en visualiseren.
- Optische vezel biosensor als een sensorsysteem voor detectie van (verborgen) allergenen, GMO's en DNA van micro-organismen en virussen.

Sensortechnologie in de verre toekomst

Doordat met sensortechnologie steeds meer en sneller data kan worden verzameld (zie ook paragraaf 2.7), verwacht men dat deze technologie bij zal dragen aan verdere optimalisatie van voedingsverwerkingsprocessen en kwaliteitscontroles van voedsel. Ook biedt het (in samenspel met ontwikkelingen op het gebied van gotech; zie ook paragraaf 2.12) kansen op structurele verbeteringen in diagnostiek en bestrijding van dierziekten en de ontwikkeling van meer robuuste dieren. In combinatie met micro- en nanotechnologie, kunnen sensoren producten met een specifieke samenstelling uitslecteren voor een specifieke toepassing. Bijvoorbeeld melk van individuele koeien op een bepaald moment in de lactatie, of vruchten die gegarandeerd bepaalde allergenen niet bevatten. Het wordt met sensortechnologie mogelijk om dieren realtime te observeren, hun gedrag te interpreteren en daar per situatie rekening mee te houden in het management. De vraag is uiteraard hoe snel deze technologie door zal breken en wie er toegang toe zullen hebben. En van wie zal de data zijn die door de sensoren wordt verzameld; van de boer of van het bedrijf dat de technologie levert?



Bronnen en verder lezen

Sensorforfood.com, <http://www.sensorsforfood.com>

Agriculture.com: Sensortechnology on your farm, http://www.agriculture.com/news/technology/sens-technology-on-your-farm_6-sl43608

Kickstarter.com: SCiO: Your Sixth Sense. A Pocket Molecular Sensor For All!, <https://www.kickstarter.com/projects/903107259/scio-your-sixth-sense-a-pocket-molecular-sensor-fo>

2.7 Informatietechnologie en IT-infrastructuren

Andere benamingen: *quantum computing*, *internet of things*, *big data*, *cyber-infrastructuur*, *zelflerende systemen*

Wat is het?

Ontwikkelingen op het gebied van informatietechnologie (IT) gaan razendsnel en worden verwacht snel te blijven gaan. Er is sprake van een enorme vooruitgang in de manier waarop we informatie verwerken, opslaan en analyseren. Tegelijk is er sprake van een enorme stijging van de zogeheten ‘computer processing power’. Meer en meer alledaagse (elektronische) voorwerpen worden verbonden met het internet (*internet of things*) waardoor we steeds meer informatie kunnen verzamelen, analyseren en gebruiken.

Quantum computing In het jaar 2000 haalden de best presterende computerprocessors nog een rekenkrachtniveau dat gelijkwaardig is aan dat van een spin, vandaag de dag zijn ze zo goed als gelijk aan dat van de hersenen van een muis. Als de rekenkracht blijft groeien in het huidige tempo (verdubbeling om de drie jaar), kunnen in 2023 computer dezelfde rekenkracht hebben als dat van een menselijk brein en zijn ze in 2045 zelfs 100.000 keer zo sterk als een menselijk brein. Als *quantum computing* werkelijkheid wordt zouden deze berekeningen zelfs overschreden worden. Het is nog moeilijk een daadwerkelijke voorstelling te maken van de impact van quantum computing (dat kan wellicht alleen een quantum computer), maar dat de gevolgen groot zullen zijn staat vast.

Zelflerende systemen Ook het soort taken dat computers kunnen verrichten zal in de toekomst wijzigen. Zo wordt er al gesproken over ‘zelflerende systemen’: computersystemen die gaan leren redeneren of zelfs een moraal ontwikkelen. Het idee is dat de interactie tussen mens en machines hierdoor steeds beter wordt. Bij IBM wordt sinds enkele jaren gewerkt met Watson, een zelf lerend systeem dat aan de hand van ongestructureerde data kan leren. ‘Supercomputer’ Watson kreeg veel bekendheid toen hij in 2011 het Amerikaanse televisiespel *Jeopardy* won. IBM is nu bezig toepassingen van *cognitive*

Gerelateerd aan:

- Precisielandbouw
- Sensortechnologie
- Transporttechnologie

computing te ontwikkelen voor verschillende sectoren, bijvoorbeeld in de gezondheidszorg.

Big data Vandaag de dag is meer dan 98% van alle informatie wereldwijd digitaal opgeslagen. De verwachting van experts is dat in 2045 er 20.000 keer zoveel informatie digitaal opgeslagen is als vandaag de dag. Het verzamelen en analyseren van deze grote hoeveelheden aan data wordt ook wel 'big data' genoemd. Met steeds meer informatie voorhanden wordt het mogelijk om beter te voorspellen hoe ziektes zich verspreiden, waar natuurrampen zich gaan voltrekken, en op den duur misschien zelfs om menselijk gedrag te voorspellen.

Internet of things Steeds meer apparaten zijn verbonden met het internet; mobiele telefoons, auto's en zelfs koelkasten. Het *internet of things* is al een realiteit. De verwachting is dat wereldwijd het aantal apparaten dat is verbonden met internet zal stijgen van twintig miljard in 2014 naar veertig miljard in 2020. Als die stijging doorgaat zal dit in 2045 honderd miljard zijn. Door een daling van de kosten en de groei in beschikbaarheid van de apparaten en internetverbindingen zou de daadwerkelijke groei deze verwachtingen kunnen overtreffen. Naarmate we steeds meer, via verschillende apparaten, verbonden zijn met het internet ontstaat er een omvangrijker en complexer informatie- en communicatienetwerk.

Nu en in de nabije toekomst

IT speelt op alle gebieden van ons leven een grote rol. In de agri- & foodsector zien we nu al een enorme opkomst van apps waarmee bijvoorbeeld defecten aan machines worden opgespoord en instructies voor reparaties worden gegeven. Of die helpen bij het maken van keuzes in relatie tot gewaskeuze en oogsten. Simulaties en trainingsprogramma's voor het besturen van machines zijn ook al wijdverspreid. In de komende jaren zullen apps steeds meer worden gebruikt om het land en de bodem te analyseren en dit te koppelen aan klimatologische omstandigheden (wel of geen regen, bewolking, etc.). Ook wordt deze data gecombineerd met wereldvoedselprijzen en de prijs van het inkopen van voedsel voor bijvoorbeeld vee. De uitdagingen van het werken met big data liggen voornamelijk nog in de analyse, opslag, visualisatie en het delen van gegevens, het



formuleren van goede zoekopdrachten en het oplossen van de privacyvraagstukken. Big data is een dynamisch begrip: wat we vandaag onder 'groot' verstaan hoeft over enkele jaren niet meer 'groot' te zijn. Grote hoeveelheden geodata (zoals weer- en grondmetingen) worden nu al gebruikt in de precisielandbouw.

DE DESKUNDIGEN



De toekomst is rijk aan data, data analyst is het vak van de toekomst. Waar zouden die kenniswerkers wonen, wie grijpt de regie over die datasets. Wie heeft de big data van boeren om te adviseren of je de aardappelen vandaag beregent of toch maar even wacht tot morgen. Waar koppelt men de data van wat we eten en hoe we bewegen aan onze kans op hartfalen en adviseert men een broodje zeewier of een verzekeringspolis?

Zonder twijfel heeft Silicon Valley met Google, Apple, UC Davis en Stanford de beste startpositie. Mogelijk komen China Telecom, Alibaba en de Chinese Academy

of Agricultural Science snel naar voren gezien het geweldige aantal Chinese studenten. Is India een outsider die we over het hoofd zien? Zou een innige samenwerking van Wageningse agronomen, Leidse medici, Eindhovense ICTers, Gentse biotechologen, Frauenhofer en creatieve Amsterdamse start-ups dicht bij SARA en AMS-IX het oude continent nog een rol van betekenis kunnen laten spelen? Dat moet je niet hopen – daar zou je aan moeten gaan werken.

Krijn Poppe, Research Manager & Senior Economist LEI Wageningen UR

In de verre toekomst

We zijn steeds beter in staat om nauwkeurige voorspellingen te doen, bijvoorbeeld van natuurrampen of waar effecten van klimaatverandering gaan optreden. De Amerikaanse politie werkt zelfs al met een systeem waarmee voorspeld wordt waar en wanneer misdrijven gaan plaatsvinden. Experts verwachten dat in 2050 veel apparaten verbonden zijn met het internet en een soort sensor zullen bevatten. Er zal continu real time-informatie beschikbaar zijn over bijvoorbeeld de kwaliteit van het drinkwater, over schade in gebouwen en voertuigen, en detectie en metingen van milieuvervuiling vinden real time plaats. Machines en consumentenproducten kunnen gecontroleerd worden op de staat van de onderdelen, zodat sneller bekend is wanneer reparatie of vervanging noodzakelijk is. De informatie uit de sensoren kan in combinatie met input van burgers consumenten via *social networking sites* ervoor zorgen dat *tracking en tracing* van producten veel nauwkeuriger wordt. Sceptici vrezen de gevolgen voor privacy, en vragen zich af of het nog mogelijk wordt om 'off the grid' te gaan. De algemene verwachtingen zijn dat dankzij ontwikkelingen op IT-gebied het beter mogelijk wordt een verhoogde voedselproductie te realiseren en oogsten te optimaliseren.



Bronnen en verder lezen

Wired.com: Closing in on quantum computing, <http://www.wired.com/2014/10/quantum-computing-close/>

Gesi Smarter 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future, http://gesi.org/assets/js/lib/tinymce/jscripts/tiny_mce/plugins/ajaxfilemanager/uploaded/SMARTer%202020%20-%20The%20Role%20of%20ICT%20in%20Driving%20a%20Sustainable%20Future%20-%20December%202012.pdf

Techrepublic.com: How big data is going to help feed nine billion people by 2050, <http://www.techrepublic.com/article/how-big-data-is-going-to-help-feed-9-billion-people-by-2050/>



2.8 Bio-informatica

Wat is het?

Bio-informatica heeft tot doel de biologische kennis te verrijken en de kennis van informatica toe te passen op biologische data. Bio-informatica betreft de opslag, analyse en uitwisseling van grote hoeveelheden biologische data. Huidige toepassingen van bio-informatica betreffen DNA-*barcoding*, het modelleren van patronen van ziekte-uitbraak en van individuele genomen en nieuwe bioproducten. Bio-informatica kan onze capaciteit om grote hoeveelheden data te analyseren en ons vermogen om eigenschappen in planten, dieren en mensen te beïnvloeden sterk verbeteren. Tegenwoordig wordt eraan gewerkt om alle informatie over gen- en eiwitsequenties beter uitwisselbaar te maken. Zo zijn er grote gen-databanken in Europa, de VS en Japan. In Zwitserland en de VS staan eiwitdatabanken die samenwerken onder de naam UniProt.

Bio-informatica nu en in de nabije toekomst

De wereldvoedselorganisatie zet bio-informatica in om toepassingen te ontwikkelen die in de toekomst moeten helpen infectieziekten (zoals bijv. de vogelgriep) en uitbraken en verspreiding van virussen te bestrijden. Door informatie hierover te verzamelen en verwerken wil men meer kennis vergaren om ziekteverspreiding in de toekomst tegen te gaan. In Nederland heeft het Centraal Veterinair Instituut, onderdeel van Wageningen UR, recent met behulp van dergelijke technieken genomesequenties bepaald en geanalyseerd om de besmetting van verschillende pluimveebedrijven met het H5N8-virus vast te stellen. Het is ook al mogelijk om lokale weervoorspellingen (tot op 200 hectare nauwkeurig) te doen door middel van miljoenen dagelijkse weer- en grondobservaties. Boeren kunnen deze informatie gebruiken om te bepalen wanneer het beste moment is om land te bespuiten, te bewerken, of te oogsten. Ook is op basis van lokale weerobservaties van een aantal maanden een schatting te maken van de opbrengst van een bepaald stuk land. Vee kan 'gechipt' worden met chips die via internet zijn verbonden met databanken om zo de gezondheid beter te monitoren en de productie te verhogen.

Gerelateerd aan:

- Precisielandbouw
- Sensortechnologie
- Informatietechnologie
- Gentechnologie

Bio-informatica in de verre toekomst

Wanneer landen de informatie steeds sneller en gemakkelijker met elkaar kunnen delen, wordt het mogelijk om ziekte-uitbraken vroegtijdig te signaleren en de oorzaken sneller en beter te definiëren. Bovendien kunnen met de verzamelde data risicoanalyses en voorspellingen voor de toekomst gedaan worden. De verwachting is dat bio-informatica in combinatie met andere technologieën ertoe leidt dat er duurzamer geproduceerd wordt. Behalve invloed op de kwaliteit van gewassen kan ook de productie verhoogd worden en wordt verwacht dat de weerstand van gewassen tegen ziektes, insecten en herbiciden verbetert.

47



Bronnen en verder lezen

Policy Horizons Canada: Metascan 3 Emerging technologies, <http://www.horizons.gc.ca/eng/content/metascan-3-emerging-technologies-0>

Janet M Thornton: The future of bioinformatics, <https://www.cs.duke.edu/courses/cps004g/fall06/papers/future98.pdf>

Boerderij.nl: FAO wil vogelgriep bestrijden met bio-informatica, <http://www.boerderij.nl/Home/Nieuws/2015/2/FAO-vogelgriep-bestrijden-met-bio-informatica-1705405W/>



2.9 Precisielandbouw

Andere benamingen: *satellietlandbouw*, *plaatspecifiek gewasmanagement*, *smart farming*.

Wat is het?

Precisielandbouw is een vorm van landbouw waarbij gewas, dieren en bodem heel nauwkeurig de behandeling krijgen die ze nodig hebben. In tegenstelling tot klassieke landbouw wordt er bij precisielandbouw niet bepaald wat de behoefte is per veld of groep van dieren, maar juist wat de behoefte is per plant of dier. Door in te spelen op de specifieke omstandigheden van bodem, uren zonlicht en klimaat kan de oogst geoptimaliseerd worden. Data-analyses zijn noodzakelijk om effectief precisielandbouw uit te voeren.

Om gewas en dieren zo nauwkeurig mogelijk en op een effectieve wijze de behandeling te geven die ze nodig hebben, zijn een aantal kernelementen belangrijk. Automatische detectie is nodig om de variatie in bodem, gewas en diergedrag te bepalen. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van sensoren. Plaatsbepalingstechnologie zoals GPS (global positioning system) is nodig om de gemeten variatie in kaart te brengen en te geo-refereren. Verder zijn er zogenoemde beslissingsondersteunende systemen (decision support systems of DSS) nodig. Het gaat hierbij om beslisregels en -modellen die een gemeten variatie vertalen naar acties die rekening houden met economie en milieu en nauwkeurig afgestemd zijn op bodem, plant of dier. Om deze kernelementen (detectie, beslisregels, uitvoering en evaluatie) op een slimme manier bij elkaar te laten komen is aangepaste technologie nodig. Vaak staat zo'n technologie voor precisielandbouw niet op zichzelf maar is die weer afhankelijk van andere technologieën.

Precisielandbouw nu en in de nabije toekomst

Precisielandbouw maakt maatwerkproductie van specifieke producten voor specifieke afnemers mogelijk. Maatwerkproductie leidt tot een toename in diversiteit van producten en productiemethoden. Recente ontwikkelingen in de precisielandbouw zijn een steeds verdergaande data-uitwisseling tussen machines, bedrijfsmanagementsystemen en aanbieders van diensten; ontwikkeling

Gerelateerd aan:

- Sensortechnologie
- Informatietechnologie
- Robotica
- Bio-informatica

van injectiespuitsystemen, onkruidbranders en specifieke schoffels voor in de gewasrij; in de glastuinbouw worden al robots ingezet, bijvoorbeeld in de weefselkweek; GNSS (Global Navigation Satellite System) waarmee plaatsbepalingen binnen een perceel of gewas tot op enkele centimeters nauwkeurig gedaan worden.

Precisielandbouw in de verre toekomst

Door ontwikkelingen op het gebied van sensortechnologie (2.6), IT (2.7), en robotica (2.4) worden de toepassingen van precisielandbouw steeds uitgebreider. De verwachting is dat we steeds nauwkeuriger (en op afstand) de behoeften van een gewas op een bepaald moment op een bepaalde plek kunnen bepalen. Verdere automatisering van landbouwwerkzaamheden zoals landbewerking en oogsten zullen ook leiden tot een verdere uitwerking van precisielandbouw. Experts verwachten dat een verdere toepassing van precisielandbouw zal leiden tot een verhoogde productie per gewas en efficiëntere productiesystemen.

49



Bronnen en verder lezen

Precisielandbouw.eu, <http://www.precisielandbouw.eu>

Landbouwmechanisatie Vakblad: Precisielandbouw zal smart zijn, of zal niet zijn?,

<http://www.mechaman.nl/landbouwmechanisatie/2015/02/13/precisielandbouw-zal-smart-zijn-of-zal-niet-zijn/>

IBM Research: Using predictive weather analytics to feed future generations,

http://www.research.ibm.com/articles/precision_agriculture.shtml



2.10 Hernieuwbare energie

Andere benamingen: *duurzame energie, energietransitie*

Wat is het?

Hernieuwbare energie zoals wind en zonne-energie zijn vooral van belang voor de productie van elektrische energie. Een overgang naar deze energievorm vereist de elektrificatie van veel activiteiten die nu op brandstof gebaseerd zijn zoals verhitting en snelle beweging waarvoor brandstof motoren gebruikt worden. Bij het opraken van fossiele brandstoffen zouden met name biobrandstoffen (zie 2.11) daar een uitkomst voor kunnen bieden.

Hernieuwbare energie nu en in de nabije toekomst

Er zijn diverse motivaties vanuit de landbouwsector om duurzame energie te produceren. De sector heeft ruimte beschikbaar, produceert biomassa en speelt daarmee een rol in de CO₂-kringloop. Maar ook de interesse vanuit de landbouw in additionele activiteiten, het verbeteren van imago en duurzaamheid, en het Europese en nationale landbouwbeleid zijn relevant. De economische motivatie zit in de werkgelegenheid die gegenereerd wordt en besparing van energiekosten op het bedrijf, hoewel dit laatste bedrijfsafhankelijk is. Daarentegen is de kostprijs van duurzame energie veelal hoger dan de prijs van energie uit fossiele bronnen. De meeste opties waarin de landbouw een sterke rol kan spelen zijn gebaseerd op biomassa (paragraaf 2.11). Dat is niet onlogisch; de landbouw is immers een van de weinige sectoren die zelf biomassa voortbrengt. Daarnaast biedt de ruimte op agrarische grond en gebouwen mogelijkheden voor wind, zon-PV en duurzame warmteopties. Een van de belemmeringen die wordt genoemd voor het grootschalig in gebruik nemen van hernieuwbare energie is het feit dat de productie van energie door bijvoorbeeld zon, water of wind niet constant is. Daarom is nodig elektriciteit op te kunnen slaan. Wereldwijd wordt onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van batterijtechnologie met een zo groot mogelijke capaciteit om elektriciteit op te slaan. Naast ontwikkelingen in de energieopwekking en een hogere opslagcapaciteit van elektriciteit, zouden *smart grids* kunnen helpen de energietransitie vorm te geven. De term smart grid wordt gebruikt voor

Gerelateerd aan:

- Bio raffinage en biobrandstoffen
- Aquacultuur
- Transporttechnologie
- Weersbeïnvloeding

technologieën om op een intelligente manier het elektriciteitsnet te beheren en vraag en aanbod nauwkeurig op elkaar af te stemmen. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld huishoudens niet alleen elektriciteit afnemen, maar ook zelf opgewekte elektriciteit aan het net leveren.

Hernieuwbare energie in de verre toekomst

Als energie uit hernieuwbare bronnen in de toekomst 'de norm' wordt dan is het mogelijk dat er geen schaarste meer is aan energie, maar een overvloed. Het is goed denkbaar dat steeds meer apparaten die nu nog op fossiele brandstoffen fungeren op elektriciteit gaan draaien. Elektrische auto's zijn hier een voorbeeld van. Welke technologieën werkelijk tot een doorbraak zullen leiden zal grotendeels afhangen van het mogelijke economisch rendement. De meeste kansen om tot specifieke kostenverlagingen voor duurzame energie in de landbouwsector te komen hebben betrekking op twee principes: het gebruik van resources van binnen het bedrijf en het intern gebruiken van (duurzame) energie.

51

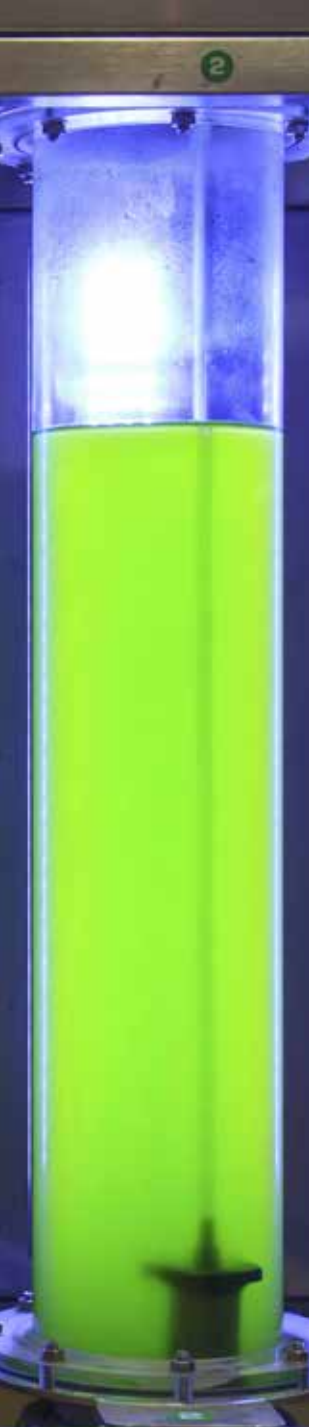


Bronnen en verder lezen

ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland: Energietrends 2013, <http://www.energie-nederland.nl/wp-content/uploads/2013/10/Energietrends-2013.pdf>

Ministerie van Infrastructuur en Milieu: Verkenning Energietransitie en Ruimte, <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2012/01/05/verkenning-energie-transitie-en-ruimte.html>

Planbureau voor de Leefomgeving: Nationale energieverkenning 2014, http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2014-nationale-energieverkenning-2014_01364.pdf



2.11 Bioraffinage en biobrandstoffen

Wat is het?

Volgens de definitie van het International Energy Agency is bioraffinage “de duurzame verwerking van biomassa in een spectrum van verkmarktbaar producten en energie”. Onder biomassa verstaan we het drooggewicht van organismen of delen ervan. Bij het proces van bioraffinage wordt gestreefd naar een zo efficiënt mogelijk gebruik van de biomassa zodat alle componenten optimaal gebruikt worden en het ontstaan van reststromen wordt geminimaliseerd. In een ideale situatie wordt door een volledige benutting van de biomassa geen extra beslag gelegd op landbouwgronden. Ook kunnen in verschillende waardeketens reststromen van biomassa onderling worden uitgewisseld voor een optimale benutting en kan zo competitie tussen voedsel, veevoer en brandstoffen worden voorkomen. Biobrandstof is een verzamelnaam voor verschillende soorten brandstoffen die gemaakt worden uit biomassa. Het is meestal niet mogelijk om benzine of diesel zonder aanpassingen van de motor door biobrandstoffen te vervangen. De eerste generatie biobrandstoffen reduceert de CO₂ met 50%. De tweede generatie biobrandstoffen belooft een CO₂-reductie tot 90% op te leveren. Doordat de tweede generatie veel kosteneffectiever is, is de opbrengst per hectare biomassa veel hoger. Andere nieuwe ontwikkelingen, die ter onderscheiding van de tweede generatie ook wel ‘derde generatie’ biobrandstof worden genoemd, zijn bijvoorbeeld de productie van biobrandstof uit algen. Bij de vierde generatie biobrandstoffen produceren micro-organismen zelf de brandstof of chemicaliën.

Nu en in de nabije toekomst

De meeste voorbeelden van toepassingen en het meeste onderzoek op het gebied van bioraffinage richten zich op biobrandstoffen. De inzet van biobrandstoffen kan bijdragen om de uitstoot van CO₂, roet en fijnstof door het verkeer terug te brengen. Het helpt tevens om minder afhankelijk te worden van regio’s die politiek en economisch minder stabiel zijn en waar veel grondstoffen voor fossiele

Gerelateerd aan:

- Aquacultuur (algen)
- Eiwittransitie
- Energietransitie
- Transporttechnologie

brandstoffen vandaan komen. Ook kan inzet van biobrandstof een impuls geven aan de binnenlandse landbouw en verwerkende industrie en daarmee nieuwe werkgelegenheid creëren. Voor de agrarische sector in het algemeen zijn de mogelijke besparingen op energiekosten erg relevant. Biobrandstoffen hebben net als fossiele brandstoffen het voordeel dat het erg compacte energiedragers zijn. Daardoor is het geschikt voor zwaar transport (vrachtwagens, lucht- en scheepvaart) en transport over lange afstanden. Er speelt een brede maatschappelijke discussie over de productie van biobrandstoffen uit eetbare biomassa, omdat dit de voedselzekerheid onder druk zet. De hoop is dat de derde en vierde generaties biobrandstoffen hier een oplossing voor bieden. We zien tevens een opkomst van *bioplastics*: kunststoffen gewonnen uit biomassa in plaats van fossiele grondstoffen. Dit biedt mogelijkheden voor commerciële toepassingen zoals afbreekbare verpakkingsmaterialen, verf, medicijnen, en geur- en smaakstoffen. Daarnaast wordt er geëxperimenteerd met andere producten uit biomassa zoals stenen voor de bouw.



In de verre toekomst

Door een toenemende vraag naar biomassa zou het rendement van mest, bos en natuurgebieden sterk kunnen stijgen. Nederland kan een koploper worden als leverancier van technologie om afvalwater en mest om te zetten in hoogwaardigere producten. Ook lijkt het produceren van algen een veelbelovende ontwikkeling te zijn, aangezien algen kunnen worden ingezet bij het produceren van brandstof, het reinigen van afvalwater, en als bron van *functional-food*-ingrediënten. De term *bio-based economy* wordt vaak gebruikt om een economisch systeem te beschrijven waarin biomassa (en hernieuwbare energiebronnen zoals water, wind en zon) het gebruik van fossiele grondstoffen overbodig heeft gemaakt. In een dergelijke economie wordt biomassa gebruikt als grondstof voor duurzaam voedsel, elektriciteit, warmte, transport, materialen en chemische grondstoffen. Het idee van de *bio-based economy* krijgt veel aandacht nu de wereldwijde voorraden fossiele brandstoffen steeds schaarser worden. Uiteraard is de transitie van een *fossil based* naar een *bio-based* economie van enorme omvang en is het afwachten of en wanneer een dergelijke

transitie werkelijkheid zal worden. Technologisch gezien is er al veel mogelijk, de vraag is welke toepassingen van biomassa in de toekomst het meest economisch rendabel zullen zijn en hoe beleid- en regelgeving hier op in gaat spelen. Daarnaast blijkt in de praktijk dat veel technologieën om biomassa te verwerken nu nog meer energie kosten dan ze opleveren, wat zorgt voor veel scepsis in het debat.

Bronnen en verder lezen

NPO Wetenschap: Vliegen op varkensmest, <http://www.npo-wetenschap.nl/nieuws/artikelen/2013/oktober/Vliegen-op-varkensmest.html>

Agriholland.nl: Dossier biobrandstof, <http://www.agriholland.nl/dossiers/biobrandstoffen/biobrandstof.html>

Innovatienetwerk: Mest als waardevolle grondstof, <http://www.innovatienetwerk.org/nl/bibliotheek/rapporten/414/Mestalswaardevollegrondstof>

ECN: Bewijs voor succesvolle commerciële toepassing bioraffinage, <https://www.ecn.nl/nl/nieuws/item/bewijs-voor-succesvolle-commerciele-toepassing-bioraffinage/>







2.12 Gentechnologie

Andere benamingen: *Biotechnologie*, *genetische modificatie*, *gentech*, *genetische technologie*

Wat is het?

Gentechnologie valt onder de meer algemene term biotechnologie, wat een verzamelnaam is voor alle technologische applicaties die gebruik maken van biologische systemen, levende organismen of afgeleiden daarvan. Gen technologie maakt gebruik van DNA-modificatie met een reeks van steeds verfijndere technologieën en versterkt de mogelijkheden van gewas- en veeteelt door selectie en kruisingen. Er bestaan verschillende toepassingsrichtingen binnen de gentechnologie:

- DNA-sequencing: met behulp van scheikundige reacties bepalen van de basenpaarvolgorde in de dubbele helix van een DNA-molecuul.
- Kloneren/klonen: het maken van een kopie van een DNA-fragment, van een cel, of van een compleet organisme.
- Cisgenese: een vorm van directe genetische modificatie waarbij alleen genen van de soort zelf ('soortegenen') gebruikt worden.
- Transgenese: een vorm van directe genetische modificatie waarbij genen van een ander soort gebruikt worden.
- Het gebruik van marker genen en genetisch gemodificeerde organismen (ggo) om wenselijke eigenschappen versneld in te kruisen via cisgenese.
- Gen-inactivering: een vorm van directe genetische modificatie waarbij een gen in een organisme wordt geïnactiveerd.
- Epigenetica: een vakgebied binnen de genetica waar veel van verwacht wordt. Epigenetica bestudeert de invloed van omkeerbare erfelijke veranderingen in de genfunctie die optreden zonder wijzigingen in de sequentie van het DNA in de celkern. Het bestudeert ook de processen die de ontwikkeling van een organisme beïnvloeden.

Gerelateerd aan:

- Synthetische biologie
- Bioraffinage en bio-brandstoffen
- Eiwittransitie
- Food design
- Bio-informatica

De mogelijke toepassingen van gentechnologie zijn enorm en kunnen hier niet allemaal opgenoemd worden. Een kleine selectie:

- Gewassen resistent maken tegen mogelijke bedreigingen en gevaren zoals herbiciden, insecten, virussen, droogte, zout en koude.
- Verhoging van de gewenste productie per gewas Hierbij kan in de toekomst een belangrijke bijdrage voortvloeien uit de toevoeging van het C4-genencomplex aan C3-gewassen en uit de ontwikkeling van landbouwsystemen en of gewassen die een belangrijk deel van hun eigen bemesting kunnen ontwikkelen middels stikstoffixatie.
- Verbetering van kwaliteit van voedsel door verhoging van de voedingswaarde dan wel de kwaliteit van smaak, kleur en vorm.
- Sturen op aanpassing van gewassen op oogstperiode, maar ook de wijze van voortplanting: wijzigen van vegetatief voortplantende gewassen (zoals de aardappel) naar generatieve voortplanting.
- Aanzetten van micro-organismen tot productie van wenselijk stoffen (specifieke eiwitten, brandstoffen etc.)
- Epigenetica wordt momenteel onder andere toegepast in onderzoek naar tegengaan van depressies en verslavingen door middel van het veranderen van genen. Door epigenetica verwerven we meer inzicht in hoe voeding het ziekteverloop van mens en dier beïnvloedt. Op den duur kan voeding nog beter worden toegepast op de gezondheidstoestand van mens of dier.

Gentechnologie nu en in de nabije toekomst

Doordat het DNA van de meeste planten al in kaart is gebracht, kan het resistent maken van planten tegen ziekten steeds sneller gaan. Door steeds meer soorten genomen in kaart te brengen wordt het mogelijk om individuele dieren en planten met hele populaties tegelijk op maat te maken voor een bepaalde toepassing. Zoals koeien die melk met een hoog gehalte aan onverzadigde vetzuren geven, aardappels met een specifiek type zetmeel of met resistentie tegen een bepaalde ziekte. Door dergelijke ingrepen is het mogelijk duurzamer te produceren: interne resistentie van planten tegen bepaalde ziekten zorgt ervoor dat minder bestrijdingsmiddelen nodig zijn. Ook wordt er gewerkt aan gewassenteelt in gebieden die daar eerder ongeschikt voor waren. Gentech zou een bijdrage kunnen leveren aan het realiseren van een biobased economy (zie 2.11).



Gentechnologie in de verre toekomst

Het is onzeker welke impact gentechnologie in de toekomst zal hebben, onder andere omdat er in de samenleving vanwege ethische vraagstukken weerstand is tegen deze technologie. In Europa wordt gentechnologie afgeremd door strenge regelgeving, de VS en Aziatische landen staan meer onderzoek en ontwikkelingen toe. Producenten spijkeren met octrooien en licenties gentechnologische ontwikkelingen steeds meer dicht. Ook is er sprake van een machtsstrijd over het intellectueel eigendomsrecht van (gemodificeerd) plantenmateriaal, waarvan de uitkomst zal bepalen wie er in de toekomst bepalend zullen zijn voor ontwikkelingen op het gebied van gentechnologie.

Bronnen en verder lezen

FAO: Genetically modified crops, <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e04d.pdf>

Gentech.nl: Genetische manipulatie van voedsel en landbouwgewassen, http://www.gentech.nl/info/voedsel_en_landbouw (Toepassingen gentech)

BBC News: Genetically-modified purple tomatoes heading for shops, <http://www.bbc.com/news/science-environment-25885756>





2.13 Synthetische biologie

Wat is het?

Synthetische biologie is een technologisch-wetenschappelijke ontwikkeling, waarin men technische ontwerpprincipes toepast op moleculair biologisch niveau. Daarbij kan het gaan om het herontwerpen van een levend systeem zodat het iets gaat doen dat het van nature niet doet, bijvoorbeeld het aanmaken van een bepaalde stof. Nog ambitieuzer zijn de verdergaande pogingen om volledig nieuwe levende systemen te maken, waarbij men leven maakt uit niet-levend materiaal. De synthetische biologie heeft een overlap met andere wetenschappelijke disciplines zoals gentechnologie. Het verschil is dat de uiteindelijke ambitie van dit vakgebied groter is, namelijk het ontwerpen van nieuwe levende organismen die tegemoetkomen aan de wensen en behoeften van de mens. De synthetische biologie wordt door sommigen als de opvolger gezien van gentechnologie. Voorbeelden van toepassingen van synthetische biologie zijn bijvoorbeeld medicijnen die door kunstmatige bacteriën geproduceerd worden en genetisch omgebouwde algen die ons schone energie leveren.

Synthetische biologie nu en in de nabije toekomst

Biotechnologie heeft in onze voedselvoorziening al vaste voet aan de grond. Het maken van kaas is een mooi voorbeeld. Oorspronkelijk werd kaas gemaakt met behulp van stremsel (lebf ferment) uit de lebmaag van kalveren die worden gezoogd. Maar vanaf 1990 wordt stremsel gemaakt met biotechnologische processen. Onderzoekers halen de stremsel producerende genen uit kalvermagen en bouwen ze in bacteriën, schimmels of gisten in, die door fermentatie stremsel maken. Het genetisch gemodificeerde micro-organisme wordt door dit proces gedood. Stremsel wordt afgescheiden en toegevoegd aan de melk; daardoor bevat de kaas geen genetisch gemodificeerde stoffen. Voorbeelden van recente toepassingen van synthetische biologie zijn experimenten met genetische modificaties van organismen en onderzoek naar menselijke embryonale stamcellen.

Gerelateerd aan:

- Gentechnologie
- Bio-informatica
- Bioraffinage en bio-brandstoffen

Naast het verwerven van kennis over hoe cellen werken, zouden synthetisch biologen graag goedkopere medicijnen willen maken of klimaatproblematiek willen oplossen. Recente voorbeelden zijn de schimmel *Penicillium notatum* die door DSM dusdanig verbouwd is, dat deze een antibioticum uit de cefalosporine-groep kan aanmaken. Er wordt gewerkt aan het 'ombouwen' van bacteriën tot een chemische fabriek om goedkope malaria-medicijnen te produceren. Het toepassen van ontwerpmethoden zoals abstractie en modulair ontwerpen in de biologie is sterk in opkomst. Dit zijn bekende methoden in oudere technieken zoals elektrotechniek, en zijn in de biologie in opkomst.

Synthetische biologie in de verre toekomst

Onderzoekers hopen dat organismen met behulp van synthetische biologie minder grondstoffen en geen bestrijdingsmiddelen nodig zullen hebben, minder ruimtebeslag leggen en minder energie verbruiken, en daardoor zullen bijdrage aan een duurzamere landbouw. Synthetische biologie kan helpen ingrediënten te produceren op een milieuvriendelijkere en goedkopere manier. Een verschuiving van grondgebonden productie van zeldzame ingrediënten, zoals bepaalde specerijen en medicinale stoffen, naar productie door synthetische biologie kan grote veranderingen meebrengen voor productieketens en economische verschuivingen tussen regio's veroorzaken. Er wordt geëxperimenteerd met het produceren van 'diervrije' melk en 'veganistische kaas' door een groep *biohackers* in San Francisco die financiering krijgt uit *crowdfunding*. In 2014 startte Waag Society's Open Wetlab de eerste *BioHack Academy* ter wereld: in een tiendaagse cursus 'bouw je je eigen 'BioFactory' die je in staat stelt om zelf aan de slag te gaan met brandstof, voedsel, vezels, medicijnen, geurstoffen, schimmels en andere vormen van biotechnologie'. Zou dit een voorbode kunnen zijn van een toekomstbeeld waarin iedereen thuis synthetisch biologische toepassingen kan bedenken en uitvoeren? Maar er zijn ook zorgen; door het manipuleren van bestaande bacteriën of virussen kunnen nieuwe ziekteverwekkers ontstaan. En synthetische biologie kan ook misbruikt worden om biologische wapens te maken. De techniek roept bovendien vragen op over intellectueel eigendom en ethiek. Kun je patent aanvragen op een nieuw



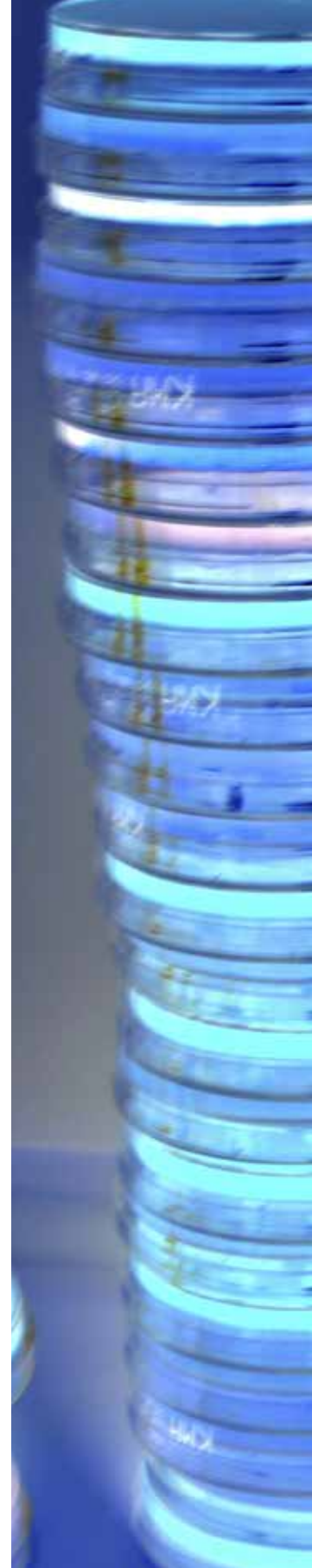
organisme? Is het ethisch toelaatbaar om kunstmatig leven te maken? Intellectueel eigendom wordt gezien als een noodzakelijke voorwaarde om nieuwe kennis commercieel te kunnen exploiteren. Anderen bepleiten juist een open source-model, waarin kennis en technieken in de synthetische biologie zo veel mogelijk gedeeld kunnen worden. De aanhangers van dit model vrezen monopolisering van kennis door grote bedrijven en daarmee versterking van bestaande ongelijkheden in de wereld. Een open source-model zou volgens hen de innovatie in de synthetische biologie juist kunnen versnellen.

Bronnen en verder lezen

Rathenau Instituut: Leven als bouw pakket, <http://www.rathenau.nl/publicaties/publicatie/leven-als-bouwpakket.html>

RIVM: Over synthetische biologie, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Synthetische_biologie

European Academies Science Advisory Council: Synthetische Biologie: een inleiding, http://www.easac.eu/fileadmin/Reports/Synthetische_Biologie_een_inleiding_-_Dutch_version.pdf







2.14 Eiwittransitie

Andere benamingen: *kunstvlees*, *vleesvervangers*

Wat is het?

Met eiwittransitie wordt hier bedoeld op de overgang naar een maatschappij waarin de eiwitconsumptie minder leunt op consumptie van traditioneel dierlijk vlees (kip, varken, rund, etc.) en meer op planten en alternatieven zoals zoutwaterorganismen en insecten. Zeewier is een primaire bron van eiwitten, het heeft geen eiwitbronnen nodig om te groeien. Insecten hebben als voordeel boven traditionele landbouwdieren dat zij plantaardig voedsel veel tot wel 5 keer efficiënter omzetten. Daarnaast vormen ze een goede bron van vetten (omega-3), vitaminen, mineralen en vezels. Een eiwittransitie zou ertoe kunnen bijdragen dat door een lagere consumptie van dierlijke eiwitten (productie van dierlijke eiwitten vraagt veel grondstoffen) de uitstoot van broeikasgassen wordt teruggedrongen. Daarnaast zou de voedsel-schaarste verminderd worden. Ook zijn er mensen die de eiwittransitie steunen vanuit ethische overwegingen en het oogpunt van dierenwelzijn.

Eiwittransitie nu en in de nabije toekomst

De eiwittransitie zou dichterbij kunnen zijn dan we denken. In de supermarkt zijn al insectenburgers verkrijgbaar, de 'vegetarische slager' en de 'vegetarische snackbar' zijn goedlopende bedrijven die producten aanbieden die op vlees lijken maar zijn gefabriceerd van eiwitten uit paddenstoelen, soja of zuivelproducten. En in veel snackfood zoals kipnuggets en kroketten wordt al een combinatie gemaakt van traditionele vleessoorten met 'alternatieve eiwitten'. Recent zijn er interessante ontwikkelingen gaande in de productie van kweekvlees: vlees geproduceerd op grond van celcultuur of weefselkweek. Het kunstmatig produceren van vlees gebeurt door het (laten) vermeerderen van losse cellen. Er wordt gebruik gemaakt van spiercellen, maar ook van embryonale stamcellen. Onder de juiste omstandigheden kunnen deze zich vermeerderen. Het resultaat is een soep van spiercellen. De vermeerderde cellen worden gescheiden van het startproduct zodat een vlezige massa ontstaat. In 2013 werd de eerste kweekburger ter wereld, ter waarde van 250.000 euro,

Gerelateerd aan:

- 3D printen
- Gentechnologie
- Synthetische biologie
- Aquacultuur
- Hernieuwbare energie

gepresenteerd. Uitdagingen bij het kweken van vlees zijn de technologie rond het kweken van stamcellen en hoe ze te specialiseren tot een spiercel. En om het kweekvlees uiteindelijk tot een aantrekkelijk product te maken ligt er nog de uitdaging om het de structuur en smaak van vlees te geven.

Eiwittransitie in de verre toekomst

Als kweekvlees of andere alternatieven voor vlees betaalbaarder worden – of zelfs goedkoper dan traditionele vleesproducten, en de consument vertrouwen heeft in het product zou dat een grote trendbreuk in ons dieet en voedselproductie kunnen betekenen. Goedkopere energie (zie 2.10) zou er toe kunnen bijdragen dat kweekvlees goedkoper wordt. De vraag is of er echt sprake zal zijn van een volledige eiwittransitie, of dat de alternatieve eiwitbronnen een aanvulling zullen vormen op onze huidige vleesconsumptie.

65



Bronnen en verder lezen

Vlaanderen Departement Landbouw en Visserij: Alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie. Een verkenning, <http://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/publicaties/studies/2010/alternatieve-eiwitbronnen-voor-menselijke-consumptie-eeen>

Platform 21: De toekomst van kweekvlees, <http://www.platform21.nl/page/3737/en>

BNR: Eerste kookboek voor kweekvlees is af,

<http://www.bnr.nl/nieuws/970574-1408/eerste-kookboek-voor-kweekvlees-is-af>



2.15 Food design

Andere benamingen: *Functional foods, nutraceuticals, personalised food, food technology, designer food*

Wat is het?

Met food design wordt bedoeld op het in laboratoria ontwikkelen van voedingsmiddelen waaraan bepaalde bestanddelen zijn toegevoegd of onttrokken om de smaak, structuur of gezondheidswaarde te verbeteren (in dat laatste geval spreekt men ook van *functional food*). Bij het weglaten of toevoegen van componenten moet de beleving gelijk blijven. Dus behalve de smaak zijn ook structuur (mondbeleving) en uiterlijk belangrijk. Een voorbeeld van food design is het toevoegen van water aan vette producten, waarbij het vet een soort omhulsel vormt om kleine waterdruppels. De smaakbeleving blijft hierdoor (vrijwel) hetzelfde, maar het vetpercentage is veel lager. Voorbeelden van toepassingen van food design zijn:

- Het ontwikkelen van producten met minder vet, suiker of zout, waarbij smaak, structuur en beleving behouden blijven.
- Het ontwikkelen van producten met een andere structuur (bijvoorbeeld minder korrelig of beter kauwbaar).
- Het ontwikkelen van gepersonaliseerde producten gericht op (snelle of snellere) genezing.
- Het ontwikkelen van producten met een bepaalde esthetische aantrekkingskracht, bijvoorbeeld geur, vorm, en kleur, waardoor voeding en eten een andere beleving krijgt.

In 2013 publiceerde STT *Aspirine op je brood*, resultaat van de toekomstverkenning over voeding en geneesmiddelen, waarin meer voorbeelden van food design worden gegeven.

Food design nu en in de nabije toekomst

Food design is een technologie die nu al aanwezig is in ons leven. Wie zoekt naar informatie ziet dat er al opleidingen food design bestaan en er worden veel evenementen rondom food design georganiseerd. Technologisch gezien is er al veel mogelijk. Voeding kan steeds meer op maat gemaakt worden voor individuen, rekening houdend met de levensfase waarin zij zich bevinden. De vraag is of, wanneer en op welke manier food design op grote schaal zijn intrede doet in

Gerelateerd aan:

- 3D-printen
- 4D-printen
- Gentechnologie
- Synthetische biologie

ons leven. De 3D-printer zou het op termijn mogelijk kunnen maken voor consumenten om zelf hun voedsel te ontwerpen en te printen.

Food design in de verre toekomst

Het lijkt erop dat we de komende decennia meer controle willen over de samenstelling van ons voedsel. Wat als koken in de toekomst betekent dat we eenheden voedingsstoffen (in blokjes, gel of poedervorm) zelf vorm geven en bepalen welke smaak het krijgt. Bijvoorbeeld met hulp van een 3D-printer (zie ook 2.1) Eten wat je lekker vindt en toch alle benodigde voedingsstoffen binnen krijgen. Zou dit een oplossing kunnen bieden voor gezondheidsproblemen en schaarste?

67



DE DESKUNDIGEN

Met een fraaie 3D-print zijn we er nog niet

Met nieuwe technologieën zoals 3D-printen wordt het mogelijk een scala van fraai uitziende en aantrekkelijk ogende nieuwe voedingsmiddelen te ontwerpen. Om bij de wens van de consument aan te kunnen sluiten, zullen die producten echter ook gezond, veilig, duurzaam, betaalbaar, en daarnaast ook lekker geurend en smakelijk moeten zijn.

Ze zullen moeten passen in onze gangbare of onze nog te ontwikkelen

nieuwe maaltijden en eetgewoonten, waarbij ze moeten kunnen bijdragen aan de vele sociale functies die maaltijden en voedingsmiddelen in onze culturen kunnen hebben. Met andere woorden, een fraaie en aantrekkelijke 3D-print kan een belangrijke stap voorwaarts zijn, maar we zijn er dan natuurlijk nog niet.

*Joop van Raaij, voedingsdeskundige
RIVM en Wageningen Universiteit*

Bronnen en verder lezen

International Journal for Science and Nature: Designer foods – their role in preventing lifestyle disorders, http://scienceandnature.org/IJSN_Vol2%284%29D2011/IJSN-VOL2%284%29-35sc.pdf

Journal of food science and technology: Designer foods and their benefits: A review, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550947/>

STT Aspirine op je brood, <http://stt.nl/stt-79-aspirine-op-je-brood/>



2.16 Aquacultuur

Wat is het?

Aquacultuur is het kweken van in water levende (aquatische) organismen zoals vissen, weekdieren (mollusken, bijv. mosselen), schaaldieren (crustaceeën, bijv. garnalen, krabben en kreeften) en wieren (bijv. algen). Bij het kweken worden zowel dierlijke als plant-aardige organismen in vijvers en bassins gehouden om deze vervolgens te kunnen verhandelen. Ook het kweken op zee (kweekinstallaties met zeevis en schelpdieren) wordt tot de aquacultuur gerekend. Verschillende vormen van aquacultuur zijn:

- Maricultuur, of 'aquacultuur op zee': het kweken van aquatische organismen waarbij het eindproduct op zee wordt gekweekt.
- Aquacultuur aan de kust: het kweken van aquatische organismen waarbij het eindproduct wordt gekweekt in brak water, zoals estuaria, baaien, lagunes en fjorden.
- Aquacultuur in zoetwater: het kweken van aquatische organismen waarbij het eindproduct wordt gekweekt in zoetwaterreservoirs, meren, kanalen en grondwater.
- Geïntegreerde teelt: de symbiotische kweek van aquatische organismen. Aquaponics is een voorbeeld van geïntegreerde teelt, waarbij de kweek van planten (hydrocultuur) en vissen in een recirculatie-omgeving plaatsvindt. De planten nemen de dierlijke effluenten op als nutriënten en zuiveren het water.
- Algenkweekinstallatie: Algen kunnen afhankelijk van de soort worden gekweekt in zoet water, brak water, zeewater of superzout water. Algen worden gekweekt voor meerdere types van toepassingen, bijvoorbeeld: hoogwaardige producten, grondstof voor voedingsproducten, biobrandstof, zuivering van rookgassen en afvalwater.

De Nederlandse aquacultuur richt zich voornamelijk op de kweek van schelpdieren en vissen.

Aquacultuur nu en in de nabije toekomst

Aquacultuur is wereldwijd de snelst groeiende voedselproducerende sector. Deze groei wordt enerzijds veroorzaakt door de stijgende vraag, maar ook doordat het een aanvulling en gedeeltelijke vervanging van de wildvang van vis vormt. In de aquacultuursector is een

Gerelateerd aan:

- Bioraffinage en bio-brandstoffen
- Synthetische biologie
- Gentecnologie
- Eiwittransitie
- Sensortechnologie
- Hernieuwbare energie

toenemende belangstelling voor het benutten van reststromen, zoals restanten van verwerkte visproducten, slachtafval, en schelpen van mosselen en oesters. Ook reststromen uit andere agrosectoren kunnen gebruikt worden in de aquacultuursector, bijvoorbeeld als input voor visvoer of het gebruik van de restwarmte van fabrieken en centrales voor kweeksystemen. Technologisch gezien heeft Nederland met recirculatiesystemen – of gesloten vissystemen – een kennisvoorsprong. In dergelijke systemen wordt het water gezuiverd en gecirculeerd met als voordeel dat het energiezuinig is en er praktisch geen reststromen zijn. Een recente ontwikkeling is de opkomst van stadsaquacultuur. Geavanceerde waterzuiveringsinstallaties kunnen het mogelijk maken om vissen te houden in een wateropslagruimte ter grote van een jacuzzi zonder het gebruik van chemicaliën. Om te profiteren van verzilting van kustmilieus wordt geëxperimenteerd met het telen van groenten met zout water. Een Nederlandse aardappel geteeld op zout water won in 2014 de prestigieuze 'USAid grand challenge award'.



Aquacultuur in de verre toekomst

De algemene verwachting is dat door de mondiale stijging in de vraag naar voedsel de vis- en schelpdierteelt sterk zal groeien. Met het oog op het veiligstellen van voedselvoorziening zal vooral de aandacht voor duurzame visvangst toenemen. De uitdaging voor aquacultuuronderzoek is om economische en sociale duurzaamheid te koppelen aan ecologische duurzaamheid. Intensivering in de aquacultuur betekent meer aandacht voor biotechnologische en technische aspecten. Gesloten teeltsystemen worden steeds belangrijker, ook vanuit milieuoogpunt. Over de hele wereld hebben landbouwgronden met verzilting te maken. Toepassingen van aquacultuur die gericht zijn op kweek in of met zilt water kunnen hiervoor een uitkomst bieden.

Bronnen en verder lezen

World Ocean Review: The Future of Fish –The Fisheries of the Future, http://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor2/WOR2_english.pdf

National Oceanic and Atmospheric Administration: The Future of Aquafeeds, http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/science/feeds/19_future_of_aquafeeds.html

Wageningen UR: Aquavlan - voor een duurzame toekomst van aquacultuur in Vlaanderen en Zeeland, <https://www.wageningenur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-333932303834>



2.17 Verticale landbouw

Andere benamingen: *arcologie*, *stadslandbouw*, *gecontroleerde omgevingslandbouw* of *'building-integrated'-landbouw*.

Wat is het?

Verticale landbouw is een vorm van landbouw waarbij gebruik wordt gemaakt van in steden geplaatste hoogbouw, zogenaamde verticale 'boerderijen'. Er is niet alleen sprake van verticale landbouw omdat de planten vaak groeien achter het glas van wolkenkrabbers, maar ook omdat de planten met behulp van stellingen boven elkaar worden gestapeld en zo boven en onder elkaar groeien. Met verticale boerderijen verhoogt het voedselaanbod in drukbevolkte steden en verkleint de ecologische voetafdruk van de landbouw. Naast groenten en fruit zou er vis en kip gekweekt kunnen worden. Verticale landbouw gebeurt in een volledig gecontroleerde omgeving. Ledlampen bootsen zonlicht na en via computers wordt gezorgd dat elke tray met planten evenveel licht en water krijgt. Bovendien beheren verticale landbouwers vaak verschillende verticale boerderijen tegelijk omdat ze de mogelijkheid hebben dit, met apps en computers, op afstand te doen. Als er een probleem is, bijvoorbeeld een kapotte waterpomp, worden ze via hun smartphone gewaarschuwd.

Verticale landbouw nu en in de nabije toekomst

Onder meer in Singapore en in de Amerikaanse staat Pennsylvania zijn de laatste jaren *'vertical farms'* opgestart. Verticale landbouw is een kreet die in Nederland steeds vaker in de media voorkomt maar er zijn nog weinig concrete projecten gerealiseerd. Voorheen was het vaak lastig om kantoren aan te passen tot een verticale boerderij omdat er te weinig zonlicht was voor gewasgroei. Inmiddels is de techniek zover dat er alternatieven zijn om gewassen beter te laten groeien zonder natuurlijk zonlicht. Voordelen van verticale landbouw is dat er geen oogstverliezen optreden als gevolg van weersomstandigheden, plagen of dieren; er een hogere opbrengst per vierkante meter is; de productie in de nabijheid van cliënt of markt plaatsvindt; er geen negatief effect op de biodiversiteit of aantasting van de bodem optreedt; de koolstofemissie vermindert; er minimaal waterverbruik is (door waterrecyclingsystemen); en er drastisch minder

Gerelateerd aan:

- Informatietechnologie
- Precisielandbouw
- Sensortechnologie
- Aquacultuur

fossiele brandstoffen verbruikt worden (geen tractoren, ploegen, verzending).

Verticale landbouw in de verre toekomst

In 2050 leeft 75% van de wereldbevolking, die tegen die tijd naar schatting negen miljard zielen telt, in de stad. Door verticale landbouw kan de productie van voedsel veel dichterbij de consumenten plaatsvinden, waardoor transport teruggebracht wordt. Vooruitstrevende ontwerpen van architecten voor verticale landbouw vinden we bij het concept *arcologie*: dat omvat een set door Paolo Soleri omschreven ontwerpprincipes voor architectuur. De principes zijn gericht op enorme woonomgevingen (habitats) met een extreem hoge bewoningsdichtheid die zowel woningen, bedrijven als landbouwfaciliteiten omvatten en die het milieu zo weinig mogelijk belasten. Dergelijke complexen worden vaak aangeduid met de term 'economisch zelfvoorzienend'. Verticale landbouw kan bijdragen aan het verhogen van de voedselproductie terwijl producten tegelijkertijd minder kilometers afleggen. Ook past het idee dat mensen zelf meer gaan verbouwen in het idee van stadslandbouw.



Bronnen en verder lezen

Wageningen UR: Stadslandbouw in kantoorpanden: Optie of utopie?, <http://www.wageningenur.nl/nl/show/Stadslandbouw-in-kantoorpanden-Optie-of-utopie.htm>

Georgia Tech: Van Ginkel Designs Future of Farming with Aquaponics, <http://www.news.gatech.edu/2013/05/23/van-ginkel-designs-future-farming-aquaponics>

Association for vertical farming: Vertical farming explained, <http://vertical-farming.net/info/>



2.18 Conserverings-technologieën

Wat is het?

Conserveringstechnologieën zijn technologieën die bijdragen aan een verlengde houdbaarheid van voedingsmiddelen en het behoud van verse eigenschappen ervan. Ze geven voedingsmiddelen een betere bescherming tegen aantastingen door bijvoorbeeld organismen als bacteriën en schimmels, of chemische en fysische processen. Voorbeelden van technologieën op het gebied van conservering zijn:

- Pasteurisatie met hoge druk waardoor bederforganismen, pathogenen en een deel van de enzymen worden geïnactiveerd en waardoor producten gekoeld meer dan een maand houdbaar zijn.
- Gepulste elektrische velden die voor inactivatie van pathogenen en bederforganismen in vloeibare producten zorgen.
- Pasteurisatie door middel van microwave processing waardoor maaltijden langer houdbaar zijn en een erg hoge organoleptische kwaliteit behoudt.
- Het gebruik van de koud plasmamethode waarbij inerte gassen worden gebruikt om het oppervlak van verpakkingen of voedingsmiddelen te desinfecteren. Met deze methode kunnen micro-organismen op het oppervlak van producten en verpakkingsmaterialen worden geïnactiveerd bij temperaturen van minder dan 40 °C
- Teelt op relevante genen tegen bederf na oogst van gewassen

Deze technologieën zouden alternatieven kunnen bieden voor 'klassieke' thermische pasteurisatie en/of sterilisatie processen. Door een lagere thermische belasting hebben producten die via deze nieuwe technologieën behandeld worden, vaak een verser karakter dan hetzelfde product. Zo is er onder andere sprake van minder smaakafwijkingen (minder 'kookmaak'), minder thermische beschadiging van nutritioneel waardevolle componenten (bv vitaminen) en een beter behoud van textuur.

Nu en in de nabije toekomst

De nieuwe conserveringstechnologieën worden over het algemeen gepresenteerd als meer duurzame manieren om te conserveren,

Gerelateerd aan:

- 3D-printen
- 4D-printen
- Slimme materialen
- Gentechologie
- Sensortechnologie
- Transporttechnologie

waarbij dus minder negatieve milieueffecten plaatsvinden. Daarnaast kan het verlengen van de houdbaarheid van producten een enorme bijdrage leveren bij het tegengaan van verspilling. Nederlandse consumenten gooien ieder jaar voor zo'n € 2,5 miljard aan voedsel weg. Dat is ruim € 150 per persoon. Ofwel zo'n 50 kilo. Producenten, tussenhandel, horeca en supermarkten verspillen nog eens zo'n € 2,5 miljard aan voedsel. Behalve geld kan door betere conserveringstechnologieën ook energie bespaard worden en extra uitstoot van CO₂ bij transport en afvalverwerking tegengaan.

Conserveringstechnologieën in de verre toekomst

Naast het verder tegengaan van verspilling is het goed denkbaar dat, als conserveringstechnologieën blijven verbeteren, er een groter en wellicht gezonder aanbod aan producten beschikbaar komt. Als de trend van 'snel en gemakkelijk eten' door blijft zetten en de vraag naar kleine porties, eenpersoonsmaaltijden, blijft toenemen dan kunnen betere conserveringstechnologieën bijdragen aan een gezonder dieet in dat opzicht. De opkomst van de 3D-printer en het fenomeen 'foodprinting' (zie 2.1) is sterk verweven met conserveringstechnologie: dergelijke technologieën zullen cruciaal zijn voor het prepareren en houdbaar maken van vullingen voor cartridges voor food-printing. Als het produceren op kleine schaal toeneemt zal er ook steeds meer vraag zijn naar technologieën die op kleine schaal kunnen worden toegepast om thuis geproduceerde producten houdbaar te maken. Acceptatie van nieuwe technologieën door consumenten, diëtisten en zorginstellingen kan een drempel vormen: het kan soms moeilijk te geloven zijn dat producten zoveel langer houdbaar zijn dan we gewend zijn.



Bronnen en verder lezen

Promatecfoodventures.com: Conserveringstechnologie wordt volwassen,

<http://www.promatecfoodventures.com/doc/VMTConserveringNov2011.pdf>

Kennislink.nl: Tomaat ruim maand langer houdbaar,

<http://www.kennislink.nl/publicaties/tomaat-ruim-maand-langer-houdbaar>

Vision Gain: The Food Preservation Technologies Market 2013-2023, <https://www.visiongain.com/Report/1104/The-Food-Preservation-Technologies-Market-2013-2023>



2.19 Transporttechnologie

Wat is het?

Nieuwe materialen, productietechnieken en vooruitgang in de informatietechnologie zullen waarschijnlijk leiden tot nieuwe mogelijkheden voor geautomatiseerd vervoer en veranderingen in de snelheid en efficiëntie van transport teweeg brengen.

Transporttechnologie nu en in de nabije toekomst

Het transporteren van producten kost nog altijd tijd en geld. De afgelopen decennia hebben veel technologische innovaties er toe bijgedragen dat transport steeds sneller en goedkoper werd en dat producten langer goed werden gehouden waardoor ze over langere afstand vervoerd konden worden. Dit heeft geleid tot een zeer divers aanbod aan producten het hele jaar door. De vraag is of, met stijgende brandstofprijzen en toenemende politieke druk om CO₂-emissies terug te dringen, we zoveel of meer goederen zullen blijven transporteren als nu, en of dat dan met dezelfde middelen kan als nu. Nieuwe transporttechnologieën en nieuwe vormen van energie en brandstoffen (zie 2.10 en 2.11) kunnen ertoe leiden dat CO₂-emissies geen belemmering vormen voor het toenemen van transportstromen. Efficiëntere motoren en de mogelijke toepassing van nieuwe brandstoffen kunnen vervoer efficiënter en waarschijnlijk goedkoper maken. Toenemende automatisering en ontwikkelingen op het gebied van IT (2.7) kan ons helpen verkeer efficiënter te managen en met hogere snelheden te laten bewegen. Files en gevaarlijke situaties zouden hierdoor naar verwachting beter voorkomen kunnen worden. Zo kunnen routes automatisch geoptimaliseerd worden om rekening te houden met verkeer en weersvoorspellingen. Dit kan leiden tot een vermindering van het risico op verlies en schade bij transport van grondstoffen en bijvoorbeeld bederfelijke levensmiddelen. Technologie zal naar verwachting ook leiden tot beter voorraadbeheer, door het meten en monitoren van verbruik. Dit kan er toe leiden dat het onnodig wordt grote hoeveelheden dure voorraad voor langere periodes in gereedheid te houden.

Gerelateerd aan:

- Slimme materialen
- Hernieuwbare energie
- Bioraffinage en bio-brandstoffen
- Informatietechnologie
- 3D- en 4D-printen
- Robotica
- Weersbeïnvloeding
- Conserverings-technologieën

Transporttechnologie in de verre toekomst

Autonoom vervoer zal naar verwachting de komende decennia op grote schaal zijn intrede doen. Autonoom vervoer kan een belangrijke rol spelen in de levering van goederen in bulk maar ook bij het leveren van kleinere hoeveelheden. Amazon experimenteert in de VS al met het inzetten van drones voor het afleveren van goederen bij consumenten waardoor *just in time delivery* nog nauwkeuriger wordt. Nieuwe materialen zullen waarschijnlijk ook de prestaties van voertuigen verhogen. De benodigde hoeveelheid energie, kosten en tijd van transport kunnen dan nog verder verminderen.

In 2013 publiceerde STT de toekomstverkenning superintelligent vervoer (*Het vervoer van morgen begint vandaag*) waarin meer voorbeelden van de toekomst van transport worden gegeven.

75



Bronnen en verder lezen

Transportation Research Board of the National Academies: Strategic Issues Facing Transportation, Volume 1: Scenario Planning for Freight Transportation Infrastructure Investment, <http://www.trb.org/Main/Blurbs/168694.aspx>

European Commission: Future of transport Analytical report, http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_312_en.pdf

TNO: Sustainable transport and logistics, <https://www.tno.nl/nl/samenwerken/expertise/earth-life-and-social-sciences/sustainable-transport-and-logistics/>

2.20 Weersbeïnvloeding

Ander benamingen: *weerbeheersing*, *weermodificatie*, *climate engineering*, *geo-engineering*

Wat is het?

Weersbeïnvloeding of weerbeheersing is het doelbewust manipuleren of veranderen van het milieu met als doel het weer te veranderen. De meest voorkomende vorm van weersbeïnvloeding is wolkenbezaaiing om de regen- of sneeuwkans te verhogen en zo de lokale watertoevoer te reguleren. Weersbeïnvloeding kan ook als doel hebben schadelijke weersomstandigheden zoals hagel of orkanen te voorkomen.

Weersbeïnvloeding nu en in de nabije toekomst

Het meest concrete huidige voorbeeld van weersbeïnvloeding is wellicht het hagelkanon. Een hagelkanon is een apparaat waarmee geprobeerd wordt hagelvorming in buien tegen te gaan. Met een hagelkanon worden granaten die zilverjodidekristallen bevatten afgevuurd op wolken. Een hagelkanon wordt soms gebruikt om te voorkomen dat hagelstenen sterk aangroeien. De waterdruppels in de wolk zetten zich af op de kristallen en worden zo verdeeld, waardoor de afzonderlijke ijskristallen minder groot worden. De hagelstenen maken daarvoor minder schade. Deze techniek wordt toegepast bij de druiven- en sinaasappel-teelt. In de fruitteelt en wijnbouw wordt vorstschade soms voorkomen door sterke rookontwikkeling boven het betreffende gebied: hierdoor wordt de warmte-uitstraling van de aardbodem verminderd. Sinds de twintigste eeuw is het lokaal beïnvloeden van weer in opkomst. Een stap verder gaat de notie van *climate engineering*, een verzamelnaam voor een reeks aan technologieën die het mogelijk maken opzettelijk in te grijpen in het klimaatstelsel. De twee belangrijkste technologieën waarmee klimaatveranderingen en opwarming van de aarde wordt tegengegaan, zijn kooldioxideverwijdering en het reguleren van zonnestraling. Kooldioxideverwijdering richt zich op de broeikasgassen in de atmosfeer. Regulering van zonnestraling beoogt de effecten van broeikasgassen te compenseren door de aarde minder zonnestraling te laten absorberen.

Gerelateerd aan:

- Sensortechnologie
- Bio-informatica
- Informatietechnologie
- Hernieuwbare energie
- Precisielandbouw

Weersbeïnvloeding in de verre toekomst

Het beïnvloeden van het klimaat is, gezien de risico's die samenhangen met grootschalige ingrepen in het klimaatsysteem, niet onomstreden. Het Rathenau Instituut stelt in haar rapport uit 2013 *Klimaatengineering, hype of wanhoop* dat “er geen eenduidig antwoord bestaat op de wenselijkheid van deze technieken. Zeker is wel dat ingrijpen grootschalig en internationaal moet zijn én langdurig, willen ze enig effect hebben. Maar juist vanwege die grootschaligheid moeten de consequenties van te voren helder zijn. Anders kunnen er onomkeerbare processen ontstaan.” Onder het grote publiek heerst angst voor weersbeïnvloeding als militair wapen waardoor er weinig draagvlak voor deze technologie lijkt te zijn. Mocht de mens over 35 jaar in staat zijn het weer naar wens te beïnvloeden dan zouden de gevolgen enorm groot kunnen zijn. Weersomstandigheden kunnen dan zodanig aangepast worden dat we meer voedsel kunnen produceren. Afhankelijk van de schaalgrootte waarop weersbeïnvloeding plaats vindt kan het optimale klimaat voor een bepaald gewas worden gecreëerd.



Bronnen en verder lezen

- Rathenau Instituut: Klimaatengineering: hype, hoop of wanhoop?, <http://www.rathenau.nl/publicaties/publicatie/klimaatengineering-hype-hoop-of-wanhoop.html>
- Scientific American: Geoengineering Is Not a Solution to Climate Change, <http://www.scientificamerican.com/article/geoengineering-is-not-a-solution-to-climate-change/>
- Engineering.com: Geoengineering: What Is It? What Can It Do?, <http://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/9736/Geoengineering-What-Is-It-What-Can-It-Do.aspx>

DE DESKUNDIGEN

78

De Nederlandse agri- & foodsector is toonaangevend in de wereld met als gevolg een grote bijdrage aan de werkgelegenheid, het Bruto Nationaal Product en landschapsbeheer. De komende decennia komt nog meer nadruk te liggen op innovatie en duurzaamheid. Voor Nederland liggen er grote kansen om hier een leidende rol in te vervullen. En dat vraagt om een sterk bedrijfsleven, topkennisinstellingen en een betrokken overheid. Hoogwaardige kennisontwikkeling vindt echter alleen plaats als er ook geproduceerd wordt. Daarom is het van groot belang dat de primaire sector en daarmee ook het toeleverend en verwerkend bedrijfsleven zich in Nederland kunnen blijven ontwikkelen.

Leo den Hartog,
Director R&D Nutreco

De toekomst van ons voedsel vereist grote investeringen in kennis en grote financiële investeringen. Dat geldt voor alle technieken die hier beschreven worden, zonder uitzondering. Daarmee is de toekomst van ons voedsel ook een kwestie van macht. Ook vragen zijn relevant als: wie gaat dit doen? Wie zouden de markten kunnen gaan beheersen? Dat zijn politieke vragen, omdat voedsel ons zo raakt. Het gaat om ons eigen lichaam. Het gaat om de omgeving waarin ons voedsel verbouwd of gehouden wordt. Het gaat vaak ook om de manier waarop we ons brood verdienen. Als deze techniekverkenning iets duidelijk maakt, is het wel dat de komende jaren veel gaat veranderen. Tijd is een factor. De ontwikkelingen gaan snel. Dat is relevant op nationaal niveau, maar zeker ook voor bedrijven en overheden in de regio. Het gaat er om nu onze positie te bepalen. Dat maakt deze verkenning belangrijk.

Hans Peter Benschop,
Directeur Trendbureau Overijssel

3. TOEKOMSTVERHALEN

Om de toekomst te verkennen is creativiteit en inlevingsvermogen noodzakelijk. In de workshops met stakeholders, experts en toekomstverkenner is aan de hand van het technologie-overzicht, de maatschappelijke ontwikkelingen en de archetype scenario's (hoofdstuk 4) gewerkt aan toekomstbeelden. Deze beelden schetsen een mogelijke toekomst en belichten daarbij ieder een ander aspect van de agri- & foodsector zoals die er in 2050 uit zou kunnen zien. De toekomstbeelden zijn de input geweest voor de toekomstverhalen waarvan wij er vier in dit hoofdstuk hebben opgenomen. De verhalen zijn niet bedoeld om de toekomst te voorspellen, maar om een discussie over de toekomst te stimuleren. De vier verhalen zijn gekozen op basis van de mate waarin zij in onze ogen 'dissensus' oproepen. Het zijn dus verhalen met daarin uitspraken of ideeën waar sommige mensen het mee eens zullen zijn en andere juist niet. Of die door sommigen als wenselijk of realistisch worden beschouwd en door anderen weer niet. Kortom, verhalen die een discussie oproepen.

3.1 Verhaal – Op maat

Mare stopt net de laatste rommel in een la als haar smart-C meldt dat Nigel en Pip zich op honderd meter van de voordeur bevinden.

“Jamie, haal de bubbliës maar uit de koelkast.”

“Bubbliës?” vraagt Jamie.

“Champagne”, antwoord Mare.

“OK, champagne komt eraan.”

Jamie verdwijnt in de keuken. Mare loopt naar de voordeur en doet open.

“Hallooo! Welkom in mijn nieuwe huis!”

Jamie is ondertussen weer terug in de kamer met de champagne en volgt het ritueel van omhelzen en zoenen op afstand. Niets voor hem. Net als champagne trouwens. Hij snapt niet waarom mensen het überhaupt drinken. Het heeft totaal geen voedingswaarde. Erger nog, het is schadelijk voor je hersenen, je lever en wat al niet meer.

80

De bijbehorende borrelhapjes maken het alleen maar erger. Ze zijn weliswaar heel verantwoord lokaal besteld, bij een boer die goed op dierenwelzijn let en zelf ook zoveel mogelijk alles lokaal inkoop, maar dat maakt ze niet gezonder. Ze zijn veel te vet en bevatten nauwelijks vezels. Qua micronutriënten is het ook al niet wat Mare nodig heeft. Als het aan Jamie had gelegen, dronken ze nu een lekkere groentecocktail en aten ze er heel andere hapjes bij. In de kelder van het appartementencomplex waar Mare haar intrek heeft genomen, worden allerlei exotische groente- en fruitsoorten geproduceerd. Lokaler en gezonder kan het niet.

Qua gezondheid doet Mare het niet al te best momenteel; haar lichaamswaarden zijn verre van ideaal. Niet dat ze zich ziek voelt, maar op basis van de waarden van de afgelopen 3 maanden heeft ze een kans van meer dan 90% dat ze binnen zes tot acht weken darmproblemen krijgt. Die kansberekening is gebaseerd op de gegevens van vele miljoenen mensen die online hun lichaamswaarden bijhouden. Ze geven geen inzicht in het hoe en waarom van het ontstaan van ziekte, maar dat maakt de informatie niet minder nuttig. Je weet wat je te wachten staat en welke maatregelen je kunt nemen om ellende te voorkomen. In het geval van Mare: dagelijks 1 uur langer nachtrust vermindert haar risico met 15%, 45 minuten lopen met 25%, en meer voedingsvezels met 30%.

Jamie heeft Mare verschillende keren op de ongunstige cijfers geattendeerd en op de mogelijke maatregelen die ze kan nemen. Maar meestal antwoordt Mare laconiek dat het maar statistieken zijn. De laatste keer dat Jamie erover begon reageerde Mare met een geïrriteerd betoog over de zin en onzin van statistieken. Haar conclusie was duidelijk: ze wil gewoon kunnen genieten van het leven en niet altijd met haar gezondheid bezig zijn. Aan het einde van het verhaal beet

ze hem nog toe dat hij nooit zal begrijpen wat een heerlijke ervaring het is om designer food te eten, zoiets als het dragen van Jimmy Choo schoenen. Jamie snapt dat inderdaad niet.

Online heeft hij toen het een en ander opgezocht over gedrag van mensen en is tot de conclusie gekomen dat het opdringen van gezonde keuzes een averechts effect heeft. Iets neuropsychologisch. En dus staan er allerlei hippe kaas- en vleeshapjes klaar uit de nieuwste collectie van Farmel. Gelukkig heeft Mare de bereiding van het diner grotendeels aan Jamie overgelaten. Hij heeft wat extra elementen kunnen toevoegen om de nadelige effecten van de borrelhapjes zoveel mogelijk te compenseren, zonder dat het te proeven is. Lang leve de foodprinter en de nanotechnologie!

Het gezelschap is inmiddels voorzien van een glas champagne en ze kletsen er vrolijk op los. Althans, Nigel en Mare. Pip is erg stil. Ze zit de hele tijd gespannen naar Jamie te kijken.

“Wat is er toch Pip?” vraagt Mare uiteindelijk.

“Oh niks,” antwoord Pip ontwijkend. Maar Nigel legt uit: “Pip is van de week gehackt. Iemand heeft haar lichaamswaarden uitgelezen en haar robotbutler aangestuurd om precies datgene te serveren waar ze niet tegen kan. Ze is er twee dagen goed beroerd van geweest.”

“Oh wow, wat naar!” Mare is zichtbaar aangedaan. “Weet je hoe het heeft kunnen gebeuren?”

Pip schudt verdrietig haar hoofd. “Ik heb echt geen idee. Het kan overal vandaan komen. Totdat ik ziek werd, lette ik nooit zo op waar ik allemaal inlogde om m'n lichaamswaarden te bekijken. En ik heb m'n gezondheidsinformatie ook wel eens weggegeven in ruil voor korting of een gratis product.”

Nu is het Mares beurt om stil te worden. Ze heeft haar gezondheidsinformatie ook vaak zat voor dat soort dingen gebruikt. Ze kijkt naar Jamie en dan naar de ongezonde snacks op tafel. Waarom had Jamie haar eigenlijk niet tegengesproken toen zij hem had gevraagd die hippe hapjes te bestellen? Was hij niet geprogrammeerd om bij ongezonde keuzes altijd een gezond alternatief te suggereren? Een ongemakkelijk gevoel maakt zich van haar meester.

Trefwoorden: Lokaal, personalised food, food design, sensortechnologie, robotica, informatietechnologie en ict-infrastructuren, slimme materialen, 3D-printen



3.2 Verhaal – Boeren controlekamer

“We kunnen vanuit deze controlekamer al onze velden overzien”, zegt Harm Harmsen sr. vol trots tegen zijn broer Dirk. Onze tarwe in Duitsland, onze aardappels in Friesland en onze koeien hier in Gelderland. En doordat alle data altijd en overal via de cloud beschikbaar is, kunnen we er altijd bij op onze smartwatch, smartphone of smart spectacles.” Harm Harmsen sr. is chirurg maar kreeg door de komst van de robots in de operatiekamer kortere werkdagen en meer tijd om aan zijn hobby ‘boeren’ te besteden. Niet meer van dat gepruts in de moestuin achter het huis, hij stuurt nu vanuit zijn controlekamer op zolder drie velden met gewassen aan.

82



Er zijn anno 2050 in Nederland nog maar weinig boerenbedrijven zoals we die aan het begin van de 21e eeuw kenden. Kunstmest en water zijn schaars en menselijke arbeid is duur. Een boerenbedrijf heeft om rendabel te zijn veel meer land nodig dan gebruikelijk was in Nederland. Boerenbedrijven moesten uitwijken naar het buitenland om meer grond te kunnen bebouwen en gebruiken daarvoor toepassingen zoals sensortechnologie, robotisering, machine-telematica, apparaten die real-time de biometrie van vee meten, gps-tracking-systemen, en (zelflerende) ICT-systemen om hun bedrijf vanaf afstand aan te sturen. Met hulp van technologie kunnen kosten worden bespaard. Infrarood tractoren zien welke planten kunstmest nodig hebben en drones brengen in kaart welke delen van het land een bepaalde hoeveelheid water nodig hebben. Ook monitoren die de gezondheid van planten en kunnen aangeven als een omheining kapot is.

Een boer is tegenwoordig eerder een data-analist dan iemand die in overall de handen uit de mouwen steekt. Veel boerenbedrijven hebben de omslag naar grotere, IT-gestuurde bedrijven niet overleefd en zijn overgenomen door IT'ers. Aan de andere kant zijn er boeren zoals Harm Harmsen sr. die een aantal velden beheert vanuit huis en zijn boerenbedrijfje naast zijn baan als chirurg voert.

“En Harm jr. kan hier mooi zijn nieuwe software uittesten die hij met zijn medestudenten Agro-Informatica ontwikkeld heeft. Kijk, die software stuurt niet alleen de sorteerrobots aan, maar analyseert en voorspelt ook het gedrag van consumenten. Tot nu toe waren dat gescheiden systemen en vreselijk duur om aan te schaffen. Maar nu wordt tijdens het sorteren, waarbij het juiste onderscheid gemaakt tussen de ‘mooie’ tomaten en de cosmetisch gezien minder aantrekkelijke tomaten, ook gelijk berekend waar die week de prijzen voor de gewassen het gunstigst liggen. De yuppen die hun inkopen doen in de Rotterdamse Marqt-Hal betalen met gemak drie keer zoveel voor een mooie aardappel dan de gemiddelde klant van de Superfoods Outletstore die zich niet stoort aan een asymmetrische aardappel met een deukje of kleurverschil. Er wordt minder weggegooid en wij verdienen meer geld!”

“En niet te vergeten pa,” voegt Harm jr. toe, “gezond voedsel wordt daardoor ook betaalbaar voor lage inkomens.” “Ja, dat is een mooie bijkomstigheid natuurlijk, we helpen natuurlijk graag onze medemens,” zegt Harm sr.

Trefwoorden: Precisielandbouw, robotica, informatie-technologie, sensor-technologie, bio-informatica, transporttechnologieën, conserverings-technologieën

3.3 Verhaal – Filantropin

“Oma, mag ik u interviewen voor school?”, Aisha kijkt haar oma vragend aan.

“Natuurlijk meisje, vraag maar raak. Waar wil je het over hebben?”

“We doen een project over eten. Eten nu, eten in de toekomst en eten van vroeger.”

“Oh, dan ben je bij mij aan het goede adres, ik ben gek op eten!”

“Wat at u vroeger?”

“Wat ik vroeger at? Eigenlijk niet zo heel veel anders dan wat ik nu eet. Of toch wel een beetje anders. Vroeger at ik veel meer vlees, echt vlees bedoel ik dan. Ham, biefstuk, kipfilet. Eigenlijk iedere dag wel iets van vlees. Soms zelfs meerdere keren op een dag.”

Aisha denkt aan de koeien en varkens op de kinderboerderij waar ze graag speelt en zegt: “Gatsie, vlees van dieren!”

Dan schiet er een andere gedachte door haar hoofd en ze vraagt: “maar oma, was u vroeger dan heel erg rijk?”

Haar oma glimlacht. “Nee hoor schat, ik ben nooit rijk geweest. Maar vroeger was echt vlees lang niet zo duur als nu. Toen ik een meisje van jouw leeftijd was, bestond er nog geen kweekvlees en voor vleesvervangers moest je naar speciale winkels, reformwinkels werden die genoemd. Toen ik zwanger was van jouw mama heb ik wel even overwogen om te stoppen met vlees eten. Er gingen toen allerlei verhalen de ronde over hoe slecht vlees voor je gezondheid zou zijn. En er werd wel eens met vlees gesjoemeld.”

“Gesjoemeld?”

“Dat ze zich niet aan de regels hielden, en dat er daardoor stoffen in zaten die niet goed voor ons waren.”

Aisha kijkt bedenkelijk. “En waarom bent u dan toch niet gestopt met vlees eten?”

Oma wordt even stil. Ze lijkt zich een beetje te schamen. “Ik heb het wel even geprobeerd hoor, maar ik vind vlees zo lekker. Pas toen vlees echt te duur werd, ben ik vleesvervangers gaan kopen.”

“Maar eigenlijk zou u liever echt vlees eten?”

“Niet meer. Veel van die vleesvervangers vind ik toch wel heel erg lekker. En ze zijn nog gezonder ook. Ik vind het bovendien een prettige gedachte dat er geen koeien of varkens in veel te kleine hokjes voor worden gefokt.”

“Maar insecten om vleesvervangers van te maken worden toch ook met z'n



allen boven op elkaar gekweekt?”

“Ja, dat is wel zo. Maar eerlijk gezegd denk ik niet dat die insecten dat erg vinden. In de natuur leven ze ook zo.”

Aisha knikt begrijpend. Alleen snapt ze nog niet helemaal waarom haar oma dan niet veel eerder insecten is gaan eten.

“Maar vroeger kon je toch ook al insecten kopen, waarom bent u dan niet veel eerder insecten gaan eten?”

Oma glimlacht weer. “Eerlijk gezegd vond ik het maar een vies idee. Veel mensen trouwens. Insecten werden hier in Nederland lang als tweederangs eten gezien. Goed voor vis- of veevoer, maar niet geschikt voor mensen. Dat veranderde door een slimme zet van een rijke filantroop.”

“Een filanwattus?”

“Een filantroop. Iemand die goede dingen voor andere mensen doet.”

“Wat deed die goede-dingen-doen-man dan?”

“Het was geen man, het was een vrouw.”

“Een filantropin dus.”

Oma lacht geamuseerd. “Inderdaad, een filantropin. Wil je nog weten hoe zij ons aan het insecten eten heeft gekregen?”

Aisha knikt. Ze is heel benieuwd.

“Eigenlijk was het heel simpel. De filantropin heeft veel geld geïnvesteerd in films en games waarin filmsterren en helden eten gemaakt van insecten aten alsof het de normaalste zaak van de wereld was. Ook bij allerlei dure feestjes zorgde zij ervoor dat er insecten op het menu stonden. Als snel ging iedereen die erbij wilde horen ook insecten eten. Binnen een mum van tijd was meer dan de helft van het vlees vervangen door producten gemaakt van insecten. Het hielp natuurlijk ook wel dat vlees ondertussen steeds duurder werd. Maar ik denk zelf dat de filantropin een doorslaggevende rol heeft gehad.”

“En als u aan de toekomst denkt, wat denkt u dan dat er nog gaat komen?”

Oma trekt een moeilijk gezicht. “Oei, daar vraag je me wat meisje, dat is een lastige vraag! Wat denk jij?”

Trefwoorden: Eiwittransitie

3.4 Verhaal – Waar is de beschaving?

“Isabella, nee! Isabella open je ogen, alsjeblieft! Isabella!” Apu houdt het slappe lichaam van zijn vrouw in zijn armen. Hij ziet nog net 3 jongens over het hek van zijn daktuin springen en verdwijnen in het straatgewoel. Het heeft geen zin achter ze aan te gaan of de politie te bellen. Hij meent de jongens herkend te hebben: het zijn benedeleden. De straatbendes maken in dit deel van Amsterdam de dienst uit. En Isabella heeft hem nu harder nodig. Wanhopig drukt hij haar tegen zich aan. En te bedenken dat ze vanuit India naar Nederland zijn gevlucht om een beter bestaan op te bouwen in veiligheid. Om te ontkomen aan de criminaliteit en terroristische aanslagen die het leven van alledag beheersten. En

nu, tien jaar later wordt zijn vrouw bewusteloos geslagen door een stel straatjongens voor een paar kroppen sla....

Het heeft geen zin nog een keer weg te trekken, het is overal moeilijk. Sinds 2025 lijkt het nergens meer veilig. En het frustrerende is dat iedereen het heeft zien aankomen, maar niemand het heeft kunnen (of willen) stoppen. De enorme bevolkingsgroei die de wereld te wachten stond werd begin van de 21e eeuw nog onderschat en toen deze in 2030 al de 9 miljard passeerde leek dat een verrassing te zijn voor demografen en wereldleiders. Nu in 2050 leven er ruim elf miljard mensen op aarde en geen enkele institutie heeft stand kunnen houden.

Klimaatverandering heeft veel landbouwgrond onvruchtbaar gemaakt. De techniek faalde haar beloftes te verwezenlijken en ziektes in gewassen en dieren zorgden ervoor dat het vertrouwen in instituties verdween. Staten lijken niks meer te zeggen hebben, de VN, de EU, de WHO en de WTO zijn hun invloed al lang geleden verloren. Multinationale bedrijven hebben het voor het zeggen, maar vanwege onduidelijke wet- en regelgeving zijn veel regio's op zichzelf aangewezen. Op veel plekken zijn 'gated communities' ontstaan. Doordat internationale afspraken om het milieu te beschermen hebben gefaald voert de mensheid wereldwijd strijd om water, energie, land en voedsel.

Europa leek door haar technologische voorsprong een tijd lang een veilige haven. Nederland behaalde grote successen met het ontzilten van water en leek een van de weinige landen waar nog sprake was van voedselveiligheid. Veel migranten uit Zuid-Europa en later van over de hele wereld trokken naar Nederland om een plaats te verwerven in de lokale 'gated communities', waar dankzij de beschikbaarheid van water en met behulp van kleinschalige en grootschalige stadslandbouwprojecten en 'verticale landbouw' nog hoop was.

Maar de toestroom van migranten zoals Apu en Isabella zorgden ervoor dat ook hier de schaarste desastreus gevolgen kreeg. Ook in Nederland was de toestroom aan migranten groter dan het kleine land kon dragen en ook hier ontstonden tekorten en sociale onrust. En nu wordt er dus ook al in de steden voedsel gestolen door je burens. Waar is de beschaving gebleven?

Trefwoorden: Klimaatverandering, voedselschaarste, geopolitieke verhoudingen



Gezondste tomaat ooit vervangt 'de schijf van vijf'

Tracking & tracing per product verplicht in EU-landen

86

Hackers zorgden voor onjuiste voorspellingen voedselproductie

Insecten en zeewier goed voor 60% van dagelijkse eiwit-inname in Nederland

**Boeren voor luxe-voedsel,
printers voor de dagelijkse maaltijd**

90% van ons luchtverkeer vliegt op mest

Nieuwe toiletten recyclen menselijk afval tot schoon water en brandstof

**Grootste zadenbank ter wereld valt
in private handen**

**Drones oogsten uw groenten en
leveren direct aan de voordeur af**

87

Eerste komkommeroogst op Mars is een feit

**Rituele maaltijden
helpen tegen depressie**

Cao-onderhandelingen met robots lopen vast

Laatste supermarkt wordt museum

Bio-hackers slaan de handen ineen met multinational

4. OOG VOOR ONZEKERHEID EN COMPLEXITEIT

4.1 Maatschappelijke ontwikkelingen

Zoals eerder benoemd is de agri- & foodsector onderdeel van een complex systeem dat grenzen en disciplines overstijgt. Hoe de mogelijke technologische ontwikkelingen die in hoofdstuk 2 zijn beschreven zullen uitwerken is onderhevig aan een grote mate van onzekerheid en complexiteit. Om hier recht aan te doen geven wij in dit hoofdstuk een overzicht van maatschappelijke – niet technologische – ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn op de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector. Het gaat hier wederom nadrukkelijk niet om voorspellingen maar om mogelijkheden. Sommige ontwikkelingen zijn al duidelijker zichtbaar dan andere en van sommige ontwikkelingen is het nog moeilijk te zeggen wat de impact ervan op de agri- & foodsector zal zijn. Om een diversiteit aan mogelijkheden weer te geven schetsen wij toekomst-scenario's van een mogelijke toekomstige wereld. Deze scenario's zijn extreme denkbeelden die niet bedoeld zijn om de toekomst te voorspellen, maar om u te helpen erover na te denken. Ook de toekomstverhalen in hoofdstuk 3 kunnen daarvoor een instrument zijn. Er zijn vast nog meer scenario's en verhalen te bedenken, wij hopen dat de ontwikkelingen en beelden die wij hier schetsen u helpen uw eigen ideeën over de toekomst vorm te geven.

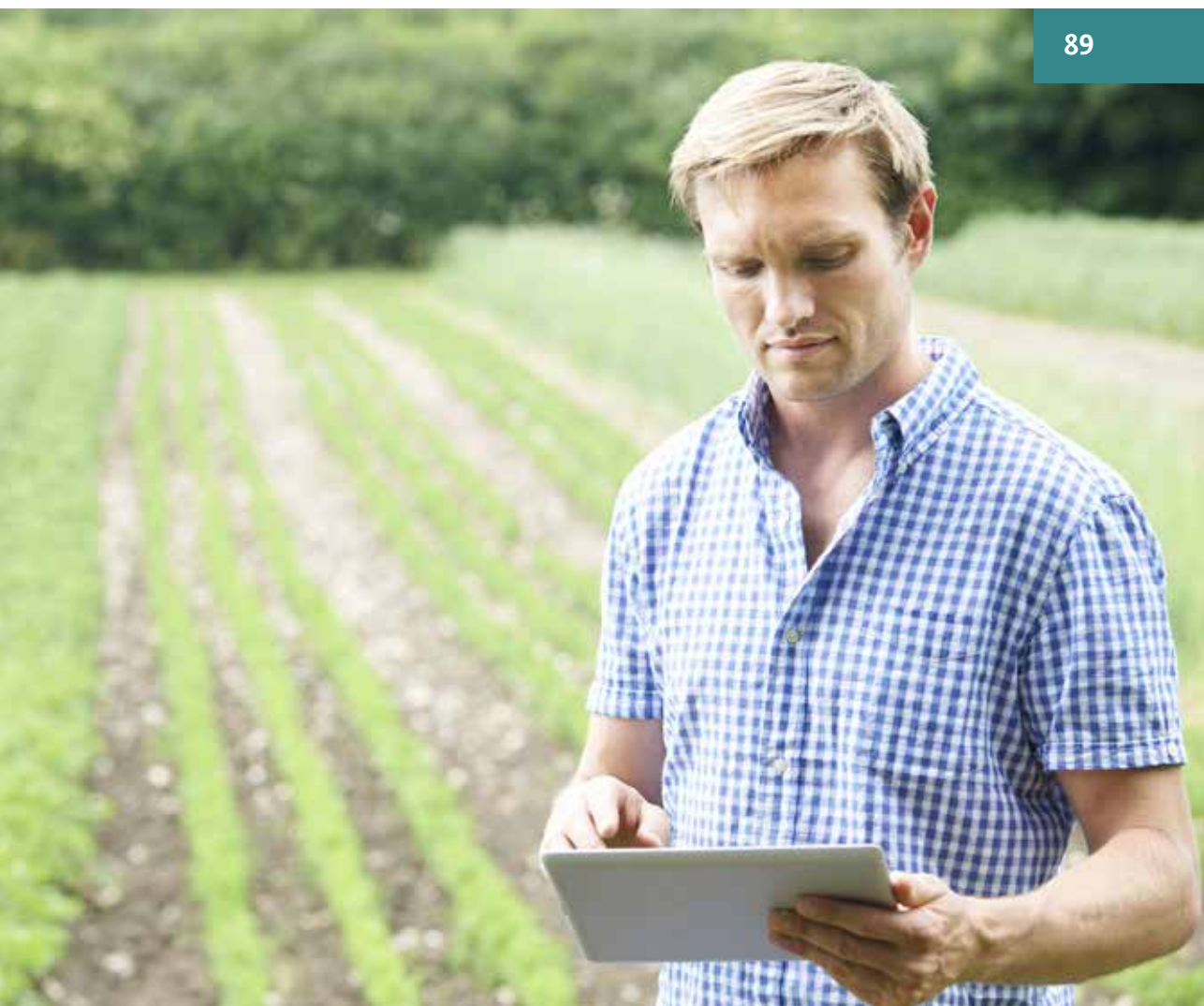
De maatschappelijke ontwikkelingen hebben wij onderverdeeld in vijf categorieën:

- Demografische ontwikkelingen
- Economische ontwikkelingen
- Sociaal-culturele ontwikkelingen
- Ecologische ontwikkelingen
- Geopolitieke ontwikkelingen

Alle ontwikkelingen worden hiernavolgend toegelicht.

Voor uitgebreidere informatie over de ontwikkelingen die in dit hoofdstuk worden genoemd verwijzen wij naar:

- Rijksbrede trendverkenning, Strategieberaad Rijksbreed, 2013
- Welvaart en Leefomgeving, PBL 2014
- Trends en autonome ontwikkelingen binnen en buiten de agro- en natuursector, LEI 2014
- STT Horizonscan 2050, STT 2014





Demografische ontwikkelingen

1. Bevolkingsgroei
2. Verstedelijking
3. Ontstedelijking
4. Een krimpende beroepsbevolking
5. Minder werken



Economische ontwikkelingen

6. Verschuiving politiek-economisch zwaartepunt
7. Internationalisering handelsverkeer
8. Veranderingen in inkomensgroei en -verdeling
9. Volatiele voedselprijzen
10. Nieuwe vormen van financiering
11. Circulaire economie
12. Onzekere economische dynamiek
13. De prosument
14. Opkomst van online winkelen
15. De deeleconomie
16. De kenniseconomie

90



Sociaal-culturele ontwikkelingen

17. Meer aandacht voor productieomstandigheden
18. Toenemend belang van duurzaamheid
19. Veranderende consumptiepatronen
20. Toenemende behoefte aan informatie en transparantie
21. Koppeling van gezondheid en voeding
22. Zelforganisatie en zelfredzaamheid



Ecologische ontwikkelingen

23. Effecten van klimaatverandering
24. Beschikbaarheid en verdeling van natuurlijke grondstoffen
25. Ecologische voetafdruk



Geopolitieke ontwikkelingen

26. De rol van de EU
27. Distributie van macht
28. Concentratie van macht

Demografische ontwikkelingen

1. Bevolkingsgroei

De komende decennia leiden betere gezondheidszorg, meer onderwijs en een hogere levensstandaard tot steeds meer mensen op aarde. De VN en de OESO schatten dat de wereldbevolking zal groeien naar 8 miljard in 2030, tot 9 miljard mensen in 2050. De verwachting is dat vooral in ontwikkelingslanden de bevolking toeneemt en dat in de ontwikkelde landen de bevolking vrijwel gelijk blijft. In 2050 zal naar verwachting meer dan 60% van de wereldbevolking in Afrika en Azië wonen. De levensverwachting stijgt en zal in 2050 in ontwikkelde landen gemiddeld 83 jaar zijn en in ontwikkelingslanden 72 jaar. In 2050 zal een vijfde van de wereldbevolking ouder dan 60 jaar zijn en in Europa zal dit een derde zijn [LEI/WUR 2014]. Door de groei van de wereldbevolking en de verwachte groei in besteedbaar inkomen zal de vraag naar voedsel, landbouwareaal, water, energie en andere grondstoffen stijgen.

2. Verstedelijking

Als de migratie naar de steden wereldwijd doorzet wonen er straks meer mensen in steden dan ooit tevoren. De verwachting is dat in 2050 80% van de wereldbevolking in steden woont [Min. BZK, 2013]. Verstedelijking beïnvloedt dieet- en bestedingspatronen van consumenten. De stedelijke markten bieden kansen voor de vestiging van bijvoorbeeld grote supermarktketens, multinationale ondernemingen en trekken buitenlandse investeerders aan. De levensstijl van stadsinwoners draait vaak om gemak en tijdsbesparing. Daardoor consumeren stedelijke consumenten meer verwerkte voedingsmiddelen [IAASTD, 2009]. Door verdere handelsliberalisering en daling van transportkosten groeit de omvang en diversiteit van het voedselaanbod in steden. Om de groeiende steden te kunnen voeden is er een ontwikkeling naar metropoolaanse landbouw: een systeem van agroproductie dat landbouw en voedselproductie integreert met wonen, gebruik makend van slimme verbindingen tussen partijen, waarden, energie en grondstofstromen. Doordat de agrarische producent mede-eigenaar is van een supermarkt en zorgt voor de verse producten, is er een kortere keten en samen met geavanceerde agrokennis leidt dit tot minder transportkilometers (*planet*) en een hogere opbrengst (*profit*) [IAASTD, 2009].





3. Ontstedelijking

Hoewel de meeste publicaties ervan uitgaan dat de trend van verstedelijking zal doorzetten, zijn er ook experts die verwachten dat in de westerse wereld juist sprake zal zijn van ‘ontstedelijking’. Virtuele verplaatsingen en ontmoetingen zullen steeds aanvaardbaarder worden en mogelijk fysieke verplaatsingen en ontmoetingen grotendeels vervangen. Ook ontwikkelingen op het gebied van autonoom vervoer maken het mogelijk dat reistijd een minder grote rol gaat spelen bij de keuze voor een vestigingslocatie [STT, 2014]. Als nabijheid en afstand een steeds kleinere rol spelen, waarom zou het dan nog nodig zijn dicht bij je werk of in een stad te wonen? En als verstedelijking niet doorzet – of zelfs afneemt – en mensen minder dicht op elkaar gaan wonen zou dat het wellicht makkelijker maken om een circulair systeem (zie ontwikkeling 12: circulaire economie) voor voedselvoorziening in te voeren.

4. Een krimpende beroepsbevolking

In Nederland hebben we te maken met een zowel vergrijzende als krimpende beroepsbevolking. We zien momenteel een tragere economische groei en afnemende productiviteit, terwijl overheidsuitgaven – met name in de gezondheidszorg – blijven stijgen. Voor de lange termijn verwacht men in Nederland een tekort aan arbeidskrachten in sectoren zoals IT, zorg en technische beroepen [PBL, 2013]. De massale vergrijzing kan een tijdbom worden onder het financiële stelsel van

gezondheidszorg, pensioenen, en belastingen en leiden tot verstoringen in de sociale dynamiek. Er kunnen nieuwe maatschappelijke verhoudingen ontstaan tussen jongere (werkende) en oudere (niet-werkende) generaties. Uit een publicatie van het LEI uit 2010 blijkt dat zo'n 2000 middelgrote en grote bedrijven met een bedrijfshoofd van 50 jaar of ouder (nog) geen opvolger hadden [LEI, 2010].

5. *Minder werken*

Tegenover de trend van arbeidsmarktkrimp, zijn er ook experts die verwachten dat digitalisering en automatisering (robotica) arbeidstekorten zullen opvullen, dat menselijke arbeid zich verplaatst naar lagere lonen landen en dat juist een verdere inkorting van de werkweek zal optreden: als robots en computers de mensen steeds meer werk uit handen kunnen nemen, is het niet ondenkbaar dat we toegaan naar een 20-urige werkweek en meer tijd kunnen besteden aan zelfverwezenlijking, cultuur en beleving [NTV, 2008; STT, 2014].



Economische ontwikkelingen

6. *Verschuiving politiek-economisch zwaartepunt*

Er lijkt een mondiale machtsverschuiving plaats te vinden waarbij het economisch en politiek zwaartepunt van landen aan de Noord-Atlantische oceaan verschuift naar die aan de Stille en Indische Oceaan en Zuid-Amerika. De economische, politieke, en militaire invloed van de EU neemt in deze nieuwe geopolitieke verhoudingen af. De nieuwe opkomende machten eisen een plek op aan de hoofdtafel van de internationale politiek. Dat werd bevestigd op 14 april 2011, toen de BRICS-landen (Brazilië, Rusland, India, China en Zuid-Afrika) afspraken maakten over de intentie tot verandering van de VN-Veiligheidsraad. Met de verschuiving in de machtsverhoudingen treedt er ook een verschuiving op in de waardesystemen die de wereld domineren. Hoewel het kapitalisme alom omarmd lijkt, staat de vrije markt onder druk. Het Chinese model van staatskapitalisme wint aan aantrekkelijkheid en invloed, vooral voor landen in Zuid-Amerika en Afrika. Ook Westerse landen morrelen aan de vrije markt, door zich te laten verleiden tot protectionistische neigingen. Technologische ontwikkelingen brengen in dit opzicht zowel kansen als bedreigingen. Enerzijds groeit het risico van het in verkeerde handen vallen van gevaarlijke technologie, bijvoorbeeld

nucleaire wapens, en er doen zich ook nieuwe dreigingen voor, zoals cyberaanvallen. Anderzijds zorgen technologische ontwikkelingen voor toegang tot nieuwe kennis en nieuwe mogelijkheden om dreigingen te keren. Hetzelfde geldt voor (potentiële) grondstoffen schaarste. Aan de ene kant biedt die kansen, omdat het noodzakelijk is om naar creatieve oplossingen te zoeken – wat de multilaterale samenwerking ten goede kan komen. Aan de andere kant, als landen de conclusie trekken dat ze zoveel mogelijk moeten inslaan van een verdwijnende voorraad grondstoffen, dan werkt dat de competitie tussen landen in de hand [Min. BZK, 2013].



7. Internationalisering handelsverkeer

Er is sprake van een toenemende internationalisering van handelsverkeer en tegelijk een groeiende vraag naar ‘exotische’ producten. Steeds meer retailers bieden het hele jaar door een divers assortiment met producten vanuit de hele wereld [IAASTD, 2009]. Enerzijds leidt dit tot een toenemende concurrentie voor producten van Nederlandse bodem. Anderzijds biedt de toenemende internationalisering ook exportkansen.

8. Veranderingen in inkomensgroei en -verdeling

Er is sprake van een opkomende middenklasse in ontwikkelingslanden. Tegelijkertijd lijkt er een grotere kloof te ontstaan tussen lagere en hogere inkomens, zowel wereldwijd als binnen landen en regio's. Een hoger gemiddeld inkomensniveau in de ontwikkelingslanden en opkomende



economieën in combinatie met verstedelijking zal naar verwachting leiden tot een toenemende vraag naar ‘duurdere’ voedingsmiddelen zoals vers fruit en groente, zuivel en vlees [IAASTD, 2009].

9. *Volatiele voedselprijzen*

Door internationalisering, bevolkingsgroei en handelsbeleid verwachten experts de komende decennia een toenemende volatiliteit van de wereldmarktprijzen. Enerzijds wordt door een groeiende wereldbevolking een mogelijk tekort aan voedsel verwacht en daarmee gepaard een stijging van voedselprijzen. Anderzijds is in verschillende delen van de wereld sprake van economische groei en een productiviteitsgroei in de agri- & foodsector. Dit zou juist kunnen leiden tot toenemende concurrentie en op den duur tot dalende voedselprijzen [IAASTD, 2009].

10. *Nieuwe vormen van financiering*

Sinds de financiële crisis wordt het voor ondernemers in het algemeen, maar dus ook voor ondernemers in de agri- & foodsector steeds moeilijker om bancaire leningen te krijgen [LEI/WUR 2014]. We zien wel al voorbeelden van alternatieve financiering ontstaan zoals financiering door te pachten, huren, uit groundbanken of landschapsfondsen, financiering door burgers (*crowdfunding*), fondsen en sponsors en subsidies [DLO/WUR, 2010].

11. *Circulaire economie*

De circulaire economie is “een economisch systeem dat op maximaal hergebruik van grondstoffen en producten is gericht, waarbij waarde vernietiging wordt geminimaliseerd”. Hierbij gaat het om het maximaliseren van hergebruik van producten en grondstoffen en het minimaliseren van waarde vernietiging. Kenmerkend voor de circulaire economie is dat grondstoffen en natuurlijke hulpbronnen niet worden uitgeput, maar efficiënt worden hergebruikt door bedrijven, waardoor een productketen een kringloop wordt. Het model van de circulaire economie is te onderscheiden in twee vormen van kringlopen: een kringloop van organische/biologische materialen waarin reststoffen na gebruik terugvloeien naar de natuur en daar opnieuw als grondstof dienen voor biologische processen; en een gesloten kringloop waarin anorganische/technische producten en materialen met zo weinig mogelijk verlies aan kwaliteit en waarde opnieuw gebruikt kunnen worden in hetzelfde



of een ander productieproces. Essentieel hierbij is dat de producten zodanig worden ontworpen, geproduceerd en gebruikt, dat deze aan het einde van hun economische levensduur eenvoudig opgeknapt, hersteld of uit elkaar gehaald kunnen worden [Rabobank, 2014]. Er is een sterke relatie tussen de opkomst van het begrip circulaire economie en de ‘biobased economy’ (paragraaf 2.11).

12. *Onzekere economische dynamiek*

De financiële crisis, die zich aandiende in 2007, maakte een einde aan een periode van betrekkelijk stabiele economische groei met lage inflatie vanaf halverwege de jaren ‘80. Europa kreeg geen tijd te herstellen van deze crisis, want de economische crisis sloeg om in een schulden crisis. Onzekerheid over het voortbestaan van de eurozone houdt de economische vooruitzichten voorlopig nog in gijzeling. Daarnaast drukken de maatregelen die Nederland en andere landen nemen om hun overheidsfinanciën op orde te brengen de economische groei. Het herstel van de Nederlandse economische groei hangt ook sterk af van ontwikkelingen binnen de EU. De verwevenheid van financiële systemen en het feit dat Europa (veruit) onze belangrijkste handelspartner is, maken ons kwetsbaar voor en afhankelijk van ontwikkelingen over de grens. Het is de vraag in hoeverre de huidige ontwikkelingen op langere termijn effect hebben op het groeipotentieel van Nederland. Een grote uitdaging voor de komende decennia is de vraag hoe we de financiële systemen beter bestand maken tegen schokken en toenemende onzekerheid [Min. BZK, 2013].

13. *De prosument*

Prosument is een term die gebruikt wordt om aan te duiden dat bepaalde consumenten bijdragen aan het productieproces van dat wat zij consumeren. Denk bijvoorbeeld aan lego-klanten die zelf nieuwe ontwerpen aanleveren, huishoudens die zelf energie opwekken en zelfs terugleveren aan het energienet [STT, 2014]. In de agri- & foodsector zien we steeds meer aandacht voor het thuis produceren van voedsel met nieuwe technologieën, zoals 3D-printen (paragraaf 2.1), verticale landbouw (paragraaf 2.17) en stadaquacultuur (paragraaf 2.16)





14. Opkomst van online winkelen

Online winkelen is al enkele jaren in opkomst en het aandeel online verkopen blijft groeien per jaar. In 2013 zeiden 10,3 miljoen Nederlanders van 12 tot 75 jaar wel eens wat via internet te kopen. [CBSa, 2014]. Door de opkomst van online winkelen ondervinden sommige ‘fysieke’ winkels een daling in aantal verkopen. Tussenaanbieders staan onder druk doordat klanten direct bij de producent kunnen inkopen. Anderzijds ontstaan er ook nieuwe online tussenhandelaren. Een voorbeeld is de website ‘thuisbezorgd.nl’ die een enorm marktaandeel heeft verworven. Als mensen online direct bij de producent inkopen kan dat voor producenten een grotere afzetmarkt betekenen en een grotere winstmarge omdat de tussenpersoon verdwijnt.

15. De deeleconomie

De deeleconomie (of *sharing economy*) is een term die gebruikt wordt voor de opkomst van ruildiensten en deelbezit. In deze gedachte is ‘toegang tot’ belangrijker dan ‘bezit’ [STT, 2014]. Een voorbeeld is de opkomst van initiatieven zoals ‘buurtauto’ en Greenwheels waar mensen hun voertuigen aan elkaar uitlenen of via een abonnement een auto huren voor alleen die momenten dat ze hem echt nodig hebben. Andere voorbeelden op het gebied van deelbezit zijn er voor gereedschap (op wijkniveau) of bijvoorbeeld particulieren die bij hun maaltijd ‘extra’ porties koken die tegen een lage prijs zijn af te halen.



16. De kenniseconomie

De Nederlandse economie heeft door sectorale verschuivingen een ander karakter gekregen. Vooral de dienstensector is veel belangrijker geworden. In het verleden is de zakelijke en financiële dienstverlening in Nederland sterk gegroeid. De economie ontwikkelt zich tot een kenniseconomie, waarin de productie van goederen en het verlenen van diensten steunen op de hoogontwikkelde cognitieve en sociale vaardigheden van de beroepsbevolking. De groei van de dienstensector en de kenniseconomie hangen samen. Hierbij spelen twee processen een rol: de wereldwijde arbeidsverdeling en de technologische ontwikkelingen die zo'n mondiale arbeidsverdeling mogelijk maken. De ontwikkeling naar een kenniseconomie en technologische ontwikkelingen vragen om een dynamische arbeidsmarkt, waarbij veranderingen en verschuivingen in vereiste competenties steeds sneller kunnen optreden. Technologische vernieuwingen kunnen het karakter van een beroep sterk veranderen. Beroepen kunnen helemaal verdwijnen, en nieuwe beroepen verschijnen. De kennis- en diensteneconomie vraagt om andere vaardigheden. Basisvaardigheden en vakspecifieke vaardigheden blijven, vooral in de toegang tot de arbeidsmarkt, voor grote groepen van jongeren belangrijk. Daarnaast neemt het belang toe van meer generieke competenties ('leren leren', interpreteren en analyseren, kennisprocessen organiseren) en neemt het belang toe van 'advanced skills' als klantgerichtheid, samenwerken en doorzettingsvermogen. In het onderwijs en bij scholing zal aandacht moeten zijn voor snel veranderende omstandigheden [Min. BZK, 2013].

Sociaal-culturele trends

17. Meer aandacht voor productieomstandigheden

In Nederland en in meer Europese landen lijkt er steeds meer belang te worden gehecht aan de productieomstandigheden in de agri- & foodsector. Thema's die meer aandacht krijgen zijn bijvoorbeeld dierenwelzijn, plant- en diergezondheid, mest, milieu, water, de variatie aan gewassoorten in het veld (biodiversiteit). De consument hecht meer waarde aan de herkomst van voedsel en zou in de toekomst bereid kunnen zijn meer te betalen voor een product als keurmerken aangeven dat authenticiteit en veiligheid gewaarborgd zijn [IAASTD, 2009]. Ook beleving speelt steeds vaker een belangrijke rol: bepaalde consumentengroepen

willen zich identificeren met het product en het bedrijf dat de producten levert.

18. Toenemend belang van duurzaamheid

Er lijkt sprake te zijn van een toenemend belang van duurzaamheid onder burgers en consumenten. In het maatschappelijk debat zien we dat de aandacht van NGO's niet meer alleen op primaire bedrijven ligt maar meer gericht is op productieketens. Ook is er een toenemend belang van duurzaamheids certificering. We zien veel aandacht voor bijvoorbeeld het vermelden van de ecologische footprint op producten. Dit zou kunnen leiden tot een bewustere aankoopkeuze en een toenemende vraag naar 'lokale' producten. Een andere ontwikkeling die hieraan gerelateerd is, is de opkomst van maatschappelijk verantwoord ondernemen. Deze term wordt gebruikt om een bedrijfsvoering aan te duiden waarbij naast de P van *profit* de belangen van de P van *people* en de P van *planet* centraal staan [LEI/WUR 2014].

19. Veranderende consumptiepatronen

Als de verstedelijking blijft doorzetten is het goed mogelijk dat mensen steeds minder tijd nemen om voedsel te bereiden of te kopen. Dat zou kunnen leiden tot een groeiende vraag naar gemakproducten (zoals kant-en-klaar maaltijden). Dit betekent dat er meer geld wordt



verdiend in de voedselverwerking, hoewel niet zozeer door de primaire producenten [IAASTD, 2009]. Er zijn ook experts die verwachten dat er door hogere prijzen en vraag om gemak een grote vraag zal komen naar voedsel in de vorm van pillen, shakes en poeders met dezelfde voedingswaarde als 'echt voedsel' maar die makkelijker mee te nemen zijn en minder tijd kosten om te consumeren [The Newyorker, 2014].

20. Toenemende behoefte aan informatie en transparantie

In het algemeen lijkt er in Nederland steeds minder vertrouwen te zijn in bestaande instituties [Min. BZK, 2013]. Door voedselschandalen en de wijze waarop de media hierover berichten kan het consumentenvertrouwen in voedsel dalen. Het lijkt erop dat de aandacht voor voedselveiligheid (zoals herkomst van voedsel, transparantie van ingrediënten en bereidingswijze) aan het toenemen is. Er is een stijgende behoefte aan informatie en communicatie over de herkomst en productie van voedsel en andere producten. Thema's die veel genoemd worden in dit opzicht zijn de angst dat door een groeiende bevolkingsdichtheid en meer internationaal verkeer van mensen en dieren de kans op verspreiding van bestaande ziektes toeneemt; een verhoogd antibioticagebruik in de veehouderij en het gebruik van bestrijdingsmiddelen en pesticiden bij de teelt van gewassen kan hier een gevolg van zijn [IAASTD, 2009; LEI/WUR 2014].

100



21. Koppeling van gezondheid en voeding

We krijgen steeds meer inzicht in de effecten van verschillende voedselcomponenten en ingrediënten op de gezondheid. Daarnaast zien we in het algemeen dat in onze samenleving steeds meer aandacht komt voor gezondheid, gezond leven en gezonde voeding. Door de opkomst van 'welvaartsziekten' zoals obesitas denken sommige experts dat er een omslag zal komen in het denken over voeding waardoor mensen straks niet langer eten wat ze willen, maar meer aandacht krijgen voor de rol van voeding voor gezondheid, zowel in de curatieve als de preventieve zin. STT publiceerde in 2013 de toekomstverkenning *Aspirine op je brood* waarin meer te lezen is over hoe in de toekomst de combinatie van voeding en geneesmiddelen eruit zou kunnen zien.



22. Zelforganisatie en zelfredzaamheid

Burgers zijn steeds beter in staat en kiezen er vaker voor om zichzelf te organiseren in plaats van afhankelijk te zijn van bestaande instanties of regelingen. De opkomst van sociale media draagt hieraan bij. Voorbeelden op het gebied van duurzame energie en stadslandbouw laten zien dat burgercollectieven in staat zijn zonder overheidsbemoediging in een behoefte te voorzien. Er zijn scenariostudies waarin wordt beschreven dat landen, steden en regio's er naar streven om zelfredzaam en zelfvoorzienend te zijn, ook op het gebied van voedselvoorziening [CPB, 2012].

Ecologische trends

23. *Effecten van klimaatverandering*

Volgens het International Panel on Climate Change (IPCC) gaat de opwarming van de aarde gepaard met een stijging van de zeespiegel, extremere weersomstandigheden en een verlies aan biodiversiteit. Circa 70% van de wereldbevolking woont in 2050 in gebieden met een watertekort. Onder invloed van klimaatproblemen en energiekosten zou lokale productie en distributie belangrijker kunnen worden. Klimaatveranderingen zullen grote gevolgen hebben voor onder andere de flora en fauna en hun samenhang met de ecosystemen, lengte van het groeiseizoen, bestuiving en bevruchting. Het wordt in de diverse klimaatscenario's niet alleen vaker te nat, maar ook vaker te droog. Incidentele watertekorten zullen vaker voorkomen. In sommige perioden zal er meer zoet water beschikbaar zijn dan nodig en op andere momenten juist veel minder. Verzilting zal op bepaalde plaatsen leiden tot meer zoutminnende gewassen. [LEI/WUR, 2014].

102



24. *Beschikbaarheid en verdeling van natuurlijke grondstoffen*

Door de groei van de wereldbevolking en de economie stijgt de vraag naar voedsel, landbouwareaal, water, energie en andere grondstoffen. Daardoor zal de prijs ervan hoog blijven. Naar schatting neemt het mondiale energiegebruik tussen nu en 2050 met 80% toe, waarbij het merendeel (85%) uit fossiele energie bestaat. Dat leidt tot een 70% hogere CO₂-uitstoot in 2050, waardoor de temperatuur tot 2100 met circa 2-4° kan stijgen [LEI/WUR, 2014]. Er is veel aandacht voor de vraag hoe energie en water efficiënter kunnen worden ingezet in het landbouwproductieproces, waardoor de productiviteit verhoogd kan worden [IAASTD, 2009].

25. *Ecologische voetafdruk*

De ecologische voetafdruk is een manier om uit te drukken hoeveel biologisch productieve grond- en wateroppervlakte een bepaalde bevolkingsgroep gebruikt om zijn consumptieniveau te kunnen handhaven en zijn afvalproductie te kunnen verwerken. De ecologische voetafdruk kan ook voor een product worden weergegeven. We zien nu al dat veel grote retailketens de ecologische footprint van een product vermelden op de verpakking en dat er een groeiende belangstelling is voor



regionaal geproduceerde producten. Het is niet ondenkbaar dat we als gevolg hiervan in de toekomst minder producten gaan vervoeren, of over minder grote afstanden.

Geopolitieke ontwikkelingen

26. De rol van de EU

Het is de vraag of we toegaan naar een wereld waarin Europa groter wordt (lees: richting een politieke unie) of dat we toegaan naar een wereld waarin Europa kleiner wordt (lees: richting het einde van de euro). Een vraag die bij een groter Europa aan de orde komt is wat de rol wordt van de Europese Centrale Bank en de nieuwe instituties die zijn opgericht naar aanleiding van de Europese schuldencrisis. De euro en de maatregelen die noodzakelijk zijn voor een stabiele Economische en Monetaire Unie, leiden op dit moment al tot politieke spanningen binnen en tussen lidstaten. De verdergaande integratie die nodig is om economische stabiliteit te creëren, stuit steeds vaker op politieke grenzen binnen de lidstaten, waar Europa in toenemende mate een onderwerp van sociaal-cultureel gedefinieerde polarisatie en van ‘identiteitspolitiek’ wordt. Bij een kleiner Europa is de vraag wat de consequenties voor Nederland zullen zijn. De economische en (geo)politieke positie van Nederland in de wereld is mede afhankelijk van de ontwikkelingen in Europa. Nederland heeft nu een voortrekkersrol in de land- en



tuinbouw, om deze te behouden is de samenwerking tussen lidstaten van belang. Verder is het de vraag hoe zich het subsidiariteitsvraagstuk verder zal ontwikkelen. Welke beleidsterreinen worden de komende jaren verder ontwikkeld in Europees verband en welke taken blijven (of worden weer) nationaal belegd? [Min. BZK, 2013].

27. Distributie van macht

Veel toekomstverkenningen schetsen visies over verspreiding van de macht over de wereld. Velen zien aanwijzingen dat de nationale overheden steeds minder te zeggen krijgen. Maar als het niet de nationale overheden zijn, wie zullen dan de dienst gaan uitmaken? Er gaan stemmen op dat steden, en specifiek *megacities* en *cityregions*, de nieuwe machtsblokken gaan vormen. Een voorbeeld is de as London-Tokyo-New York. Andere potentiële machthebbers zijn de grote multinationals, de ngo's, *the crowd* en intelligente computers en robots. Daarnaast zijn er ook experts die verwachten dat in de toekomst de macht zal liggen bij supranationale organisaties (zoals de EU en de VN). Het is onmogelijk

te zeggen wat het zal worden, maar een nieuwe distributie van macht zal implicaties hebben voor de toekomstige bestuur- en regelgeving van het voedselsysteem: zowel op internationaal, nationaal als regionaal niveau [STT, 2014].

28. Concentratie van macht

Zowel binnen als buiten de agri- & foodsector is sprake van opschaling, waarbij kleinere bedrijven worden overgenomen door grotere bedrijven. Ofwel om schaalvoordelen te behalen, ofwel om meerdere schakels in de keten te kunnen beheersen. Het lijkt erop dat steeds meer macht bij een kleiner aantal spelers komt te liggen. Een voorbeeld in de agri- & foodsector is de kleine groep zaadproducenten die relatief veel macht hebben in de sector. In Nederland gaat het debat met name over de macht van de retailsector over primaire producenten.

105



4.2 Toekomstscenario's

Hoe de technologische en maatschappelijke ontwikkelingen die in dit boek zijn beschreven zich zullen gaan manifesteren in de toekomst is onzeker. Om gezamenlijk een gestructureerd debat te kunnen voeren over de toekomst kan het helpen te werken met toekomstscenario's. Scenario's schetsen een mogelijke toekomst en zijn niet bedoeld om te voorspellen, maar om na te denken over de toekomst met oog voor verschillende onzekerheden.

Uit ons literatuuronderzoek is gebleken dat er veel partijen zijn die nadenken over de toekomst van de agri- & foodsector, zowel binnen als buiten Nederland. Omdat we niet het wiel opnieuw willen uitvinden is het belangrijk stil te staan bij deze publicaties. In dit hoofdstuk geven we een korte samenvatting van onze bevindingen en beschrijven we een zestal archetypescenario's die veel voorkomen in de literatuur, gepubliceerd in het artikel *A Review of Global Food Security Scenario and Assessment Studies: Results, Gaps and Research Priorities* door Wageningen University uit 2012. Hierin zijn een aantal archetypische scenario's (of scenariofamilies) onderscheiden. Ook in de door ons bestudeerde agri- & foodscenariostudies hebben we deze archetype scenario's herkend.

De archetypische scenario's zijn weergegeven in onderstaande figuur:

Scenario archetype	Economic Optimism	Reformed Markets	Global sustainable development	Regional competition	Regional sustainable development	Business-as-usual
Drivers						
Main objective	Economic growth	Various goals	Global sustainability	Security	Local sustainability	Not defined
Economic development	Very rapid	Rapid	Ranging from slow to rapid	Slow	Ranging from mid to rapid	Medium (globalisation)
Population growth	Low	Low	Low	High	Medium	Medium
Technology development	Rapid	Rapid	Ranging from mid to rapid	Slow	Ranging from slow to rapid	Medium
Trade	Globalisation	Globalisation	Globalisation	Trade barriers	Trade barriers	Weak globalisation
Policies and institutions	Policies create open market	Policies reduce market failures	Strong global governance	Strong national governments	Local steering: local actors	Mixed
Food security outcomes	Positive	Very positive	Very positive	Very negative	?	Slightly positive

Figuur 1. Scenario archetypes uit 'A Review of Global Food Security Scenario and Assessment Studies: Results, Gaps and Research Priorities, verwezen naar Van Vuuren et al. (2012)' door Wageningen University

De scenario's zijn extreme beelden. Het gaat er niet om of de scenario's werkelijkheid zullen worden: voor elk scenario zullen argumenten en aanwijzingen te vinden zijn dat ze wel of niet werkelijkheid zullen worden. Ook zal elk scenario voor- en tegenstanders hebben. De scenario's dienen als gedachte-experiment: "Wat als deze toekomst werkelijkheid wordt? Wat zou dat betekenen voor...?"

Wat opvalt in de bestudeerde literatuur is dat het laatste scenario, business-as-usual, het minst vaak (volledig) is uitgewerkt in scenariostudies, waardoor de vraag opkomt: Ziet iedereen wel hetzelfde trendscenario voor zich? Zijn we het eens over wat de meest belangrijke en bepalende huidige ontwikkelingen zijn? En wat het betekent als huidige ontwikkelingen zich doorzetten? Omdat een 'business as usual' scenario geen extreem scenario is en te weinig zicht biedt op lange termijn veranderingen is besloten deze niet verder uit te werken in deze verkenning.

Of, hoe en wanneer technologieën zullen doorbreken of kansen bieden voor de Nederlandse agri- & foodsector hangt sterk af van de wereld en samenleving waarin wij ons in 2050 zullen begeven. Door te werken met scenario's kan rekening gehouden worden met meerdere onzekere factoren zoals economische groei, vertrouwen in technologie, de mate van internationale samenwerking en (aandacht voor) milieuproblematiek.

Het doordenken van de ontwikkelingen in verschillende toekomstscenario's biedt de mogelijkheid meer genuanceerd na te denken over de toekomst. De technologische en maatschappelijke ontwikkelingen zullen in elk scenario een andere uitwerking hebben, of in sommige scenario's misschien zelfs niet van belang zijn. Wij hebben in de workshops en surveys een eerste vingeroefening gedaan en delen een samenvatting van deze oefening in de vorm van *mindmaps* bij elk scenario. In de mindmaps worden de meest genoemde of meest opvallende interpretaties bij de scenario's weergegeven.

Dit is een creatieve denkoefening zonder einde. Omdat we ons niet willen laten verleiden tot het doen van voorspellingen voelen wij ons genoodzaakt te benoemen dat het hier gaat om een momentopname en om interpretaties, en niet om wetenschappelijk onderzoek. Met voortschrijdend inzicht zouden de uitspraken die we hebben opgenomen in de mindmaps er over een jaar, of over tien jaar heel anders uit kunnen zien. Het is dus niet onze bedoeling hiermee een definitieve uitspraak te doen, maar om de discussie op gang te brengen.

*De voorbeelden die genoemd worden in het tekstblok "**Voorbeelden van uitdagingen voor de Nederlandse agri- & foodsector in dit scenario:**" zijn afkomstig uit de workshops en literatuur en illustreren op een aanvullende manier de discussie die de scenario's kunnen oproepen*

Scenario A. Economisch optimisme

Belangrijkste kenmerken:

- Hoofddoel: economische groei
- Zeer snelle economische groei
- Lage bevolkingsgroei
- Snelle technologische ontwikkeling
- Wereldwijde handel/ globalisering/ vrijhandel
- Beleid en wetgeving creëren open markten

*In dit scenario speelt **marktdynamiek** een centrale rol. Er is sprake van **vrijhandel op wereldwijde schaal**. **Economische groei** is hoog. Er is een sterk vertrouwen in technologie en sprake van **snelle technologische ontwikkelingen**.*

In dit scenario is sprake van een groot vertrouwen in technologische ontwikkeling en in marktwerking. Nieuwe technologieën breken snel door, er is weinig weerstand, ook onder consumenten. Technologische innovatie zal voornamelijk plaatsvinden in de particuliere sector. Marktwerking staat immers centraal, wat ook betekent dat er kans is op economische en sociale ongelijkheid. Er is sprake van vrijhandel, maar in de praktijk kan door inkomensverschillen geen sprake zijn van wereldwijd gelijke toegang tot technologie. Er is vertrouwen dat technologie in combinatie met marktwerking problemen op het gebied van milieu en sociale en economische rechtvaardigheid zal oplossen. In dit scenario hebben technologische vooruitgang en marktwerking gezorgd voor een positieve uitwerking op de wereldwijde voedselzekerheid. Zolang het economisch rendabel is zullen technologische toepassingen doorbreken.

Voorbeelden van uitdagingen voor de Nederlandse agri- & foodsector in dit scenario:

- *Welke technologieën bieden ons economisch voordeel?*
- *Wat kunnen wij het beste verkopen; de technologie of de kennis over technologie?*
- *Vanwege het technologisch optimisme kunnen we aannemen dat in dit scenario veel van de technologische ontwikkelingen uit hoofdstuk 2 een belangrijke rol spelen en dat er nieuwe technologische ontwikkelingen zullen spelen die wij ons nu nog niet eens kunnen voorstellen.*

Mindmap scenario A

Economische groei belangrijker dan
belangen van toekomstige generaties

Weinig overheidsregulering,
kans op monopolies

Bedrijven aan de macht
m.n. **multinationals**

Weersbeïnvloeding
in je tuin

Meer goederenvervoer
en over langere afstanden

Bio-informatica
in handen van
multinationals

**Economisch
optimisme**

**Circulaire
landbouw** uit
economische
overwegingen

Grote verschillen in inkomen
en **toegang tot
technologie**
tussen regio's

Ecosystemen worden
kunstmatig **gereguleerd**

Verstedelijking zet door,
verticale landbouw
cruciaal

Iedereen en alles, altijd
en overal verbonden
door het
Internet of Things

Iedereen
een **3D-en
4D-printer**
in huis

Zelf je voedsel
ontwerpen en printen

Scenario B. Hervormde markten

Belangrijkste kenmerken:

- Meerdere doelen naast elkaar
- Snelle economische groei
- Lage bevolkingsgroei
- Snelle technologische ontwikkeling
- Wereldwijde handel/ globalisering/ vrijhandel
- Beleid en wetgeving reduceren marktfalen

*Net als in het scenario 'economisch optimisme' is er in dit scenario sprake van **wereldwijde vrijhandel, hoge economische groei en snelle technologische ontwikkelingen**. Marktwerking wordt echter in dit scenario bijgestuurd door **beleid, daar waar de markt tekort schiet**. Bijvoorbeeld op gebieden als sociale ontwikkeling, armoedebestrijding en milieubescherming.*

In dit scenario is net als in scenario A groot vertrouwen in marktwerking en technologische ontwikkeling, maar sturen overheden wel bij om marktfalen op gebieden als milieubescherming en economische en sociale ongelijkheid te corrigeren. Denk hierbij aan financiële en bestuurlijke stimuli gericht op technologieën die oplossingen bieden voor bepaalde problematiek ('groene technologieën') of gericht op het toegang bieden tot nieuwe technologieën (ontwikkelingssamenwerking, kennisoverdracht). Dit overheidsingrijpen zorgt ervoor dat er nog meer dan in het vorige scenario sprake is van een positieve uitwerking op de wereldwijde voedselzekerheid. In dit scenario zal de potentiële belofte van voedselzekerheid, duurzaamheid en gelijkheid doorslaggevend zijn voor de doorbraak van een technologie, of bepalend voor welke toepassingen de technologie wel en niet ingezet mag worden.

Voorbeelden van uitdagingen voor de Nederlandse agri- & foodsector in dit scenario:

- *Welke technologieën zijn economisch rendabel en dragen ook bij aan een 'betere wereld'?*
- *In welke bestuurslagen en instituten moet Nederland een stem/lobby hebben?*

Mindmap scenario B

Bescherming van biodiversiteit

Voedselproductie
belangrijkste **functie** van
natuur en landschap

Sterke EU

**Eiwittransitie en
energietransitie** zetten door

3D-printing
om transport
terug te dringen

**Nieuwe economisch
winbare voorraden
fossiele brand-
stoffen**

Hervormde markten

**Overheid controleert
en corrigeert** de markt

Robotisering
zorgt in Europa
voor kortere
werkweek

Zorgen om privacy
en databeveiliging

Netwerksamenleving

Strijd om
eigendom van data

Technologie voor
voedselzekerheid en
duurzaamheid

**Zelf je voedsel
ontwerpen** en printen

Scenario C. Wereldwijde duurzame ontwikkeling

Belangrijkste kenmerken:

- Hoofddoel: Wereldwijde duurzaamheid
- Zowel snelle als langzame economische groei mogelijk
- Lage bevolkingsgroei
- Zowel langzame als snelle technologische ontwikkeling mogelijk
- Wereldwijde handel/ globalisering/ vrijhandel
- Sterke 'global governance'

*In dit scenario staan **milieubescherming en het tegengaan van ongelijkheid** centraal. Deze doelen worden bereikt door **wereldwijde samenwerking**, een verandering in **levensstijl en efficiënte technologie**, gericht op **duurzaamheid**.*

Duurzaamheid, gelijkheid en rechtvaardigheid staan in dit scenario hoog in het vaandel. Technologische ontwikkelingen die bijdragen aan deze doelen worden omarmd. Er zal in dit scenario dus voornamelijk worden gezocht en geïnvesteerd in technologieën die bijdragen aan de betere wereld. Er is sprake van 'global governance' dus hebben we hier te maken met sterke internationale instituties en wetgeving.

Voorbeelden van uitdagingen voor de Nederlandse agri- & foodsector in dit scenario:

- *Technologieën die discussies opwerpen op het gebied van ethiek zullen minder snel doorbreken in dit scenario.*
- *Daarnaast is de kans groot dat bureaucratie veel veranderingen en het doorbreken van nieuwe technologieën zal vertragen.*

Mindmap scenario C

Technologieën moeten vooral bijdragen aan **duurzaamheid**

Eiwittransitie en energietransitie zetten in rap tempo door

Plastics vervangen door **bioplastics**

Bioraffinage en biofuels leveren grootste deel van energievoorziening

Publiek belang van **nu en toekomstige generaties** staat centraal

Gentechnologie alleen voor gewassen, en alleen om voedseltekorten tegen te gaan

Wereldwijde duurzame ontwikkeling

Rechten voor de natuur

Food design vooral gericht op **gezondheid**

Robotisering mag niet ten koste gaan van **arbeidsplaatsen**

Consument wordt **beschermd** op gebied van **privacy**

Slimme materialen ingezet voor meer **veiligheid en productie-efficiëntie**

Waar **klimaatverandering** een probleem is wordt ingezet op **weersbeïnvloeding**

Circulaire landbouw is de norm

Ecologische footprint wordt teruggedrongen

Supranationale organisaties aan de macht

Scenario D. Regionale concurrentie

Belangrijkste kenmerken:

- Hoofddoel: Veiligheid
- Langzame economische groei
- Hoge bevolkingsgroei
- Langzame technologische ontwikkeling
- Handelsbarrières
- Sterke nationale overheden

*In dit scenario nemen **regio's het heft in eigen hand**. Regio's concentreren zich op hun eigen directe **belangen en regionale identiteit**. Hierdoor ontstaan spanningen tussen regio's of culturen. De term 'regio's' kan op diverse schaalniveaus betrekking hebben: groepen landen, landen of regio's binnen landen.*

In dit scenario draait het om veiligheid en is weinig vertrouwen in technologie. Lokale voedselvoorziening zal bijvoorbeeld vooral van belang zijn vanuit het gevoel van nationale of lokale onafhankelijkheid en milieuoverwegingen zullen een minder grote rol spelen. Niet bewezen technologieën en technologieën die snel en grootschalig verandering brengen zullen niet omarmd worden in dit scenario. Door de regionale fragmentatie is het niet mogelijk bepaalde schaalvoordelen (bijvoorbeeld op internationaal of wereldwijd niveau) te behalen.

Voorbeelden van uitdagingen voor de Nederlandse agri- & foodsector in dit scenario:

- *Op welk schaalniveau zullen wij opereren? West-Europa of Nederland-Duitsland?*
- *Wat betekent de regionale fragmentering voor onze export?*
- *Technologieën die bijdragen aan het gevoel van veiligheid en autonomie zullen een grotere kans van slagen hebben.*

Mindmap scenario D

Regio's zorgen voor zichzelf

Transport en mobiliteit zijn **duur** en nemen af

Mensen **monitoren** niet alleen producten maar ook **elkaar**

Protectionisme en wantrouwen

Technologie vooral gericht op **veiligheid** en **monitoring**

Overheid krijgt veel verantwoordelijkheid maar **weinig** vertrouwen

Regionale concurrentie

Weinig technologische doorbraken

Voedsel moet gezond zijn

Food design voor **gezondheid**, **voorgeschreven** door overheid

Veel macht bij **steden** en **lokale overheden**

Door schaarste zijn nieuwe **conserveringstechnologieën** noodzakelijk

We zijn allemaal **prosumenten**

Duurzame energie om **autonoom** te zijn

Drones en **microrobots** voor surveillance en veiligheid

IT-ontwikkelingen aan banden gelegd door **privacy-issues** en **cyberattacks**

Scenario E. Regionale duurzame ontwikkeling

Belangrijkste kenmerken:

- Hoofddoel: Lokale duurzaamheid
- Middelsnelle tot langzame economische groei
- Middelhoge bevolkingsgroei
- Zowel langzame als snelle technologische ontwikkeling mogelijk
- Handelsbarrières
- Lokale aansturing, lokale actoren

In dit scenario worden op **regionaal niveau** ('regio' kan verschillende schaalniveaus hebben) **oplossingen** gezocht voor problemen op het gebied van **milieu en sociale ongelijkheid**. De sleutel hiertoe is een **drastische verandering van leefstijl en een decentralisatie van bestuur**.

In dit scenario is net als in het vorige scenario sprake van regionalisering, maar de drijfveer in dit scenario is niet zozeer veiligheid maar juist duurzaamheid. Hier worden besluiten dus meer genomen vanuit idealisme dan vanuit angst. Ook is hier sprake van kleinschaligheid, dus bepaalde internationale schaalvoordelen zullen uitgesloten zijn.

Voorbeelden van uitdagingen voor de Nederlandse agri- & foodsector in dit scenario:

- *Bij welk schaalniveau zullen wij opereren? West-Europa of Nederland-Duitsland?*
- *Wat betekent de regionale fragmentering voor onze export?*
- *Technologieën die bijdragen aan duurzaamheid, regionale zelfvoorziening of zelfs iets toevoegen aan het milieu in plaats van er aan te onttrekken zullen goed passen in dit scenario.*

Mindmap scenario E

Zelforganisatie en zelfredzaamheid op regionaal niveau

Streven naar duurzaamheid

Ruilhandel is normaal

Robots doen het werk, mensen hebben een 'hoger doel'

We doen het samen

Deeleconomie is een oplossing voor schaarste



Regionale duurzame ontwikkeling

Duurzaamheid en dierenwelzijn

Ontstedelijking, mensen wonen in hechte, zelfvoorzienende gemeenschappen

We leven in een circulaire economie

Mensen bepalen zelf welke informatie ze delen

Veel minder transportbewegingen

Groene steden vol stadslandbouw en stadsaquacultuur

Liever crowdfunding dan een bancaire lening

Grote verschillen in inkomen en toegang tot technologie tussen regio's

4.3 Gebruiksaanwijzing scenario's

Het doel van de scenario's is om een raamwerk te bieden waarmee we gestructureerd kunnen nadenken over de mogelijke uitkomsten van de ontwikkelingen die in de hoofdstukken hiervoor beschreven zijn. De scenario's bieden diverse perspectieven op de toekomst. Bedrijven, organisaties en beleidsmakers kunnen verschillend en op meerdere manieren reageren op de toekomstbeelden die zijn geschetst. Ze zouden kunnen proberen de toekomst te beïnvloeden en een bepaald scenario te bewerkstelligen of juist te voorkomen. Of er kan gekozen worden om te zoeken naar strategieën die helpen de kansen van meerdere scenario's te benutten. In een wereld waar bijvoorbeeld meer sprake is van regionalisering dan globalisering (scenario's D en E) kan het nuttig zijn om in te zetten op regionale strategieën en rekening te houden met regionale identiteiten en cultuurverschillen. Kleinschaligheid en herkenbaarheid zullen hier belangrijke waarden zijn. In een scenario waarin globalisering doorzet en grenzen vervagen (scenario's A, B en C) moet rekening gehouden worden met een sterke wereldwijde concurrentie en bedacht worden welke (niche-)producten de meeste kansen bieden op de wereldmarkt. Dit soort veranderingen zou kunnen vragen om nieuwe businessmodellen voor bedrijven.

In het algemeen geldt dat het doel van het werken met de scenario's zou moeten zijn om ofwel strategieën te ontwikkelen die toegepast kunnen worden in elke situatie (robuuste strategieën), dan wel strategieën te ontwikkelen die goed werken in een specifiek scenario. Een vervolgstap zou kunnen zijn het werken met een *early warning system* waarin indicatoren wordt geïdentificeerd die aangeven of een of meerdere ontwikkelingen zoals in de scenario's zijn beschreven zich daadwerkelijk uitkristalliseren. De gevolgen van de scenario's kunnen sterk verschillen per doelgroep, maar elke organisatie zou erbij gebaat zijn een dergelijke denkoefening te verrichten. Om de impact van de scenario's verder te doordenken is het aan te bevelen dat alle stakeholders betrokken zijn. Een alternatief is de impact van de scenario's voor specifieke actoren apart te onderzoeken, en daarbij rekening te houden met verschillen in schaalniveaus.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Voor deze verkenning is geput uit een veelheid aan bronnen en studies. Belangrijke input kwam uit de verkenningen *STT-Horizonscan 2050* en de STT-verkenning over de toekomst van voeding (*Aspirine op je brood*) die in 2014 zijn gepubliceerd. Er is een grote groep experts en stakeholders uit de agri- & foodsector betrokken geweest om input te geven en te reflecteren op de tussentijdse resultaten (technologieoverzicht, maatschappelijke ontwikkelingen, toekomstbeelden). Door de verschillende achtergronden van al deze experts wordt recht gedaan aan de diversiteit van spelers in de sector en aan de verschillende wensen, belangen en visies op de toekomst.

Deze toekomstverkenning focust op de mogelijke impact van technologische ontwikkelingen op de (Nederlandse) agri- & foodsector op de lange termijn, domeinoverstijgend en interdisciplinair. Dit biedt zicht op onzekerheden en ruimte voor strategische beslissingen. Onzekerheden bieden ruimte voor kansen. Door te werken met verschillende methoden van toekomstonderzoek is recht gedaan aan de vele onzekerheden die inherent zijn aan de toekomst van een complex domein als agri & food. Ondanks de nadruk op technologische ontwikkelingen biedt deze verkenning door het toepassen van scenario's en het beschouwen van technologische ontwikkelingen in combinatie met niet-technologische trends een brede blik op de toekomst van de agri- & foodsector en het voedselsysteem in het algemeen.

De discussie over technologische ontwikkelingen wilden wij niet beperken tot de vraag of een bepaalde technologie wel of niet zal doorbreken en wel of niet een rol zal spelen in de toekomst. Liever schetsen wij mogelijke perspectieven op *hoe* de technologie toegepast zou kunnen worden of een rol zou kunnen krijgen in de toekomst. Daarbij is het niet mogelijk om een eenduidig antwoord te geven, maar moeten we - om recht te doen aan de complexiteit en onzekerheid - meerdere

perspectieven op de toekomst schetsen. De scenario's en verhalen zijn hiervan het resultaat.

De reacties op de toekomstbeelden gedurende dit onderzoek waren niet eenduidig en dit illustreert dat er veel verschillende visies en meningen zijn als het aankomt op de toekomst van de agri- & foodsector. De toekomstbeelden zijn ook geen voorspellingen, maar dienen om mensen aan het denken te zetten. Zijn we *future-ready* en hoe kunnen we ons voorbereiden op bepaalde ontwikkelingen, wat is er nodig als (delen uit) de beelden realiteit zou worden?

Denken over de verre toekomst maakt het makkelijker om buiten de beperkingen van de huidige kaders te treden en ruimte te creëren voor sociale verbeeldingskracht en inlevingsvermogen. Het technologieoverzicht, de maatschappelijke ontwikkelingen, de archetypescenario's en de toekomstverhalen in deze rapportage zijn bedoeld als instrumenten om het gesprek over de toekomst van de Nederlandse agri- & foodsector te voeren, met name waar technologische ontwikkelingen invloed kunnen hebben. Samen vormen deze instrumenten een belangrijke inspiratie voor onderzoek, beleidsstudie, innovatie en maatschappelijke discussie.

Een vervolgstap van deze verkenning zou zijn perspectieven op de toekomst samen met stakeholders – overheid, bedrijfsleven, wetenschap en maatschappelijke organisaties – te vertalen in acties en innovatiemogelijkheden. Juist door de veelheid aan deelnemende stakeholders komt er draagvlak voor veranderingen.

5.1 Van de toekomst terug naar het heden

Naast het schetsen van mogelijke toekomstige ontwikkelingsrichtingen levert deze verkenning ook inzichten in wat wij *nu* kunnen doen om beter voorbereid te zijn op de toekomst. Om tijdig verandering te omarmen en de kansen die zich voordoen werkelijk te kunnen grijpen. Om voorbereid te zijn op de toekomst.

- Er staan ook in de agri- & foodsector tal van nieuwe technologieën en innovaties op het punt om verder ontwikkeld te worden of praktisch toegepast te gaan worden. Veel is dan ook te verwachten van crossovers met andere technologieën en sectoren. Een versnelling van ontwikkelingen is te verwachten.

- Gezien de omvang van de uitdagingen voor het voedselsysteem in de komende decennia zijn investeringen in (onderzoek en experimenten naar) nieuwe technologieën essentieel.
- Net zo essentieel is het maatschappelijk debat daarover. Daarbij moet rekening gehouden worden met de maatschappelijke inbedding van nieuwe technologieën. Er is naast technologische innovatie ook nodig voor sociale innovatie en de acceptatie van nieuwe technologie. Ook mogelijke gevolgen voor milieu, welzijn en onze leefomgeving moeten in acht genomen worden.
- De effecten van nieuwe technologieën op allerlei aspecten zoals de gezondheid van en veiligheid voor mens, dier, milieu en privacy en eigendom moeten voorzichtig en in een proces van open en transparante discussie en besluitvorming worden getest en op kleine schaal toegepast, voor verdere uitwerking of uitrol plaatsvindt.
- De (technologische) oplossing voor een probleem of uitdaging kan weer nieuwe, onvoorziene, uitdagingen met zich meebrengen. De sector zal moeten nadenken over de *rebound-effecten* en de *externalities*, het is een gegeven dat de oplossing voor een probleem elders nieuwe problemen veroorzaakt.
- Beslissingen over het accepteren van nieuwe technologieën moeten plaatsvinden in de context van mogelijke risico's, inclusief het potentiële risico van het *niet* gebruiken van de technologie.
- De onzekerheid over de impact van nieuwe technologieën op de Nederlandse agri- & foodsector en de rest van de samenleving en ons milieu verdwijnt nooit. Maar maatschappij, beleid, wetenschap en sector zullen snel beslissingen moeten nemen. Een strategisch debat is nodig.
- Het is niet realistisch te denken dat één enkele nieuwe technologie de uitkomst biedt voor de uitdagingen waarvoor we staan. Het beleid en de sector zal zich moeten oriënteren in tal van gebieden van wetenschap en technologie. En intensief in gesprek gaan met creatieve denkers, juristen en *human factor*-specialisten om ook recht te doen aan het belang van sociale innovatie.
- Beleid en sector moet de risico's van nieuwe technologieën – de donkere kant – niet uit het oog verliezen. Big data belooft bijvoorbeeld veel voordelen, maar kan ook mogelijk de privacy aantasten en roept vragen over eigendom op. Nieuwe productiemethoden bieden tal van kansen, maar behoud van biodiversiteit kan cruciaal worden om

te blijven produceren. Goed open debat en communicatie worden essentieel. Omdat voedsel en voedselkwaliteit alleen niet genoeg is.

- Nederland kan - ook in de toekomst - nog meer dan ooit agri- & foodtechnologie gaan exporteren. Onze maakindustrie geeft een natuurlijke voorsprong en de sector is momenteel leidend op internationaal niveau. De sector zal moeten bepalen wat de kansen en bedreigingen hier zijn, een uitgebreide SWOT per technologie als mogelijk. Wat hebben we als Nederland al in huis en wat (nog) niet? Als technologische ontwikkelingen realiteit worden, dan is de vraag hoe de sector hier goed op kan inspelen. Deze publicatie gaat weliswaar over de lange termijn, maar zou tot het inzicht moeten leiden dat we wel moeten handelen op de korte termijn! Met overweging van alle mogelijke scenario's.
- Voedsel wordt belangrijk, maar natuurlijke hulpbronnen en emissies ook. Niet alleen de vraag neemt toe maar ook de diversificatie in de vraag. Technologie gaat een cruciale rol spelen. Maatschappelijke acceptatie bepaalt echter of iets doorbreekt of niet. De sector zal hier strategisch mee moeten omgaan. Wie het beste met verandering kan omgaan overleeft.
- Circulariteit is straks de norm. Nederland Kennisland alleen is niet genoeg. Het moet verder. Maak van Nederland een 'Living Lab' en start crossovers tussen sectoren die vanouds sterk zijn, zoals de landbouw en hightech. Of tussen ICT en sociale innovatie. Focus en maak dat masterplan. Het is tijd om keuzes te maken.
- Voedselzekerheid wordt steeds belangrijker, maar behoud van natuurlijke hulpbronnen en beperken van emissies ook. Niet alleen de vraag maar ook de diversificatie in vraag neemt toe. Technologie gaat een cruciale rol spelen. Maatschappelijke acceptatie bepaalt echter of iets doorbreekt of niet. De sector en politiek zal hiervoor een strategie moeten hebben. Wie het beste met verandering kan omgaan overleeft.

De belangrijkste vraag van/voor de toekomst is hoe de samenleving zal omgaan met de nieuwe technologische mogelijkheden. De mens, of nog beter, de veranderende sociale en economische verhoudingen bepalen welke technologieën de ruimte zullen krijgen en of wij daar vertrouwen in hebben.

5.2 Vervolg

Deze publicatie schetst een momentopname, het is een vertrekpunt. De toekomst zal zich blijven ontvouwen en het is dus nodig te blijven nadenken en het gesprek over de toekomst te blijven voeren. Er kunnen meer toekomstbeelden gegenereerd worden op basis van de ontwikkelingen, deze toekomstbeelden en het technologieoverzicht. De toekomstbeelden in deze publicatie kunnen verder worden uitgediept of gebruikt worden zoals ze nu zijn in dialogen over de toekomst en de technologieën met verschillende actoren. De technologieën die in deze toekomstverkenning beschreven zijn zouden ieder op zich onderwerp kunnen zijn van een nieuwe toekomstverkenning. Kortom, deze toekomstverkenning is slechts een eerste schets van hoe de toekomst eruit kan zien en werpt vooral de vragen op waarover we ons moeten buigen als we nadenken over de toekomst.

Het is onze hoop en wens dat de discussie zich voort zal zetten en dat de instrumenten die met deze rapportage worden aangereikt daartoe een bijdrage zullen leveren. Bijvoorbeeld als input voor lange termijn-risicoanalyses en innovatievraagstukken en door te inspireren tot onderzoek, beleidsstudie, innovatie en maatschappelijke discussie. Daarom is een aanbeveling om een netwerk op te richten en in stand te houden, gericht op het volgen en stimuleren van de technologieën en het volgen en voeren van het maatschappelijk debat daarover.

Bijlage 1 – Literatuur

- Accres WUR/ECN (2010), *Verkenning duurzame energieproductie landbouwbedrijven*. Agentschap NL/ Min. BZK (2011). *De kunst van duurzame energietransitie Innovatieve gebiedsontwikkeling in de praktijk*
- Agricola, H (2011). *Landbouw, landinrichting en landschap, een toekomstperspectief*. Alterra Centrum Landschap Wageningen.
- Agricultural Biotechnology to 2030* (2007). OECD International Futures Programme <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/40920458.pdf>.
- Atlantic Council, Brent Scowcroft Center on International Security (2014), Campbell, TA, Tibbits, S, Banning G. *The Next Wave: 4D Printing Programming the Material World*.
- Braun J von, M. Rosegrant et al (2005). *New Risks and Opportunities for Food Security, Scenario Analyses for 2015 and 2050*. International Food Policy Research Institute.
- Butijn, A (2013). *Toekomst van de Nederlandse Glastuinbouw – Onderzoek naar de Ruimtelijke Trends van de Nederlandse Glastuinbouw*. VU Amsterdam.
- Canadian Government, Policy Horizons (2013) *Metascan Emerging technologies; A foresight study exploring how emerging technologies will shape the economy and society and the challenges and opportunities they will create*.
- CBS (2014). *Monitor Topsectoren 2014; Uitkomsten 2010, 2011 en 2012*.
- CBSa (2014). <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/vrije-tijd-cultuur/publicaties/artikelen/archief/2014/2014-4076-wm.htm>.
- Chapuy P, V Gros (2010), *Collectively foreseeing future issues: Prospective strategy contributes to the Agriculture and Food Systems' Futures Studies' Club*. Technological Forecasting & Social Change.
- Chivot E, W Auping et al (2014). *Future Contours of Agriculture & Food, A Metaforesight study*. Centre for Strategic Studies, Den Haag.
- Christi E, P Raskin et al (2009). *The Century Ahead: Four Global Scenarios*. Tellus Institute Boston
- CPB (2006) Janssen LHJM, J Schuur. *Welvaart en leefomgeving; een scenariostudie voor Nederland in 2040*. CPB.
- CPB (2010) Weel, B ter, A van der Horst, G Gelauff. *The Netherlands of 2040*. CPB.
- CPB (2013). *Economische analyse van korte en lange termijn knelpunten op de arbeidsmarkt*.
- DLO/WUR (2010). *Alternatieve vormen van financiering; kansen voor het multifunctionele landbouwbedrijf voor niet-bancaire financieringsvormen*. Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)
- Dutch Biotech Scenarios 2030*, Foresight Brief No. 068 (2004-2005). COGEM / Technopolis / TNO. European Foresight Monitoring Network.
- Duurzaam Leven aan Zee, de Nederlandse kust in 2080* (2007-). Deltares / Natuur- en Milieuplanbureau Waterdienst / TNO / Universiteit Utrecht.
- EFMI Business School (2013). *Van alle markten thuis; Een studie naar samenwerking en verwaarding in versketens*
- Erich M et al (2012). *Food 2030 - Samenwerking vanuit een nieuwe mindset*. ING
- European Commission. DG Agriculture and Rural Development (2006) *Scenar 2020 and the rural world*.
- Foresight Horizon Scanning Centre / (UK) Government Office for Science, (2010). *Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s*. Department for Business, Innovation and Skills, London
- Gerbens-Leenes PW, AR Lienden, et al (2012). *Biofuel Scenarios in a Water Perspective: The Global Blue and Green Water Footprint of Road Transport in*

2030. In *Global Environmental Change*, Vol. 22, Issue 3, August 2012, pp 764–775.
- Hees EM; J Ros, et al (2003). Duurzame Landbouw in 2030 in Drie Organisatievormen – Beelden voor de Toekomst. . In *CLM Onderzoek en Advies, CLM rapport 576*
- Hubert B, M Rosegrant et al (2009). The Future of Food: Scenarios for 2050, in: *Crop Science Society of America*.
- IAAST (2009), Herren, HR, J. Wakhungu, RT Watson. *AgriCulture at a crossroads, synthesis report*. IAASTD
- Innovatienetwerk, Sanders, J, JH van Kasteren, *Mest als waardevolle grondstof; Enkele technologische opties*.
- Institute for the Future (2011). *Four Futures of Food. Global Food Outlook Alternative Scenarios Briefing*.
- IRTA/UR Wageningen (2012) Montero JJ, A Antón. *Report on economic & environmental profile of new technology, greenhouses at the three scenarios*. IRTA/UR Wageningen.
- John Hopkins Center for a livable future. *Food Distribution and transport, background reading*. Project Teaching the foodsystem.
- Koomen E, T Kuhlman, et al (2005). *De ruimtescanner in 'ruimte voor landbouw', data- en modelaanpassingen*. Vrije Universiteit Amsterdam, Ruimtelijke economie.
- Kurzweil, R (2006). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*
- LEI (2014), Onwezen, MC, HM Snoek et a. De Agrifoodmonitor 2014, Hoe burgers de Agri & foodsector waarderen. LEI Wageningen UR.
- LEI/WUR (2014) Terluin, I, RJ Fontein et al, *Trends en autonome ontwikkelingen binnen en buiten de agro- en natuursector*. LEI / WUR.
- LEI (2010). <http://www.wageningenur.nl/nl/show/Opvolgers-gezocht-voor-het-boerenbedrijf.htm>
- Marinussen M, H Blonk, C v Dooren (2010). *Naar een gezond en duurzaam voedselpatroon, een verkenning naar potenties en dilemma's*. Blonk Milieu Advies BV.
- McKinsey Global Institute (2013), Manyika J, M Chui. *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey
- Min. Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2013) *Rijksbrede Trendverkenning, Strategiebeeraad Rijksbreed*.
- MIRA/Vlaamse milieumaatschappij (2014) *Mira future outlook report: Megatrends, far-reaching, but also out of reach? How do megatrends influence the environment in Flanders?*
- Msangi S, T Sulser et al (2007) *Global Scenarios for Biofuels: Impacts and Implications for Food Security and Water Use*. Tenth Annual Conference on Global Economic Analysis.
- Mulligan, C. *ICT & the future of transport, Industry Transformation Horizon Scan*. Eriksson, Networked Society Lab
- Nelson GC, Rosegrant MW, Palazzo A (2010). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050*. International Food Policy Research Institute.
- New Yorker (2014), Widdicombe, L. The end of food. In *Annals of Gastronomy*, May 2014.
- NTV (2008), *Arbeid in de toekomst, Een caleidoscopisch perspectief*. Huisdrukkerij SER, Den Haag.
- Öborn I, U Magnusson, et al (2011). *Five Scenarios for 2050 – Conditions for Agriculture and Land Use*. Swedish University of Agricultural Sciences.
- OECD (2014). *OECD Scenarios for Food and Agriculture*.
- Paredis E, M Crivits (2009). *Hoe Ziet Onze Voeding eruit in 2050? – Thema's uit een Scenario-Oefening over Duurzame Voedselconsumptie*. Gent University.
- PBL (2013) Schuur, J, E Dammers et al, *Welvaart en Leefomgeving, Horzionscan*. Planbureau voor de Leefomgeving
- Population Institute. 2030: "The Perfect Storm" Scenario. https://www.populationinstitute.org/external/files/reports/The_Perfect_Storm_Scenario_for_2030.pdf

- Rabobank () *Circulaire Economie; Nieuwe uitdagingen en kansen voor ondernemers*.
- Riphagen, M, F Brom (2013), *Klimaatengineering: Hype, hoop of wanhoop*. Rathenau Instituut Den Haag.
- Roboned (2012), Kranenburg D. *Dutch Robotics Strategic Agenda, Analysis, Roadmap & Outlook*. <http://www.roboned.nl/sites/default/files/RoboNED%20Roadmap.pdf>
- Rounsevella MDA, F Ewert, et al (2005). Future scenarios of European agricultural land use II. Projecting changes in cropland and grassland. In *Agriculture Ecosystems & Environment*
- Smallfarmfuture.org.uk, (2013). <http://smallfarmfuture.org.uk/?p=297>
- Steertegem, M v et al (MIRA-team) (2009), *Milieuverkenning 2030*. http://www.milieurapport.be/upload/main/MIRA_compleet_TW.pdf
- Stehfest E, L Bouwman, DP van Vuuren, et al (2009). Climate Benefits of a Changing Diet, in: *Climatic Change*, 95:83-102.
- STT (2013a), Willemse, E. *Aspirine op je brood; Voeding en Geneesmiddelen in de toekomst*. STT, Den Haag.
- STT (2013b), Voorst, MPV van. *Het vervoer van morgen begint vandaag; (Ver)voer tot nadenken en doen*. STT, Den Haag.
- STT (2014) Scheerder, J, R Hoogerwerf, S de Wilde. *Horizonscan 2050, A different view of the future*. STT Den Haag.
- Swierstra, T, M Boenink et al (2009). *Leven als bouw pakket; Ethisch verkennen van een nieuwe technologische golf*. Rathenau Instituut, Den Haag.
- The Research Council of Norway (2005). *Aquaculture 2020 – Transcending the Barriers – As Long as...* http://www.forskningsradet.no/CSSStorage/Flex_attachment/Aquaculture_2020_eng.pdf.
- Trewavas. A (2002). Overview: Malthus foiled again and again. In: *Nature*, no 418, pp 668-670.
- UK Ministry of Defence (2014), *Strategic Trends Programme; Global strategic trends - out to 2045*
- Vorst, JGAJ vd (2011). *Toekomstverkenning transitie tot 2040 voor de topsectoren, AgroFood en Tuinbouw vanuit logistiek perspectief*. Wageningen UR.
- Waite R, M Beveridge (2014). *Improving Productivity and Environment Performance of Aquaculture*. World Resources Institute.
- Wik, M, P Pingali, S Broca (2008). *Global Agricultural Performance: Past Trends and Future Prospects*. Background paper for the World Development Report 2008
- Worldbank (2013). *Fish to 2030, Prospects for Fisheries and Aquaculture*. Report no. 83177-GLB.
- WUR (2012), Dijk, M van, G. Meijeringk. *A Review of Global Food Security Scenario and Assessment Studies: Results, Gaps and Research Priorities*. Wageningen Universiteit.
- WUR (2009), Leenstra F, G vd Peet. *Technologische verkenningen agrosector*. Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Bijlage 2 – Contribuanten

Stuurgroep

H.P. Benschop, Provincie Overijssel/Trendbureau Overijssel

T.R. Bruinsma, Marel

R. van Haren, RUG / Hanzehogeschool Groningen

L. den Hartog, WUR, Nutreco

N.F.C. Hazendonk, Ministerie EZ

M.F.W.H.A. Janssen, STT Hoogleraar

M. Jonkman, Friesland Campina

E. Lemkes-Straver, ZLTO

P. Morin, STT

K.J. Poppe, WUR / LEI

J.M.A. van Raaij, RIVM

M. Steinbuch, TU Eindhoven/ RoboNed

G. Vos, InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster

M.P.C. Weijnen, TU Delft/WRR

127

Contribuanten

Jasper van Alten, KIVI – **Hans Peter Benschop**, Trendbureau Overijssel – **Raoul**

Blankestijn, STT/ Radboud – **Lisa Bodegom**, STT – **Nikki Brormann**, Moralia etc.

– **Djenny Brugmans**, ROZENBROOD – **Theo Bruinsma**, Marel – **Marcel Bullinga**,

LEI Wageningen UR – **Lennart van der Burg**, Grontmij – **Hanno Cappon**,

Nutricia Research – **Mieke van Dragt**, Stichting Boerderij De Viermarken

– **Diane Dresselhuis**, FrieslandCampina – **Patrick van der Duin**, TU Delft /

Fontys – **Timor El-Dardiry**, Ministerie van Buitenlandse Zaken – **Janny Elhorst**,

Gemeente Almelo – **Marjolein Elings**, Marel – **Paul Engel**, VanVieren – **Juliët Es**,

Jonge Honden – **C.A. de Feyter**, Beyond Consultancy – **Rob Fisher**, Manufacture

– **Floor Geerling**, Eiff, WUR – **Fons Goselink**, Provincie Gelderland – **Rob van**

Haren, Color & Brain – **Peter Haring**, Unilever Research – **Leo den Hartog**,

Nutreco – **Niek Hazendonk**, Ministerie EZ – **Jeroen Heck**, Friesland Campina

– **Gerard Hendrix**, HX – **M. te Hennepe**, Museum Boerhaave – **Jans Hendrik**

Hoekman, Oost NV – **Pieter van Hout**, ZLTO – **Leon Jansen**, Stichting ik kies

/Schuttelaar & Partners – **Marijn Janssen**, TU Delft – **J.M. de Jonge**, Wing –

Frans Kampers, Wageningen UR – **Bert Kiljan**, Provincie Gelderland – **Arnold**

Koning, ING – **Annemieke van der Kooij**, NWO – **Roelof Kooistra**, Grontmij

Nederland B.V – **Klaas Kortering**, Kamer van Koophandel – **M.D. Lammers** –

Mottern Lee – **Andreas Ligtoet**, TU Delft – **J. Lisser**, Groenvoorziening Avereest

– **Paul van der Logt**, Unilever – **Pierre Morin**, STT – **Merten Nefs**, Buro Ja – **Tim Nestik** – **Iskra Nikolova**, Gemeente Westland – **Rolf Oldejans**, Gemeente Enschede/ Groene Kennispoort – **Yvette Oostendorp**, Raad v.d Leefomgeving en Infrastructuur – **Krijn Poppe**, LEI Wageningen UR – **Joop van Raaij**, RIVM – **Willem Rienks**, Rom3d – **Ben Römgens**, Det Norske Veritas B.V – **Marte Rozendaal**, Jonge Honden – **Anita Scholte op Reimer**, Albert Heijn – **Jesse Scholtes**, TU Eindhoven – **Karola Schröder**, Bureau Schröder – **Jantine Schuit**, RIVM – **Marjolein Selten**, WUR – **Marjolein Selten**, WUR – **Nanon Soeters**, ROZENBROOD – **Janeska Spoelman**, Buro Ja – **Ton Timmermans**, SMARTmv – **Jan-Olaf Tjabringa**, Cultuurland Advies – **Sietske Veenman**, Radboud Universiteit – **Arry Verhage**, CIV Agri & Food – **Chantal Verweij**, TrendToepassers – **Alfons van Vilsteren**, Boerderij de Huppe – **Marie-Pauline van Voorst**, STT – **Ger Vos**, Innonet – **Gerard de Vries**, WRR – **Margot Weijnen**, TU Delft – **Colin Willems**, Essent – **Ellen Willemse**, STT – **Bert de Wit**, Planbureau voor de Leefomgeving – **Valerie Yule** – **Barabanova Yulia**, IFOAM

Bijlage 3 – Samenstelling bestuur STT

per maart 2015

- Ir. R. Willems, voorzitter**, Voormalig President-directeur Shell Nederland
- Ir. C.C.J. Vincent MBA, vicevoorzitter**, Managing partner PwC Consulting Indonesia, COO PwC South East Asia Consulting
- Mevr. dr. ir. N. Buitelaar MBA, secretaris**, Chief Business Officer, BiosanaPharma
- Ir. J.H.J. Mengelers, penningmeester**, Voorzitter College van Bestuur TU Eindhoven
- Drs. M. Remerie, lid DB**, Voormalig directeur Business Development Siemens Nederland
- Prof. dr. E.H.L. Aarts**, Decaan faculteit Wiskunde & Informatica, Hoogleraar TU Eindhoven
- Drs. ir. J. van den Arend Schmidt**, CEO Capgemini Consulting Nederland
- H. Blokhuis**, CTO & Director for Collaboration & Video, Cisco
- Jhr. ing. M. Boreel**, CTO Sogeti Group
- Drs. J. van Breukelen**, Voormalig Voorzitter Raad van Bestuur KPMG
- Dr. E.E.W. Bruins**, Directeur Technologiestichting STW
- Dr. K.H. Chang**, Voormalig Algemeen Directeur Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW)
- Drs. Ch. Evers**, Lid Raad van Bestuur en CFO Atrium Orbis Medisch Centrum en Zorgconcern
- Ir. J.P. Fontijne MBA**, Executive Vice President Power TIC, DNV GL - Energy
- Ir. B.C. Fortuyn**, Lid Raad van Bestuur van Siemens Nederland NV
- Mevr. prof. dr. V.A.J. Frissen**, Hoogleraar ICT en Sociale Verandering Erasmus Universiteit; directeur Stichting SIDN Fonds
- Ir. J.F.M.E. Geelen**, Senior Vice President R&D Océ-Technologies BV
- Drs. J.H. de Groene**, Algemeen Directeur Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
- Dr. B. ter Haar**, Directeur-generaal Participatie en Inkomenswaarborg ministerie van SZW
- Drs. F.P.U. Haffmans**, Head of Corporate Coverage Benelux, Country Executive Bank of America Merrill Lynch The Netherlands
- F. Herrebout**, Senior Strategy Manager T-Mobile
- Drs. A.J. van den Hoogen**, Director R&D Products and Applications, Tata Steel Research, Development & Technology
- Dr. H. van Houten**, Executive Vice President, Philips Research
- Ir. E.H.M. Hoving**, CTO KPN Group
- Ir. C.M. Jaski**, CEO Grontmij
- Dr. ir. C.P. Jongenburger**, CTO & Lid van Raad van Bestuur Wuppermann Staal Nederland
- Dr. T. Jongsma**, Directeur Stichting Public Private Partnership Institute for Sustainable Process Technology (ISPT)
- Mevr. dr. M.J. Jonkman**, Corporate director R&D Koninklijke FrieslandCampina
- Prof. dr. ir. J.T.F. Keurentjes**, CSO, lid Raad van Bestuur TNO
- Ir. P.A.O.G. Korting**, CEO ECN
- Ir. G.A. Kroon**, Algemeen directeur ARCADIS Nederland
- Dr. B. Leeftink** (waarnemer), Directeur-generaal Bedrijfsleven en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken
- Mevr. drs. E.P.J. Lemkes-Straver**, Algemeen Directeur ZLTO
- Mevr. ir. M. van Lier Lels**, Lid Raad van Commissarissen Reed Elsevier, Imtech en Eneco; diverse bestuursfuncties

- Mevr. drs. M. Mettes**, Directeur
Innovatie RWE/Essent
- Ir. P.C. Molengraaf MBA**, Voorzitter
Raad van Bestuur Alliander
- P.W. Mollema MSc**, Director
Environmental Management, Port of
Rotterdam Authority
- Mevr. prof. mr. A. Oskamp**, Rector magnificus van het College van Bestuur van de Open Universiteit
- Ing. M.C.J. van Pernis**, President KIVI
- Mevr. dr. J.W.A. Ridder-Numan**
(waarnemer), Plv. hoofd
Wetenschapsgebieden, directie OWB,
Ministerie van OCW
- Ir. P. van Riel**, CEO Fugro
- Ir. P.W.F. Rutten MBA**, Partner McKinsey and Company
- Mevr. drs. J.H. Scholten**, Directeur
VSNU
- Ir. Y. Sebrechts**, Executive Vice President
Innovation, R&D, CTO Projects &
Technology Royal Dutch Shell
- Mevr. ir. C.M. Sluis**, Algemeen directeur
Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs BV
- Drs. ing. G.E.A. Smit**, CTO IBM Benelux,
IBM Distinguished Engineer
- F. E. Smith**, Director Public Affairs,
ANWB
- Dr. J.M.A. Verbakel**, Vice President
Global R&D Operations Unilever
- Mevr. prof. dr. ir. M.P.C. Weijnen**,
Hoogleraar TU Delft, faculteit
Techniek, Bestuur en Management,
lid WRR
- Mevr. mr. J.S. van der Woude**, Company
Secretary and Legal Director
Continental Europe, Reed Elsevier NV
- Dr. M. Wubbolts**, CTO Royal DSM
- Drs. R. Zandbergen**, CEO USG People
- Prof. dr. A.N. van der Zande**, Directeur-
Generaal Rijksinstituut voor
Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

Adviserende leden uit de STT-Academy

STT hoogleraren

- Prof. dr. ir. M.F.W.H.A. Janssen**, TU Delft: ICT en Governance
- Prof. dr. ir. V.A.W.J. Marchau**, Radboud Universiteit: onzekerheid en adaptiviteit van maatschappelijke systemen
- Mevr. prof. dr. M.H. Martens**, Universiteit Twente: Intelligent Transport Systems (ITS) en Human Factors
- Prof. dr. W.J. de Ridder**, Universiteit Twente: toekomstonderzoek
- Prof.dr.ir. T. de Vries**, Universiteit Twente: ICT en gezondheidszorg, ICT en fraude, data-analytics

Research fellow

- Dr. P. van der Duin**, TU Delft: methodiek van verkenningen en innovatie; Lector Futures Research & Trendwatching bij Fontys Academy for Creative Industries

Directeur bureau

- Drs. P. Morin**

Bijlage 4 – STT-publicaties sinds 2006

STT 80 Horizonscan 2050, Anders kijken naar de toekomst

Jacintha Scheerder, Rene Hoogerwerf, Silke de Wilde , 2014
(ISBN 978 94 91397 07 3)

STT 79 Aspirine op je brood. Voeding en geneesmiddelen in de toekomst

Ellen Willemse, 2013 (ISBN 978 94 91397 05 9)

STT 78 Het vervoer van morgen begint vandaag. (Ver)voer tot nadenken en doen

Marie-Pauline van Voorst tot Voorst en Rene Hoogerwerf, 2013 (ISBN 978 94 91397 06 6)

STT 77 Samen Slimmer. Hoe de ‘wisdom of crowds’ onze samenleving zal veranderen

Redactie: Maurits Kreijveld (2012) (ISBN 978 94913970 2 8)

STT 76 Serious Gaming (serie van 3 publicaties).

Vergezichten op de mogelijkheden.

Play On: Serious Gaming voor de nieuwe generatie senioren.

Serious Games, Playful Business: Toekomstbeelden van de spelende organisatie.

Jacco van Uden, 2011 (ISBN 978 90 809613 0 2)

STT 75 Futures of Technology in Africa

Jasper Grosskurth (2010) (ISBN 978 90 809613 7 1)

STT 74 Bargaining Norms – Arguing Standards

Edited by Judith Schueler, Andreas Fickers, Anique Hommels, 2008
(ISBN 978 90 809613 4 0)

STT 73 Brain Visions. How the Brain Sciences. Could Change the Way We Eat, Learn, Communicate and Judge

Edited by Ira van Keulen (2008) (ISBN 978 90 809613 6 4)

STT 72 Deus et Machina. De verwevenheid van technologie en religie

Redactie: Michiel D.J. van Well, 2008 (ISBN 978 90 809613 5 7)

STT 71 Converging Technologies: Innovation patterns and impacts on society

Edited by Maurits Doorn, 2006 (ISBN 978 90 809613 3 3)



OVER STT

132

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) organiseert al meer dan 45 jaar brede, participatieve toekomstverkenningen op het snijvlak van technologie en samenleving. De stichting biedt enthousiaste belanghebbenden een vrije ruimte om elkaar te ontmoeten en op creatieve wijze inspirerende toekomstbeelden te bouwen.

De onderwerpen voor de toekomstverkenningen worden geselecteerd uit een rolling agenda met thema's. Die agenda wordt voornamelijk gevoed door voorstellen van leden van het Algemeen Bestuur van STT en door de STT Horizonscan. Dat laatste is een explorerende verkenning, breder dan de andere STT-verkenningen. Zij schetst vanuit een langetermijnperspectief een domein-overstijgend en interdisciplinair beeld van mogelijke ontwikkelingen, kansen en bedreigingen, *weak* en *strong signals* en de verbindingen daartussen.

De stichting heeft in de afgelopen decennia mooie resultaten bereikt. Het gaat bij de resultaten niet alleen om bijdragen aan visievorming, beleidsontwikkeling of *risk assessment* en agenda's voor de toekomst. Uit de toekomstverkenningen zijn bijvoorbeeld ook onderzoeksprogramma's en netwerken voortgekomen.

Het Algemeen Bestuur van STT bestaat uit ruim vijftig personen uit de top van de overheid, het bedrijfsleven, de onderzoekswereld en de maatschappij. STT is een non-profitorganisatie. De activiteiten worden gefinancierd via bijdragen van overheid en bedrijfsleven.

Informatie over STT, haar activiteiten en haar producten is te vinden op de website www.stt.nl

Postadres

Postbus 30424
2500 GK Den Haag

Bezoekadres

Prinsessegracht 23
2514 AP Den Haag

info@stt.nl

www.stt.nl

070-3029830

Gekweekte hamburgers, bonbons uit je 3D-printer, autorijden op algen, en zoutwaterkomkommers in biologische groentepakketten, door een drone bij de voordeur afgeleverd. Altijd het ideale (gemanipuleerde) klimaat voor ieder gewas en robots die dankzij sensoren 24/7 alleen de vruchten plukken die zo naar de supermarkt kunnen. Het is straks allemaal heel gewoon. Welke nieuwe technologieën, of nieuwe toepassingen van bestaande technologieën kunnen radicale gevolgen hebben voor de Nederlandse agri- & foodsector tussen 2015-2050? Welke niet-technologische ontwikkelingen spelen mogelijk een rol? Aan de hand van beschrijvingen van de belangrijkste technologische ontwikkelingen, maatschappelijke ontwikkelingen, narratieven en scenario's biedt STT een blik op mogelijke toekomsten van de Nederlandse agri- en foodsector. In 2050 leven er 9 miljard mensen op aarde. Daar moeten we nu al op inspelen.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) organiseert al meer dan 45 jaar brede, participatieve toekomstverkenningen op het snijvlak van technologie en samenleving. Informatie over STT, haar activiteiten en haar producten is te vinden op de website www.stt.nl

Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek



www.stt.nl

ISBN 978-94-913970-9-7



9 789491 397097 >

