

DE VOEDSELFACITOR

Van Vaclav Smil verschenen eerder bij Nieuw Amsterdam

Cijfers liegen niet
Zo zit de wereld in elkaar
Orde van grootte

Vaclav Smil

**De
voedsel
factor**

**Over het voeden van de wereld
nu en in de toekomst**

Uit het Engels vertaald door Joost Pollmann

Nieuw Amsterdam

© 2024 Vaclav Smil

Oorspronkelijke titel *How Food Really Works*. Viking, imprint van Penguin General. Penguin General is onderdeel van de Penguin Random House group of companies.

© 2024 Nederlandse vertaling Joost Pollmann / Nieuw Amsterdam

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd bestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Tekst- en datamining van (delen van) deze uitgave is uitdrukkelijk niet toegestaan.

All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training and similar technologies.

Omslagontwerp gebr. Silvestri

Foto auteur © Andreas Laszlo Konrath

NUR 740

ISBN 9789046833087

www.nieuwamsterdam.nl

Nieuw Amsterdam maakt deel uit van Park Uitgevers



Verantwoording

Zoals geldt voor elk interdisciplinair boek, had dit analytische overzicht van ons voedsel en het wereldwijde voedselsysteem niet geschreven kunnen worden zonder steun van honderden wetenschappers. Want hun publicaties, zowel recente als klassieke, hebben me geholpen om de reikwijdte van onze mogelijkheden en beperkingen te begrijpen. Speciale dank gaat uit naar Connor Brown, mijn redacteur in Londen die mij de kans geeft boeken over zeer verschillende onderwerpen te schrijven; naar Kenneth Cassman, emeritus hoogleraar landbouwkunde aan de University of Nebraska, voor het nauwkeurig lezen van het typoscript en voor zijn correcties en suggesties; en naar Bill Gates, die al meer dan vijftien jaar mijn vaste lezer en scherpzinnige criticus is.

Inleiding

Doemdenken heeft een lange geschiedenis en zorgen over het voeden van de wereld bestaan al sinds Thomas Robert Malthus in 1798 zijn *Essay on the Principle of Population* publiceerde en waarschuwde dat 'de invloed van bevolkingsgroei oneindig veel groter is dan het vermogen van de aarde om in het levensonderhoud van de mens te voorzien'.

Zo ontstond het idee dat de wereldbevolking sneller groeit dan de voedselvoorraad, totdat de groei wordt afgeremd door hongersnoden, oorlog of ziekte en de bevolkingsomvang gaandeweg stagneert.

Maar het zegt veel over talloze halve waarheden in de geschiedenis en wetenschap van de voedselproductie dat zelfs Malthus bij nader inzien geen 'malthusiaan' was. De tweede editie van zijn essay (1803) laat zien dat hij optimistischer was: 'hoewel onze vooruitzichten (...) niet zo rooskleurig zijn als we zouden wensen, zijn ze toch verre van volstrekt ontmoedigend, en sluiten ze geenszins een geleidelijke progressie van de samenleving uit'. Helaas zijn feiten van weinig belang voor degenen die halve waarheden verkondigen.

Omdat de wereldbevolking blijft groeien en zorgen over het milieu toenemen, blijven ook de zorgen over het voeden van de wereld bestaan, en volgens sommigen ziet het er slecht uit. In mei 2022 beweerde de Britse schrijver en politiek activist George Monbiot bijvoorbeeld dat 'het wereldwijde voedselsysteem begint te

lijken op het wereldwijde financiële systeem in de jaren voorafgaand aan 2008. Als een financiële ineenstorting al vernietigend was voor het welzijn van de mens, dan moet je er niet aan denken wat er gebeurt als het voedselsysteem zou instorten. Toch zijn er steeds meer aanwijzingen dat het helemaal verkeerd kan gaan.’

Dit is maar één voorbeeld in een stroom van dubieuze claims en regelrechte misinformatie. In het afgelopen decennium heb ik me herhaaldelijk geërgerd aan het onbegrip en de pure onwetendheid ten aanzien van veel fundamentele zaken in het leven, of het nu gaat om levende organismen of machines, gewassen of motoren, voedselproducten of brandstoffen.

Dus moet je je zorgen maken over het wereldwijde voedselsysteem? Woon je ergens waar de komende decennia hongersnood zal uitbreken? Zal de samenleving ineenstorten? Het korte antwoord is: waarschijnlijk niet. Een completer antwoord, dat gebaseerd is op de geschiedenis van de voedselproductie en de nieuwste wetenschappelijke inzichten, en dat een aantal belangrijke biofysische factoren uitlegt zoals fotosynthetische efficiëntie en de behoefte aan nutriënten, is langer en valt ongeveer samen met de lengte van dit boek.

Als je op zoek bent naar een boek dat gaat over verbluffende en revolutionaire innovaties binnen het voedselsysteem, dan zul je die hier niet vinden. Dit boek biedt het tegenovergestelde: het pleit voor de kracht van stapsgewijze veranderingen, voor het soort zaken dat vaak wordt genegeerd door de media en door schrijvers van populaire non-fictie die zich liever richten op onrealistische zaken. Eigenlijk begrijp ik de behoefte aan overdreven en onjuiste claims niet als juist de reële cijfers nieuwswaardig en opmerkelijk genoeg zijn.

De wereldwijde voedselproductie bedraagt nu bijvoorbeeld gemiddeld zo'n 3000 kcal per persoon; de dagelijkse wereldwijde voedselverspilling is ongeveer 1000 kcal per persoon. En toch is

er blijktbaar geen urgentie om dat te veranderen. Maar als je steeds een derde van je inkomen kwijtraakt, zou je proberen daar iets aan te doen. Dit boek gaat over zulke discrepanties.

Waarom hebben we maar zo'n gering aantal planten en dieren gedomesticeerd om ons voedsel te produceren? Als onze verre voorouders hadden geweten wat we nu weten, zouden ze dan andere keuzes hebben gemaakt? Wat zeggen de beste beschikbare studies over de nieuwste dieetmodes, van het ketogene dieet tot het vermijden van ultrabewerkte voedingsmiddelen? Als we vooruitkijken naar 2050, zal de wereld dan afstand hebben gedaan van zijn vee en in een techno-veganistisch utopia leven, waar we onszelf schuldvrij voeden met plantaardige of in het laboratorium gekweekte vleesvervangers? Ik ben een voorstander van het verminderen van onze vleesinname, want een derde van de wereldwijde graanproductie en twee derde van de graanoogst in de VS wordt aan dieren gevoerd, maar als dat betekent dat we bijvoorbeeld meer fruit en noten moeten eten, is dat niet per se beter voor het milieu.

Hoe zit het met de biologische landbouw? Is dat dan het wondermiddel? In vorige eeuwen, toen de beschikbare technologie betekende dat alle landbouw 'biologisch' was, werkte doorgaans 80 procent van de mensen in de landbouw, waarbij ze onaantrekkelijk werk moesten doen zoals mest verzamelen waarmee de grond vruchtbaar kon worden gemaakt. In rijke landen produceert tegenwoordig niet meer dan 2 tot 4 procent van de mensen voedsel. En zou jij mest willen scheppen?

Op een dieper niveau ligt het idee van landbouw als het fundament van ons bestaan onder vuur. Maakte de komst van de landbouw menselijke bloei mogelijk of was het, zoals veel schrijvers van populaire non-fictie beweren, juist de grootste catastrofe in de geschiedenis? In dit boek zullen we de alternatieven kritisch bekijken.

*De voedsel*factor markeert het begin van het vijfde decennium waarin ik schrijf over voedsel. Eind jaren 70 begon ik onderzoek te doen voor een meer specialistisch boek, namelijk de eerste analyse in boekvorm van de energie-efficiëntie van maïs, het belangrijkste gewas in Amerika (gepubliceerd in 1982), en vijf van mijn boeken die in de jaren 80 verschenen bevatten passages of hoofdstukken die waren gewijd aan gewassen en voedsel.

In 2000 publiceerde ik mijn eerste boek dat uitsluitend aan allerlei aspecten van voeding was gewijd: *Feeding the World*, waarin onderwerpen werden behandeld van fotosynthese en gewasopbrengsten tot veeteelt en diëten. Dit werd in 2001 meteen gevolgd door *Enriching the Earth*, een gedetailleerde beschrijving van de meest fundamentele grondstof van de moderne landbouw: ammoniak, dat wordt gebruikt – zoals we later zullen zien – bij de productie van alle stikstofhoudende meststoffen. Drie van mijn boeken die in het eerste decennium van de 21e eeuw werden gepubliceerd, gingen over voedsel: *Japan's Dietary Transition and Its Impacts* (samen met Kazuhiko Kobayashi), *Harvesting the Biosphere* en *Should We Eat Meat?*.

Sinds 2014 heb ik me vooral beziggehouden met andere onderwerpen en boeken gepubliceerd over staal, olie, aardgas, de energietransitie, energie en beschaving, groei en grootte, hoewel *Zo zit de wereld in elkaar* (2022) opent met een hoofdstuk over een beter begrip van de voedselproductie. Kortom: mijn belangstelling voor voedsel is niet van voorbijgaande aard.

Het mag duidelijk zijn dat thema's als voedsel en landbouw een enorm feitelijk en intellectueel gebied bestrijken, en daarom moet elke bredere benadering binnen zelfopgelegde grenzen plaatsvinden. En dus worden in dit boek de basiskenmerken van het wereldwijde voedselsysteem uitgelegd. Daarbij kies ik voor een kwantitatieve benadering, want als het om voedsel gaat zijn cijfers veel belangrijker dan meningen en gevoelens. We zullen alles on-

der de loep nemen, van landbouwkunde en gewaswetenschappen tot energieboekhouding en voeding en gezondheid, en dat doen we aan de hand van een logische reeks van acht essentiële onderwerpen.

De eerste helft van het boek is gewijd aan de biofysische basisprincipes van het verbouwen van voedsel. In de tweede helft van het boek kwantificeer ik de werkelijke omvang van het wereldwijde voedselsysteem, leg ik uit wat voedingsbehoeften zijn en werp ik een kritische blik op enkele recente suggesties voor radicale transformatie van het systeem. Lezers die een uitgebreide of kritische behandeling verwachten van twee modieuze onderwerpen – landbouw in de context van wereldwijde klimaatverandering en duurzame landbouw – moet ik naar elders verwijzen. Dit is niet het zoveelste boek over voeding en de opwarming van de aarde: er is al zoveel over dit uitgebreide onderwerp gepubliceerd dat je inmiddels een aardige bibliotheek met dergelijke teksten zou kunnen vullen.

Dit boek is opzettelijk niet bedoeld als een uitgebreid overzicht van de moderne voedselproductie en voeding, maar focust op een sterk kwantitatieve evaluatie van de basisprincipes. Veel boeken over landbouw en voeding bevatten weinig cijfers, dit boek staat er bol van. Ik ga me daar niet voor excuseren. Getallen bieden tegengif tegen wishful thinking en zijn de enige manier om een goed inzicht te krijgen in de modaliteiten en beperkingen van moderne gewasteelt, voeding en voedsel. Met deze basis is het veel minder waarschijnlijk dat je zaken niet goed interpreteert of de essentie van voedselproductie verkeerd begrijpt, of dat je de vele overdreven claims en onrealistische beloften over de toekomst van de wereldwijde landbouw kritiekloos accepteert.

1. Wat hebben we eigenlijk aan de landbouw te danken?

Waarom hebben we landbouw nodig? Waarom moeten we eenjarige en meerjarige gewassen verbouwen? Waarom bedekt akkerland bijna 40 procent van het ijsvrije land op aarde? Waarom houden we miljarden gedomesticeerde dieren? Het antwoord op al deze vragen is: omdat we met zovelen zijn. En zoals vaker het geval is met een toenemende kwantiteit, is het resultaat een ingrijpende verandering in kwaliteit.

Onze soort scheidde zich meer dan 6 miljoen jaar geleden af van de andere primaten, en de evolutie leidde zo'n 300.000 jaar geleden tot het ontstaan van *Homo sapiens*, wijzelf dus. Zolang onze voorouders in kleine, ver uit elkaar liggende groepen leefden, konden ze op dezelfde manier overleven als hun voorgangers: als jager-verzamelaars. Hoewel het dieet van deze hominide soorten niet gedetailleerd in kwantitatieve grootheden kan worden gereconstrueerd (de beste hulpmiddelen die we tot onze beschikking hebben, zoals analyse van stabiele isotopen in bewaard gebleven botten en tanden, kunnen zulke precieze antwoorden niet geven), biedt het foerageren van chimpansees een realistisch model van hun kwalitatieve voedselinname. Hieruit kunnen we afleiden dat hominiden een grote variëteit aan planten en kleine dieren aten door incidenteel aas te eten, gericht te jagen op kleinere prooien en af en toe zelfs kannibalisme toe te passen.¹

Het chimpansee-dieet

In veel studies zijn de omnivore eetgewoonten van chimpansee-groepen in tropisch Afrika vastgelegd: de grote verscheidenheid aan soorten die ze eten, hun voorkeur voor licht verteerbaar plantaardig materiaal, hun consumptie van insecten en hun jacht op kleine zoogdieren.² Boschimpansees eten doorgaans meer dan 100 verschillende plantensoorten, maar vruchten domineren hun dieet (met vijgen als favoriet), aangevuld met bloemen, verse bladeren en stengels, pulp, wortels, zaden en noten, die ze soms kraken met behulp van kleine stenen hamers. Veel veldwaarnemingen hebben ook gedetailleerd aangetoond hoe chimpansees zoeken naar insecten (vooral termieten, vaak door te 'hengelen' met grassprietten) en naar ongewervelde dieren, vogeleieren en kuikens.

Chimpansees jagen ook op kleine zoogdieren (meestal franjeapen, maar ook jonge wilde varkens, bosbokken, galago's, blauwe duikers en bavianen) en delen vervolgens het vlees met anderen in de groep. In Gombe, Tanzania, is vastgesteld dat volwassen mannelijke chimpansees per jaar wel 25 kilo van deze vleessoorten bij elkaar jagen, aanzienlijk meer dan wordt gegeten in de meeste traditionele agrarische samenlevingen, waar de jaarlijkse vleesconsumptie per hoofd nog geen 10 kilo bedraagt. De jacht op kleine dieren wordt meestal gedaan door twee of meer mannetjes met een bemoedigende slagingskans van 50 tot 60 procent, maar ook vrouwtjes jagen, zelfs als ze jongen dragen. En in het Fongoli-onderzoeksgebied in Senegal zijn chimpansees waargenomen die meerdere speerachtige werktuigen gebruikten om galago's te doden, kleine halfapen die 's nachts actief zijn en overdag in boomholtes slapen.³ De risico's van de jacht (verwondingen door snelle achtervolgingen in boomkruinen, tegenstand van de prooi) worden afdoende gecompenseerd: tenslotte levert zelfs een klein



Onze omnivore voorgangers: chimpansees doden en eten andere apen.

hapje vlees meer voeding (vooral meer eiwitten) dan honderden termieten, die tijdrovend zijn om te vangen.

In tropisch regenwoud met een overvloed aan planten- en diersoorten vergt dit geen overmatige inspanning en boschimpansees besteden ruwweg de helft van de daglichturen aan het zoeken naar voedsel en eten, waarbij tussen de 60 en 80 procent specifiek wordt besteed aan het zoeken naar en eten van fruit. Er blijft dus genoeg tijd over om te rusten, op verkenning te gaan, te socializen en elkaar te verzorgen. Maar een omnivoor dieet met veel fruit beperkt het aantal individuen in een groep (en dus hun maximale dichtheid binnen een foerageergebied) omdat er maar zoveel fruitbomen zijn om uit te oogsten, aangezien de meeste bomen maar één of twee keer per jaar vrucht dragen en andere soorten concurreren om deze beperkte productie. Sommige bosgebieden kunnen gemiddeld 1,5 chimpansees per vierkante kilometer huisvesten, en hooguit 2 of zelfs 4 individuen als ze veel vruchten opleveren, terwijl in open en vaak gedegradeerde, dorre savanne-

omgevingen de gemiddelde dichtheid minder is dan 1 individu per 2 vierkante kilometer.⁴ Jezelf in leven houden met wilde vruchten en de kleine dieren die jij en je familie hebben gevangen en gedood, is evident onmogelijk in de huidige, dichtbebouwde stedelijke omgeving.

Hoe hominiden en de vroegste mensen aten

Het dieet van de vroege homininen, die zich meer dan 6 miljoen jaar geleden van de chimpansees afsplitsten, leek nog veel op het omnivore patroon dat hierboven is beschreven. De voedselinname werd gedomineerd door plantenweefsels (vruchten, knollen, noten, bladeren) die zowel licht verteerbaar zijn als de nodige voedingsstoffen kunnen leveren. Dit werd aangevuld met een matige consumptie van ongewervelde dieren en kleine gewervelde dieren, en met het incidenteel eten van het vlees en het merg van kadavers van grote carnivoren.⁵ Latere verbeteringen in het maken van gereedschappen, te beginnen met kleine stenen werktuigen en uiteindelijk overgaand in speren en pijl-en-bogen, maakten het mogelijk om te jagen en grotere dieren te doden.

Modern antropologisch bewijs toont overtuigend aan dat de positie van de mens in de voedselketen is geëvolueerd van het relatief beperkte chimpansee-niveau van vlees eten naar een hoog carnivoor niveau, dat zijn hoogtepunt bereikte bij *Homo erectus* (een soort die heeft bestaan tot zo'n 250.000 jaar geleden) en ongeveer 50.000 tot 12.000 jaar weer afnam in het bovenpaleolithicum (of het late deel van de oude steentijd).⁶ Het bewijsmateriaal, dat is aangetroffen in menselijke overblijfselen die over de hele wereld zijn gevonden, omvat hogere vetreserves en gaandeweg een hogere zuurgraad van de maag, een veranderende vorm en volume van de darmen (waardoor het vermogen om energie uit

plantenvezels te halen werd beperkt), een afname van de kauwspieren (er hoefde minder gekauwd bij een hoogwaardiger dieet) en eerder zogen (omdat melk werd aangevuld en daarna vervangen door voedzamer voedsel).

In koudere klimaten werd de verandering in het dieet beïnvloed door het uitsterven van de grootste landzoogdieren, van mega-herbivoren zoals mammoeten, dat plaatsvond tijdens het neolithicum (of de nieuwe steentijd), 9000 tot 3000 v.Chr. De twee rivaliserende hypothesen die deze ondergang verklaren zijn klimaatverandering (resultierend in de toename van bossen en een afname van de graslanden waar deze enorme dieren leefden) en (een veel minder waarschijnlijke maar hardnekkige en enorm populaire verklaring) *overkill*: uitsterving veroorzaakt door het massaal doden van grote herbivoren door groepen prehistorische jagers.⁷

Hoewel *Homo sapiens* uiteindelijk zijn foerageermogelijkheden uitbreidde tot het doden van megaherbivoren en het vissen in zoet water en kustwateren (en daardoor in staat was om te overleven in streken die zich uitstrekten van de tropen tot de Noordpool), bleef de bevolkingsdichtheid van groepen jager-verzamelaars klein. De fragmentarische archeologische gegevens maken het onmogelijk om betrouwbare reconstructies te maken van de werkelijke prehistorische dichtheden, maar we hebben voldoende betrouwbare kwantitatieve informatie over de aantallen foerageerders die tot in de 20e eeuw overleefden en over hun methoden om aan voedsel te komen, om door antropologen te kunnen worden onderzocht.⁸ Zoals de Amerikaanse antropoloog Frank Marlowe opmerkte, die de jager-verzamelaars van de Hadzastam in Tanzania bestudeerde, zijn deze 'foerageerders misschien problematisch in vergelijking met de mens in het verleden, maar ze zijn zeker de meest bruikbare modellen voor de mens van nu', en de grote variatie in waargenomen groepsgroottes en bevolkings-

dichtheden (in Zuidelijk en Centraal-Afrika, in het Amazonegebied en in Australië) biedt waarschijnlijk goede vergelijkingsmogelijkheden met vroegere bevolkingsgroepen die afhankelijk waren van een beperkte verscheidenheid aan eenvoudige gereedschappen.⁹

Uit deze studies kunnen we opmaken dat de kleinste groep foerageerders die nodig is om te overleven uit 25 tot 30 mensen blijkt te bestaan, terwijl de grootste groepen sedentaire visser-jager-verzamelaars rond de 500 mensen tellen. Bij de 300 bestudeerde foeragerende samenlevingen die standhielden tot in de 19e en 20e eeuw, was de gemiddelde bevolkingsdichtheid 0,25 personen per vierkante kilometer. De kleinste dichtheid bedroeg minder dan 0,1, terwijl de grootste, met meer dan 1 persoon per vierkante kilometer, tot de uitzonderingen behoorde en alleen voorkwam bij sedentaire samenlevingen met toegang tot zeer voedszaam (en vet) marien voedsel zoals vis en zeehonden. Grote groepen van rond de 500 mensen in de Pacific Northwest waren bijvoorbeeld afhankelijk van eenvoudig te vangen zalm tijdens de jaarlijkse migratie (sommigen jaagden zelfs op kleine walvissen in de kustwateren).¹⁰ Er waren maar weinig habitats met zo'n overvloedige voedselvoorraad die grote sedentaire gemeenschappen konden onderhouden.

Als we kijken naar het gemiddelde lichaamsgewicht (een volwassen mensenvrouw weegt 55 kilo, een volwassen chimpansee-vrouwtje weegt 35 kilo), dan nadert de bevolkingsdichtheid van menselijke foerageerders opmerkelijk dicht (maar niet verrassend) die van chimpansees: gemiddeld zouden habitats in staat zijn geweest om tussen de 5 en 50 kilo levend lichaamsgewicht per vierkante kilometer te voeden. De laagste bevolkingsdichtheden van foeragerende landbewoners waren te vinden in subarctische gebieden en bij groepen op grote hoogte, evenals in droge savanne-omgevingen, maar er was een relatief breed scala aan bevolkingsdichtheden, zelfs in meer vriendelijke habitats, bijvoorbeeld in

droge, mediterrane seizoenklimaten en in tropische regenwouden. Deze beperkte variatie in bevolkingsdichtheden laat zien dat aan jagen en verzamelen duidelijk grenzen zaten in termen van de energie die geoogst kon worden, of dat oogsten nu door viervoeters of tweevoeters werd gedaan. Dus zelfs toen we het vlees van grotere dieren begonnen te eten, konden met jagen en verzamelen nooit heel grote groepen individuen worden onderhouden (en in deze context betekent 'groot' duizenden mensen, dus niet de tientallen miljoenen in de grootste steden van nu). En zelfs geen relatief hoge dichtheden van meer dan 10 mensen per vierkante kilometer (vandaag de dag heeft Manilla op de Filipijnen een bevolkingsdichtheid die drie orden van grootte groter is, met meer dan 70.000 mensen per vierkante kilometer).

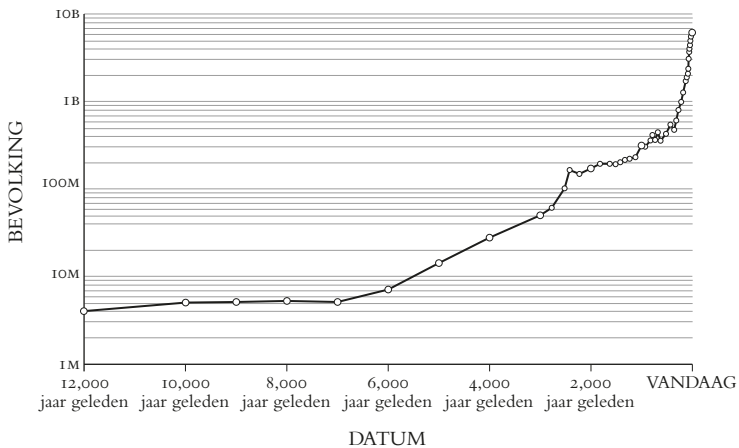
Onze groeiende bevolking

Recente genetische studies en demografische modellen bieden meer zekerheid over de prehistorische bevolkingscijfers dan ooit tevoren.¹¹ Het aantal menselijke voorouders dat meer dan 1,2 miljoen jaar geleden leefde, was vermoedelijk niet hoger dan ongeveer 20.000 hominiden, wat veel minder is dan het aantal chimpansees en gorilla's vandaag de dag. Latere hominide populaties (zoals *Homo erectus* en *Homo heidelbergensis*) namen waarschijnlijk toe van slechts 50.000 een kwart miljoen jaar geleden tot 100.000 individuen van *Homo sapiens* – wij dus – zo'n 100.000 jaar terug. Genetisch bewijs toont aan dat de daaropvolgende betrekkelijk sterke bevolkingsgroei werd gevolgd door een plotse linge krimp door zeer sterke planetaire afkoeling en de uitbreiding van de ijskappen tussen 29.000 en 17.000 jaar geleden.

In 2015 concludeerde een groep Finse wetenschappers dat de populatie van de Europese *Homo sapiens* afnam van meer dan

300.000 mensen 30.000 jaar geleden tot ongeveer 130.000 individuen 23.000 jaar geleden, en daarna weer toenam tot ongeveer 400.000 tegen het einde van de laatste ijstijd ongeveer 10.000 jaar geleden.¹² Aan het begin van het neolithicum, zo'n 12.000 jaar geleden, leefden mensen in habitats die varieerden van tropische regenwouden tot het Noordpoolgebied. In tropische regenwouden, waar grote dieren zeldzaam zijn en kleine dieren meestal in de bomen leven, vaak nachtdieren zijn en altijd moeilijk te bejagen, werd het dieet noodzakelijkerwijs gedomineerd door planten.¹³ In gematigde streken leverde het vlees van grote herbivoren een aanzienlijk deel van de totale energiebehoefte en in het Noordpoolgebied was overleven onmogelijk zonder het doden van grote en vette zeezoogdieren.¹⁴

Natuurlijk weet de lezer dat er *iets* is gebeurd om de bevolkingsgroei mogelijk te maken. Niet moeilijk om te raden wat, gegeven de titel van dit hoofdstuk, want het was de daaropvolgende domesticatie van gewassen en dieren die ervoor zorgde dat veel



Groei van de wereldbevolking: prehistorische stagnatie gevolgd door een langzame stijging.