

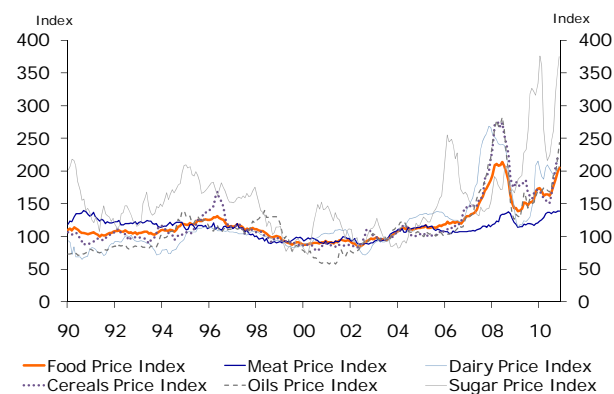
Ruth van de Belt
R.Belt@rn.rabobank.nl
030 - 2160143

August Sjauw-Koen-Fa
A.R.Sjauw@rn.rabobank.nl
030 - 2131406

Grenzen aan wat de aarde te bieden heeft

De toename van de wereldbevolking en de welvaart in de komende twee decennia heeft grote gevolgen voor de voedselconsumptie en de voedselproductie. Hoewel het productiepotentieel technisch gezien voldoende is om de wereldbevolking de komende twintig jaar te voeden, is het onwaarschijnlijk dat er over twee decennia sprake is van voedselzekerheid¹. Waterschaarste hangt sterk samen met voedselschaarste, omdat water van groot belang is bij de voedselproductie. Naar verwachting kampen bij ongewijzigd beleid en het uitblijven van omvangrijke investeringen grote delen van de wereld over twintig jaar naast voedselschaarste ook met waterschaarste, vooral omdat de voedselwereld op een niet-duurzame spoor zit.

Figuur 1: Indices voor voedselprijzen 1990-2010



Bron: FAO

De voedselprijzen zijn opgelopen...

Na een periode van relatief stabiele voedselprijzen² in de jaren negentig zijn deze sinds de eerste helft van het afgelopen decennium geleidelijk gestegen. In 2006 accelereerde dit proces. De opwaartse trend bereikte een climax in de jaren 2007-2008 toen sprake was van een wereldwijde crisis op verschillende voedselmarkten. Na juni 2008, toen de Food Price Index een piek bereikte, daalde de index en belandde deze op het niveau van begin 2007. Deze daling bleek echter van korte duur te zijn, want in mei 2009

liep de Food Price Index opnieuw op, met name nadat Rusland³ medio 2010 een exportverbod van landbouwproducten tot eind 2011 afgekondigde. Weliswaar werd het piekniveau van juni 2008 niet opnieuw bereikt, maar er is sinds het begin van dit decennium duidelijk sprake van een opwaartse trend (figuur 1).

¹ Er is volgens de Verenigde Naties (VN) sprake van voedselzekerheid als iedereen te allen tijde toegang heeft tot voldoende, veilig en voedzaam voedsel om zijn dagelijkse behoefte en voedselvoorkeur voor een actief en gezond leven te bevredigen.

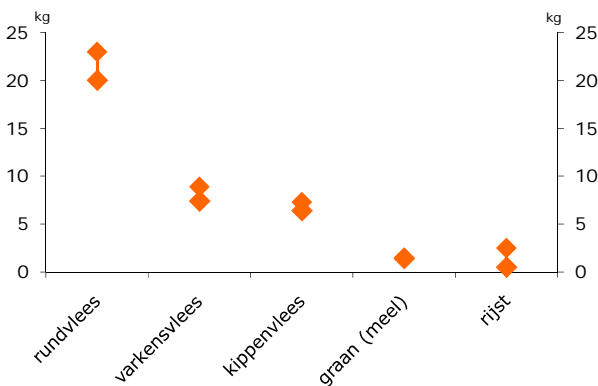
² Over een langere periode gezien was er zelfs sprake van een reële prijsdaling van agrarische bulkproducten. Deze prijsdaling was mogelijk door stijging van de productiviteit (o.m. groenrevolutie) en de realisatie van efficiëntieverbeteringen (o.m. verbeteren bedrijfsvoering en productiesystemen) (Baffes e.a., 2010).

³ Rusland is een belangrijke graan- en oliezadenexporteur. Door het afbranden van omvangrijke landbouwgebieden vreesde men voor een binnenlands voedseltekort en daarom werd een exportverbod ingesteld.

... en dit komt door interactie van verschillende factoren

Voedselprijzen komen tot stand door interactie van vraag naar en aanbod van voedingsproducten. De afgelopen twee decennia hebben diverse factoren invloed gehad op de vraag naar en het aanbod van voedsel. Naast aanbod- en vraagfactoren hebben marktverstoringen een rol gespeeld.

Figuur 2: Benodigde aantal m² land voor de productie van 1 kg graan of vlees



Bron: Stephenson (2010)

Vraagfactoren

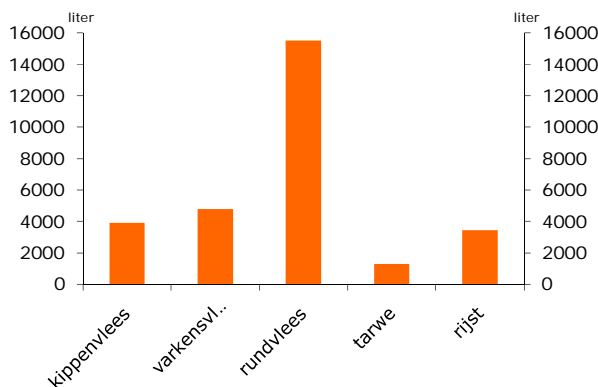
De vraag naar voedsel is in de afgelopen twee decennia toegenomen door bevolkingsgroei en door een toename van de welvaart. Door sterke inkomensgroei in opkomende landen heeft een structurele verschuiving plaatsgevonden in het voedingspatroon van de bevolking: de consumptie van plantaardige producten is gedaald, terwijl de consumptie van dierlijke eiwitten en vetten is toegenomen.⁴ De productie van dierlijke producten is ecologisch gezien schadelijk, omdat er meer land en water voor nodig zijn dan voor de productie van plantaardige producten (figuur 2 en 3). Bovendien is er een veelvoud aan plantaardige producten als voer nodig (figuur 4).

De grotere vraag naar dierlijke producten in combinatie met de groeiende wereldbevolking is de vraag naar plantaardige producten de afgelopen twintig jaar meer dan evenredig toegenomen.

Ook is de belangstelling voor biobrandstoffen het afgelopen decennium aanzienlijk toegenomen, doordat landen hierdoor hun energievoorzieningsafhankelijkheid van fossiele bronnen konden

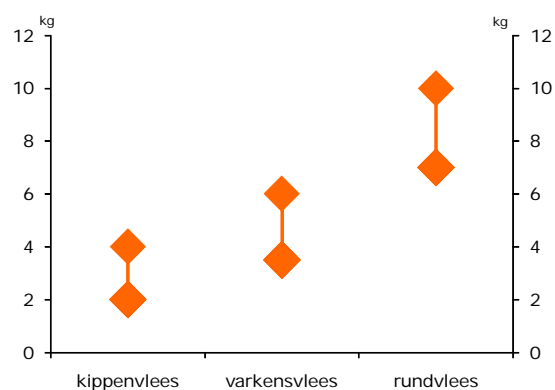
⁴ In de periode 1991-2001 steeg de consumptie van dierlijke eiwitten met 67% in opkomende landen en met 44% in ontwikkelingslanden (FAO, 2009a).

Figuur 3: Benodigde aantal liter water voor de productie van 1 kg graan of vlees



Bron: Hoekstra e.a. (2010)

Figuur 4: Benodigde aantal kg graan voor 1 kg vlees



Bron: Stephenson (2010)

verkleinen⁵ en tegelijkertijd konden voldoen aan de klimaatdoelstelling om de uitstoot van CO₂ te beperken⁶. Sinds 2003 heeft de productie van biobrandstoffen een grote vlucht genomen, omdat de Europese Unie (EU) en de Verenigde Staten (VS) toen omvangrijke subsidies en verplichte bijmenging af kondigden (figuur 5). Over het verband tussen de toegenomen vraag naar biobrandstoffen en de stijgende voedselprijzen lopen de meningen sterk uiteen. Mitchell (2009) geeft aan dat de toename van de productie van eerste generatie biobrandstoffen de belangrijkste oorzaak is voor de stijgende voedselprijzen. Baffes et al. (2010) trekken het bestaan van een dergelijke relatie in twijfel en Gilbert (2010) vindt er geen bewijs voor. Op dit moment wordt slechts een klein gedeelte van de totale geproduceerde hoeveelheid graan en oliezaden gebruikt voor de productie van eerste generatie biobrandstoffen (figuur 6 1). Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat de toegenomen productie van eerste generatie biobrandstoffen heeft gezorgd voor een grote verschuiving in de mondiale vraag naar voedsel en een grote stijging van de voedselprijzen.

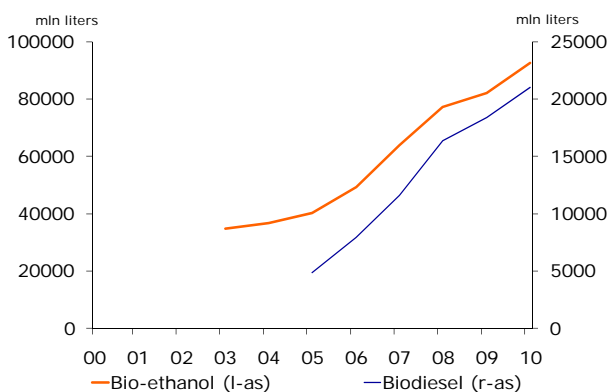
Aanbodfactoren

In de afgelopen twee decennia is de aanbodsgroei van voedsel afgenomen. In een aantal landen hebben extreme weersomstandigheden (zoals langdurige droogte en overstromingen), mogelijk als gevolg van klimaatveranderingen en opwarming van de aarde, gezorgd voor misoogsten. Ook frequenter voorkomende insectenplagen en ziekten hebben bijgedragen aan een vermindering van de aanbodsgroei. Bovendien heeft de gestegen olieprijs (waardoor transport van voeding en kunstmest duurder zijn geworden) de kostprijs van voedsel opwaarts beïnvloed en hierdoor werd het voor producenten minder aantrekkelijk om meer voedsel te gaan produceren. Verder heeft verwaarlozing van de agrarische sector in met name Afrika en Azië een negatieve rol gespeeld bij de groei van het voedselaanbod.

⁵ Door de sterk opgelopen olieprijs en de dreigende onzekerheid over de aanvoer van olie en gas hebben verschillende overheden met omvangrijke subsidies de productie van biobrandstoffen in een relatief korte tijdsbestek sterk gestimuleerd. Deze subsidies waren (en zijn) nodig, omdat de kostprijs van biobrandstoffen op dit moment veel hoger ligt dan de kostprijs van fossiele brandstoffen.

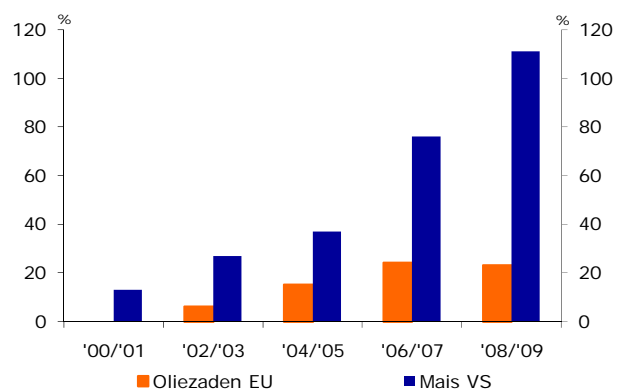
⁶ Tot voor kort ging men ervan uit dat het gebruik van biobrandstoffen de uitstoot van CO₂ verminderde. Maar Croezen e.a. (2010) en Zanchi e.a. (2010) ondergraven deze aanname. Daarnaast dient te worden opgemerkt dat aan het gebruik van biomassa ethische bezwaren kleven (de zogenaamde 'food for fuel'-discussie).

Figuur 5: Productie biobrandstoffen (in mln liters)



Bron: OECD

Figuur 6: Aandeel biobrandstoffen in de wereldwijde landgebruik voor graan en oliezaden (in %)



Bron: Baffes e.a. (2010)

Niet alleen groeit het voedselaanbod minder snel, ook neemt de wereldvoedselvoorraad af. Het krappe voedselaanbod in de afgelopen jaren in combinatie met een groeiende voedselvraag heeft ervoor gezorgd dat de wereldvoedselvoorraad tot een historisch laag niveau is gedaald.⁷ Dit heeft tot gevolg dat aanbodschokken moeilijker kunnen worden opgevangen. Aan de afname van de voorraad zijn diverse factoren debet, waaronder gestegen opslagkosten, landbouwhervormingen, een toename van het aantal exporterende landen waardoor de kwetsbaarheid van importerende landen leek af te nemen en gestegen opportunitetskosten in verband met hogere voedselprijzen.

Marktverstoringen

Verschillende landen hebben de afgelopen jaren geprobeerd om binnenlandse prijsstijgingen te beperken door de export van bepaalde voedselproducten extra te belasten en/of door exportembargo's in te stellen. Hoewel een dergelijke respons politiek te verklaren is, is het opwerpen van dergelijke handelsbelemmeringen (protectionisme) vanuit een economisch oogpunt suboptimaal. Op korte termijn kunnen dergelijke maatregelen bijdragen aan prijsstijgingen van voedsel op de wereldmarkt, terwijl op middellange termijn een tijdige en efficiënte aanbodrespons van binnenlandse producenten wordt voorkomen en het consumptiepatroon wordt verstoord.

Mogelijk heeft het gedrag van speculanten een verstorend effect op de voedseltermijnmarkten, maar recente publicaties over dit onderwerp spreken elkaar gedeeltelijk tegen (Baffes e.a. (2010)). Naast een mogelijk negatief effect, hebben termijnmarkten ook een positieve impact op de voedselproductie. Via de termijnmarkt kunnen risico's die gepaard gaan met prijsvolatiliteit namelijk (gedeeltelijk) worden afgedekt en hierdoor neemt de landbouwproductie mogelijk toe. Daarnaast dragen termijnmarkten bij aan het voorkomen van voedselschaarste, doordat sterke stijgingen van voedselprijzen op termijnmarkten een prikkel vormen voor producenten om de voedselproductie te intensiveren.

Vaak worden voedselprijzen in Amerikaanse dollars gedenomineerd. Wisselkoersbewegingen kunnen dan ook een verstorend effect hebben. Deze beïnvloeden immers de lokale prijzen die producenten ontvangen en importeurs moeten betalen. Wisselkoersbewegingen kunnen er dan ook voor zorgen dat producenten, consumenten, exporteurs en importeurs onjuiste prijssignalen van de internationale voedselmarkten ontvangen en onjuiste productie- en/of consumptieafwegingen maken.

De voedselconsumptie is toegenomen...

Een ruwe norm voor de voedselconsumptie is het aantal kilocalorieën (kcal) dat per persoon per dag wordt geconsumeerd. Hoewel deze norm niets zegt over de kwaliteit van het geconsumeerde voedsel kan met behulp van deze maatstaf de voedselconsumptie per hoofd van de bevolking op een globale manier worden ingeschat. De voedselconsumptie is de afgelopen twee decennia toegenomen. Deze toename reflecteert voornamelijk een toename van de voedselconsumptie in ontwikkelingslanden en opkomende landen. In geïndustrialiseerde landen ligt de voedselconsumptie reeds

⁷ De totale wereldvoorraad van rijst en tarwe bedroeg in 2000 bijvoorbeeld 350 miljoen ton, terwijl de voorraad in 2007 nog maar 200 miljoen ton bedroeg (FAO, 2009a).

sinds lange tijd op een hoog niveau en hierdoor neemt de voedselconsumptie daar veel minder sterk toe (*tabel 1*).

De voedselconsumptie van het aantal kcal/persoon/dag is met name sterk toegenomen in ontwikkelingslanden met een zeer grote bevolkingomvang. In India, Pakistan en Nigeria werd aan het einde van de jaren tachtig tussen de 2.200 en 2.400 kcal/persoon/dag geconsumeerd, terwijl de consumptie tegen het einde van de jaren '90 was gestegen tot 2.400-2.700 kcal/persoon/dag. Alleen in Bangladesh was er rond de eeuwwisseling nog steeds sprake van een zeer laag voedselconsumptieniveau per capita (FAO, 2006). Door de toename van de voedselconsumptie in ontwikkelingslanden met een zeer grote bevolkingomvang is de voedselongelijkheid⁸ in de wereld in de afgelopen twintig jaar sterk afgenomen (*tabel 2*). Toch zijn er nog steeds veel landen, waarvan de meeste in Sub Sahara Afrika, waar de voedselconsumptie per capita onder de 2200 kcal/persoon/dag ligt.

...en een kleiner gedeelte van de wereldbevolking heeft honger

De mate waarin (delen van) de bevolking worden getroffen door veranderingen in de voedselprijzen is afhankelijk van diverse factoren, zoals het percentage van het inkomen dat aan voedsel wordt besteed, het voedselpatroon, of men netto koper of verkoper van voedsel is of kan worden, de mate van prijscompensatie en de impact van overheidsmaatregelen. In ontwikkelingslanden is het aandeel van het inkomen dat aan voedsel wordt besteed relatief hoog en de prijscompensatie gering. Hierdoor komt deze bevolking als eerste in de problemen als de voedselprijzen stijgen. Bovendien heeft de urbanisatie ervoor gezorgd dat de bevolking minder dan voorheen (of niet meer) kan terugvallen op de traditionele sociale opvangsystemen die gebaseerd zijn op de familie- en gemeenschapsstructuren van een meer agrarische samenleving. Stijgende voedselprijzen beïnvloeden dus de voedseltoegang en voedselzekerheid in ontwikkelingslanden.

⁸ Gemeten als het percentage van de wereldbevolking dat in een ontwikkelingsland leeft met een bepaald per capita voedselconsumptieniveau per capita.

Tabel 1: Per capita voedselconsumptie (kcal/persoon/dag)

	'89/'91	'99/'01	'15
Wereld	2704	2789	2940
Ontwikkelingslanden	2520	2654	2850
Sub-Sahara Afrika	2106	2194	2360
Noord-Afrika	3011	2974	3090
Latijns Amerika en Caribisch gebi	2689	2836	2980
Zuid-Azie	2329	2392	2700
Oost-Azie	2625	2872	3060
Geïndustrialiseerde landen	3292	3446	3440
Transitielanden	3280	2900	3060

Bron: FAO (2006, 2010)

Tabel 2: Bevolking die leeft in een land met een gegeven per capita voedselconsumptie

In mln personen	'84/'86	'97/'99	'15*
< 2200	558	571	462
2200-2500	1290	1487	541
2500-2700	1337	222	351
2700-3000	306	1134	2397
>3000	1318	2464	3425
Totaal	4810	5878	7176

In percentages	'84/'86	'97/'99	'15*
< 2200	12	10	6
2200-2500	27	25	8
2500-2700	28	4	5
2700-3000	6	19	33
>3000	27	42	48
Totaal	100	100	100

* Projectie

Bron: FAO (2010)

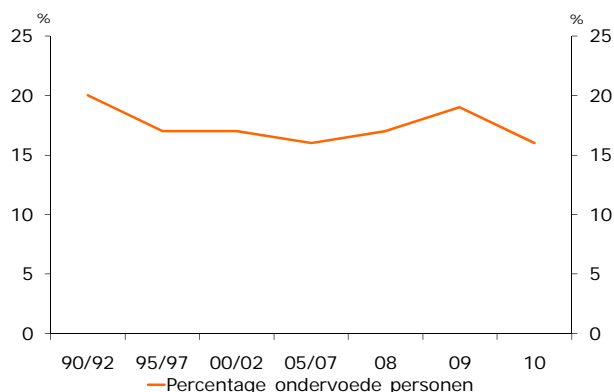
Het percentage van de wereldbevolking dat leeft in een ontwikkelingsland en ondervoed is, is in de eerste vijftien jaar van de afgelopen twee decennia afgenomen. De afgelopen vijf jaar is het percentage echter weer gestegen. Volgens prognoses van de FAO (2009b) lijdt in 2010 nog altijd 16% van de bevolking in ontwikkelingslanden honger. Hoewel dit een aanzienlijke verbetering is ten opzichte van 2009, ligt dit percentage nog steeds ver boven het percentage dat door de Verenigde Naties (VN) is geformuleerd in de eerste Millennium Ontwikkelingsdoelstelling⁹. Bovendien werd de daling voornamelijk gerealiseerd door consumptieverbeteringen in opkomende landen, zoals China. Een groot gedeelte van de bevolking in Sub Sahara Afrika lijdt echter nog steeds honger. Hier is het ook moeilijker om verbetering te realiseren vanwege politieke instabiliteit, natuurrampen en andere omstandigheden. Hoewel het percentage van het aantal ondervoede mensen in de wereld daalt, zijn er in absolute aantallen momenteel meer mensen ondervoed dan in 1990 (*figuur 7*). Na een daling van het absolute aantal aan het begin van de jaren negentig, is dit aantal in de afgelopen vijftien jaar steeds verder opgelopen. Voor 2010 verwacht de FAO (2010) voor het eerst weer een daling en komt het aantal mensen met honger naar schatting uit op ongeveer 925 miljoen (*figuur 8*).

De voedselproductie is gestegen...

Wereldwijd is de voedselproductie vanaf de start van de 'Groene Revolutie' verveelvoudigd. De 'Groene Revolutie' van vijftig jaar geleden heeft door mechanisatie, de ontwikkeling en grootschalige introductie van nieuwe landbouwvariëteiten, toepassing van irrigatie en toevoegingen zoals pesticiden en kunstmest geresulteerd in spectaculaire productiviteitsstijgingen.¹⁰ De afgelopen vijf tot tien jaar is de productiviteitsstijging voor belangrijke voedselbronnen, zoals, graan rijst en sojabonen, echter afgevlakt. Dit is mede veroorzaakt door een vermindering van investeringen in R&D als gevolg van een daling van de reële voedselprijzen.

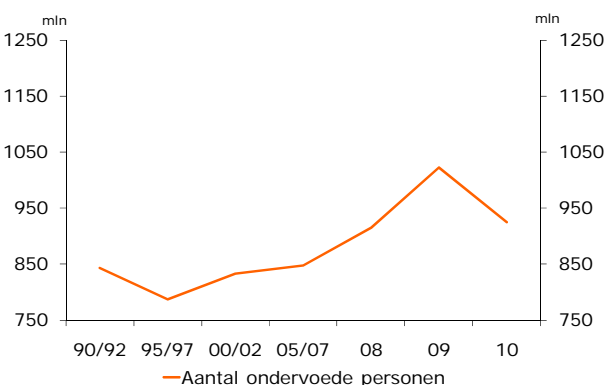
⁹ Volgens de eerste Millennium Ontwikkelingsdoelstelling moet het percentage ondervoede mensen in ontwikkelingslanden worden gehalveerd van 20% van de bevolking (815 miljoen mensen) in 1990/1992 naar 10% in 2015.

Figuur 7: Percentage ondervoede personen in ontwikkelingslanden



Bron: FAO (cijfers voor '08, '09 en '10 betreffen inschattingen)

Figuur 8: Ondervoeding in absolute aantallen



Bron: FAO (cijfers voor '08, '09 en '10 betreffen inschattingen)

In de jaren negentig nam de productie met gemiddeld 2,3% per jaar toe, terwijl dit percentage in het afgelopen decennium een fractie lager lag (2,2%). Hierbij dient echter wel te worden opgemerkt dat er grote verschillen bestaan tussen afzonderlijke agrarische producten. In de afgelopen twee decennia is de productie van granen niet-zijnde tarwe en rijst veel harder gestegen dan de productie van tarwe en rijst zelf (*figuur 9*). Ook is de productie van kippenvlees veel harder gestegen dan de productie van varkensvlees, schapenvlees en rundvlees. Door de enorme stijging van de productie van kippenvlees, is dit kippenvlees hard op weg om de meest geproduceerde vleessoort ter wereld te worden (*figuur 10*).

De productiekosten van voedsel zijn de afgelopen jaren sterk gestegen, doordat de energiekosten omhoog zijn gegaan en een significant deel van bijvoorbeeld de productiekosten van mest, pesticiden, landbouwmachines en transportkosten uit energiekosten bestaat. Volgens de Wereldbank maken de kosten voor olie bijvoorbeeld voor 25% deel uit van de kostprijs van granen en oliezaden.

... maar de verschillen tussen regio's zijn groot...

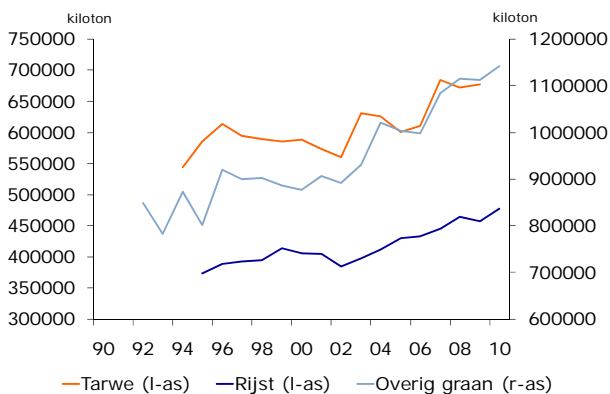
Opvallend zijn de grote verschillen tussen de productietoenames in verschillende regio's. In de afgelopen twee decennia nam de FAO-index voor de netto-productie van voedsel voor geïndustrialiseerde landen veel minder sterk toe dan die voor ontwikkelingslanden. In Europa was zelfs sprake van stagnatie (*figuur 11*). Dit kan deels worden verklaard door het feit dat er in de westerse wereld in vergelijking met ontwikkelingslanden al veel winst is geboekt bij het verkleinen van het verschil tussen de maximale theoretische en de daadwerkelijke gerealiseerde opbrengst. De productie-efficiëntie is in de westerse wereld nog veel hoger dan in opkomende economieën.

...en bestaat er groeipotentieel

Er bestaan verschillende mogelijkheden om de voedselproductie verder te verhogen. Volgens een gedetailleerde studie van Fisher e.a. (2001) naar het potentiële landbouwareaal is potentieel 4,2 miljard ha geschikt voor landbouw, waarvan op dit moment ongeveer 1,5 miljard ha in gebruik is.

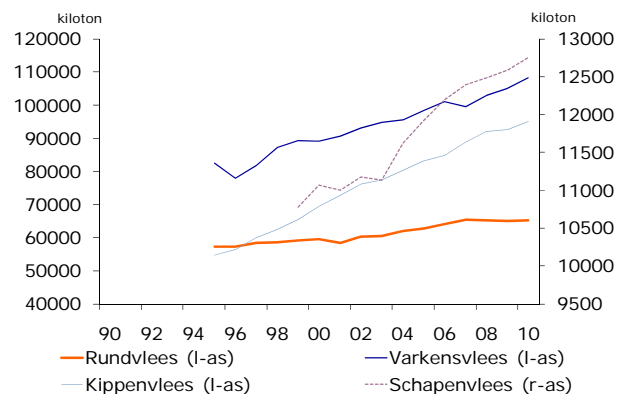
¹⁰ Negatieve gevolgen van de 'Groene Revolutie' zijn homogenisering en industrialisering van de landbouw, wat heeft geleid tot een grotere afhankelijkheid van externe hulpbronnen en de markt.

Figuur 9: Productie van graan in kiloton (kt)



Bron: OECD

Figuur 10: Productie van vlees in kiloton (kt)



Bron: OECD

Deze cijfers suggereren dat er nog een enorm groeipotentieel is voor voedselproductie door uitbreiding van het landbouwareaal. Zodra echter rekening wordt gehouden met een aantal beperkende factoren blijft er 1,5 miljard ha aan potentiële landbouwgrond over (Koning e.a. (2008);

Bruinsma e.a. (2009)). Voordat deze grond daadwerkelijk gebruikt kan worden moeten er echter eerst een aantal stappen worden gezet. Zo moet de grond worden onteigend en moeten er enorme bedragen worden geïnvesteerd in productie-uitbreiding, opslagfaciliteiten, (internationale) transportfaciliteiten en verbeteringen van de efficiëntie van de lokale fysieke infrastructuur.

Het potentiële landbouwareaal is ongelijk verdeeld over de wereld. Tweederde bevindt zich in ontwikkelingslanden en dan met name in Latijns-Amerika en Sub-Sahara Afrika. In de gebieden met de hoogste verwachte bevolkingsgroei en toename van de welvaart (Zuid-Azië, het Midden-Oosten en Noord-Afrika) is bijna geen po-

tentieel landbouwareaal meer beschikbaar. Als gevolg van deze discrepantie in bevolkingsgroei, toename van de welvaart en de beschikbaarheid van landbouwareaal (en andere natuurlijke bronnen zoals water) wordt de onbalans tussen voedselvraag en –aanbod steeds groter.

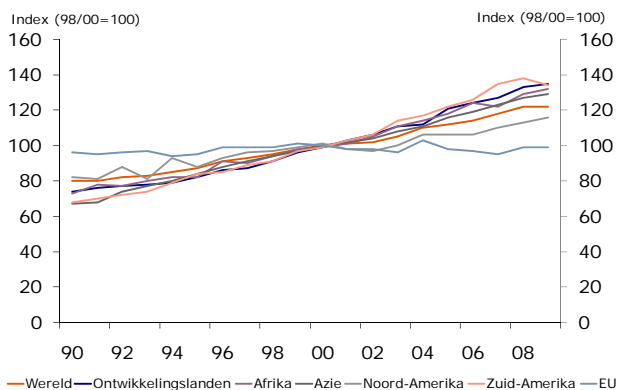
De voedselproductie kan ook worden verhoogd door verbetering van de productieomstandigheden. De theoretische maximale productie van een landbouwgewas ligt namelijk veel hoger dan de productie die anno 2010 wordt gerealiseerd.¹¹ Volgens Koning e.a. (2008) ligt de productieopbrengst 20% lager dan de theoretische maximaal haalbare productie door beperkende biofysische factoren¹² en sociaaleconomische wetmatigheden¹³.

¹¹ Op dit moment lopen de gemiddelde productieopbrengsten van landbouwgewassen tussen landen sterk uiteen. Volgens FAO-statistieken bedraagt de gemiddelde graanopbrengst in de wereld op dit moment 3,2 ton per ha. In Nederland wordt echter een opbrengst gehaald van gemiddeld 8,1 ton per ha, terwijl in de minst ontwikkelde landen een opbrengst van 1,8 ton per ha wordt gerealiseerd.

¹² Zoals de beschikbare hoeveelheid water en meststoffen, bodemkwaliteit, managementcapaciteit, ziekten, plagen en milieuvuiling.

¹³ Zoals de prijsverhoudingen tussen input en output en afnemende meeropbrengsten.

Figuur 11: FAO-indices voor netto-productie van voedsel in verschillende regio's



Bron: FAO

Tevens kan de voedselproductie worden verhoogd door intensivering van de productie, dat wil zeggen het verhogen van het aantal oogsten per jaar en/of het verkorten van de braakperiode. Om dit te kunnen bewerkstelligen moeten er echter wel voldoende bronnen, zoals water, mest en zaden, beschikbaar zijn. Daarnaast moeten de groeiomstandigheden controleerbaar zijn en moet er sprake zijn van een goed distributiesysteem.

Het voedselhandelspatroon verandert langzaam maar zeker

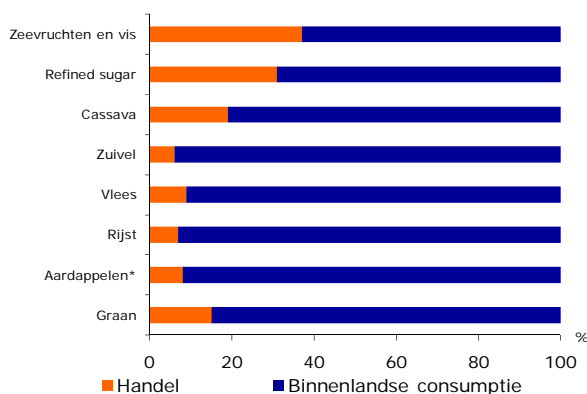
Het aandeel van de internationale handel van agrarische producten in de totale wereldgoederenhandel is, na een daling van 9,5% naar 6,2% in de jaren negentig, sinds 2006 weer toegenomen (OESO, 2010). De mate waarin er internationale handel plaatsvindt, verschilt van product tot product (figuur 12).

Landen die sterk afhankelijk zijn van voedselimporten en zelf over een beperkte productiecapaciteit beschikken, zoals China, Japan en de Arabische oliestaten, hebben in de afgelopen jaren grote stukken landbouwgrond in Afrika, Azië en Zuid-Amerika gekocht of gepacht voor de verbouw van voedselgewassen die bestemd zijn voor het eigen land. Deze voedselstrategie leidt tot een versterking van de groeiende zuid-zuid-handelsstroom (ten koste van de noord-zuid-handelsstroom) en tot nieuwe concurrentieverhoudingen op de internationale voedselmarkten die uiteindelijk kunnen resulteren in geopolitieke spanningen.

Het watertekort heeft zich uitgebreid

Het merendeel van het water op aarde bestaat uit zout water (97,5%). De hoeveelheid zoetwater is beperkt. Bovendien is het grootste gedeelte van de beschikbare hoeveelheid zoetwater moeilijk toegankelijk en niet direct beschikbaar, omdat het is 'opgeslagen' in de ijskappen op de polen of in gletsjers (UNEP, 2008; tabel 3). Zoetwater dat is 'opgeslagen' in rivieren, meren en de grond is daarentegen veel makkelijker toegankelijk en min of meer direct beschikbaar. Een groot gedeelte van de wereldbevolking is hier dan ook van afhankelijk (WRI e.a., 1998).

Figuur 12: Productieaandelen binnenlandse consumptie en handel (3-jaars gemiddelde)



Bron: FAO

Tabel 3: Voorraad zoetwater in km³

	Gletsjers en ijskappen	Moerasgebieden, grote meren, resevoirs en rivieren	Grondwater
Noord-Amerika	90.000	27.003	4.300.000
Zuid-Amerika	900		3.000.000
Groenland	2.600.000	0	0
Europa	18.216	2529	1.600.000
Afrika	0.2	31.776	5.500.000
Antartica	30.109.800	0	0
Azië	60.984	30.622	7.800.000
Australië	180	221	1.200.000
Totaal	32.880.080	92.151	23.400.000

Bron: UNEP (2008)

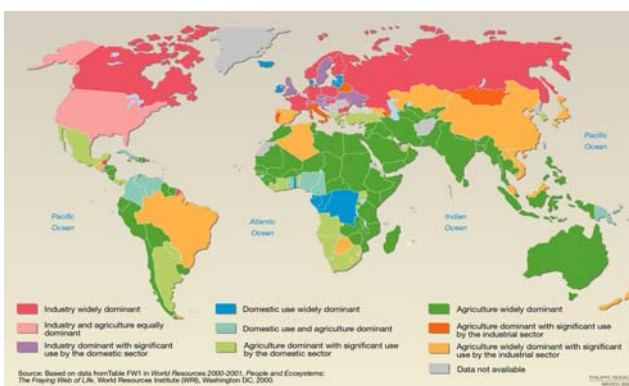
De hoeveelheid zoetwater die aan de aarde wordt onttrokken is afhankelijk van sociaaleconomische ontwikkelingen, zoals de economische, klimatologische en demografische ontwikkelingen. De ont-trekking van water aan de aarde is in de afgelopen twee decennia toegenomen. Volgens Shiklomanov (1999) werd in 1995 3.790 km³ zoetwater aan de aarde onttrokken, terwijl dit in 2000 was gestegen tot 4.430 km³. Naar verwachting is deze hoeveelheid in het afgelopen decennium nog verder toegenomen (UNESCO, 1999). Deze hoeveelheid zoetwater die wordt onttrokken is echter niet evenredig verdeeld over de wereld. In 2000 onttrok men in Azië de grootste hoeveelheid zoetwater aan de aarde. Hierin treden echter wel langzaam veranderingen op; onttrekking van zoetwater groeit het sterkst in Afrika en Zuid-Amerika (UNESCO, 1999).

Zoetwater dat aan de aarde wordt onttrokken, kan voor verschillende consumptiedoel-einden worden gebruikt. Gemiddeld wordt 70% voor landbouwdoel-einden gebruikt, 20% voor industriële doel-einden en de resterende 10% wordt door de bevolking geconsumeerd. De landbouw onttrekt met name water aan de aarde voor de irrigatie van land, terwijl in de industrie het grootste gedeelte van het water wordt gebruikt voor het opwekken van elektriciteit (Shiklomanov, 1999). De verschillen tussen consumptiedoel-einden in verschillende regio's zijn groot (figuur 12). In Amerika wordt bijvoorbeeld 49% van het onttrokken zoetwater voor de landbouw gebruikt, terwijl dit percentage in Afrika en Azië naar verwachting tussen de 85 en 90 ligt (Shiklomanov, 1999).¹⁴ Bovendien veranderen deze percentages met de tijd. Shiklomanov (1999) geeft aan dat de waterconsumptie in de landbouw vermoedelijk het minst hard stijgt, terwijl de waterconsumptie door de bevolking juist het hardst stijgt.

Niet al het water dat aan de aarde wordt onttrokken, wordt ook daadwerkelijk geconsumeerd. Een aanzienlijke hoeveelheid wordt verspild (zie figuur 13). De verspilling is het grootst in de landbouw. Niet alleen drupt er veel irrigatiewater weg via de bodem zonder dat de landbouw hierbij gebaat is, maar ook verdampt een groot deel van het water dat voor irrigatie (en energieopwekking) bedoeld is en tijdelijk wordt opgeslagen in waterreservoirs in tropische gebieden (UNESCO, 1999).

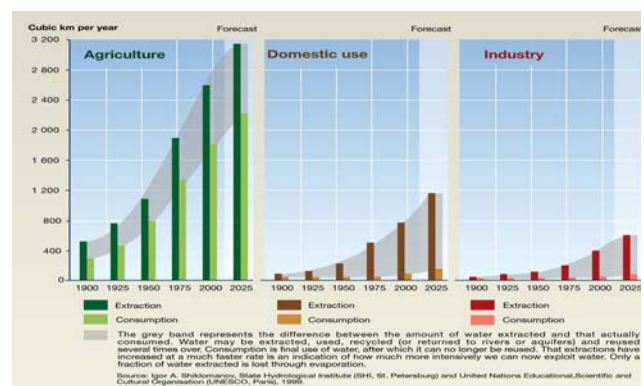
¹⁴ Omdat hier veel land moet worden geïrrigeerd.

Figuur 12: Zoetwaterverbruik in de wereld



Bron: UNEP (2008)

Figuur 13: Verspilling van water

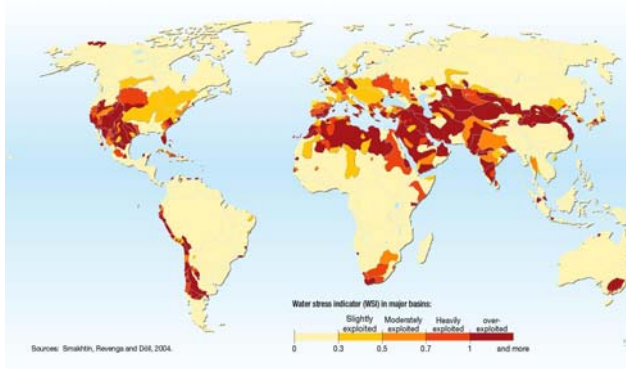


Bron: UNEP (2008)

Door klimaatveranderingen in de afgelopen twee decennia zijn er veranderingen opgetreden in de beschikbaarheid van zoetwater. Sommige gebieden hebben te maken gekregen met een overvloed aan water, terwijl er in andere gebieden grote droogte heerste. Meren en rivieren zijn gekrompen

en de hoeveelheid smeltwater daalt. Dit heeft tot gevolg dat ecosystemen rond deze zoetwaterbronnen en de irrigatie van landbouwgronden onder druk zijn komen te staan en veel mensen in hun voedsel- en waterzekerheid worden bedreigd (figuur 14). Daarnaast smelten grote delen van het landijs in de poolgebieden en gaat er zodoende veel zoetwater verloren.

Figuur 14: Water Scarcity Index



Bron: UNEP (2008)

Voedselonbalans neemt toe

Naar verwachting neemt de vraag naar voedsel in de komende twintig jaar toe. Dit wordt veroorzaakt door verschillende onderliggende trends, namelijk bevolkingsgroei¹⁵, een stijging van het gemiddelde inkomen en een toenemende vraag naar biobrandstoffen¹⁶.

Volgens projecties van de FAO (2010) is er ten opzichte van het gemiddeld niveau van 2005-2007 in 2030 42% meer voedsel nodig, wat neerkomt op een toename van 1,3% per jaar. De gemiddelde groei van de voedselbehoefte is naar verwachting groter voor ontwikkelingslanden dan voor geïndustrialiseerde landen, omdat de bevolking en het gemiddelde inkomen het sterkst groeien in ontwikkelingslanden en opkomende landen.^{17,18} Deze inschatting gaat echter met een grote mate van onzekerheid gepaard.

Het is de vraag met hoeveel personen de bevolking de komende decennia daadwerkelijk gaat toenemen. Daarnaast is het onzeker met hoeveel de gemiddelde inkomens gaan stijgen. Indien de bevolking en het gemiddelde inkomen sneller en naar een hoger niveau stijgen dan verwacht, dan neemt de vraag naar voedsel sneller toe dan verwacht. Anderzijds treden er mogelijk dieetveranderingen op in de westerse wereld, waardoor de vraag naar dierlijke eiwitten afneemt en er een minder groot beslag wordt gelegd op de voedselproductie. In de afgelopen jaren is gebleken dat de herkomst en de kwaliteit van de voedsel steeds belangrijker worden voor westerse consumenten. Zij zijn zich steeds drukker gaan maken om de veiligheid van hun voedsel, de gevolgen van de productie voor het milieu, het welzijn van dieren en eerlijke handel. Indien deze trend zich doorzet

¹⁵ Zie ook IN2030 Trendstudie: Het demografische tij keert.

¹⁶ Zie ook IN2030 Trendstudie: Vechten om grondstoffen?

¹⁷ Tot 2030 wordt een gemiddelde groei van 1,5% per jaar verwacht en voor geïndustrialiseerde landen een groei van 0,9% per jaar.

¹⁸ De IFPRI (2009) verwacht dat de vleesconsumptie door toename in inkomen zal stijgen van 37 kg per hoofd in 1999/2001 naar 47 kg per hoofd in 2030. De vleesconsumptie in ontwikkelingslanden stijgt naar verwachting van 27 kg per hoofd in 1999/2000 naar 38 kg per hoofd in 2030. De vleesconsumptie in industrielanden stijgt naar verwachting van 90 kg per hoofd (1999/2001) tot 99 kg per hoofd in 2030.

en het besef tot consumenten doordringt dat er voor de productie van dierlijke eiwitten een veelvoud aan plantaardige producten nodig is, dan zweren zij de consumptie van vlees en zuivel mogelijk (gedeeltelijk) af. Ook bestaat de mogelijkheid dat westerse consumenten overstappen op de consumptie van dieren die op een efficiëntere manier graan omzetten in proteïnen, zoals sprinkhanen, maden en andere insecten. Naast ideologische factoren, kunnen toekomstige prijsontwikkelingen de consument hiertoe aanzetten. Door de stijgende prijzen van graan, worden vleesproducten met een hoge conversiefactor relatief duurder. Dit kan tot gevolg hebben dat de vraag naar deze producten afneemt.

Tevens is het de vraag welke vlucht het gebruik van biobrandstoffen in de komende twee decennia gaat nemen en wat de gevolgen hiervan zijn voor de vraag naar en het aanbod van voedsel. Uit projecties van de IEA (2010) blijkt dat de vraag naar biobrandstoffen de komende twintig jaar toeneemt. De gevolgen voor de vraag naar voedsel zijn, afgezien van Indirect Land Use Change (ILUC)-effecten¹⁹, echter nog onduidelijk vooral vanwege de onvoorspelbaarheid van het overheidsbeleid met betrekking tot stimulering van het verbruik van biobrandstoffen en de duurzaamheidsproblematiek van de biomassaproductie. Voor de productie van eerste generatie biobrandstoffen wordt gebruik gemaakt van biomassa dat onder meer bestaat uit mais, suikerriet, koolzaadolie, palmolie en dierlijke vetten. Hierdoor wordt dus direct voedsel uit de voedselketen onttrokken. Voor de productie van tweede generatie biobrandstoffen wordt land gebruikt voor de productie van energiegewassen of worden restproducten van voedselgewassen (de oneetbare gedeeltes) gebruikt. De tweede generatie biobrandstoffen onttrekt dus niet direct voedsel uit de voedselketen, maar concurreert indirect met voedsel doordat het gebruik maakt van dezelfde productiemiddelen. Dit heeft gevolgen voor het aanbod van voedsel. Derde generatie biobrandstoffen worden geproduceerd door algenteelt op bijvoorbeeld afvalwater en het gebruik van deze generatie biobrandstoffen heeft dan ook nauwelijks effect op de vraag naar en/of het aanbod van voedsel. De technologie voor de productie van hogere generaties biobrandstoffen staat op dit moment nog in de kinderschoenen, maar mogelijk worden de komende twintig jaar grote stappen gezet.

Hoewel het theoretisch mogelijk is om de voedselproductie in de komende twee decennia te verhogen, bestaat er onzekerheid over de praktische haalbaarheid. Het is bijvoorbeeld de vraag in hoeverre het landbouwareaal in de toekomst daadwerkelijk kan worden uitgebreid. Het potentiële landbouwareaal bevindt zich voornamelijk in Latijns-Amerika en Sub-Sahara Afrika en om deze grond in gebruik te kunnen nemen, zijn er aanzienlijke investeringen nodig. Mogelijk kunnen en/of willen de regeringen van deze landen en de bevolking dergelijke investeringen niet opbrengen. Daarnaast is het onduidelijk in welke mate de productieomstandigheden kunnen worden verbeterd. De ontwikkeling van nieuwe generaties landbouwgewassen die tegen extremere weersomstandigheden kunnen, beter bestand zijn tegen ziekten en efficiënter zijn in energie-, mest- en nutriëntengebruik kan zorgen voor verbeteringen. Hierbij moet niet alleen worden gedacht aan genetisch

¹⁹ Stel dat een boer op dit moment voedsel verbouwt op perceel A en hij besluit om volgend jaar in plaats van voedsel een energiegewas te verbouwen. Indien de vraag naar voedsel gelijk blijft, impliceert dit dat elders, op perceel B, voedsel moet worden verbouwd. Indien perceel B voorheen tot de natuur behoorde, dan leidt de in gebruik name van perceel B tot extra uitstoot van broeikasgassen. De uitstoot op perceel B is een indirect effect van de productie van het energiegewas van perceel A., dat wordt aangeduid als Indirect Land Use Change.

gemodificeerde gewassen, maar ook aan traditioneel veredelde hybriden. Wel dient te worden opgemerkt dat de ervaringen met de eerste generatie genetisch gemodificeerde gewassen uiteenlopen. Bovendien bestaat er nog steeds een grote maatschappelijke weerstand tegen de introductie van natuurvreemde genen in de vrije natuur en het is de vraag of hier de komende jaren veranderingen in optreden, aangezien westerse consumenten steeds bewuster met voeding omgaan. Het is dan ook onzeker of de bevolking gemodificeerde gewassen de komende twee decennia gaat accepteren.

Ook is het onzeker wat de precieze gevolgen van klimaatveranderingen voor de voedselproductie zijn. Klimaatveranderingen werken verschillend uit voor verschillende regio's. Naar verwachting zal de voedselproductie in warmere en droge klimaatgebieden in de toekomst lager uitvallen, omdat de geteelde landbouwgewassen door een hogere temperatuur slechter gedijen. In de gematigde klimaatgebieden heeft een lichte temperatuurstijging daarentegen juist een gunstig effect op de plantengroei en daarmee op de voedselproductie. Op wereldniveau resulteert de opwarming van de aarde volgens Fisher (2009) per saldo in een netto effect van een lagere opbrengst van 5-10% in 2050. Indien de aarde echter minder snel opwarmt, dan kunnen de gevolgen voor de productieopbrengst anders liggen. Ondanks de grote onzekerheid met betrekking tot de precieze klimaatveranderingen, is het wel zeker dat het weer gevarieerder wordt en daarmee ook de kans op extreme weersomstandigheden (extreme droogte, langdurige regenval, et cetera) groter wordt. Hierdoor neemt het aantal aan weersomstandigheden gerelateerde productieschokken vermoedelijk toe.

Verder kan het opraken van de huidige voorraden fosfor enorme gevolgen hebben voor de voedselproductie, omdat fosfor belangrijk is voor de productie van kunstmest. Zonder deze grondstof is landbouwproductie met de huidige plantensoorten en op het huidige benodigde niveau niet mogelijk. Om schaarste te voorkomen, moet er in de komende twintig jaar niet alleen efficiënter met fosfor worden omgegaan, maar moeten ook technologieën worden ontwikkeld om fosfor terug te winnen uit groenafval, mest en afvalwater.

Waterzekerheid druppelt weg

Aangezien 70% van het zoetwatergebruik voor landbouw is bestemd, is de toekomstige uitbreiding van de hoeveelheid land dat wordt geïrrigeerd een belangrijke onzekerheid voor de toekomstige vraag naar water. Op basis van historische trends en de noodzaak om meer voedsel te produceren verwachten Shiklomanov (1997, 1999b) en de FAO (2009b) bijvoorbeeld dat de totale hoeveelheid landbouwgrond in 2030 met 30% moet toenemen. Dit impliceert volgens Seckler e.a. (1998) en IWMI (1999) dat er in 2030 17% meer water nodig is en dit heeft een grotere waterschaarste tot gevolg. Rosegrant en Ringler (1999) zijn minder pessimistisch en gaan er vanuit dat het land dat moet worden geïrrigeerd met slechts 5-10% toeneemt. Zij merken op dat de groei van investeringen in irrigatie nu al afneemt en verwachten dat deze trend zich in de toekomst verder doorzet. Technische winsten op het gebied van waterefficiëntie in de landbouw kunnen worden bereikt door oudere irrigatiesystemen te vervangen door nieuwere en efficiëntere systemen (zoals druppelirrigatie). Het is echter de vraag in hoeverre dit haalbaar is, aangezien de oudere systemen vooral worden gebruikt in arme landen en deze mogelijk niet het geld hebben om nieuwe irrigatiesystemen aan te schaffen.

Daarnaast is het onduidelijk welke vaart de ontwikkeling van waterzuinige gewassen en zilte teelt in de komende twee decennia gaat lopen.

Dieetwijzigingen kunnen een deel van het waterprobleem dat in de komende twee decennia dreigt te ontstaan oplossen. Als westerse consumenten dierlijke producten vaker links laten liggen en zij bovendien genetisch gemodificeerd voedsel accepteren, dan ontstaat er wat lucht. Ook is het van belang dat de westerse consument de komende twintig jaar minder water gaat verbruiken.

Indien er in de komende twintig jaar goedkope technologieën worden ontwikkelt waarmee water kan worden ontdaan van zware metalen en andere schadelijke elementen, dan heeft dit positieve gevolgen voor de beschikbaarheid van water en vermindert het waterprobleem. Het is echter de vraag of dergelijke technologieën zullen worden ontwikkelt.

Tot besluit: actie is nodig!

Door de toenemende behoefte aan voedsel en water komen de grenzen van de aarde in zicht. De huidige voedselvoorziening zit op een niet-duurzaam spoor en raakt naar verwachting in de toekomst verder uit balans. Om dit te voorkomen, moeten westerse consumenten hun ecologische voetafdruk verkleinen. Niet alleen is dit noodzakelijk om ruimte te maken voor de steeds groter wordende ecologische voetafdruk van de rest van de wereld, maar ook omdat het westerse dieet een onevenredig groot beslag legt op de steeds schaarser wordende bronnen.

Ook producenten kunnen hun steentje bijdragen. De productie in de landbouw moet omhoog, maar de meest eenvoudige productieverhogingen zijn inmiddels doorgevoerd. Om in de toekomst met dezelfde productiemiddelen meer te kunnen produceren, moet de efficiëntie omhoog. Hier liggen dan ook de uitdagingen voor producenten: zij moeten de geldende beperking zien op te lossen. Deze toekomstige oplossingen zullen ingewikkelder, dan de oplossingen die we al hebben gevonden. De omstandigheden zijn immers gewijzigd en moeilijker geworden. Het is echter niet onhaalbaar.

Naast voedselschaarste dreigt er waterschaarste te ontstaan. De landbouw vormt daarbij een belangrijk deel van het probleem, maar ook een belangrijk deel van de oplossing. Op korte termijn kunnen producenten en consumenten kiezen voor waterefficiëntere gewassen. Daarnaast zijn er technische winsten te behalen door vervanging van oudere oppervlakte-irrigatiesystemen waarbij grote hoeveelheden irrigatiewater worden verspild. Op lange termijn kan de ontwikkeling van waterzuinige gewassen en zilte teelt een oplossing bieden.

Literatuur

- Baffes, J. en T. Haniotis (2010), *Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective*, Policy Research Working Paper 5371, Washington, DC: World Bank.
- Bruinsma, J. (2009), *The resource outlook to 2050: by how much do land water and crop yields need to increase by 2050?*, FAO expert meeting on How to Feed the World in 2050, Rome.
- Croezen, H.J., G.C. Bergsma, M.B.J. Otten, M.P.J. van Valkengoed (2010), *Biofuels: indirect land use change and climate impact*, CE Delft, Delft.
- FAO (2006), *World agriculture: towards 2030/2050*, Interim Report, Rome.
- FAO (2009a), *The State of Food Insecurity in the World*, Rome.
- FAO (2009b), *Irrigated harvested cereal area for developing countries*, Preliminary data based on work for agriculture: towards 2015/30. Rome.
- FAO (2010), *World agriculture: towards 2015/2030*, Interim Report, Rome.
- Fisher, G., M. Shah, H. Van Velthuizen en F.O. Nachtergaele (2001), *Global agro ecological assessment for agriculture in the 21st century*, IASA/FAO, Vienna.
- Gilbert, C.L. (2010), How to Understand High Food Prices, *Journal of agriculture Economics*, 61, pp. 398-425.
- IEA (2010), *Sustainable Production of Second-Generation Biofuels: potential and perspectives in major economies and developing countries*, Informational paper, Parijs.
- IFPRI (2009). Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaption, Food Policy report, Washington D.C.
- IWMI (1999), *Water for Food and Rural Development in 2025*, Colombo, Sri Lanka.
- Koning, N.B.J., M.K. van Ittersum, G.A. Beccx, M.A.S.J.S. Van Boekel, W.A. Brandenburg, J.A. Van den Broek, J. Goudriaan, G. van Hofwegen, R.A. Jongeneel, J.B. Schiere en M. Smies (2008), Long-term global availability of food: continued abundance or new scarcity?, *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*, 53(3), pp. 229-292.
- Mitchell, D. (2009), *A Note on Rising Food Prices*, Policy Research Working Paper 4682, Washington D.C.
- Rosegrant, M.W. en C. Ringler (1999), *World Water Vision Scenarios: Results from the IMPACT implementation of the World Water Vision Scenarios*, International Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Seckler, D., U. Amarasinghe, D. Molden, R. de Silva en R. Barker (1998), *World Water Demand and Supply 1990 to 2025: Scenarios and Issues*, Research Report 19, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Shiklomanov, I.A. (1997), *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World*, Stockholm Environmental Institute, Stockholm.
- Shiklomanov, I. A. (1999), *World Water Resources: Modern Assessment and Outlook for the 21st Century*, State Hydrological Institute, St. Petersburg, Rusland.
- Shiklomanov, I. A. (1999b). *World Water Resources and Water Use: Present Assessment and Outlook for 2025*, State Hydrological Institute, St. Petersburg, Rusland.
- Stepenson (2010). Livestock and climate policy: less meat or less carbon.
- UNESCO (1999), *Summary of the Monograph 'World Water Resources at the beginning of the 21st Century*.
- WRI, UNEP, UNDP, and World Bank (1998), *World Resources 1998-99 - A Guide to the Global Environment*. Oxford University Press, New York.
- Zanchi, G. N. Pena en N. Bird (2010), *The upfront carbon debt of bioenergy*, Joanneum Research, Graz.