



SLIMME — — STEDEN

**DE OPGAVE VOOR
DE 21E-EEUWSE
STEDENBOUW IN
BEELD**

**Maarten Hajer
& Ton Dassen**

naio10 uitgevers /
PBL uitgevers



‘we hebben een mondiaal netwerk voor stedenbouw nodig’

DE OPGAVE VOOR
DE 21E-EEUWSE
STEDENBOUW IN
BEELD

Maarten Hajer
& Ton Dassen

naio10 uitgevers /
pbl uitgevers

Slimme steden – De opgave voor de 21e-eeuwse stedenbouw in beeld toont het metabolisme van het verstedelijkte Nederland; Nederland als een organisme met een eigen stofwisseling van in- en uitgaande voedselstromen. Deze stromen reiken vaak tot aan de andere kant van de wereld. Stromen van bouw- en brandstoffen, eten en drinken, water, lucht en afval. Maar ook van mensen die met hun transport- en andere technologie de stofwisseling zo gezond en efficiënt mogelijk proberen te maken.

Het stedelijk metabolisme staat internationaal sterk in de belangstelling. Toonaangevende organisaties als de Wereldbank en de Verenigde Naties houden er een pleidooi voor: steden dienen hun metabolisme in kaart te brengen als basis voor hun strategische planning. Alleen zo kunnen ze een vitale verbinding leggen tussen ruimtelijk beleid en milieubeleid. Ook in de zesde editie van de Internationale Architectuur Biënnale Rotterdam, die de aanleiding vormde voor dit boek, speelt de natuur een centrale rol, getuige de titel 'Urban by Nature'. Wetenschappers wijzen al langer op de gevolgen van het stedelijk bestaan en op de 'grenzen aan de groei'. Het komt er nu op aan om daadwerkelijk een verandering in gang te zetten. Wat nodig is, is een creatieve vernieuwing en daarbij zijn ontwerpers, als natuurlijke 'go-between', onontbeerlijk.

Het essay waar we dit boek mee openen 'Slimme steden zijn lerende steden – zeven overwegingen voor een nieuwe stedenbouw' benadrukt het belang van ontwerp en van een maatschappelijk betrokken wetenschap. Het verbindt de lessen uit het verleden met een nadere duiding van de huidige tijd en toekomstige ontwikkelingen, gebaseerd op de wetenschappelijke kennis van het PBL. Het essay mondt uit in een zevental overwegingen voor stedelijke planning en ontwerp.

Maarten Hajer

Directeur Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Dirk Sijmons

Curator IABR-2014-URBAN BY NATURE-

George Brugmans

Algemeen Directeur Internationale Architectuur
Biënnale Rotterdam

INHOUD

DEEL 1

- 9 SLIMME STEDEN ZIJN
LERENDE STEDEN**
– Zeven overwegingen voor
een nieuwe stedenbouw

DEEL 2

- 55 DEMOGRAFIE**
71 LUCHT
81 WATER
93 VOEDSEL
107 BIOTA
119 MOBILITEIT
131 VRACHT
141 BOUWMATERIAAL
153 AFVAL
165 ENERGIE
- 179 REFERENTIES**

MAARTEN HAJER

SLIMME STEDEN ZIJN LERENDE STEDEN

Zeven overwegingen
voor een nieuwe stedenbouw

SMART CITIES OF SLIMME STEDENBOUW

Om de zoveel tijd maken steden een transitie door. Een grote verandering die ingrijpende gevolgen heeft voor het stedelijk leven. In de afgelopen tweehonderd jaar springen er ten minste twee van zulke overgangperiodes in het oog. In de 19e eeuw ondergingen westerse steden een metamorfose van een middeleeuwse naar een industriële stad. Stadsmuren werden neergehaald en er ontstond een nieuwe infrastructuur van fabrieken, spoorwegen, en huisvesting voor de schare nieuw aangekomen arbeiders. Om de ziekten waarmee de snelle groei van de steden gepaard ging te bestrijden, werd er een uitgebreide infrastructuur aangelegd van sanitaire voorzieningen. Een tweede transitie deed zich voor in de 20e eeuw, toen de komst van de auto grootschalige aanpassingen noodzakelijk maakte. Het was de tijd van rondwegen, torenflats, zakendistricten en de uitvinding van de voorstad of ‘suburb’.

Momenteel staan we op de drempel van weer een nieuw tijdperk. We moeten een manier zien te vinden om steden eco-efficiënt te maken. Hernieuwbare energie, minder CO₂-uitstoot, recycling van afval en milieuvriendelijk verkeersmanagement; eco-efficiency is niet langer het domein van een paar idealisten, in de 21e eeuw is ze noodzaak geworden. Steden die deze werkelijkheid niet onder ogen zien, lopen het risico hun functioneren en economie op het spel te zetten (UNEP 2013a).

Met het in het afgelopen decennium populair geworden *smart city*-concept lijkt een oplossing in zicht. Overal duiken stukjes en beetjes van dit discours op. ‘De auto zonder chauffeur komt eraan.’ ‘*Big data* zullen het openbaar vervoer veel efficiënter maken.’ ‘Met slimme meters en slimme elektriciteitsnetwerken kan de CO₂-uitstoot worden teruggedrongen.’

Het discours van de smart city belooft ons een tijdperk van innovatieve stedenbouw, die berust op slimme technologieën die steden veiliger, schoner en bovenal efficiënter zullen maken. Pijler van dit alles is de toepassing van ICT-technologieën. Smart cities zullen via *big data* gedrag ‘aanvoelen’ en met behulp van deze feedback de stedelijke dynamiek beheren en op een verfijnde manier diensten afstemmen op de bewoners. De stedenbouwkundige planning wordt een doorlopend experiment, waarbij steden als ‘levende laboratoria’ dienen voor nieuwe producten en

diensten. Het optimisme van deze continu innoverende stad van de toekomst is aanstekelijk. Maar is het ook reëel?

Dit boek is geschreven vanuit een gevoel van urgentie: de transitie naar duurzaamheid is bittere noodzaak. Het laat zien hoe ver we nog af zijn van een duurzaam en veerkrachtig stedelijk systeem. Een stedelijke transitie is een complexe operatie en zal zich niet gemakkelijk voltrekken. We roepen daarom ook op tot reflectie; door naar het verleden te kijken leren we misschien wat nodig is, wat mogelijk is, op welke barrières we kunnen stuiten en hoe we die kunnen slechten. Er zullen mensen tegen zijn, belangengroepen zullen zich verzetten en sommige oplossingen zullen niet blijken te werken. Maar steden zullen zich altijd blijven ontwikkelen.

In dit essay zien we verstedelijking uiteindelijk als het resultaat van een proces van ‘discoursvorming’ waarin zich coalities vormen die actief een specifieke agenda promoten. In dat licht bezien is het van groot belang onderzoek te doen naar ‘slimme steden’. Waar draait het om bij die benadering van steden? Kan ze werken? Waar zou ze een bijdrage kunnen leveren, voor welke valkuilen moeten we beducht zijn? Is er resultaat te verwachten?

Voor het eerst moeten we gaan nadenken over verstedelijking als een wereldwijd fenomeen. Volgens demografische berekeningen zijn we op weg naar een wereld waarin rond 2050 tot wel 70 procent van de mensen in steden zal wonen, waarbij de nieuwe verstedelijking vooral plaatsvindt in Azië en het ten zuiden van de Sahara gelegen deel van Afrika (VN 2012). De bedragen die in de stedelijke infrastructuur moeten worden geïnvesteerd, zijn

De Wereldbank verwacht een investering in stedelijke infrastructuur van 30 tot 50 biljoen dollar

duizelingwekkend. De Wereldbank verwacht de komende twintig tot dertig jaar een investering in stedelijke infrastructuur van 30 tot 50 biljoen dollar, oftewel 30 tot 50 duizend miljard (Doshi et al. 2007; Airoidi et al. 2010; Hoornweg & Freire 2013). Deze bedragen zijn gebaseerd op rapporten van wereldwijd opererende consultancybureaus als Booz Allen Hamilton en de Boston Consultancy

Group. Het is vergelijkbaar met de totale beurswaarde van alle beursgenoteerde bedrijven in de wereld (Wereldbank 2014). Een deel van dit geld is nodig om de stedelijke infrastructuur in de ontwikkelingslanden uit te breiden en een ander deel om de stedelijke infrastructuur te vernieuwen in de ontwikkelde landen, waar een aantal essentiële infrastructurele systemen nog uit de 19e eeuw dateert.

Het smart city-discours ziet de stedelijke toekomst in een digitale ‘upgrade’ die steden efficiënter zal maken. Die efficiency is echter geen toekomstbestendig antwoord. Natuurlijk is het zinvol de mogelijkheden te verkennen die voortvloeien uit nieuwe digitale technologie en de *big data* die ze genereert. Maar het lijkt wel of collectief is vergeten dat die belofte van een grote efficiencywinst al eens eerder is gedaan. De 20e-eeuwse stedenbouw werd gedomineerd door het discours van de moderne, functionele stad. Die belofte een gezond stadsleven voor iedereen, met een soepele verkeersdoorstroming, en met elektriciteit die ‘te goedkoop zou zijn om te meten’, dankzij het gebruik van kernenergie, de technologie van de toekomst. De *smart city* bruist van enthousiasme en opent onze ogen voor de mogelijkheden van de toekomst, maar maakt ons blind voor de mislukkingen uit het verleden.

**Het debat over de toekomst van
onze steden kan niet worden
gevoerd zonder inzicht in de
geschiedenis van de stedenbouw**

Het debat over de toekomst van onze steden is van groot belang. Maar een dergelijk debat kan niet worden gevoerd zonder inzicht in de geschiedenis van de stedenbouw. Gedegen kennis van het verleden biedt een kader voor een veerkrachtig en breed gedragen programma voor de stad van de toekomst. Als we er niet in slagen een visie te ontwikkelen die richting geeft, is de kans groot dat er vooral wordt geïnvesteerd in plannen voor de korte termijn. Geld wordt besteed aan standaardopties die voortborduren op de mores van de 20e-eeuwse stedenbouw en alleen maar proberen een reeds achterhaald model efficiënter maken.

Een 20e-eeuwse agenda voldoet echter niet meer. Er was geen oog voor hoe afhankelijk steden zijn van de natuur. Zoals we in dit

boek laten zien, loopt ons ‘stedelijk metabolisme’ volledig uit de pas. Voor stedenbouwkundigen en architecten wereldwijd kan het een inspirerende uitdaging zijn: een programma ontwerpen dat recht doet aan het metabolisme van de 21e-eeuwse stad.

| De toekomst vraagt niet zozeer om *smart*
| *cities* maar om een slimme stedenbouw

De toekomst vraagt niet zozeer om *smart cities* (een technische oplossing), maar om een *slimme stedenbouw* – een krachtig integraal en actiegericht gedachtegoed over steden. Een stedenbouw die de nadruk legt op de specifieke geschiedenis en sociale samenstelling van steden. Die analyseert welke hulpbronnen nodig zijn om een stad te laten functioneren, die inzicht biedt in de complexe onderlinge verbanden tussen ontwerp, politiek en het bedrijfsleven. En die ideeën aanreikt voor de institutionele vormen en praktijken die de noodzakelijke transitie tot stand kunnen brengen. In dit essay verkennen we of we het discours van de smart city kunnen verrijken met inzichten in wat steden zijn, waartoe ze in staat zijn, hoe het bestuur kan functioneren, en, vooral, hoe we steden beter in staat kunnen stellen te leren, zowel in de steden zelf als tussen steden onderling.

DE SMART CITY ALS DISCOURS

Verstedelijking is een van de grootste opgaven van de 21e eeuw. De Wereldbank wees er onlangs op dat de wereld in de komende 40 tot 50 jaar even sterk verstedelijkt als in de afgelopen 200 jaar (Hoornweg & Freire 2013). Dit betekent dat steden binnen ‘...slechts 40 jaar een infrastructuur moeten aanleggen voor nog eens 2,7 miljard mensen’ (ibid. p. 125). China wil tot 2030 zo’n 250 miljoen mensen laten verhuizen van het platteland naar de stad (OECD 2013). In 2009 verwachtte de UN DESA al dat Afrikaanse steden tot 2050 800 miljoen mensen extra zullen moeten huisvesten (ibid. p. 33).

De Wereldbank concludeert dat wereldwijd, ‘met het toenemen van hun bevolking en de toenemende welvaart de steden voor zware opgaven staan in het beheer van transport, water en afvalwater, vast afval en energie, waarbij de vraag het aanbod

verre te boven gaat. Bovendien is door de ongecontroleerde groei van de steden in de afgelopen jaren de bevolking verspreid en wonen er nu meer mensen in de stedelijke periferie, wat de kosten van de infrastructuur en voorzieningen omhoog heeft gejaagd' (Hoornweg & Freire 2013, p. 34).

In deze context wordt de smart city naar voren geschoven als de meest logische vorm voor stedelijke ontwikkeling. In de publicatie van de Wereldbank wordt gesteld dat met de toepassing van 'smart city-technologie' tot en met 2020 een reductie van de CO₂-uitstoot kan worden bereikt van 7,8 gigaton (ibid. p. IX). Dat is een forse hoeveelheid in vergelijking met de landelijke uitstoot in de Verenigde Staten (5,2 gigaton) en China (9,9 gigaton) in 2012 (Oliver et.al. 2013). Misschien is het tekenend voor de manier waarop het smart city-discours het denkkader is geworden voor de stedelijke realiteit; we kunnen de effecten van een volledige toepassing van slimme technologie wel berekenen, maar het is ongelooflijk ingewikkeld om zulke technologische oplossingen te implementeren in een bestaand stedelijk weefsel, niet alleen fysiek maar ook politiek. Daarmee vermindert ook de waarde van dergelijke optelsommen.

Het gevaar bestaat dat het debat verzeild raakt in een welles-nietesdiscussie, waarbij de normatieve voorkeuren die mensen al op voorhand hebben, bepalend zijn voor de reacties

In het beleid en in de politiek worden smart cities wel gepresenteerd als een verzameling ontwerpen, voorstellen en instrumenten die al naargelang het uitkomt kunnen worden ingezet. Beleidsmakers zien het als een programma dat grote bedrijven als IBM, Cisco Systems of Siemens stimuleert om technologische oplossingen te vinden voor reële en urgente problemen, bijvoorbeeld rondom gezondheid en vergrijzing, verkeerscongestie en milieu. Deze benadering wordt vaak 'van onderaf' bekritiseerd, omdat ze de waardevolle input van 'slimme burgers' en open platforms zou passeren (Townsend 2013; Greenfield 2013). Hier bestaat het gevaar dat het debat verzeild raakt in een welles-nietesdiscussie, waarbij de normatieve voorkeuren die mensen al op voorhand

hebben ('grote problemen vragen om integrale oplossingen' versus 'klein is mooi') bepalend zijn voor de bijdragen en reacties.

Op deze manier komt er geen echte verandering tot stand. Verandering ontstaat wanneer verschillende groepen coalities vormen, die gezamenlijk de overredingskracht creëren om verandering tot stand te brengen. De actoren die in zo'n coalitie actief zijn hoeven het niet over alle details met elkaar eens te zijn, maar wel een gemeenschappelijk discours te hebben: een strategische visie en een taal om over steden te spreken.

In dit essay beschouw ik de smart city als zo'n discours; een manier van zien en praten waarbij bepaalde aspecten van de stedelijke realiteit naar voren worden gehaald en andere aspecten noodzakelijkerwijs minder aandacht krijgen. Elders heb ik een discours gedefinieerd als: 'een geheel van gedachten, ideeën, concepten en categorisering, aan de hand waarvan betekenis wordt toegekend aan maatschappelijke en fysieke verschijnselen, en dat wordt geproduceerd en gereproduceerd in een herkenbare verzameling praktijken' (Hajer 2009, pp. 59–60). In die betekenis zouden het 'keynesianisme' en neoliberalisme als een discours kunnen worden beschouwd. Beide zijn zienswijzen die veel invloed hebben gekregen en in de loop der tijd tot regels en routines zijn geïnstitutionaliseerd (Hall 1988).

Wat als taal en ideeën begon had uiteindelijk consequenties voor belastingstelsels, een anticyclisch uitgavenbeleid (of het tegendeel), of zelfs de voorkeursrol van de overheid bij infrastructurele projecten. Daarom wordt in een analyse van een discours gesteld dat taal er echt toe doet. Via de taal 'worden kwesties zo geordend dat sommige binnen de politiek vallen en andere erbuiten' (vgl. Schattschneider 1960).

Wanneer we de smart city als discours beschouwen, vallen vijf elementen op. Ten eerste het veelvuldig voorkomen van een aantal begrippen: 'slimme elektriciteitsnetwerken', '(big) data', 'efficiency', 'infrastructuur', 'systeem', 'energie', 'monitoren' en 'informatie'. Die duiden erop dat steden vanuit een management-perspectief worden benaderd, en dat er veel wordt verwacht van de toepassing van ICT-instrumenten. Die moeten oplossingen aandragen voor allerlei stedelijke problemen, bijvoorbeeld in verband

met de kwaliteit van het milieu en gezondheid, veiligheid en de efficiency van de dienstverlening. De dominantie van de ICT-technologie is voor stedenbouwkundige Mark Swilling aanleiding de smart city een vorm van ‘stedenbouwkundige algoritmiek’ te noemen (Swilling 2014a).

Ten tweede functioneert het discours als het ‘cement’ tussen coalities. Via zulke ‘discourscoalities’ (Hajer 1995) slijpelt een specifieke zienswijze door in de samenleving. Smart cities worden meestal bediscussieerd in nieuwe, interdisciplinaire fora waarin het bedrijfsleven, de overheid en kennisinstellingen elkaar vinden. Zo organiseerde Cisco Systems een reeks bijeenkomsten op verschillende continenten onder de titel ‘Meeting of the Minds’; BMW lanceerde een ‘Guggenheim lab’ dat van New York naar Berlijn en Mumbai reisde; en Siemens bouwde in Londen een compleet paviljoen, de Crystal, om de toekomst van de smart city te presenteren. Merkwaardig genoeg houden academici zich hier afzijdig.

Ten derde gaat het concept van de smart city gepaard met een specifiek organisatorisch idee. Er wordt veel verwacht van publiek-private samenwerkingsverbanden waarin het bedrijfsleven de openbare dienstverlening ondersteunt. Met deze verschuiving van een publieke infrastructuur naar publiek-private samenwerkingsverbanden gaan stedelijke consumenten waarschijnlijk ook anders betalen voor diensten. ‘Publieke werken’ zullen plaatsmaken voor een benadering van ‘betalen per verrichte dienst’ (Graham & Marvin 2011). Een dergelijke verschuiving kan een grote verandering betekenen. Voor het particuliere bedrijfsleven is dat prima, maar er is nog te weinig aandacht voor het verband tussen een bepaalde visie op de smart city en het bestaande bestuursstelsel of zelfs het stedelijk maatschappelijk middenveld.

**Bij een al te snelle sprong van
probleem naar oplossing is er
onvoldoende ruimte voor debat**

Ten vierde wordt in het smart city-discours innovatie beschouwd als een primair technologisch fenomeen. In het discours bestaat de neiging de technologie als het allerhoogste voor te stellen en de nieuwe mogelijkheden op te hemelen. Technologie is echter geen wondermiddel. Bij een al te snelle sprong van probleem naar oplossing is er onvoldoende ruimte voor een debat over de

feitelijke omstandigheden waaronder een toekomst van leefbare, stimulerende steden tot stand moet worden gebracht. Dat is een omissie, want in de complexe stedelijke wereld is een snelle toepassing of kopiëren van oplossingen niet mogelijk. Ga maar na: zelfs in brave omgevingen als de ambtenarij bleek het moeilijk ICT-projecten succesvol te implementeren. Het lijkt dus van belang meer aandacht te besteden aan de voorwaarden waaraan technologische toepassingen moeten voldoen willen ze succesvol zijn. Dat is overigens ook precies de uitkomst van een van de allereerste omvattende studies over een samenwerkingsverband rond smart cities, de T-stad in het Duitse Friedrichshafen (Hatzelhoffer et al. 2012).

Last but not least: het historisch bewustzijn is een notoir zwakke plek in het smart city-discours. Waarom zijn de dingen zoals ze zijn? Zaken die nu ‘inefficiënties’ lijken, kunnen bijvoorbeeld het resultaat zijn van een politieke strijd in het verleden. Zo ligt in het centrum van Amsterdam de Anthoniebreedbrug die breed genoeg is om er een vierbaanssnelweg overheen te leggen. In werkelijkheid liggen er slechts een eenrichtingsweg en een fietspad. In New York eindigt Fifth Avenue in een T-splitsing waar Washington Square Park begint. Inefficiënte oplossingen, geen twijfel over mogelijk. Maar de situatie met de brug in Amsterdam is ontstaan door protesten van bewoners van de Nieuwmarktbuurt die een op de auto gerichte stadsontwikkeling in de jaren zeventig precies op die brug tot staan wisten te brengen. En het voorbeeld uit Manhattan is het gevolg van de protesten van Jane Jacobs en anderen tegen de inbreuk van de nieuwe, op de auto georiënteerde technologieën op hun dagelijkse omgeving. In gevallen als deze kunnen burgers zelfs trots zijn op de inefficiënties van hun stad. En dat dit uiteindelijk prima stedenbouwkundige oplossingen waren, zal inmiddels door weinigen worden betwist.

I Voor steden bestaan geen standaardoplossingen

Voor steden bestaan geen standaardoplossingen. Stedelijk beleid is altijd een kwestie van moeilijke keuzes, en in steden die op een democratische manier worden bestuurd, is het de politiek die deze keuzes maakt, idealiter op basis van een open overleg tussen burgers en beleidsmakers, waarbij voortdurend belangen tegen elkaar worden afgewogen van iedereen op wie de beslissingen van invloed zijn (Barber 1984; Hajer 2009).

Al met al is het misschien wel de belangrijkste opgave om een tweedeling in het debat te voorkomen, met aan de ene kant 'grote' technologische oplossingen en aan de andere kant een voorkeur voor 'bottom-up'-planning. De problemen waar we voor staan zijn urgent, nopen tot verandering, en vragen een gemeenschappelijke richting. We hebben 'smart' technologie nodig. Als we in de wereld doorgaan steden te bouwen op de moderne 'standaardmanier' van de 20e eeuw, ontstaan er steden waarin het onprettig wonen en duur om je te verplaatsen is, en waarin de verbeeldingskracht van burgers of de beste ontwerpers amper wordt benut.

**Al met al is het misschien wel de
belangrijkste opgave om een tweedeling
in het debat te voorkomen**

We zien echter dat overheden vaak kwetsbaarder zijn geworden en niet het gezag, de legitimiteit of het geld hebben om echt de 'trend om te buigen'. Wat we nodig hebben is een bundeling van alle op verandering gerichte krachten; samen kunnen ze het ideaal realiseren van de 21e eeuw als een tijdperk van leefbare steden. Wat we nodig hebben is een nieuwe verbeelding, een slimme stedenbouwkunde, gebaseerd op samenwerking. Nu, aan het begin van de 21e eeuw, is die nieuwe stedenbouw nog een stip op de horizon, maar het is hoog tijd die uit te vinden, te benoemen en te definiëren. De beste manier om dat te doen is wellicht het debat te openen en de discussie te starten.

TERUGBLIK: TRANSITIES VAN DE 19e EN 20e EEUW

DE BEWEGING VOOR 'SANITAIRE HERVORMING'

De problemen waar de hedendaagse steden voor staan lijken intimiderend, maar ze zijn niet zonder precedent. Het is vooral leerzaam te kijken naar de periode vanaf het midden van de 19e eeuw, toen de industriële stad voor het eerst een publieke infrastructuur kreeg. Van 1840 tot 1920 groeide de stedelijke bevolking in de Verenigde Staten van ongeveer 1,8 naar meer dan 54 miljoen (Angel 2013). Tussen 1880 en 1920 kwamen meer dan 20 miljoen immigranten de Verenigde Staten binnen. De mensen trokken

voor werk naar opkomende industriesteden als Chicago, Detroit en New York.

De kwaliteit van de huisvesting was erbarmelijk en ziekten verspreidden zich snel. De volksgezondheid kwam boven aan de agenda te staan. Het eerste sanitaire onderzoek van de stad New York werd in 1864 uitgevoerd, een mijlpaal in de geschiedenis van de Amerikaanse volksgezondheid. ‘De inspecteurs schreven over overlopende toiletten, met slijm overdekte straten vol paardenmest, en slachthuizen en vetsmelterijen die tussen overvolle huurkazernes stonden. Eén inspecteur meldde dat bloed en andere lichaamssappen van dode dieren twee blokken ver over 39th Street van een slachthuis naar de rivier stroomden’ (Pizzi 2014).

De problemen waar de hedendaagse steden voor staan lijken intimiderend, maar ze zijn niet zonder precedent

Ook in Europa hadden steden als Londen, Parijs en Berlijn te kampen met de gevolgen van het sloppenleven. Als reactie op de problemen in de steden in de tweede helft van de 19e eeuw en het begin van de 20e eeuw werd er werk gemaakt van de aanleg van een sanitaire infrastructuur, ter bestrijding van wat Peter Hall de ‘stad van de verschrikkelijke nacht’ heeft genoemd (1988). Het opruimen van de sloppenwijken en de installatie van fatsoenlijke riolen en voorzieningen voor goed drinkwater, maakten uiteindelijk een einde aan de gruwelijke stadsziekten van het westen.

Achteraf gezien lijkt het initiatief voor een stedelijke sanitaire infrastructuur een uitgemaakte zaak, maar in werkelijkheid ging ze gepaard met politieke conflicten, verzet van belangengroepen en coalitievorming. Het probleem werd op de agenda gezet door hervormers als Edwin Chadwick (1800–1890), die de hygiënische situatie van de armen bestudeerde, en journalisten die de juiste toon vonden om de boodschap op een breder publiek over te brengen. Dit leidde vervolgens tot de benoeming van speciale commissies, zoals in het Verenigd Koninkrijk de Royal Commission on the Housing of the Working Classes in 1884 (Hall 1988, p. 16). De grote sanitaire projecten kwamen tot stand dankzij een discours-coalitie, de beweging voor sanitaire hervorming, die het als haar maatschappelijke taak zag een einde te

maken aan de ellende in de steden en deze wilden voorzien van een specifieke sanitaire infrastructuur. De Britse hervormers Edwin Chadwick en Charles Booth (1840–1916) lieten onderzoeken uitvoeren, en produceerden als eersten de statistieken die het bredere bewustzijn hielpen creëren dat vereist was om de stad ertoe te dwingen deze vernieuwing van de sanitaire infrastructuur door te voeren. De gevestigde belangengroepen lieten zich pas overreden toen dankzij de taaie statistieken duidelijk werd hoe noodzakelijk een fatsoenlijke watervoorziening was. In Parijs werd de aanleg van riolen gecombineerd met het bredere (politiek gemotiveerde) project van het opruimen van de sloppenwijken en de ontwikkeling van de boulevards (Graham & Marvin 2001, p. 55 e.v.).

I In wat voor stad willen we wonen?

In de Verenigde Staten vond eenzelfde ontwikkeling plaats. Hier startte Frederick Law Olmsted een project van stadsparken om arme arbeiders een andere houding en een ander waardensysteem bij te brengen. ‘De oplossingen verschilden wel van elkaar, maar het probleem en de perceptie ervan waren aan beide zijden van de Atlantische Oceaan hetzelfde’ (Hall 1988, p. 44). En in alle gevallen ging het niet simpelweg om een technisch debat over de infrastructuur, maar werd allereerst de fundamentele vraag gesteld: in wat voor stad willen we wonen en welke waarden moeten daarin tot uitdrukking komen?

Dit nieuwe discours over bevordering van de volksgezondheid inspireerde vervolgens een hele generatie stedenbouwkundigen en ontwerpers om met visies te komen over de toekomst van de stad. Frederick Law Olmsted, Ebenezer Howard en Patrick Geddes behoorden tot degenen die reageerden op de roep om leefbaardere steden, en ontwikkelden ieder op hun eigen manier stedenbouwkundige concepten waarin de interactie tussen natuur en het stedelijke centraal stond. Of ze dit nu deden door her en der groene ruimtes aan te leggen in de stedelijke gebieden, door ‘tuinsteden’ te creëren, of door te kiezen voor een meer regionale stedenbouwkundige benadering en zich te richten op de interactie tussen ‘het platteland’ en ‘de stad’, alle drie probeerden ze de stad weer te verbinden met haar natuurlijke omgeving. Daarmee

werkten ze bovendien alle drie aan hun eigen ideeën over de vraag wat een samenleving tot een 'goede samenleving' maakt, in de hoop dat een nieuwe organisatie van de stedelijke ruimte het beste in de mensen naar boven zou halen. Hier lag vaak een ethisch oordeel aan ten grondslag, gericht op het opvoeden of zelfs disciplineren van de armen in de steden, maar in alle gevallen waren de ontwerpen geïnspireerd op de gedachte dat een harmonieuzere wereld mogelijk was.

De invloed van stedenbouwkundigen en ontwerpers was nooit direct. Hun ideeën werden opgenomen in discours-coalities, waarin ze onderdeel werden van een concrete politieke praktijk. De oorspronkelijke ideeën werden altijd aangepast, vaak vanwege de komst van nieuwe technologische uitvindingen of op grond van de politieke ideologie of de keuze voor een specifieke organisatievorm. Howards tuinstad plaveide de weg voor de suburb, maar werd daarbij ontdaan van zijn gemeenschapsgerichte maar ook anti-stedelijke maatschappelijke idealisme.

De geschiedenis van de hygiënistische beweging van de 19e eeuw illustreert de belangrijke rol van het bredere sociaal-politieke debat over de maatschappelijke problemen van die tijd. De volksgezondheid werd door velen als een belangrijk aandachtspunt gezien. De succesvolle strategieën waarvoor werd gekozen ontleenden hun effectiviteit aan dit bredere maatschappelijke draagvlak.

DE MODERNE STAD

Een tweede leerzame transitieperiode was het tijdperk van het modernisme. Vanaf de jaren twintig van de vorige eeuw drukte de 'moderne beweging' in toenemende mate haar stempel op de stedenbouw. Een van de belangrijkste vertegenwoordigers van deze beweging was de Zwitsers/Franse architect Le Corbusier (1887–1965), naast andere zeer invloedrijke denkers als Siegfried Giedion, Walter Gropius, Bruno Taut en J.J.P. Oud, die zich verenigden in het Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (CIAM). Hun modernisme kwam tot uitdrukking in het streven de gebruiksmogelijkheden van nieuwe bouwmaterialen en -methoden te verkennen en toe te passen. Met staal, beton en prefabmaterialen kon op een nieuwe, anders georganiseerde manier worden gebouwd. Hoger en goedkoper, zodat het

mogelijk werd deze technieken voor maatschappelijke doeleinden in te zetten. De moderne beweging brak met de traditionele architectuurstijlen, maar bleef aanvankelijk voortborduren op het morfologische model van de tuinstad, zoals in Siemensstadt en de Onkel Toms Hütte Siedlung bij Berlijn.

De beweging was sociaal gezien utopisch; met het gebruik van nieuwe materialen wilde ze vooral iets doen aan problemen op het gebied van de volksgezondheid en soms ook rechtstreeks aan de onleefbaarheid van de 19e-eeuwse woningvoorraad en architectuur. Door architectuur te verbinden met stedenbouwkundige planning kwamen er ook nieuwe manieren aan het licht om de leefomstandigheden van een groot deel van de bevolking te verbeteren door het wonen te scheiden van het vuile werk. Met de 'functionele stad' zochten ontwerpers naar oplossingen voor stedenbouwkundige problemen door een ruimtelijke scheiding te maken tussen werk, transport, wonen en vrije tijd en het stedelijk weefsel open te breken. De 19e-eeuwse stedelijke nabijheid was de basis en de nieuwe, moderne technologische uitvindingen maakten het mogelijk een scheiding tussen de verschillende functies aan te brengen. De bevolking moest er kunnen genieten van frisse lucht, licht en groene ruimtes. Met zijn Plan Voisin en La Ville Radieuse introduceerde Le Corbusier het idee van hoogbouw in het park.

De natuur was in de modernistische stedenbouw niet afwezig, maar werd wel streng geconceptualiseerd; natuur was nodig voor licht en frisse lucht, waarbij de aandacht vooral uitging naar het zodanig positioneren van gebouwen dat de woningen konden profiteren van direct zonlicht. Ook in dit opzicht vormden de oude, vervallen sloppenwijken, met hun notoir slechte luchtkwaliteit en woningen waar amper een straaltje zonlicht doordrong, het uitgangspunt voor de modernistische beweging.

De modernistische beweging had een vast geloof in de mogelijkheden van de wetenschap. Ze presenteerde de functionele stad als oplossing voor de stedelijke problemen van die tijd, gebaseerd op een gedegen statistische analyse van die problemen. Op grond van surveyanalyse gingen architecten op zoek naar de meest efficiënte stedenbouwkundige oplossingen. Daarbij ging het dan ook meer om een globale gebiedsindeling, dan om gedetailleerde architectuurelementen. Deze modernistische stedenbouwkundige opvatting leidde tot baanbrekende projecten als het Amsterdams

Uitbreidingsplan van Cornelis van Eesteren en Theo K. van Lohuizen (1934) en het Abercrombie-plan voor Londen (1944).

Veel stedenbouwkundige ideeën werden echter niet gerealiseerd in overeenstemming met de intellectuele ambities van hun geestelijke vaders. De meeste modernisten waren positivistisch ingesteld en geloofden sterk in algemene wetten en generieke optimale oplossingen. Le Corbusier baseerde zijn ontwerpen op een door hemzelf ontwikkelde antropometrische schaal, de ‘modulor’, en beweerde een maatstaf te hebben gevonden voor de optimale afmetingen, van deurklink tot volledig stadsplan (The Arts Council of Great Britain 1987). Maar op een paar uitzonderingen na, zoals de stedenbouwkundige ontwerpen voor de nieuwe steden Brasilia (Brazilië) en Chandigarh (India), kreeg de moderne beweging nooit de kans haar eigen ontwerpplogica op hele steden toe te passen.

Uiteindelijk werd de modernistische ontwerptraditie ingehaald door de technologische ontwikkelingen en uitgehold door maatschappelijke kritiek. Na de Tweede Wereldoorlog zag de stad een andere toekomst voor zich, dankzij de steeds dominantere aanwezigheid van de auto. De auto, met Henry Ford als pionier in de jaren tien van de 20e eeuw, was een typisch product van de moderne tijd; de nieuwe automobielfabrieken benutten optimaal de voordelen van de moderne massaproductiviteit. De auto creëerde nieuwe mogelijkheden voor het transport en de overbrugging van afstanden in de stad.

Bovendien vroeg deze ontwikkeling om grootschalige ingrepen in het bestaande stedelijke weefsel; een vrije doorgang creëren voor het verkeer in de binnensteden (cf. Berman 1983). Stedenbouwkundigen als Robert Moses manoeuvreerden binnen een gecompliceerde discourscoalitie, waar onroerendgoed- en mobiliteitsbelangen een rol speelden, maar ook bureaucratische conflicten tussen uiteenlopende instanties.

In het algemeen profiteerde de moderne beweging van haar sterke banden met stedelijke overheden. Ze had een overtuigend verhaal over de wijze waarop de dromen van de politici dankzij de inzet van de nieuwste inzichten en technieken zouden kunnen worden waargemaakt. Rationaliteit en efficiency waren de sleutelbegrippen. Zoals de sanitaire hervormingsbeweging van de 19e eeuw in beweging werd gezet door de dystopie van stedelijk verderf, zo sprak de 20e-eeuwse modernistische beweging tot

de verbeelding met de utopische visie van een automobielstad – schoon en strak geordend. De bestaande stad was achterhaald en dringend toe aan een upgrade. Een upgrade die volgens de moderneren binnen handbereik was.

Deze visie sprak tot de verbeelding van beleidselites die destijds weinig oog hadden voor de kwetsbaarheid van bepaalde stedelijke gemeenschappen, die uit hun vertrouwde omgeving werden gehaald en overgeplaatst naar modernistische woonblokken. Ze beseften destijds ook niet dat bestaande steden, als ze in het modernistische keurslijf werden gedwongen, in hun wezen zouden worden aangetast – als plaatsen van uitwisseling, inspiratie en openheid. Dit gebrek aan een sociale component was aan het eind jaren zestig de aanleiding voor de maatschappelijke kritiek op het discours van de modernistische stedenbouw. Ze werd in haar opmars gestuit door, in de beroemde woorden van Marshall Berman *A shout in the street* (Berman 1983).

DE GROTE VERSNELLING

De derde transitie maken we nu door, aan het begin van de 21e eeuw. De aanloop daar naartoe begon echter al in de jaren vijftig. Na de Tweede Wereldoorlog zagen stedenbouwkundigen de auto als de technologie van de toekomst. De binnenstad van Rotterdam, aan het begin van de Tweede Wereldoorlog door Duitse vliegtuigen platgebombardeerd, werd gereconstrueerd met een nieuwe, opener plattegrond, om ruimte te scheppen voor de vele auto's die naar verwachting het stadsleven zouden domineren. De invloed van de auto is moeilijk te overschatten, niet alleen in de binnensteden, maar ook op het regionale schaalniveau. De opkomst van

Na de Tweede Wereldoorlog zagen stedenbouwkundigen de auto als technologie van de toekomst

de auto als massatransportmiddel vergrootte de sociaal-ruimtelijke reikwijdte van de moderne stedenbouwkundige projecten. Doordat de auto een grotere 'tijd-ruimtecompressie' mogelijk maakte, werden de voorsteden aantrekkelijke gebieden voor degenen die met hun werk in de stad genoeg verdienden om dagelijks op en neer te kunnen pendelen. Deze ontwikkeling kwam in de jaren vijftig en zestig op gang. Het was de tijd van de

Amerikaanse ‘National Highway Defence Act’ (1956), de wet die de basis legde voor het Amerikaanse stelsel van *interstate highways* (zie Chakrabarti 2013, p. 104 e.v.) en andere snelwegstelsels.

De auto betekende een uitkomst voor de droom van de functionele stad en scheidde wonen en werken op manieren die voorheen ondenkbaar waren

De auto betekende een uitkomst voor de droom van de functionele stad, en scheidde wonen en werken op manieren die voorheen ondenkbaar waren. De auto maakte niet alleen de uitvinding en aanleg mogelijk van de ‘voorstad’ (*suburb*), maar leidde daarmee tot een nieuwe manier van leven, en nieuwe manieren om ruimtelijke differentiatie in stedelijke samenlevingen vorm te geven. De suburb stelde de nieuwe middenklasse in staat te ontsnappen aan de nabijheid van de arme bevolking in de stad.

De suburb werd een hoeksteen van de ‘Amerikaanse droom’. Een nieuwe *way of life* voor de nieuwe middenklasse, die nu een koelkast had om eten en drinken in te bewaren, en dus minder behoefte had aan een buurtwinkel om de hoek. Het leven in de suburbs werd een levensstijl die veelvuldig werd bezongen in de reclame, in films en op televisie (zie Chakrabarti 2013). Mensen hoefden niet langer in de stad te wonen om die toch gemakkelijk te kunnen bereiken.

In Europese landen werd ‘suburbanisatie’ vooral gezien als een ongebreidelde uitdijning van de stad (*urban sprawl*). Er werden pogingen ondernomen de uitstroom te sturen en naar zogeheten *new towns* te leiden. Deze speciaal voor dit doel gebouwde nieuwe steden, zoals Milton Keynes in Engeland, Vällingby in Zweden en Purmerend en Lelystad in Nederland, werden gebouwd op grotere afstand van de grote stedelijke centra, en waren daar vaak mee verbonden via goed openbaar vervoer.

Opmerkelijk is dat het verhaal van de moderne stad vooral wordt verteld aan de hand van de manier waarop het wonen en het transport er is georganiseerd. Veel minder zichtbaar, maar niet minder betekenisvol voor de naoorlogse ontwikkeling, is dat moderne steden gecentraliseerde, op fossiele brandstoffen gebaseerde

energiesystemen hebben opgezet om elektriciteit op te wekken en via een netwerk bij de woningen af te leveren. Steenkool en olie werden als belangrijkste warmtebron geleidelijk vervangen door gas en elektriciteit.

**Moderne steden hebben de
gecentraliseerde, op fossiele brandstoffen
gebaseerde energiesystemen opgezet**

Globaal beschouwd laat de transitie naar de moderne stad zien dat de stedelijke ontwikkeling in de 20e eeuw het product was van een discourscoalitie waarin stedenbouwkundigen en ontwerpers slechts een beperkte rol speelden. Het idealisme van de modernistische stedenbouwkundige moet worden gezien in de context van het industriële streven om van de auto een consumptiegoed te maken; de gestage economische groei; en de opkomst van de breed gedeelde overtuiging dat het 'goede leven' samenhangt met een suburbane leefwijze. Sociaal-politiek gezien werd dit model gesteund doordat de nieuwe economische groei steeds weer werd gebruikt om de voorwaarden te scheppen voor een beter leven. Ecologisch gezien berustte het model op de schijnbaar probleemloze winning van natuurlijke hulpbronnen, in het bijzonder fossiele brandstoffen voor elektriciteit en auto's. De hoge productiviteit in de landbouw garandeerde een rijk dieet, dikwijls gebaseerd op een intensief gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen. Aan afval- en waterbeheer werd slechts ver buiten de grenzen van de stad of helemaal geen aandacht besteed. De stedelijke stofwisseling speelde geen enkele rol bij de strategische planning.

**De stedelijke stofwisseling speelde geen
enkele rol bij de strategische planning**

De tweede helft van de 20e eeuw was een tijdperk van ongekende verbeteringen in de levenskwaliteit. De westerse wereld maakte een stijging van de levensstandaard door die haar levensstijl tot streefmodel voor de rest van de wereld maakte. In het laatste decennium begonnen zich ontwikkelende landen in de voetsporen van het westen te treden.

Deze vooruitgang had wel een prijs. De opkomst van het moderne stadsleven viel samen met wat Will Steffen ‘the great acceleration’ – de grote versnelling – noemde. Nu we kunnen terugkijken, is duidelijk dat we ons sinds de jaren vijftig aan de ene kant als het ware terugtrokken uit de natuur en aan de andere kant het vuil en afval in een ongekend tempo in de natuur begonnen te lozen.

**De versnelling bracht welvaart,
maar nu worden we geconfronteerd
met de onbedoelde gevolgen**

‘Eén opmerkelijk kenmerk springt eruit. De tweede helft van de 20e eeuw is uniek in de geschiedenis van de menselijke aanwezigheid op aarde. Veel menselijke activiteiten zijn pas ergens in de 20e eeuw van de grond gekomen en hebben daarna tot het eind van de eeuw een razendsnelle acceleratie doorgemaakt. Nooit eerder in de geschiedenis van de mensheid is de relatie van de mens met de natuurlijke wereld zo snel veranderd als in de afgelopen vijftig jaar’ (Steffen et al. 2004, p. 18). De versnelling bracht welvaart maar nu worden we geconfronteerd met de onbedoelde gevolgen van deze enorme acceleratie.

STEDEN IN HET ANTROPOCEEN

De relatie tussen mens en natuur is ingrijpend veranderd. Tot voor kort gedroeg de natuur zich welwillend. Ze functioneerde als een geweldig ‘achterland’ voor steden waaruit naar believen kon worden geput voor alle zaken die nodig waren om het stedelijk leven aangenaam te maken. De natuur was een bron van bouwmaterialen, brandstoffen, water en voedsel. De natuur functioneerde ook als afvoerputje waardoor we alles wat we aan afval of uitstoot produceerden straffeloos konden wegspoelen. Decennialang konden we de illusie blijven koesteren dat de natuur een eindeloze veerkracht bezat.

Inmiddels is doorgedrongen hoe ernstig de samenhang tussen natuur en maatschappij is verstoord. De 20e-eeuwse steden draaien op fossiele energie die de opwarming van de aarde veroorzaakt, ze onttrekken te veel drinkwater aan de bodem, doen niets

aan de herwinning van afvalwater en voedingsstoffen en hopen het afval op stortterreinen op. Ons moderne, 20e-eeuwse systeem is er een waarin niet-hernieuwbare waardevolle hulpbronnen, zoals fosfor, wegstromen in rivieren en zeeën, waar ze bovendien een ecologische ravage veroorzaken. Veel landen hebben hun afval weggewerkt op stortterreinen, nauwelijks beseffend dat ze in die generieke afvalhopen ook kostbare metalen weggooien. Het IRP heeft berekend dat bij slechts 18 van 69 metalen en semi-metalen het recyclingspercentage boven de 50 procent uitkomt. Bij sommige metalen, zoals lithium en arsenicum, ligt het recyclingpercentage zelfs onder de 1 procent (Graedel et al. 2011).

Inmiddels is doorgedrongen hoe ernstig de samenhang tussen natuur en maatschappij is verstoord

Aan het begin van de jaren negentig suggereerde Nobelprijswinnaar Paul Crutzen als eerste dat onze industriële levenswijze *geologische* consequenties had. Hij muntte de term ‘het Antropoceen’ om dit fenomeen te beschrijven (Crutzen 2002). Latere onderzoeken van Rockström, Steffen en anderen hebben zijn oproep slechts kracht bijgezet.

We zijn bezig planetaire grenzen te overschrijden (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2004), in termen van klimaatverandering, verlies van biodiversiteit en de stikstofcyclus, en we lopen gevaar deze grenzen nog op veel andere terreinen te overschrijden. Steden, die minder dan 2 procent van het totale landoppervlak van onze planeet beslaan, zijn de gebieden die het merendeel van de bronnen van de aarde gebruiken. Steden zijn onderdeel van het antropocene tijdperk. Het is nodig hun functioneren onder de loep te nemen en te accepteren dat er natuurlijke grenzen zijn waarbuiten ze niet veilig kunnen voortbestaan.

Het is te beschouwen als een van de tragedies van de 20e-eeuwse stedenbouw: het falen om de relatie tussen de stad en zijn natuurlijke omgeving te definiëren en conceptualiseren als een natuurlijke stofwisseling. In de vroege jaren twintig drong de stedenbouwkundige Patrick Geddes al met grote vasthoudendheid aan op een geïntegreerde benadering van de stad en zijn ‘achterland’. Maar het modernistische denken richtte zich vervolgens

weer vooral op groei, vanuit een groot vertrouwen in de techniek en de wetenschap om oplossingen te vinden. Het concept van de ‘tabula rasa’, ofwel met een schone lei beginnen om ideeën te ontwikkelen over de beste stedenbouwkundige vorm, illustreert hoezeer de notie van het ‘goede stadsleven’ uit zijn historische en natuurlijke context was losgeweekt. Voor de stedenbouw is dit een belangrijk obstakel geworden bij het veerkrachtiger maken van onze steden. De meeste 20e-eeuwse steden hebben nu te maken met een massale *lock in*; ze zijn als het ware ‘opgesloten’ in een infrastructuur die afhankelijk is van een op fossiele brandstoffen gebaseerde economie die ze moeten trachten achter zich te laten. Het feit dat *lock ins* (zoals die van het energiedomein) institutioneel zijn ingebed, maakt de transitie naar een ecologisch verantwoord metabolisme een stuk moeilijker.

De tragedie van onze tijd is dat we momenteel zien hoe het snelle urbanisatieproces in de nieuwe steden op het zuidelijk en oostelijk halfrond in grote lijnen verloopt via het standaardtraject waarop ze in de 20e eeuw zijn voorgegaan door de pionierssteden in het westen. Er is momenteel geen plek op aarde waar dit duidelijker te zien is dan in de steden van China. De ‘airpocalypse’ in Beijing en andere steden brengt niet alleen ernstige risico’s voor de volksgezondheid met zich mee, maar begint nu ook de landbouwproductie te schaden, doordat te lage fotosyntheseniveaus het groeiseizoen hinderen. Daar komt nog bij dat de luchtvervuiling een meetbaar negatief effect begint te krijgen op de economische prestaties (The Guardian, 27 februari 2014).

Natuur en maatschappij lopen ten opzichte van elkaar inmiddels zozeer uit de pas dat wij, als wetenschappers, niet langer op zinnige wijze afzonderlijke problemen aan de orde kunnen stellen

Natuur en maatschappij lopen ten opzichte van elkaar inmiddels zozeer uit de pas dat wij, als wetenschappers, niet langer op zinnige wijze afzonderlijke problemen aan de orde kunnen stellen. Tegenwoordig hebben we het over ‘nexusproblemen’, waarbij kwesties rond klimaatverandering, energieconsumptie, grondgebruik en verlies van biodiversiteit worden gezien als fenomenen die fundamenteel met elkaar zijn verweven.

Neem bijvoorbeeld de grondgerelateerde consequenties van de verstedelijking. Het huidige verstedelijkingspatroon neemt veel vruchtbare grond in beslag, tegen hoge kosten. Zonder beleidsinterventies zal het voor nederzettingen en infrastructuur benodigde grondoppervlak naar verwachting tot het jaar 2050 groeien met 260 tot 420 miljoen hectare (Kemp-Benedict et al. 2002). Angel (2012) heeft berekend dat ongeveer de helft van de stadsuitbreiding op landbouwgrond gebeurt. Het betreft vaak vruchtbare landbouwgrond in riviervalleien en delta's waardoor de landbouw wordt verdreven naar gronden met minder hoge productie. De consequentie is dat er meer grond nodig is om de groeiende en rijkere wereldbevolking te voeden, ondanks verbeteringen in de landbouw. Naar verwachting gaat het om een uitbreiding van het landbouwareaal met ten minste 400 miljoen hectare (4 miljoen vierkante kilometer) in de periode tot 2050 (PBL 2012).

Het punt van onderling nauw verbonden opgaven wordt aangestipt in een verklaring van de voedsel- en landbouworganisatie FAO (2013): 'Als we er niet in slagen ons doel te bereiken en er voedseltekorten ontstaan, vergroot dit het risico op maatschappelijke en politieke onrust, burgeroorlogen en terrorisme, en zou de veiligheid van de wereld als geheel in gevaar kunnen komen.'

In het westen zagen we ongeveer veertig jaar geleden een eerste golf van milieumaatregelen gericht tegen de stedelijke metabolische stromen die de mensen zeer direct raakten. In de jaren zeventig hebben we afvalwaterzuivering, controle van de luchtkwaliteit, bescherming tegen bodemverontreiniging en beperking van geluidsoverlast geïntroduceerd. Maar we zijn er niet in geslaagd de groeiende steden van het zuidelijk en oostelijk halfrond een duurzame sprong te laten maken. Als gevolg hiervan worden ze nu, vier decennia later, geconfronteerd met precies dezelfde problemen, maar dan op grotere schaal.

Het meest ontmoedigend is wellicht de watersituatie in die steden. Al beschikken de huizen van New Delhi dan tegenwoordig over wc's, ze spuien hun afvalwater nog steeds ongezuiverd in de Yamuna, de rivier waaruit stroomafwaarts gelegen steden hun drinkwater putten. Biswas en Brabeck Letmathe citeren een onderzoek uit 2011 van de Central Pollution Control Board of India, waaruit bleek dat slechts 160 van de 8000 steden in India over zowel een rioolstelsel als een afvalwaterzuiveringsinstallatie

beschikten (CPCB 2013). In 2011 werd het water in meer dan de helft van alle rivieren en meren in China en India ongeschikt bevonden voor consumptie. In 2013 bleek 72 procent van de watermonsters uit het watervoorzieningssysteem van Pakistan ongeschikt voor consumptie (Biswas & Brabeck Letmathe 2014).

De kindersterfte als gevolg van diarree – veroorzaakt door onveilig drinkwater en slechte hygiëne – moet de komende jaren dalen van 1,8 miljoen nu naar een geschatte 0,5 miljoen in 2050. Gelukkig begint wereldwijd de toegang tot schonere waterbronnen en sanitaire voorzieningen te verbeteren (WHO & Unicef 2013). Het onvermogen om de interactie met de natuur aan de orde te stellen zal niettemin leiden tot blijvende zeer grote gezondheidsrisico's. Hier bieden de verbeteringen in de toegang tot sanitaire basisvoorzieningen nauwelijks compensatie voor de verslechterende luchtkwaliteit in de steden. Volgens het Environmental Outlook Baseline Scenario van het OECD (OECD 2012) is de luchtvervuiling in de buitenlucht (zwevende deeltjes en ozon op grondniveau) naar verwachting in 2050 wereldwijd de hoofdoorzaak van milieu-gerelateerde sterfte. In sommige steden, vooral in Azië, liggen de concentraties luchtvervuiling nu al ver boven aanvaardbare gezondheidsnormen (richtlijnen luchtkwaliteit van de WHO).

Om menselijke ontberingen en ecologische verspilling te voorkomen, moeten we de nieuwe verstedelijkingsgolf op een andere leest schoeien. Er is maar één manier om dit te verwezenlijken: we moeten een andere stedenbouwkundige strategie ontwikkelen, en de nieuwe explosief groeiende steden moeten manieren vinden om een ontwikkelingsfase 'over te slaan' met behulp van alle beschikbare knowhow om het metabolisme in steden in ontwikkelde en ontwikkelende landen op nieuwe wijze vorm te geven en uit te voeren.

DE SLIMME STAD: EEN AGENDA VOOR PLANNING EN ONTWERP

De stedenbouwkundige planning en design ondergaan momenteel een discoursverschuiving. We vinden nieuwe termen en concepten uit die ten grondslag zullen liggen aan de nieuwe praktijken van de 21e-eeuwse stedenbouw. In een discoursanalyse is

onderscheid te maken tussen ‘structurering’ en ‘institutionalisering’ van een discours (Hajer 1995, p. 60–61). Structurering van een discours verwijst naar een proces waarin een bepaalde manier om de werkelijkheid op te vatten ingeburgerd raakt en een algemeen aanvaarde manier wordt om over het onderwerp te praten. Hierbij wedijvert een specifieke aanpak van problemen en oplossingen om een plek op het hoofdpodium. Na verloop van tijd kan een dergelijk discours de nieuwe ‘normale’ zienswijze worden. Vervolgens wordt die geleidelijk geïnstitutionaliseerd in nieuwe regels en routines, in wetten, nieuwe bedrijfsmodellen, nieuwe rollen voor overheidsinstellingen en de markt, burgers en experts, en zelfs nieuwe gedeelde waarden.

**Periodes van discoursverschuiving
zijn periodes van kansen**

Periodes van discoursverschuiving zijn periodes van kansen. De oude geïnstitutionaliseerde machtsrelaties bieden mogelijkheden voor debat. Nieuwe actoren betreden de gevestigde fora om daar nieuwe kwesties aan de orde te stellen. Dat is precies wat we nu zien gebeuren rond het concept van de smart city.

Het is belangrijk ons ervan te vergewissen dat de herstructurering van de stad wordt gebaseerd op een duidelijk beeld van de opgaven waarmee de stad wordt geconfronteerd. In het tweede deel van het boek presenteren we daarom de belangrijke statistische gegevens over het stedelijke metabolisme. Hieronder bespreken we eerst de toekomst van de stedenbouw. We geven zeven overwegingen die de agenda voor de stedenbouw in sterke mate bepalen.

1 / ‘ONTKOPPELING’ ALS STRATEGISCHE ORIËNTATIE

In de komende decennia is het nodig het functioneren van de stad in sterke mate ‘los te koppelen’ van het gebruik van hulpbronnen. We moeten manieren zien te vinden om dezelfde niveaus van welvaart en welzijn te bereiken met niet meer dan een tiende deel van de huidige uitstoot van broeikasgassen. Het *City-Level Decoupling Report*, gepubliceerd door het International Resource Panel (IRP) van het VN-milieuprogramma UNEP, zette dit punt op de bredere stedelijke agenda (UNEP 2013a; UNEP 2013b).

Het loskoppelen van welvaart van het gebruik van natuurlijke hulpbronnen is een significante breuk met de nog steeds gebruikelijke standaard-verstedelijking, die is gebaseerd op het kopiëren van 20e-eeuwse stedelijke ontwikkelingsstrategieën. Voortgaan op de ingeslagen weg zal resulteren in vervuiling, stijgende emissieniveaus, verkeersopstoppingen en stijgende investeringskosten doordat de prijzen de effecten van de uitputting van hulpbronnen absorberen.

De nog steeds gebruikelijke standaard-stedenbouw is gebaseerd op het kopiëren van 20e-eeuwse stedelijke ontwikkelingsstrategieën

Om te kunnen slagen, moet dit loskoppelen worden geplaatst in een breder maatschappelijk perspectief. We moeten niet alleen in de ‘veilige operationele ruimte’ binnen ‘planetaire grenzen’ blijven, maar deze ruimte dient ook maatschappelijk rechtvaardig te zijn (Rockström et al. 2009; Raworth 2012; Swilling & Anneck 2012). Het laten samensmelten van maatschappelijk rechtvaardige en veilige operationele ruimtes vormt de kern van het huidige VN-debat over ‘duurzame ontwikkelingsdoelen’ (Sustainable Development Goals, SDG’s). Het creëren van een afzonderlijke stedelijke SDG zou een manier kunnen zijn om stedelijke ontwikkeling te verbinden met dit bredere normatieve debat.

2 / EEN OVERTUIGENDE VERHAALLIJN OVER DE TOEKOMST

De Amerikaanse theoreticus James Throgmorton beschreef de stedenbouwkunde ooit als ‘het vertellen van overtuigende verhalen over de toekomst’. Zijn stelling was dat stedenbouw in essentie niet gaat over doelen en middelen of ordening, organisatie en reorganisatie; in plaats daarvan, zo concludeerde hij, lag aan alle effectieve stedenbouw een visie, een overtuigend verhaal ten grondslag. Dat overtuigende verhaal had een generatief vermogen en beïnvloedde een ieder die werkte aan het maken van plannen, herstructurering, organisatie en logistiek (Throgmorton 1996).

We hebben behoefte aan nieuwe, overtuigende ideeën voor de stad van de 21e eeuw. Ideeën die overal in de maatschappij partijen activeren; ideeën die in staat zijn hulptroepen te mobiliseren

en stadsbestuurders het vertrouwen geven dat ze die kunnen gebruiken als de overtuigende verhaallijn, om hun stempel te drukken op hun respectievelijke stedelijke toekomst.

De concepten voor slimme steden mobiliseren momenteel veel positieve energie onder de elite, en het bijbehorende discours is er echt een van de 21e eeuw, maar de verbinding met een bredere maatschappelijke hervormingsagenda ontbreekt. Die verbinding is nodig om het discours te maken tot een verhaal dat daadwerkelijk beweging in gang zet. Mensen komen naar de stad voor een beter leven. We moeten op een andere manier over de stad gaan denken, de stad tot een omgeving maken, een configuratie die duurzaam en maatschappelijk rechtvaardig is en veerkrachtig genoeg om toekomstige schokken te doorstaan.

Veel nieuwe mogelijkheden zijn *nice to have*, 'ontkoppelen' is *need to have*

Wat willen we met behulp van slimme technologieën bereiken? Momenteel zien we veel opwinding over nieuwe mogelijkheden die ik zou classificeren als 'een leuke bijkomstigheid' (*nice to have*), terwijl het 'loskoppelen' als agenda een dringende noodzaak is (*need to have*) die wel wat slimme steun kan gebruiken. Slimme steden moeten worden beoordeeld op hun vermogen echt iets bij te dragen aan de transitie naar een gezonde, veilige en uiteindelijk leefbare stedelijke toekomst die is ingebed in ecologische duurzaamheid en regionale bio-economie.

Slimme steden staan of vallen met concrete aspecten van stadsplanning en beleidsvorming. In het ideale geval maken zulke vernieuwingen een grotere efficiency mogelijk, waardoor de stad voor burgers en bedrijven gemakkelijker en goedkoper te bereizen, verkennen en exploiteren wordt, en voor uitvoerders van overheidsbeleid goedkoper en gemakkelijker te managen. De slimme stad vraagt om een taal die meer uitdrukt dan alleen efficiency en technologie.

Na de aanvankelijke opwinding over alle nieuwe gadgets en technologische mogelijkheden moeten we nu gaan onderzoeken wat we met die nieuwe technologieën kunnen bereiken voor de domeinen waarop een goede stad is gefundeerd. Een team van de Technische Universiteit van Wenen heeft een lijst van zes thema's

opgesteld aan de hand waarvan de waarde van de bijdrage van een slimme-stadbenadering kan worden vastgesteld (besproken in Hatzelhoffer et al. 2012, p. 22):

- **SLIMME ECONOMIE** / bijdrage aan innovatie en ondernemerschap
- **SLIMME MENSEN** / bijdrage aan maatschappelijk en menselijk kapitaal, ‘inclusief educatieve kundigheid, levenslang leren, openstaan voor “het nieuwe” en integratie in het openbare leven’
- **SLIMME OVERHEID** / publieksparticipatie, een toegankelijk plaatselijk bestuur en goede serviceverlening
- **SLIMME MOBILITEIT** / applicaties die plaatselijke en internationale toegankelijkheid verbeteren, en innovatie op het gebied van duurzame mobiliteit
- **SLIMME OMGEVING** / alles gerelateerd aan milieubescherming, beheer van natuurlijke hulpbronnen en het behoud van groene ruimte, waterhoudende grondlagen, e.d.
- **SLIM LEVEN** / op het gebied van levenskwaliteit; bijvoorbeeld de effecten op diensten op het gebied van de gezondheidszorg, culturele instellingen, veiligheid en maatschappelijke samenhang

3 / GEBRUIK HET METABOLISME VAN DE STAD ALS KADER VOOR STRATEGISCHE BESLUITVORMING

De stofwisseling van de stad speelt zich af ‘achter de schermen’ van het stedelijk schouwspel. Het metabolisme is nauwelijks zichtbaar, maar toch is de stad voor haar functioneren afhankelijk van een constante in- en uitstroom van goederen en stoffen. Met een betere riolering kan je geen verkiezing winnen. Maar soms is een duurzaam metabolisme juist wel goed zichtbaar. Denk aan interventies in de openbare ruimte, zoals Times Square in Manhattan dat recentelijk tot voetgangersgebied is verklaard. Het is een aanspre-

kend symbool voor een bestuurlijk streven naar een verantwoorde omgang met de stromen in de stad. In de tijd van de ‘moderne’ stad werden die metabolische stromen gewoonlijk als vanzelfsprekend opgenomen, maar ze vragen nu onze volle aandacht. De metabolische stromen bieden een goed aangrijpingspunt om de opgave van het creëren van stedelijke duurzaamheid te conceptualiseren. Laten we steden dus beschouwen in termen van hun metabolische stromen: water, energie, voedsel (UNEP 2013a; Swilling et al. 2012; Ferrao & Fernandez 2013). Steden hebben bovendien behoefte aan enorme hoeveelheden grondstoffen, zoals staal, zand en cement. En ze produceren bergen afval en emissies van allerlei

Als het metabolisme van de stad niet in het middelpunt van de strategische planning staat, lopen we het risico een neerwaartse spiraal te ontketenen die de leefbaarheid van de stad ondermijnt

aard. Deze ‘stofwisseling’ is een noodzakelijke voorwaarde voor wat steden voor ons zo aantrekkelijk maken als centra van menselijke ontwikkeling, creativiteit en uitwisseling. Maar de smog in de Chinese steden toont het aan; als het metabolisme van de stad niet in het middelpunt van de strategische planning staat, lopen we het risico een neerwaartse spiraal te ontketenen die de leefbaarheid van de stad ondermijnt. Bovendien zullen steden die de efficiency van hun stofwisselingssysteem niet verbeteren, vatbaar worden voor de onvermijdelijke prijseffecten van de grondstoffen-schaarste die in de overzichten van organisaties als het IRP van UNEP wordt voorspeld.

Het merkwaardige feit doet zich voor dat we geen goed beeld hebben van de stofwisselingsprocessen van de moderne stad. Zelfs rijke steden in het westen beschikken vaak niet over in- en output-statistieken. We besturen onze steden ongeveer alsof we een auto zouden besturen zonder brandstofmeter op het dashboard. We weten hoe hard we rijden, maar we hebben geen idee hoe lang we kunnen blijven rijden. Door de stofwisseling van de stad te registreren krijgen we een beter zicht op de keerzijde van de vooruitgang; het is dan ook raadzaam daar snel een begin mee te maken. Initiatieven als de Large Urban Areas Compendium geïnitieerd door de Wereldbank (Hornweg & Freire 2013) en de

Global City Indicators Facility (<http://www.cityindicators.org/Default.aspx>) komen dan ook geen moment te vroeg.

**We besturen onze steden ongeveer
alsof we een auto besturen zonder
brandstofmeter op het dashboard**

Inzicht krijgen in onze stedelijke stofwisseling is niet louter nodig om binnen bepaalde grenzen te kunnen blijven. Het dwingt ons ook te kijken naar mogelijkheden, hervormingen en transities. Stedenbouwkundigen kunnen hier werkelijk een bijdrage leveren. Het vergt dat verbeteringen worden bijgehouden en de succesfactoren worden geanalyseerd. Dat zou een taak kunnen zijn voor natuurwetenschappers en bestuurskundigen.

4 / FOCUS OP DE DEFAULT-INFRASTRUCTUUR

Het discours over de slimme stad kan meer richting krijgen als het wordt verbonden met een duurzame stedelijke stofwisseling. Dat is geen eenvoudige opgave. Het IRP heeft vastgesteld hoe cruciaal hierbij de rol van de stedelijke infrastructuur is. 'Het ontwerp, de aanleg en het beheer van infrastructuur geeft mede vorm aan de 'leefwijze' van burgers en de manier waarop zij de benodigde hulpbronnen verwerven, gebruiken en afvoeren. De infrastructuur op het niveau van de stad vormt dan ook de sleutel om een efficiënt gebruik van grondstoffen en ontkoppeling op het niveau van de stad te bevorderen, en daarmee ook het welzijn en de toegang tot diensten van hun burgers' (UNEP 2013b, p. 7).

Stephen Graham en Simon Marvin hebben in hun baanbrekende *Splintering Urbanism* een citaat opgenomen uit het rapport *Cities and their Vital Systems*: 'Steden', schrijven Herman en Ausubel (1988), 'zijn de samengestelde en meest verdichte uitdrukking van infrastructuur, of, nauwkeuriger geformuleerd, een verzameling infrastructuren die soms eendrachtig samenwerken en elkaar soms frustrerend tegenwerken in de taak ons onderdak, contact, energie en water te verschaffen en de middelen om andere menselijke behoeften te vervullen. De infrastructuur is een weerspiegeling van onze maatschappelijke en historische evolutie. Ze is een symbool van wat we collectief voorstellen en ze scherpt met haar vormen en functies ons begrip van de overeenkomsten en verschillen tussen regio's, groepen en culturen. De fysieke

infrastructuur bestaat uit allerlei bouwwerken, gebouwen, pijpleidingen, wegen, spoorwegen, bruggen, tunnels en kabelnetwerken. Net zo belangrijk en aan verandering onderhevig is de ‘software’ voor de fysieke infrastructuur, alle formele en informele regels voor het beheer van die systemen’ (Ausubel & Herman 1988, geciteerd in Graham & Marvin 2001, p. 1).

Voor gekozen bestuurders is infrastructuur lastig terrein. Infrastructuur is meestal statisch en in allerlei andere systemen ingebed. De infrastructuur van een stad is het product van decennia-, zelfs eeuwenlange cumulatieve investering. De infrastructuur is notoir lastig te ontwarren en te veranderen en resultaten zijn vaak pas na jaren zichtbaar. En de infrastructuur is van essentieel belang voor het dagelijks leven; de instandhouding ervan is daarom een zeer complexe opgave, en het wijzigen van haar systeem al helemaal.

**Infrastructuur is statisch en in
allelei systemen ingebed**

De ontwikkeling van infrastructuur is echter cruciaal als we een ont koppeling willen bereiken tussen de stedelijke economisch groei en het verbruik van hulpbronnen. Infrastructuur is op een bijzondere wijze politiek. Infrastructuur bepaalt de standaardwijze van handeling (de *default*). Ten eerste via de hardware van stedelijke netwerken. Zo is het bijvoorbeeld veiliger om door Londen te reizen met een auto dan met een fiets, ondanks dat de reissnelheid met de auto bijzonder laag is. In de tweede plaats functioneren de regels als software voor het gebruik van de infrastructuur en bepalen daarmee hoe we de netwerken (kunnen) gebruiken. Een mooi voorbeeld is de ‘terugleverregeling’ voor elektriciteit opgewekt met hernieuwbare bronnen (zon, wind) in Duitsland. De regel bepaalt dat deze altijd met voorrang moet worden toegelaten tot het bestaande netwerk. Dit creëerde *business* voor kleine ondernemers en particulieren.

In het domein van infrastructuur kan slimme technologie daadwerkelijk een bijdrage leveren. Technologie kan het bijvoorbeeld mogelijk maken om wegen anders te gebruiken, met de auto, met de fiets of te voet, zelfs op verschillende momenten van de dag. Op dezelfde wijze kunnen *smart grids* een duw in de

rug betekenen voor burgers en bedrijven die actief stroom willen produceren. Een voorwaarde is dan natuurlijk wel dat ze de continue toegang van elektriciteit die is opgewekt met hernieuwbare bronnen, tot het netwerk op een eenvoudige manier mogelijk maken. Overheden kunnen hier een verandering faciliteren en daarmee kapitaal productief laten worden voor een duurzamere infrastructuur (naar Swilling 2013).

De opgave bestaat niet uit het eenvoudigweg invoeren van een bepaalde technologie. Regels en eigenaarschap zijn de cruciale ‘zachte’ dimensies van de infrastructuur. Infrastructuur organiseert altijd voorrang en bevoorrecht bepaalde gebruikers boven andere. De regels kunnen problematisch worden als opvattingen en waarden veranderen, denk aan de fietsers in Londen, Parijs en New York die een veilig gebruik van de weg opeisen; impliciete prioriteiten in het verkeer zijn daar momenteel belangrijke politieke issues.

Beleidsmakers dienen zorgvuldig na te denken over de maatschappelijke consequenties van de regels die ze invoeren. In de 20ste eeuw hebben ze de bedrijfsmodellen van nutsbedrijven die volledig waren toegespitst op gecentraliseerde energievoorziening en economisch grootschalig denken, volledig ondersteund. Nu komen deze bedrijfsmodellen steeds meer onder druk te staan. Kleinschalige, hernieuwbare energietechnologieën en slimme netwerken bieden kansen voor alternatieve benaderingen (Richter 2013). Slimme energienetwerken en -meters bieden nu kansen voor het realiseren van de ambities op de lange termijn voor energieopwekking met een lage CO₂-emissie. Weliswaar zijn sommige nieuwe regels in het voordeel van burgers, maar de meerderheid lijkt het bedrijfsleven te bevoorstellen. Het zijn vooral de energieleveranciers die de slimme netwerken en de slimme meters kunnen gebruiken om hun energieaanbod en -prijzen te optimaliseren. Er ontstaan nieuwe vragen van toegankelijkheid. Het garanderen van brede toegankelijkheid is altijd een stimulans voor innovatie, terwijl die door gesloten distributie- en eigendomssystemen juist wordt verstikt.

In het tijdperk van de modernistische stadsplanning hebben we ons ten doel gesteld een strategisch raamwerk te ontwikkelen voor een gewenst infrastructureel systeem dat vooruitliep op de dynamiek van de stedelijke ontwikkeling (Angel 2013, p. 57). In

de huidige tijd beantwoordt een dergelijk raamwerk niet meer aan onze realiteit. In het westen denken we tegenwoordig in termen van open planning, en verder vindt de verstedelijking in de wereld voor een groot deel plaats in landen met een zwak overheidsstelsel en lage reguleringscapaciteit. De dagen van de blauwdruk zijn geteld, en terecht. Ontkoppeling heeft misschien meer te maken met ervaring, leren en snel kopiëren dan met een uitgewerkte bureaucratische planning. Nieuwe kansen liggen in het benutten van het potentieel van *peer-to-peer learning*; leren van elkaar en in decentrale systemen, en doorontwikkeling van succesvolle tactieken. Zulke schijnbaar spontane ontwikkelingsprongen hebben zich in sub-Saharaans Afrika al voorgedaan met mobiele telefonie. Er is geen reden waarom zo'n sprongsgewijze ontwikkeling niet zou kunnen plaatsvinden binnen het domein van andere sociaal-technische systemen.

5 / DE SMART CITY KOOP JE NIET VAN DE PLANK

De stelling van de Wereldbank dat 'smart cities' 'de uitstoot van broeikasgassen in 2020 met wel 7,8 gigaton zouden kunnen reduceren' lijkt een typisch voorbeeld van een *technological fix*. De Wereldbank heeft het effect berekend dat zou ontstaan als een gegeven technologie volledig zou worden toegepast in de stedelijke wereld.

Steden illustreren de ingewikkelde manier waarop technologische en sociale aspecten met elkaar zijn verweven. Daarom kunnen ingenieurs de steden ook niet in hun eentje ontkoppelen

Het idee van 'smart cities van de plank' is een generiek en modernistisch concept dat, wanneer het rechtstreeks op steden wordt losgelaten niet zal werken. Experimentele groene steden als Songdo in Zuid-Korea, Masdar in de Verenigde Arabische Emiraten en Dongtan in China laten zien wat er gebeurt als we voor duurzaamheid kiezen, maar blijven doorwerken met de modernistische planningsconcepten van de 20e eeuw. Het zijn, uiteindelijk, smart cities op een modernistische grondslag, de 21e-eeuwse equivalenten van Brasilia en Chandigarh. Dat ze, hoewel ze zijn gevestigd in een 'politiek eenvoudige' tabula rasa-situatie, hun belofte toch

niet hebben ingelost, is veelbetekenend (Kuecker 2013; Townsend 2013; Ferrao & Fernandez 2013, p. 131 e.v.; Premalatha et al. 2013).

Steden illustreren de ingewikkelde manier waarop technologische en sociale aspecten met elkaar zijn verweven. Daarom kunnen ingenieurs de steden ook niet in hun eentje ontkoppelen. Een auto is niet slechts een technisch artefact dat zinvol op zichzelf kan worden geanalyseerd. De impact van de auto is juist gerelateerd aan de manier waarop die een element is geworden van een veel breder 'sociaal-technisch systeem' dat is uitgegroeid tot een grootschalig stelsel van meerbaans snelwegen met enorme benzinstations, parkeervoorzieningen in de binnensteden en winkelcentra buiten de stad. Maar de auto bepaalt ook het weefsel van de voorstad, met de quasi landelijke 'cul-de-sac'-verkavelingen van veel (niet-Nederlandse) buitenwijken en een ideaal van een suburbane leefstijl als mengvorm van stads- en plattelandleven. Dit grootschalige sociaal-technische systeem omvat ook een machtig 'auto-industrieel complex' dat een cruciale component van de economie vormt, werkgelegenheid en kennis genereert en richting geeft aan innovatie.

We doen er verstandig aan na te denken over alle 'smart city'-technologieën in hun specifieke stedelijke context. Slimme steden zijn meer dan een optelsom van alle effecten van alle afzonderlijke slimme artefacten. Het kan bij uitstek slim zijn om soms *voorbij* de technologie te kijken. Sociale innovaties kunnen meer opleveren om een duurzame stedelijke stofwisseling te bereiken. Vaak zal technologische innovatie hier wel een bijdrage leveren maar de

Sociale, en niet alleen technologische, innovaties zijn nodig om een duurzame stedelijke stofwisseling te bereiken

crux zit 'm bij de sociale innovatie. Belangrijke voorbeelden hiervan zijn de diverse websites waarmee in buurten het onderling delen van instrumenten en diensten wordt bevorderd. Het is juist een nieuwe mix van sociale innovatie, nieuwe technologieën en nieuwe bedrijfsmodellen die uiteindelijk de 'ontwrichtende' kracht zou kunnen leveren om het dominante modernistische systeem te veranderen. Te denken valt aan de gecombineerde effecten

van een verschuiving naar de *Google driverless car* (ontwikkeld door een bedrijf van buiten de ‘automotive’ sector), een bedrijfsmodel dat opschuift van autobezit naar mobiliteit als *dienst*, en de verschuiving in waarden waarbij de rol van de auto als statussymbool wordt overgenomen door de smartphone.

6 / EEN NIEUWE EN OP SAMENWERKING GEBASEERDE POLITIEK

Het gevestigde politieke systeem is kwetsbaar geworden. Het is gebaseerd op de aanname dat in de politieke besluitvorming het primaat berust bij een gekozen raad, steunend op een kennismonopolie. Het idee dat ook in de 21e eeuw de ‘besluiten’ van de gemeenteraad of parlement bepalend zullen zijn, is echter een misvatting. Innovatie, zowel wat betreft technologie als wat betreft nieuwe maatschappelijke organisatievormen, gaat de capaciteiten van de ‘klassiek-modernistische’ vormen van bestuur te boven (cf. Hajer 2009, hoofdstuk 1).

In *Seeing like a State* (1998) bestudeert de antropoloog James Scott hoe het kan dat programma’s die waren ‘bedoeld om de *condition humaine* te verbeteren hebben gefaald’. Hij heeft niet alleen het lot geanalyseerd van de hoogmodernistische stedelijke planning, maar ook van in intellectueel opzicht gelijksoortige pogingen om de productiviteit van de agrarische sector in Tanzania te verbeteren. Hij zag daar een ‘hoogmodernistische’ ideologie aan het werk met een overmatig vertrouwen in wetenschappelijke inzichten en geavanceerde technologie als instrumenten om problemen op te lossen. Als een staat overmoedig wordt en de samenleving te zwak is om vragen te stellen of zich tegen bepaalde beleidslijnen te verzetten, leidt dat tot het aannemen van plannen die niet aanslaan. Er ontstaat dan een overmatige druk op de staat om ze uit te voeren, waardoor die sneller naar autoritaire methoden zal grijpen, wat weer remmend werkt op positieve processen als gezamenlijke implementatie en leren van elkaar.

Om de slimme, leefbare stad te kunnen verwezenlijken hebben we een nieuw denkkader nodig

Om de slimme, leefbare stad te kunnen verwezenlijken hebben we een nieuw denkkader nodig. In sommige gevallen vereist het eerder een aanhoudend creatief vermogen om op ontwikkelingen

te reageren dan een focus op de ‘beslissende beslissing’, laat staan op de aanschaf van een kant-en-klaar technologisch programma. Bij *smart urbanism* gaat het om continue leerprocessen, inspiratie, metingen en terugkoppelingen, analyses en aanpassingen.

Dat vereist een herbezinning op de manier waarop publieke overheidsinstellingen werken. Onze samenleving is tegenwoordig vol goedopgeleide burgers die zoveel scherpzinnige vragen stellen en zoveel nieuwe eisen opwerpen dat de klassieke bureaucratie een sector wordt die vooral zichzelf moet verdedigen. In een wereld van continu leren is het klassieke model van ‘beslissen, aankondigen, verdedigen’ kwetsbaar. Dat werkte veel beter in het tijdperk toen de overheid nog het monopolie op betrouwbare kennis bezat. Maar dat tijdperk is voorbij. Met de informatietechnologie komt

**Het is de kunst gebruik te maken van
de intelligentie van energieke burgers**

‘protoprofessionalisering’ binnen het bereik van velen. Regeringen hebben tegenwoordig te maken met een ‘energieke samenleving’ (Hajer 2011) van burgers met wie je ofwel een relatie aangaat door ze te betrekken bij de (zoektocht naar) oplossing(en) óf die je tegenover je vindt. Ook elders worden de steden van de 21e eeuw in toenemende mate bewoond door een mondige en vaak goed geïnformeerde burgerij die zo nodig in verzet komt, het debat aangaat, vragen opwerpt, amendementen eist en tegenstand biedt. En vaak met goede redenen. Bij planning is het de kunst gebruik te maken van de intelligentie van energieke burgers.

Het is interessant te zien dat de 21e eeuw een tijdperk lijkt te zijn waarin de pragmatische filosofie van ‘leren door te doen’ veel betere vooruitzichten biedt dan het analytische idee van eerst de kennis vastleggen en vervolgens gekozen politici de beslissingen voor ons laten nemen. De ideeën van John Dewey en later de geschriften van Don Schön over leren, of de heroverweging van de dynamiek van publiek beleid door auteurs als Majone, Pressman en Wildavsky (die implementatie zagen als een fase in een permanent leerproces) (Pressman & Wildavsky 1984) passen heel goed bij een energieke samenleving van mensen die (gevraagd of onge-vraagd) meedenken en een technologische omgeving die hun vermogen om dat te doen versterkt.

Dat gezegd hebbende, is het geenszins vanzelfsprekend dat steden dit pad ook zullen kiezen. Er bestaat een alternatief: een overheid die het gevestigde klassiek-modernistische model volgt en zich richt op het afsluiten van een groot contract met één partij of een consortium van partijen. In zo'n geval kiest die overheid voor een vernieuwing van de stedelijke infrastructuur die gemakkelijker te beheersen valt als het gaat om contractuele aspecten en de meetbaarheid van de prestaties, maar hoogstwaarschijnlijk veel minder mogelijkheden biedt op het gebied van leren en bijsturen.

Ik heb elders gepleit voor een *radicaal incrementalisme* als middel om de toegenomen collectieve intelligentie van steden te versterken, en te bewegen in de richting van een toekomst waarin leren daadwerkelijk functioneert als een continue sprongsgewijze beweging (Hajer 2011). Dat vergt een open beleidskader dat de ondernemende geest in staat stelt, zelfs stimuleert, om verder te springen dan de gestelde publieke doelen op het gebied van duurzaamheid en innovatie. Dat veronderstelt bij stadsbesturen een strategische opvatting van de infrastructuur als ruggengraat van een nieuw stadsleven en noopt om waarborgen om de infrastructuur steeds weer te kunnen gebruiken voor een doorlopend leerproces. Het glasvezelnetwerk is een voorbeeld van een infrastructureel systeem waarvan de openheid moet worden gewaarborgd om te verzekeren dat een veelheid aan ondernemers er gebruik van kan maken om nieuwe diensten te leveren, waarvan we het bestaan vaak niet eens vermoeden. Een stad of staat die nu mobiliteit wil beprijzen hoeft niet meer te gaan voor een door de overheid zelf ontwikkeld integraal systeem, maar kan burgers simpelweg verplichten te betalen. Zo worden de condities geschapen voor een concurrentie om de meest efficiënte betaalwijze. Een stad kan kiezen voor een bepaald nieuw systeem van snelle buslijnen, maar het is raadzamer de verlangde prestaties te beschrijven en het aan ondernemers over te laten hoe die prestaties te leveren.

Hoe dan ook zal goed moeten worden nagedacht over hoe de infrastructurele transitie kan worden bestuurd. Enerzijds is er een sterke coalitie nodig om zo'n transitie via ontkoppeling tot een strategische mogelijkheid te maken. Anderzijds zijn de organisaties die zich momenteel sterk maken voor smart cities zo machtig dat burgers buiten de boot dreigen te vallen. In Amsterdam is de

agenda van de smart city een interessante mix van geavanceerde hightech-interventies en een verspreide verzameling experimenten met burgerparticipatie en samenwerkingsprojecten van winkeliers om in feite een ‘ontkoppeling’ op straatniveau te bewerkstelligen (cf. <http://amsterdamsmartcity.com>).

Bovendien moet worden bedacht dat bestuurlijke samenwerking altijd vraagt om een zekere openheid ten aanzien van wat precies moet worden bereikt. Samenwerking is nooit effectief als ze louter wordt beschouwd als een instrument voor de implementatie van een vastgesteld pakket vooraf gestelde doelen. De opgave is juist te bouwen aan echte coalities, waarin burgers in een *open source*-omgeving hun zorgen en wensen kunnen inbrengen. Dit leidt tot (een proces van) creatief combineren en implementeren. Bij velen zal dit tegen hun intuïtie indruisen maar toch is het waar: bij bestuurlijke samenwerking komen de beste oplossingen tot stand door complexiteit toe te voegen, niet doordat bestuurders zich richten op de ‘essentie’. Allerlei andere wensen kunnen zo meeliften op ontkoppeling, hetgeen op zijn beurt resulteert in nieuwe kansen voor lokale democratie.

7 / WERK AAN EEN MONDIALE NETWERK-STEDENBOUW

Een ding is wezenlijk anders dan in de 20e eeuw: we moeten de hedendaagse stad nu vanuit een mondiaal perspectief bezien. Alleen kan er geen sprake zijn van een eenduidige en omvattende oplossing voor de stad. Meer valt te verwachten van een netwerk-stedenbouw die een verbinding legt tussen concrete en gefundeerde ervaringen om die aaneen te smeden en inzichten en twijfels te delen. Een dergelijke netwerkvisie op de stad zou een herhaling van de fouten die het westen in de 20e eeuw heeft gemaakt, moeten voorkomen. Anders gesteld zou het de ‘opgave van de eeuw’ kunnen zijn om deze nieuwe mondiale visie op de duurzame stad te doen slagen en het ideaal te doen herleven van de stad als een plek van uitwisseling, inspiratie, sociale mobiliteit, verhoogde kwaliteit van leven, met inbegrip van en hernieuwde verbondenheid met de natuur.

De modernistische stad was de stad van de blauwdruk: onderzoek, analyse, plan. De steden van de 21e eeuw kunnen met zo’n schema niet uit de voeten. We zijn te slim geworden om te denken in termen van blauwdrukken en lineaire ontwikkeling. We hebben tegenwoordig de beschikking over complexe leernetwerken

waarmee we het delen van oplossingen radicaal kunnen versnellen. En we zien allerhande variaties van dit soort horizontale netwerken opkomen. C40 Cities, ICLEI, UN Global Compact, Global Initiative for Resource Efficient Cities en het IHDP-initiatief Sustainable Urbanisation zijn slechts enkele voorbeelden van de vele initiatieven. Horizontale uitwisseling kan ervoor zorgen dat oplossingen in de etalage worden gezet en ook enthousiasme wekken bij stadsbestuurders en beleidsmakers. Toch is er nog veel ruimte voor verbetering. We vergelijken oppervlakkig en zouden de analyse *waarom* en *in welke mate* bepaalde voorbeelden hebben bijgedragen aan leren en effectieve ontkoppeling veel meer aandacht moeten geven.

We hebben nu behoefte aan steden die de bestaande praktijk en kennis kunnen aanpassen, bijsturen, overnemen en aanvullen

Gezien de opgaven waar steden voor staan, hebben we nu behoefte aan steden die de bestaande praktijk en kennis kunnen aanpassen, bijsturen, overnemen en aanvullen. Het modernistische denken draaide om coördinatie en kende een lineaire scheiding tussen denken (wetenschap), besluitvorming (politiek) en uitvoering (implementatie). Als we willen dat de 21e eeuw gebruik maakt van zijn nieuw verworven vermogens, kan stedenbouw geen centraal gecoördineerd project meer zijn – en dat is maar goed ook. Ontkoppeling op stedelijk niveau valt waarschijnlijk beter te verwezenlijken als we een (creatieve) ‘co-opetitie’ tot stand weten te brengen. Deze benadering vereist dat burgers en besturen bereid zijn hun successen publiek te maken en te delen, en prikkelt steden te streven naar het maximaal haalbare.

We kijken momenteel ook uit naar een nieuwe manier om wetenschap en analyse te verbinden met beleidsvorming, door gebruik te maken van en bij te dragen aan het belangrijke werk van mondiale databanken als de Global City Indicators Facility (GCIF) of de IRP Cities Working Group. Als steden hun eigen stofwisseling niet kennen, kunnen ze er ook weinig aan veranderen. Maar leren kan ook dicht bij huis. De oude bestuurscultuur keek met dedain naar de uitvoering maar daar valt nu juist zoveel te leren. Het is nog altijd verbazingwekkend te zien hoe weinig

beleidsmakers gebruik maken van de kennis van ambtenaren die in het veld zelf werken (street level bureaucrats, cf. Lipsky 1980). Om herhaling van de fouten van de 20e eeuw te voorkomen is het van groot belang dat we in de 21e eeuw juist de ervaringen van het dagelijks werk bij de beleidsvorming betrekken.

Leren vereist meer dan alleen statistische gegevens. Stadsbesturen hebben veel te winnen bij goede beleidsanalyse. Met behulp van inzichten uit de complexiteitstheorie kunnen we de *big data* analyseren die inmiddels beschikbaar zijn, en patronen en mogelijkheden voor interventie signaleren die kunnen bijdragen aan de effectiviteit van beleid. We zien uit naar een nieuwe realiteit waarin beleidsanalyses veel sneller feedback kunnen geven en steden dus ook sneller in staat worden gesteld hun beleidsmaatregelen en regelgeving bij te stellen.

Een mondiaal netwerk-urbanisme vergt dat we de wetenschap verder ontwikkelen die inzicht biedt onder welke omstandigheden bepaalde programma's of oplossingen succes hebben gehad. Zo'n wetenschap kan ons mogelijk helpen vaststellen of zulke successen elders gekopieerd kunnen worden. Een 'Guggenheim' heeft misschien goed gewerkt voor Bilbao, maar het was geen oplossing voor al die steden die hebben geprobeerd het succes van de Baskische hoofdstad te kopiëren. Diezelfde afhankelijkheid van de omstandigheden geldt voor slimme elektriciteitsnetwerken, snelle busverbindingen, groene gebouwen, afvalwaterverwerking en voorzieningen voor de verwerking van vast afval, of ook voor de manier waarop burgers betrokken kunnen worden bij het beheer van diensten en hun eigen buurt. Dit nieuwe leren zal veel meer te maken hebben met inspiratie en samenwerking dan met 'analyseren en instrueren'.

Het nieuwe leren zal veel meer te maken hebben met inspiratie en samenwerking dan met analyseren en instrueren

Een van de cruciale opgaven is nu om de nieuwe mogelijkheden van *big data*-statistieken te verbinden met het dagelijks werk en leven van ambtenaren en burgers. Wie de debatten volgt over de mogelijkheden van *big data*, hoort daarin al snel de echo's van het modernistische verleden doorklinken: nu krijgen we de definitieve inzichten. En, heel modern, wordt daaraan vaak toegevoegd

dat ‘het deze keer goed komt’. Maar wetenschap spreekt niet voor zichzelf. Dat idee lijkt een ontkenning van het belang van politiek debat, stedelijk conflict en belangenverscheidenheid. Beleidsvorming gebaseerd op overleg (cf. Hajer & Wagenaar 2003) is erop gericht die te verbinden, zonder uit te komen bij een nieuwe technocratische bestuursvariant.

De geschiedenis van de 20e-eeuwse modernistische stedenbouw is geschreven door grote namen: Le Corbusier, Robert Moses, en natuurlijk Jane Jacobs die het tegen Robert Moses opnam (Flint 2009). De stedenbouw van de 21e eeuw moet het hoogstwaarschijnlijk stellen zonder boegbeelden. Die zal volledig draaien om netwerken. De benadering van de slimme stedenbouw heeft de meeste kans van slagen in een systeem dat beschikt over het vermogen tot voortdurend veranderen en aanpassen. In het streven naar ontkoppeling doen we er beter aan de stedenbouw van de slimme stad te benaderen als een ‘project van projecten’ dat leidt tot een ‘haasje-over’ doordat we veel nadruk leggen op de evaluatie van afzonderlijke projecten en op het delen van de resultaten. De stedenbouw van de 21e eeuw moet het project worden van de ‘feedback aller feedbacks’ waarin steden met elkaar worden verbonden om sneller te leren dan ooit tevoren.

**De stedenbouw van de 21e eeuw
moet het project worden van de
‘feedback aller feedbacks’ waarin
steden met elkaar worden verbonden
om sneller te leren dan ooit tevoren**

Wie over de opgave nadenkt beseft dat de toekomst van onze steden weleens het ‘project aller projecten’ zou kunnen zijn. Slimme stedenbouw zou de voorwaarden creëren voor continu leren, reflectie en bijsturing om de toestand van de stad voor al zijn inwoners te verbeteren. En de enige manier om dat te bereiken is open zijn en ervaringen en oplossingen delen.

CONCLUSIE

Als het gaat om duurzame ontwikkeling, staan steden in het centrum van de aandacht. De meeste zijn gevestigd in de delta's van grote rivieren en aan de kust van zeeën en oceanen, waar ze zeer kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Steden dragen het meeste bij aan de CO₂-uitstoot en het verbruik van grondstoffen, maar ze beschikken ook over het grootste vermogen tot innovatie en verandering.

Ontkoppeling op stadsniveau is een torenhoge maar ook noodzakelijke ambitie. Omdat onze eigen toekomst op het spel staat, is het niet vergezocht te zeggen dat het *de* opgave van de eeuw is. We hoeven maar naar de geschiedenis van de stad te kijken om te beseffen dat er ook in het verleden ambities waren en successen werden geboekt. Maar die geschiedenis laat ook zien dat er nu een grotere investering en inzet nodig zijn dan ooit tevoren. De hygienistische hervormingsbeweging van de 19e eeuw geeft ons enig idee van wat er bij komt kijken om zulke grote omwentelingen tot stand te brengen. Anthony Townsend stelt in zijn bespreking van smart cities: 'Net als Patrick Geddes ben ik ervan overtuigd dat de opgaven waar we voor staan bij het opbouwen van een planeet van steden die kunnen overleven, alleen tegemoet kunnen worden getreden door een maatschappelijke beweging die de hulp inroept van de natuurwetenschappen, de geesteswetenschappen, en van ons allen' (Townsend 2013, p. 320).

Laten we ons blijven realiseren dat steden sociale organismen zijn. Je trekt niet zomaar de 'motorkap' open om ze te repareren. Het discours over de smart city stad is tot nu toe ahistorisch gebleven en heeft weinig begrip getoond voor de maatschappelijke contexten waarin onze steden gebouwd, heringericht en met nieuwe voorzieningen uitgerust moeten worden. Als we werkelijk een oplossing willen vinden, moet de technologische focus in het discours over de smart city snel worden bijgestuurd. Dat is wat de geschiedenis ons kan leren: het lot van het 20e-eeuwse modernisme toont de valkuilen van een technocratische benadering.

We moeten het biofysische en het sociale domein op nieuwe manieren met elkaar verbinden. Onze eerste taak is een breder bewustzijn te creëren van wat er nodig zou zijn om een stad te laten functioneren. Onze stedelijke stofwisseling is letterlijk verborgen. Als we de stedelijke stofwisseling in beeld brengen, wordt duidelijk wat het hedendaagse stadsleven inhoudt en krijgen we een idee van wat er voor ontkoppeling nodig zou zijn.

EINDNOOT

Graag bedank ik Mark Swilling, Zef Hemel, Ries van der Wouden, David Hamers, Hiddo Huitzing, Ton Dassen en in het bijzonder David Laws voor het commentaar op eerdere versies van dit essay.

Maarten Hajer

01. DEMOGRAFIE

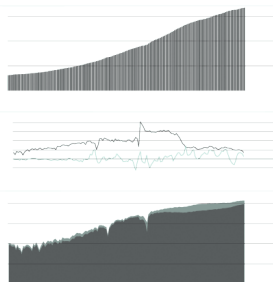
Mensen maken de stad. Mensen bewegen, bouwen en consumeren. Zonder mensen geen verkeer, geen bouwput, geen afval en geen water- of gasleiding. Een goed begrip van de stad is niet mogelijk zonder kennis van de continue mensenstroom die de stad doet leven. Van de mensen die in de stad wonen, die er komen, blijven of vertrekken, en maken dat de stad eet, opneemt, verteert en loost.

Door de stad te zien als een organisme met een eigen metabolisme wordt duidelijk dat de stad niet op zichzelf staat. Steden, overal ter wereld, gebruiken de natuur. De natuur levert brandstoffen, voedsel, materialen en water; eigenlijk alles wat de stad nodig heeft. En de natuur neemt ook het afval op dat de stad loost. Per stad zijn die toevoer en afvoer al gigantisch groot; worden alle steden bij elkaar opgeteld dan gaat het helemaal om onvoorstelbaar grote stromen.

Wereldwijd neemt het aantal mensen flink toe. Het is de vraag hoe lang het 'leveringsvermogen' van de natuur hier gelijke tred mee kan houden. Klimaatverandering, waterschaarste en stijgende grondstofprijzen laten in toenemende mate zien dat de natuur haar grenzen stelt. Een toekomstgerichte stad heeft dan ook inzicht in haar eigen metabolisme. Dit begint bij een goed begrip van de 'eigen' inwoners maar houdt daar niet op. De mensenstromen 'elders' hebben een steeds grotere invloed op wat de natuur kan leveren. Voor een zinvolle, actiegerichte stedelijke agenda, is een goed inzicht in deze mondiale mensenstromen onontbeerlijk.

In dit eerste hoofdstuk laten we daarom eerst zien hoe de Nederlandse bevolking en steden zich hebben ontwikkeld en zich naar verwachting zullen ontwikkelen. Daarna schetsen we een beeld van de ontwikkeling van de wereldbevolking en welke rol (wereld)steden hierbij spelen.

1.1 / STEEDS MEER EN STEEDS OUDER



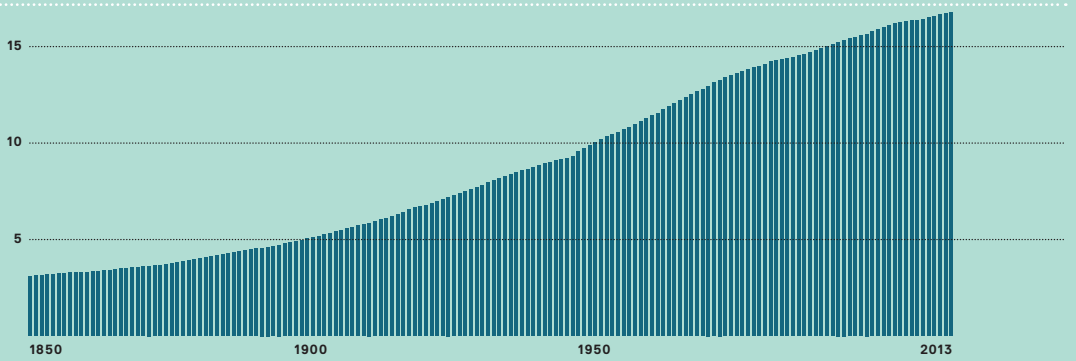
Net als overal ter wereld is de bevolking van Nederland in de loop der eeuwen flink gegroeid. Tot het midden van de 19e eeuw ging dit langzaam maar gestaag. Daarna, tussen 1850 en 1950, nam de Nederlandse bevolkingsomvang explosief toe van 3 naar 10 miljoen. Van immigratie was in die tijd nog nauwelijks sprake; de bevolkingsgroei werd veroorzaakt door het grote aantal kinderen dat werd geboren in combinatie met een daling van het aantal sterftegevallen. Bekend fenomeen is de geboortegolf van na de Tweede Wereldoorlog. Pas vanaf de jaren zestig van de 20e eeuw kwamen er veel ‘gastarbeiders’ en werd Nederland een immigratieland.

Nederland telt nu bijna 17 miljoen inwoners. De sterke bevolkingsgroei is sinds de jaren tachtig afgezwakt. In de toekomst worden er naar verwachting zelfs minder kinderen geboren dan er ouderen sterven. De vergrijzing neemt hierdoor toe. Volgens de CBS-bevolkingsprognose bereikt Nederland in 2060 een bevolkingsomvang van bijna 18 miljoen bewoners.

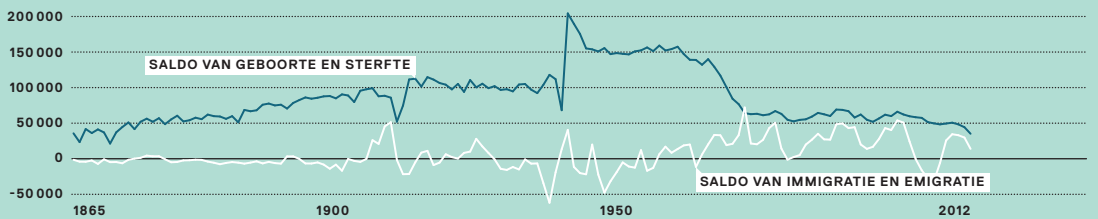
Nederlanders zijn de afgelopen eeuwen steeds ouder geworden. Mannen hebben nu een levensverwachting bij geboorte van 79 jaar en vrouwen 83 jaar. Dat is het dubbele van een eeuw geleden. Een combinatie van hygiënische maatregelen (zoals de aanleg van waterleiding en riolering), betere huisvesting, afschaffing van kinderarbeid, betere medische kennis en zorg (vaccinatie) leidde tot een gestage daling van de sterfte. Epidemieën, zoals de pokken- en choleraepidemie in 19e eeuw, werden steeds zeldzamer. De laatste grote epidemie in Nederland was de Spaanse griep in de jaren 1918 en 1919, na afloop van de Eerste Wereldoorlog.

Tijdens de Tweede Wereldoorlog stierven veel mensen vroegtijdig door geweld en ondervoeding. Na 1950 steeg de levensverwachting van vrouwen vrij sterk en bleef die van mannen ongeveer stabiel; veel mannen rookten in die tijd en vrouwen nog nauwelijks, waardoor vooral mannen stierven aan aan roken gerelateerde ziektes. Mede door een snelle daling van het percentage rokers werden mannen in de laatste decennia weer ouder en werd het verschil met vrouwen kleiner.

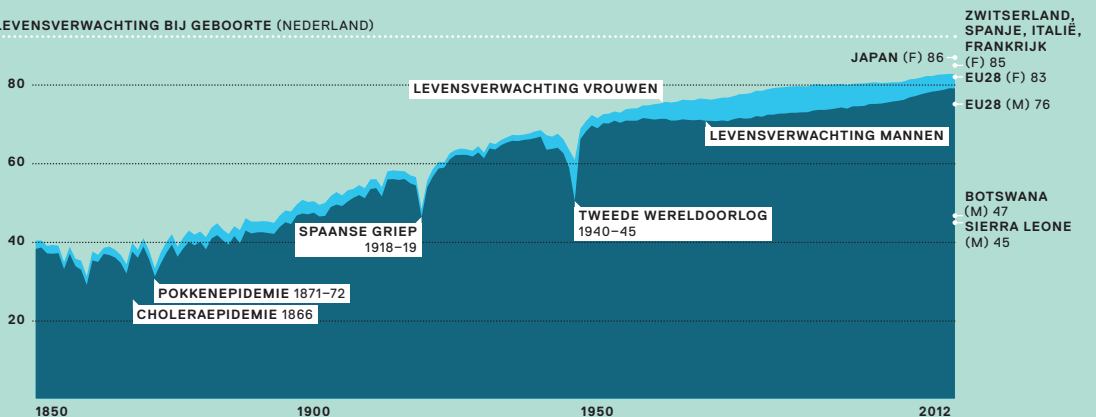
BEVOLKINGSOMVANG (IN MILJOEN, NEDERLAND)



SALDO VAN GEBOORTE EN STERFTE EN SALDO VAN IMMIGRATIE EN EMIGRATIE (NEDERLAND)



LEVENSVERWACHTING BIJ GEBOORTE (NEDERLAND)



1.1 / STEEDS MEER EN STEEDS OUDER

De bevolking van Nederland groeide van 3 miljoen inwoners in 1850 naar bijna 17 miljoen nu. Na 1950 trad een versnelling in de bevolkingsgroei op: er werden veel meer kinderen geboren dan er mensen overleden en bovendien werd Nederland een immigratieland. Al lange tijd worden Nederlanders alsmaar ouder.

Bronnen: CBS, NIDI

Nederlanders zullen ook in de toekomst steeds ouder worden. Naar verwachting stijgt de levensverwachting tot 87 jaar voor mannen en 90 jaar voor vrouwen in 2060. Niet iedereen in Nederland heeft dezelfde kans om zo oud te worden. Hoogopgeleide mensen leven ruim 6 jaar langer dan laagopgeleiden en ze zijn naar eigen beleving zelfs 14 jaar langer gezond. Er zijn geen aanwijzingen dat dit verschil kleiner wordt.

1.2 A / MENSENSTROMEN



Geboorte, sterfte, vestiging en vertrek van mensen bepalen de omvang en samenstelling van de bevolking. Deze veranderen voortdurend en verschillen per land, regio en gemeente.

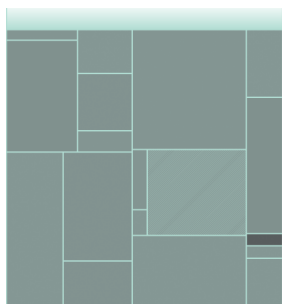
In Nederland is het aantal geboortes en sterftegevallen het meest bepalend voor de bevolkingsontwikkeling. Ruim 85 procent van de bevolkingsgroei in de afgelopen 10 jaar is toe te schrijven aan het geboorteoverschot; er werden meer mensen geboren dan er stierven. Nog geen 15 procent van de groei kwam doordat er meer mensen uit het buitenland naar Nederland toe kwamen dan ernaar vertrokken – het migratieoverschot. Er zijn in Nederland in die periode bijna 1,9 miljoen kinderen geboren en bijna 1,4 miljoen mensen overleden. Het gemiddeld aantal kinderen per vrouw schommelde de afgelopen jaren tussen 1,7 en 1,8 kinderen. Dit is hoger dan het Europees gemiddelde van 1,5 tot 1,6 kinderen.

Onder niet-westerse allochtone vrouwen in Nederland ligt de vruchtbaarheid hoger. Marokkaanse en Turkse vrouwen krijgen gemiddeld respectievelijk ruim 3 en ruim 2 kinderen per vrouw. Ongeveer 25 procent van de geboren kinderen is van allochtone herkomst. Van de sterftegevallen is slechts ongeveer 10 procent allochtoon. Dat dit aandeel laag is komt doordat het merendeel van de allochtonen relatief jong is: zij zijn in de afgelopen decennia als jongvolwassene naar Nederland gekomen of in Nederland geboren.

Het aantal migranten is dus minder van invloed op de bevolkingstoename dan het aantal geboortes en sterftegevallen. De afgelopen 10 jaar waren er bijna 1,3 miljoen immigranten en ruim 1,2 miljoen emigranten.

Tot slot is er een aanzienlijke stroom Nederlandse remigranten; autochtone Nederlanders die na enkele jaren weer terugkomen nadat ze in de periode daarvoor waren vertrokken naar het buitenland. Dit geldt natuurlijk niet voor elke emigrant, waardoor er per saldo een forse uitstroom is van autochtonen; 250.000 in de afgelopen 10 jaar.

1.2 B / VAN OVERAL OP DE WERELD

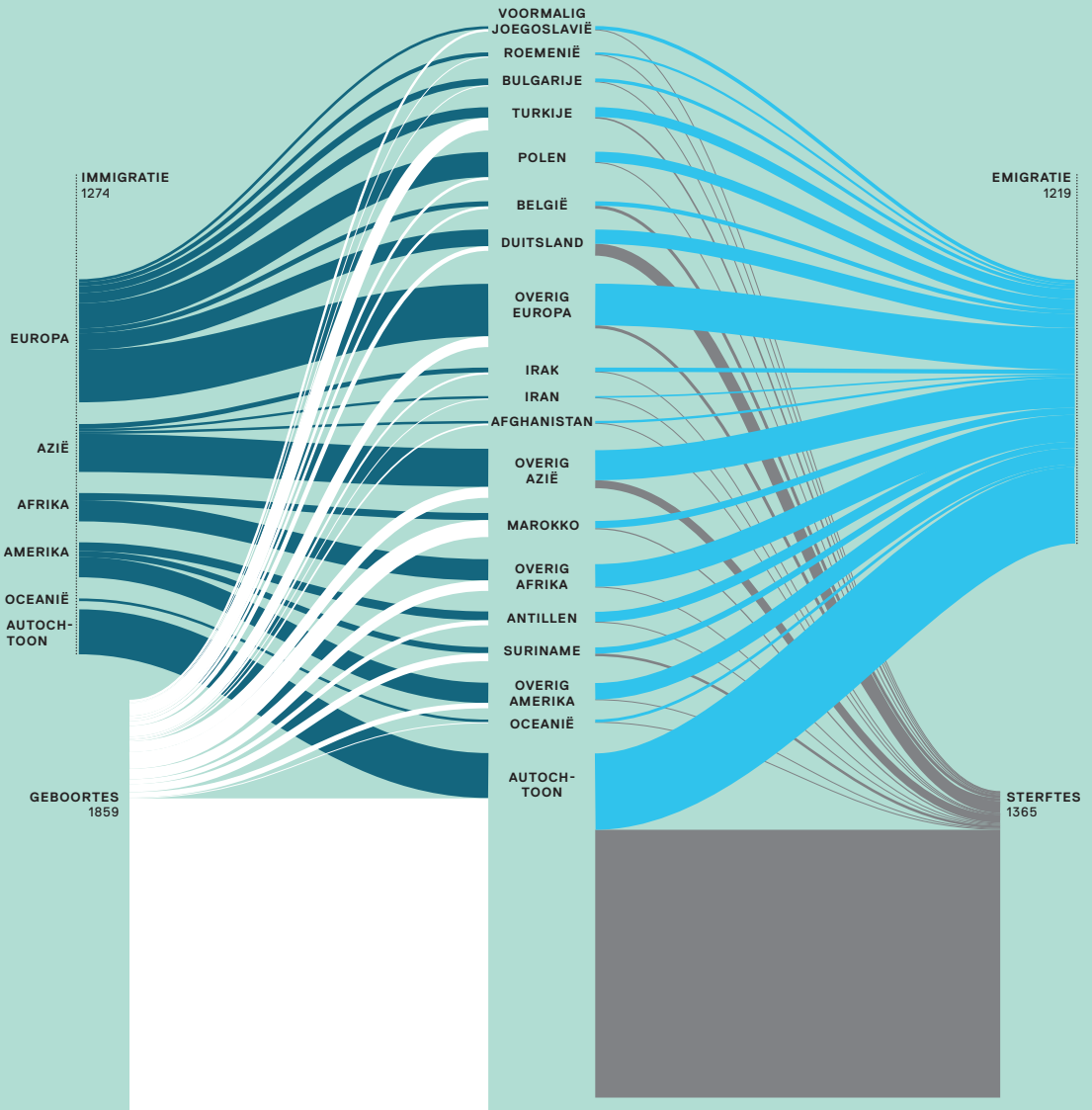


Momenteel telt Nederland 3,5 miljoen allochtonen: mensen die zelf in het buitenland zijn geboren of waarvan ten minste een van de ouders in het buitenland is geboren. Daarvan komt ongeveer 1,5 miljoen uit westerse, en 2 miljoen uit niet-westerse landen.

In de afgelopen 50 jaar is Nederland een duidelijk immigratieland geworden, met in bijna elk jaar meer immigranten dan emigranten. In de jaren zestig en zeventig kwamen er gastarbeiders; eerst uit Zuid-Europa, later uit Turkije en Marokko. Rond en kort na de onafhankelijkheid van Suriname in 1975 verhuisden veel Surinamers naar Nederland. In de jaren tachtig kwam de gezinshereniging op gang, toen veel vrouwen van gastarbeiders zich bij hun echtgenoot voegden. Later zochten hun kinderen soms een partner in het land van herkomst, die vervolgens naar Nederland emigreerde. In de jaren negentig kwamen er asielzoekers uit door oorlogen en rampen getroffen landen zoals voormalig Joegoslavië, Irak en Ethiopië. En na de uitbreiding van de Europese Unie in 2004 kwamen er veel (arbeids)migranten uit Midden- en Oost-Europa. Daarnaast is er nog een groep hoogopgeleide expats, die tijdelijk in Nederland woont. Vrijwel alle immigranten hebben een sterke voorkeur voor de grote stad, vanwege de sociale netwerken van landgenoten, werkgelegenheid, winkels en culturele of religieuze voorzieningen.

1.3 A / DE TREK NAAR DE RANDSTAD

Elk jaar verhuizen er in Nederland zo'n anderhalf miljoen mensen; bijna 10 procent van de bevolking. Jongeren

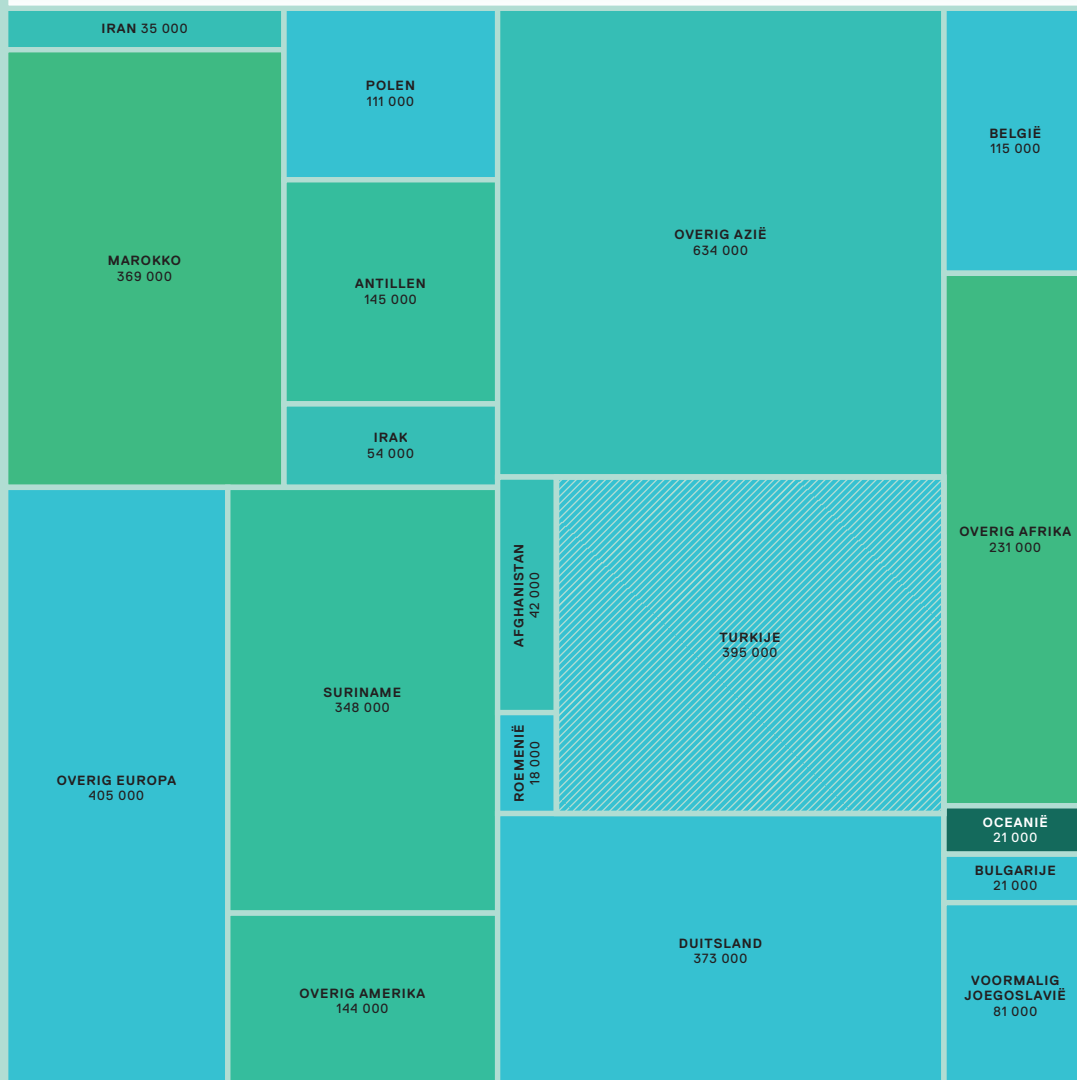


1.2 A / MENSENSTROMEN

De afgelopen 10 jaar zijn in Nederland bijna 2 miljoen kinderen geboren en bijna 1,5 miljoen mensen overleden. Daarnaast kwamen er ruim 1 miljoen immigranten en vertrokken er ook ruim 1 miljoen emigranten. Nederland telt nu 3,5 miljoen mensen die zelf in het buitenland zijn geboren of waarvan ten minste één van de ouders in het buitenland is geboren.

Bron: CBS

AUTOCHTOON 13 236 000



1.2 B / VAN OVERAL OP DE WERELD

Bijna 80 procent van de Nederlandse bevolking is autochtoon. Ruim 20 procent is in het buitenland geboren of heeft minstens een ouder die in het buitenland is geboren. Grofweg een derde is afkomstig uit Europa en bijna een kwart uit Azië. Marokkanen maken ongeveer 10 procent uit van het aantal allochtone Nederlanders, evenals Turken en Surinamers.

Bron: CBS



verhuizen vaak om zelfstandig of samen te gaan wonen, of vanwege studie of een eerste baan. Voor mensen van middelbare leeftijd zijn belangrijke redenen om te verhuizen een betere woning of woonomgeving, een nieuwe baan of bijvoorbeeld een beëindigde relatie. Voor ouderen is de gezondheid een belangrijke reden om te verhuizen. Van alle mensen die verhuizen, verhuist ongeveer 40 procent naar een andere gemeente.

Relatief veel mensen verhuizen naar het westen van het land. Hier ligt de Randstad die al decennialang als een magneet fungeert: in de Randstad zijn relatief veel banen, opleidingen en voorzieningen. Vanuit alle delen van het land verhuizen mensen naar de Randstad, maar vooral vanuit Zuid-Nederland. Terwijl de Randstad maar een kwart van het landoppervlak van Nederland uitmaakt, woont hier bijna de helft van de Nederlanders.

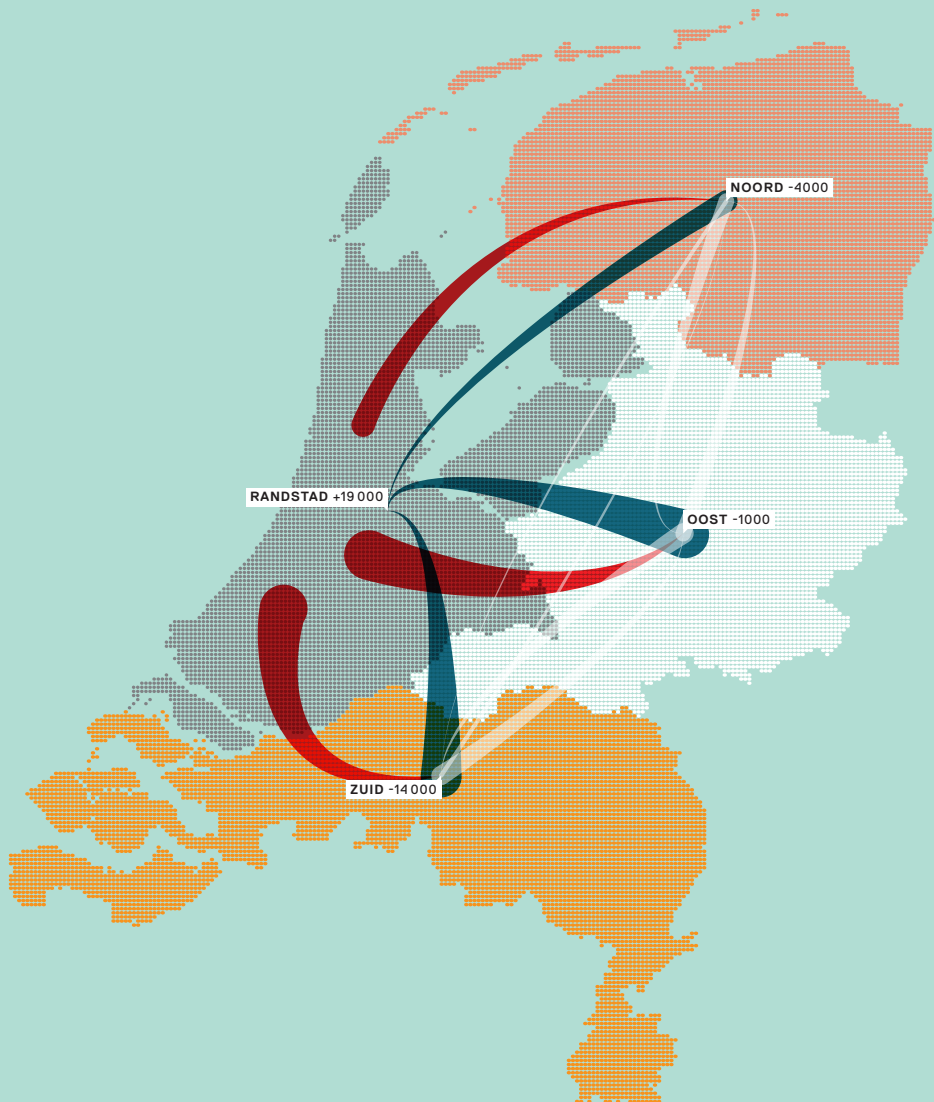
Tussen 2005 en 2010 is de bevolking in de Randstad toegenomen met ruim 200.000 personen. Daarvan komt 15 procent uit het buitenland en 10 procent uit de rest van Nederland. Het grootste deel van de bevolkingsgroei wordt echter veroorzaakt door het geboorteoverschot (70 procent).

1.3 B / KRIMP VERSUS GROEI

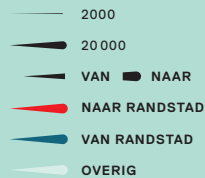


In veruit de meeste Nederlandse gemeenten nam de laatste jaren de bevolking toe. Vrijwel overal werden meer kinderen geboren dan er mensen stierven, en naar de wat grotere plaatsen verhuisden meer mensen dan er vertrokken.

Maar niet in alle gemeenten. Sinds een jaar of twintig hebben sommige plaatsen op het platteland te maken met een krimpende bevolking. Deze liggen vooral aan de rand van Nederland, zoals in Oost-Groningen, Zuid-Limburg en Zeeland. Hier worden relatief weinig kinderen geboren en zijn er veel sterfgevallen. Ook trekken jongeren hier weg naar de grote steden voor een baan of opleiding. Meer in het binnenland blijft de krimp beperkt, doordat in veel plattelandsgemeenten jonge gezinnen de plek van de jongeren innemen, vooral vanwege het voordelige, ruime en groene wonen.



VERHUIZINGEN TUSSEN REGIO'S
(IN PERSONEN) /
MIGRATIESALDO (IN PERSONEN)



SALDO VAN PERSONEN
DIE ZICH VESTIGEN EN
DIE VERTREKKEN

+19 000

1.3 A / DE TREK NAAR DE RANDSTAD

De binnenlandse migratiestromen zijn niet evenwichtig over de landsdelen verdeeld. De Randstad als economisch hart van Nederland kent een vestigingsoverschot; vooral jongeren komen hier voor een baan of studie. De overige landsdelen laten een (gering) vertrekoverschot zien. Op dit moment woont de helft van de bevolking in de Randstad.

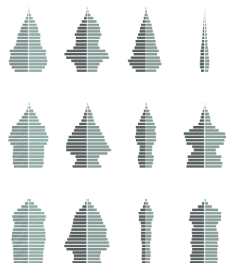
Bron: CBS

De grote steden groeiden de afgelopen jaren vrij sterk, met Utrecht en Amsterdam voorop. Hierdoor wordt Nederland steeds stedelijker. De hedendaagse populariteit van de grote steden is niet vanzelfsprekend. Tussen 1965 en 1985 verloren steden veel inwoners aan de zogenoemde groeikernen. De overheid wilde de bevolkingsgroei van de grote gemeenten opvangen in een aantal omliggende plaatsen, en bouwde daar veel woningen. Bekende groeikernen zijn Almere en Purmerend bij Amsterdam, Zoetermeer bij Den Haag, en Houten en Nieuwegein bij Utrecht.

Sinds de eeuwwisseling zijn de grote steden weer erg in trek, vooral bij jongeren die naar de stad verhuizen voor een opleiding of een eerste baan. De komst van jongeren neemt voortdurend toe, ook tijdens de economische crisis die in 2008 begon. Omgekeerd neemt het vertrek van jonge gezinnen uit de stad af.

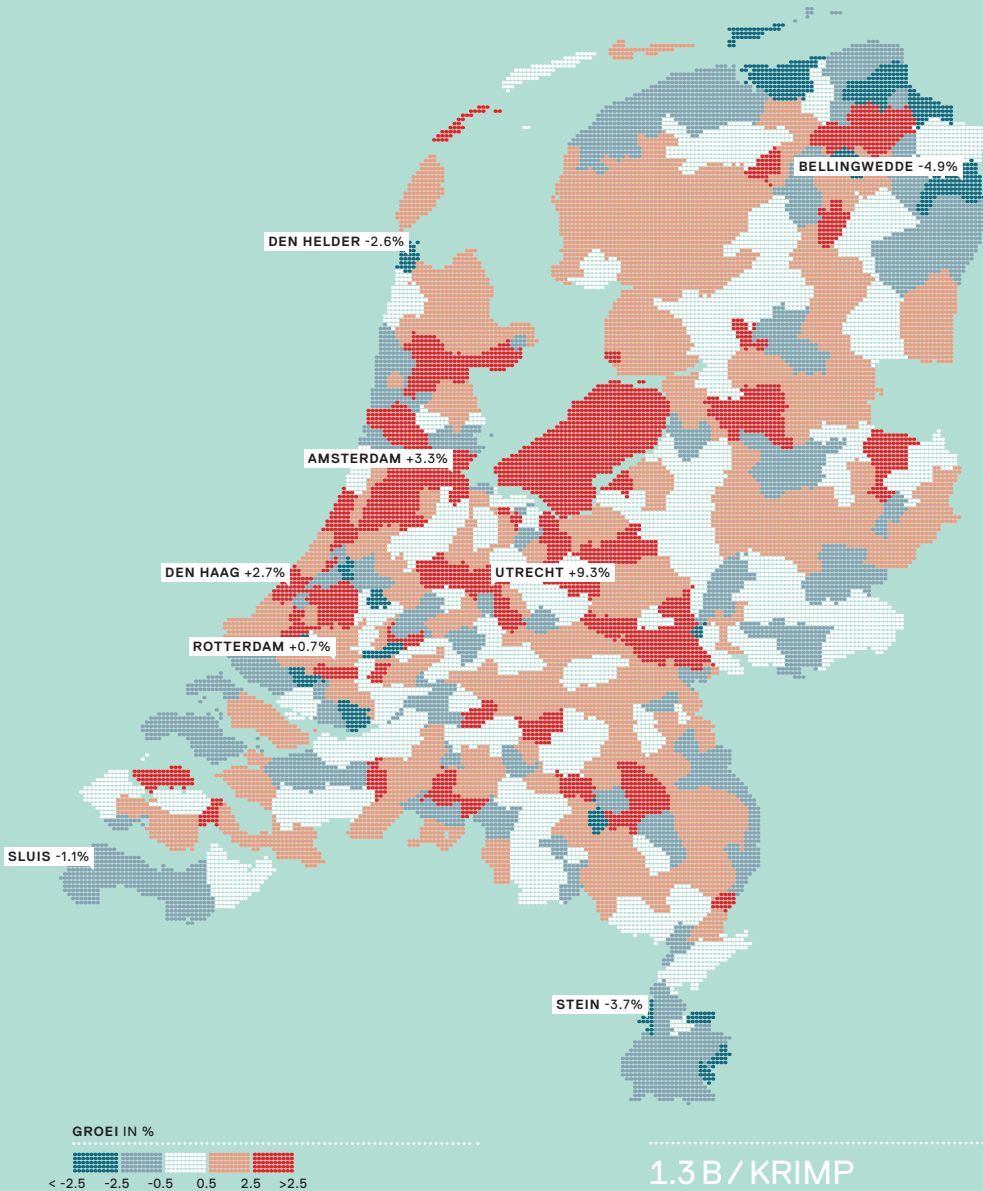
Wereldwijd woont nu ruim 50 procent van de mondiale bevolking in steden, maar Nederland is deze mijlpaal al ver in de vorige eeuw gepasseerd. In 1950 woonde zo'n 55 procent van de Nederlanders in het stedelijk gebied en in de 21e eeuw ongeveer 85 procent.

1.4 / VERVORMENDE PIRAMIDES



In 1950 had de leeftijdsopbouw van de Nederlandse bevolking de vorm van een 'piramide'. De bevolkingspiramide is nu al lang geen piramide meer en in 2040 lijkt de leeftijdsopbouw van Nederlanders waarschijnlijk zelfs meer op een pilaar. De vorm van een bevolkingspiramide weerspiegelt vaak belangrijke historische en maatschappelijke ontwikkelingen. Zo is de geboortegolf van na de Tweede Wereldoorlog in 1980 zichtbaar als verdikking aan de onderkant, in 2010 als dikke buik en in 2040 als relatief brede top.

De bevolkingspiramide kan per gemeente sterk van vorm verschillen. Grote steden, zoals Amsterdam, hebben een 'dikke buik'; hier wonen relatief veel mensen van tussen de 20 en 40 jaar. Zij zijn na de middelbare school naar de stad



1.3 B / KRIMP VERSUS GROEI

Sinds een jaar of twintig hebben sommige plattelandsgemeenten te maken met een krimpende bevolking. Deze gemeenten liggen vooral aan de rand van Nederland, zoals in Oost-Groningen, Zuid-Limburg en Zeeland. Hier worden relatief weinig kinderen geboren en zijn er veel sterfgevallen. Bovendien trekken jongeren hier weg naar de grote steden voor een baan of opleiding.

Bron: CBS



1.4 / VERVORMENDE PYRAMIDES

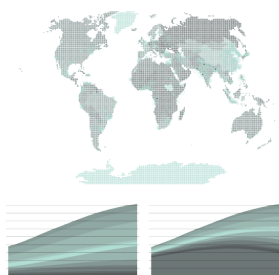
De bevolkingspiramide toont de bevolkingsontwikkeling over enkele generaties. De geboortegolf na de Tweede Wereldoorlog is in 1980 zichtbaar als verdikking aan de onderkant, in 2010 als dikke buik en in 2040 als brede top. Tussen gemeenten bestaan frappante verschillen veroorzaakt door verschillen in geboorte, sterfte, vestiging en vertrek van inwoners.

Bron: PBL/CBS

getrokken voor het volgen van een opleiding en vinden er vaak een eerste baan. De laatste jaren blijven ze ook steeds vaker in de stad wonen. Dat was tot eind jaren negentig wel anders; toen verhuisden dertigers vaak naar groeikernen en andere omringende gemeenten. De huizen waren daar groter en goedkoper en er was meer groen; een omgeving die jonge stellen geschikt achtten om er een gezin te stichten. Een ander deel van de twintigers en dertigers bestaat uit immigranten, die voor een grote stad kiezen omdat er relatief meer werk is of omdat er bijvoorbeeld al familie van hen woont.

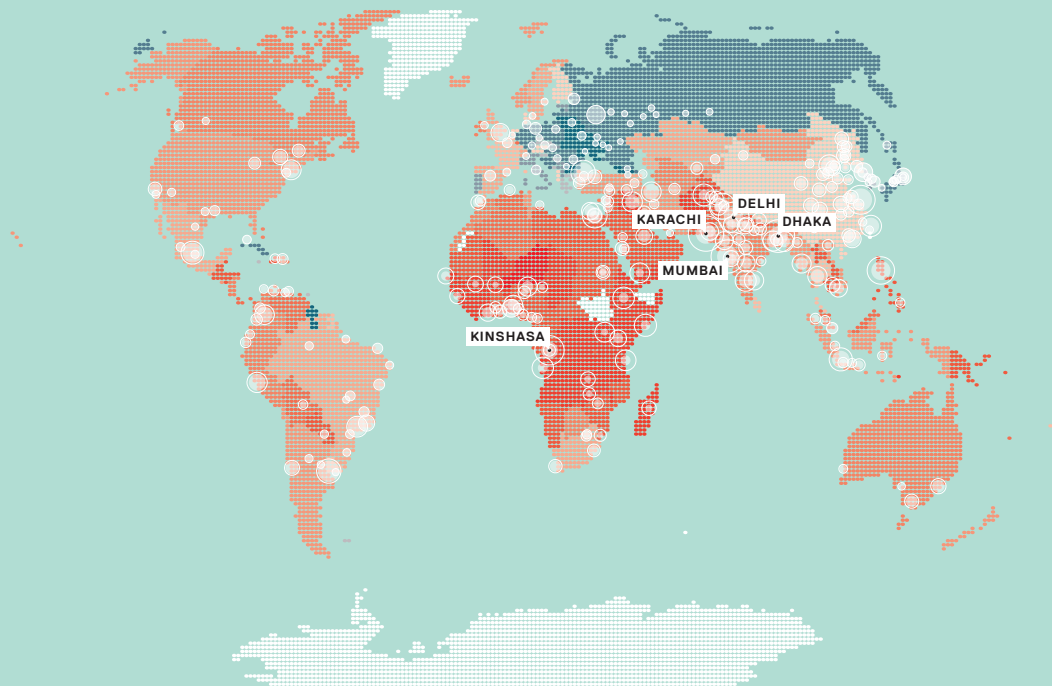
Bij gemeenten in krimpgebieden wordt de piramide steeds smaller, zoals bij Delfzijl. Alleen in het midden en aan de bovenkant blijft die relatief breed. Dit zijn de babyboomers die in 2010 op leeftijd beginnen te raken. Een derde opvallende piramidevorm is die van de groeikern. Bij Houten stulpt de piramide zowel aan de basis als in het midden uit. Hier zijn de afgelopen decennia veel jonge stellen naartoe verhuisd, die er hun kinderen kregen. Naar verwachting trekken in de toekomst de kinderen weg en blijven de ouders er wonen, waardoor Houten te maken krijgt met een bovengemiddelde vergrijzing.

1.5 / DE TREK NAAR DE STAD

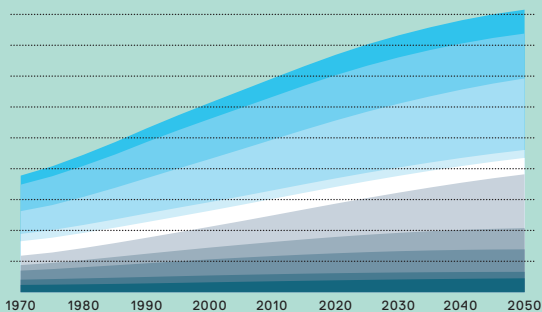


Ruim 7 miljard mensen wonen er nu op de aarde; in 2050 zijn dat er waarschijnlijk meer dan 9 miljard. In minder dan veertig jaar komen er dus 2 miljard mensen bij. Die explosieve groei concentreert zich vooral in Zuid-Azië en in Afrika ten zuiden van de Sahara. De vruchtbaarheid is hier hoog, mede door achterstanden op het gebied van onderwijs, vrouwenemancipatie en welvaart. Bevolkingsgroei is echter niet overal vanzelfsprekend: in Rusland en in Midden- en Oost-Europa wordt een aanzienlijke krimp verwacht. De vruchtbaarheid is er na het vallen van de Muur laag, mede doordat er geen beleid meer bestaat dat het krijgen van kinderen stimuleert.

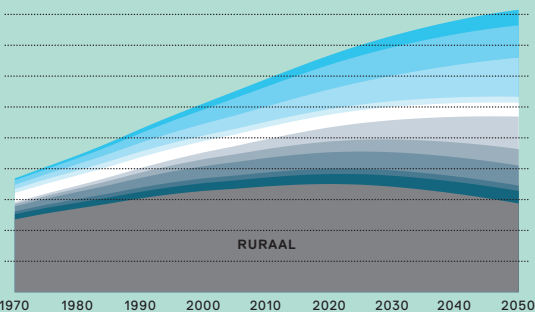
De toekomstige bevolkingsgroei vindt volledig plaats in stedelijke gebieden; op het platteland blijft de bevolkingsomvang stabiel. Naar verwachting woont bijna 70 procent van de wereldbevolking in 2050 in steden. Vijftien procent



MONDIALE BEVOLKINGSENTWIKKELING, BEVOLKING PER REGIO, IN MILJARDEN



MONDIALE BEVOLKINGSENTWIKKELING, BEVOLKING PER REGIO, UITGESPLITST NAAR RURAAL EN URBAAN, IN MILJARDEN



REGIO'S

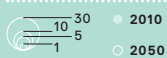
- ZUIDOOST-AZIË
- CHINESE REGIO
- ZUID-AZIË
- RUSSISCHE REGIO EN CENTRAAL-AZIË
- WEST- EN MIDDEN-EUROPA
- SUB-SAHARISCH AFRIKA
- MIDDEN-OOSTEN EN NOORD-AFRIKA
- MIDDEN- EN ZUID-AMERIKA
- JAPAN, KOREA EN OCEANIË
- NOORD-AMERIKA

VERWACHTE LANDELIJKE BEVOLKINGSGROEI 2010-2050 IN %



GEEN DATA

POPULATIE IN GROTE STEDEN, IN MILJOEN



TOP 5 IN 2050
MUMBAI

1.5 / DE TREK NAAR DE STAD

De wereldbevolking groeit snel; van ruim 7 miljard bewoners nu naar waarschijnlijk ruim 9 miljard in 2050. Dit zal gepaard gaan met een sterke verstedelijking, vooral in Afrika en Zuid-Azië. De plattelandsbevolking blijft stabiel, zo'n 3 miljard. Niet overal groeit de bevolking: in Rusland en Oost-Europa wordt een aanzienlijke krimp verwacht.

Bronnen: ESRI, PBL, UNEP

DEMOGRAFIE

van de mensen die in steden woont, zal in 2050 wonen in megasteden. Nu is dat 10 procent. Een aantal megasteden waaronder Karachi, In Pakistan en Mumbai in India, steden van meer dan 10 miljoen inwoners, krijgen in de toekomst een bevolkingsomvang van soms wel tweemaal die van Nederland nu. Veel meer mensen wonen echter nu én in de toekomst niet in dergelijke megasteden maar in middelgrote steden met minder dan 1 miljoen inwoners. Nu is dat zo'n 60 procent van de stedelijke bevolking en in 2050 is dit nog altijd circa 50 procent.

De enorme bevolkingsgroei stelt een stad voor grote opgaven. Alle bestaande gebouwen en infrastructuur voor transport van mensen en goederen, energie en water zijn niet langer toereikend. Daarnaast wordt de stedelijke economie steeds afhankelijker van een continue en onverstoorde toevoer van betaalbare brandstoffen, voedsel, water en materialen. De kwetsbaarheid van veel steden neemt daardoor toe; door klimaatverandering dreigt juist een schaarste aan belangrijke grondstoffen. Er is een drastische, duurzame transitie nodig om de stad draaiend en leefbaar te houden.

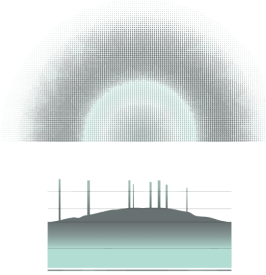
02 LUCHT

Lucht is een eerste levensbehoefte, zonder lucht geen leven. Een atmosfeer met zuurstof is voor iedereen de gewoonste zaak ter wereld, maar het is de unieke eigenschap die de aarde leefbaar maakt en die haar van andere planeten onderscheidt. De aanwezigheid van lucht wordt als zo vanzelfsprekend beschouwd dat vrijwel niemand erbij stilstaat, en dat is niet terecht.

Lucht is onmisbaar voor mens, dier en plant, van de schaal van microben tot de hele aarde. Binnenshuis is lucht nodig voor verwarming en koeling. Verbrandingsprocessen, van automotoren tot en met elektriciteitscentrales en hoogovens, kunnen niet werken zonder de zuurstof in de lucht.

Wind – eigenlijk niets anders dan lucht die van de ene plaats naar de andere beweegt – beïnvloedt het weer, brengt verkoeling of hitte, voert zand en stof mee, en levert energie via windmolens. De Romeinse architect Vitruvius schreef al over het belang van de heersende windrichting voor het ontwerp van een stad.

2.1 / LUCHT IS OVERAL, LUCHT IS ONMISBAAR

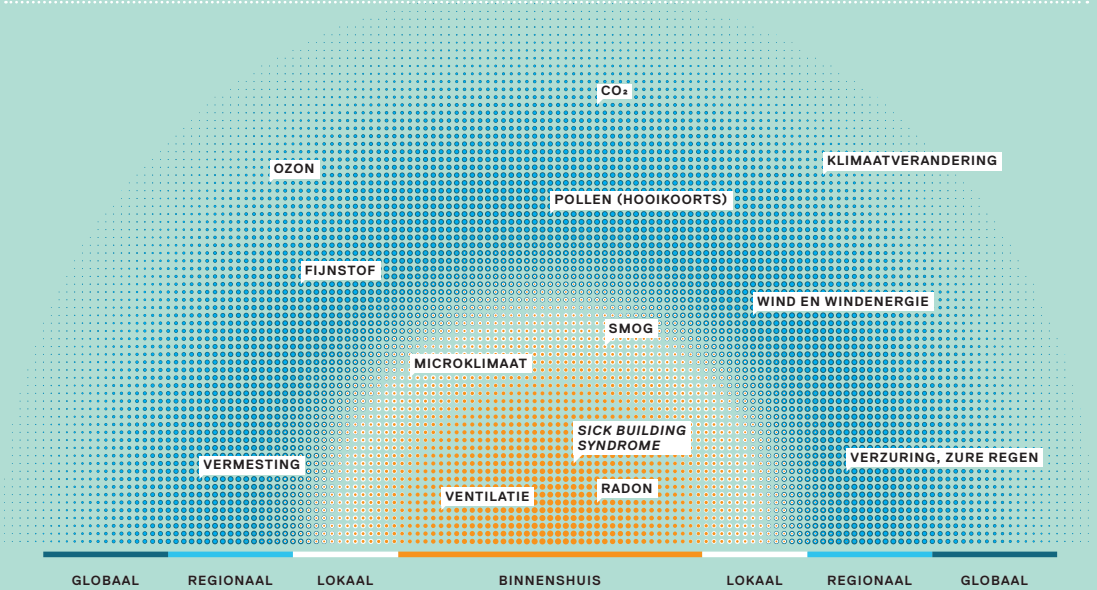


Op ieder niveau is lucht waarschijnlijk de meest vanzelfsprekende ‘stroom’ die voor het leven op aarde noodzakelijk is. En er is meer dan genoeg van.

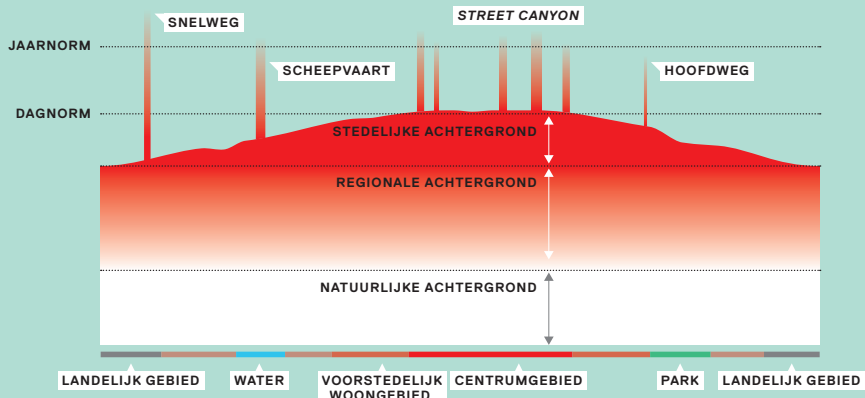
Een volwassen mens ademt 6 liter lucht per minuut in en uit, en onttrekt daaraan 300 milliliter zuiver zuurstof. Per dag is dat per persoon 8600 liter lucht en 430 liter, oftewel bijna een halve kubieke meter, zuurstof. De hele wereldbevolking van 7 miljard mensen verplaatst dus via de ademhaling 60 miljard kubieke meter lucht per dag, oftewel 60 kubieke kilometer, waaraan ze 3 kubieke kilometer zuivere zuurstof onttrekt. Naast mens en dier doen verbrandingsmotoren een aanspraak op de luchtvoorraad; zo heeft in Nederland een personenauto met een gemiddeld brandstofverbruik en een gemiddeld aantal afgelegde kilometers per dag 24 kubieke meter lucht nodig, waaraan 5 kubieke meter zuurstof wordt onttrokken. Wanneer de ademhaling van alle mensen en alle andere dieren bij elkaar wordt opgeteld is de hoeveelheid lucht nog steeds nihil, in vergelijking met het volume van de atmosfeer: 4,2 miljard kubieke kilometer.

Lucht en zuurstof zijn er dus genoeg. De natuur zorgt er bovendien voor dat er voldoende zuurstof in de atmosfeer is en blijft. Maar er is wel aandacht nodig voor de samenstelling en de kwaliteit van de lucht. Mensen, dieren en planten kennen een zekere tolerantie voor verontreiniging in de lucht, maar daar zijn grenzen aan. Het is dus van belang om te letten op stoffen die de luchtkwaliteit aantasten en daardoor acuut of op termijn schadelijk zijn, zoals CO₂ en fijnstof. Lucht is onmisbaar om te leven, en een goede luchtkwaliteit is onmisbaar voor de kwaliteit van het leven.

Bebouwing is van invloed op luchtstromen en luchttemperatuur. In de stad kan zo een lokaal microklimaat ontstaan, met eigen luchtstromen of juist luchtstilstand. De stad neemt bijvoorbeeld veel warmte op en houdt die 's nachts vast, in stenen en beton maar ook in het water. De temperatuur kan er hoog oplopen en verontreiniging kan er blijven hangen. In extreme gevallen spreekt men van ‘hitte-eilanden’ en ‘street canyons’.



CONCENTRATIEOPBOUW FIJNSTOF (PM₁₀) IN EN ROND EEN TYPISCH NEDERLANDSE STAD (DWARSDOORSNEDEN)



2.1 / LUCHT IS OVERAL, LUCHT IS ONMISBAAR

Lucht is een levensnoodzaak voor mensen, dieren en planten. Lucht is binnenshuis onmisbaar voor verwarming en koeling, maar heeft ook een sleutelrol in het mondiale klimaatsysteem. Een goede luchtkwaliteit is onmisbaar voor de kwaliteit van het leven. Die kwaliteit laat door vervuiling en fijnstof soms te wensen over.

Bron: MNP

In het Nederlandse klimaat is de stedelijke warmte meestal een aangename bijkomstigheid: de terrassen floreren en mensen treffen elkaar voor een picknick in het stadspark. In gebieden met een warmer klimaat kan het echter tot onaangename situaties leiden. De verwachte stijging van de temperaturen door klimaatverandering zal het hitte-eiland-effect nog versterken.

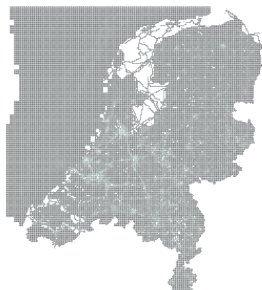
2.2 / FIJNSTOF WAAIT OVER GRENZEN



In Nederland zit relatief veel fijnstof – zwevende kleine deeltjes – in de lucht. Een deel hiervan is van natuurlijke oorsprong, zoals overwaaiend zout uit de Noordzee, opwaaiend bodemstof en zelfs fijn zand uit de Sahara. Samen omvat dit 40 tot 45 procent van het aanwezige fijnstof, met jaarlijkse schommelingen afhankelijk van het weer.

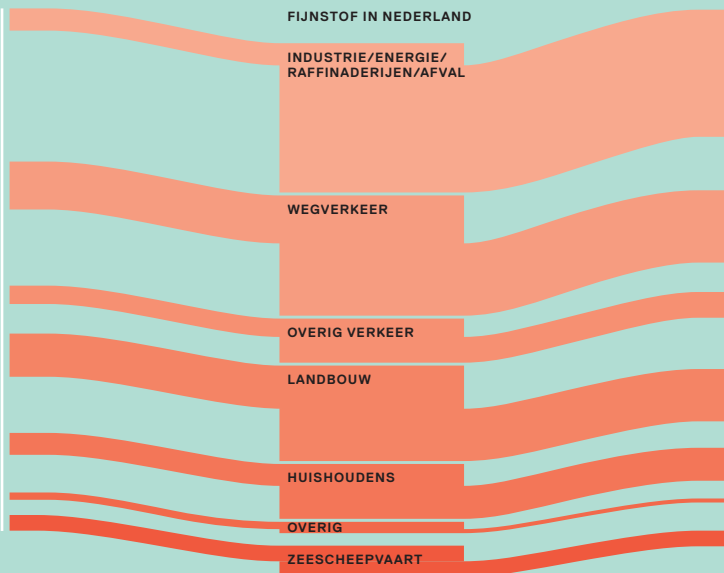
Het overige fijnstof, 55 tot 60 procent, komt van de industrie, het wegverkeer en de scheepvaart. Het stof wordt vervoerd door de wind en het houdt zich niet aan landsgrenzen. Zo komt veel fijnstof dat in Nederland wordt gemeten uit het Roergebied en uit de omgeving van Luik. Omgekeerd waait het fijnstof dat Nederland zelf produceert, voor een groot deel over de grenzen naar de buurlanden of over zee. Per saldo exporteert Nederland driemaal zoveel fijnstof als het importeert.

2.3 / DE LUCHT WEERSPIEGELT DE MENSELIJKE ACTIVITEIT



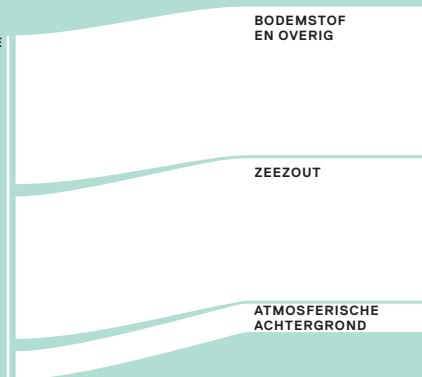
De fijnstofproductie gebeurt op de grond, maar de weerslag ervan is te vinden in de lucht. De infrastructuur van wegen en scheepvaart tekent zich op de kaart markant af als een netwerk van lijntjes met een verhoogde concentratie fijnstof. Opeenhoping is ook te vinden in en rond grote steden en in de regio's met veel (bio-)industrie of scheepvaart. Duidelijk zichtbaar is waar de lokale en internationale stromen samenkomen. De fijnstofsporen op zee zijn minder precies te meten dan op land, maar door de oogharen is goed te zien dat ze ook daar de intensief gebruikte scheepvaartroutes volgen.

VAN NEDERLANDSE
HERKOMST DOOR
MENSELIJKE
ACTIVITEITEN
18%

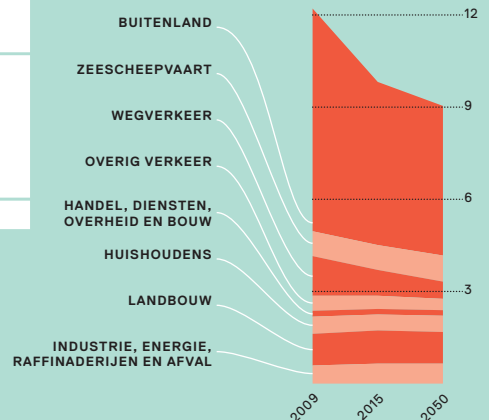


VAN BUITENLANDSE
HERKOMST DOOR
MENSELIJKE
ACTIVITEITEN
40%

VAN NATUURLIJKE
HERKOMST
42%



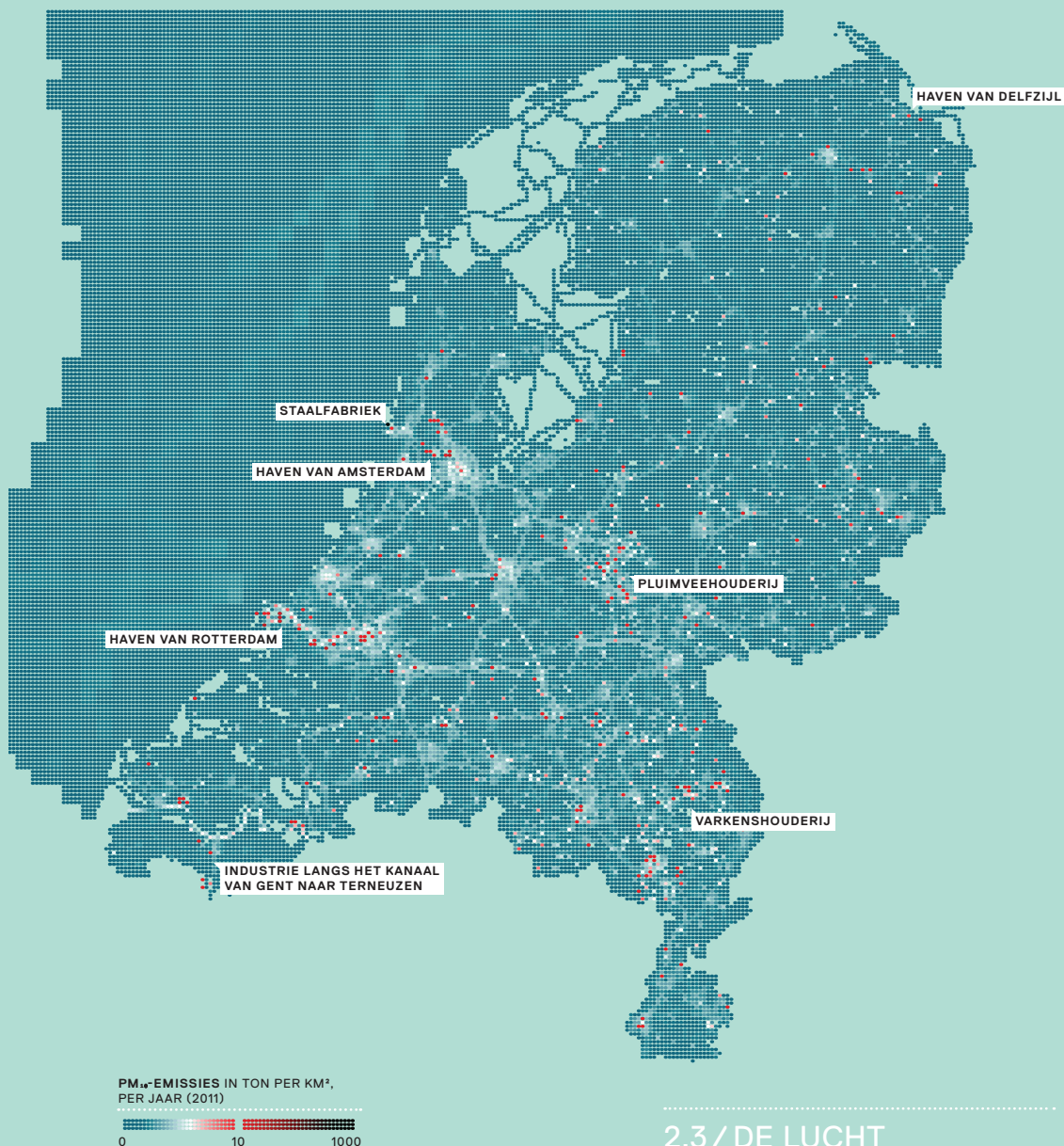
GEMIDDELDE FIJNSTOFCONCENTRATIE IN NEDERLAND IN MICROGRAM PER M³ (2009–2050)



2.2 / FIJNSTOF WAAIT OVER GRENZEN

In Nederland zit relatief veel fijnstof in de lucht. Bijna de helft is van natuurlijke oorsprong. De rest komt van menselijke activiteiten. Hoewel boven Nederland veel buitenlands fijnstof hangt, 'exporteert' Nederland driemaal zoveel als het importeert. Door maatregelen als roetfilters is de fijnstofconcentratie sinds 1990 gehalveerd. Deze trend zet door.

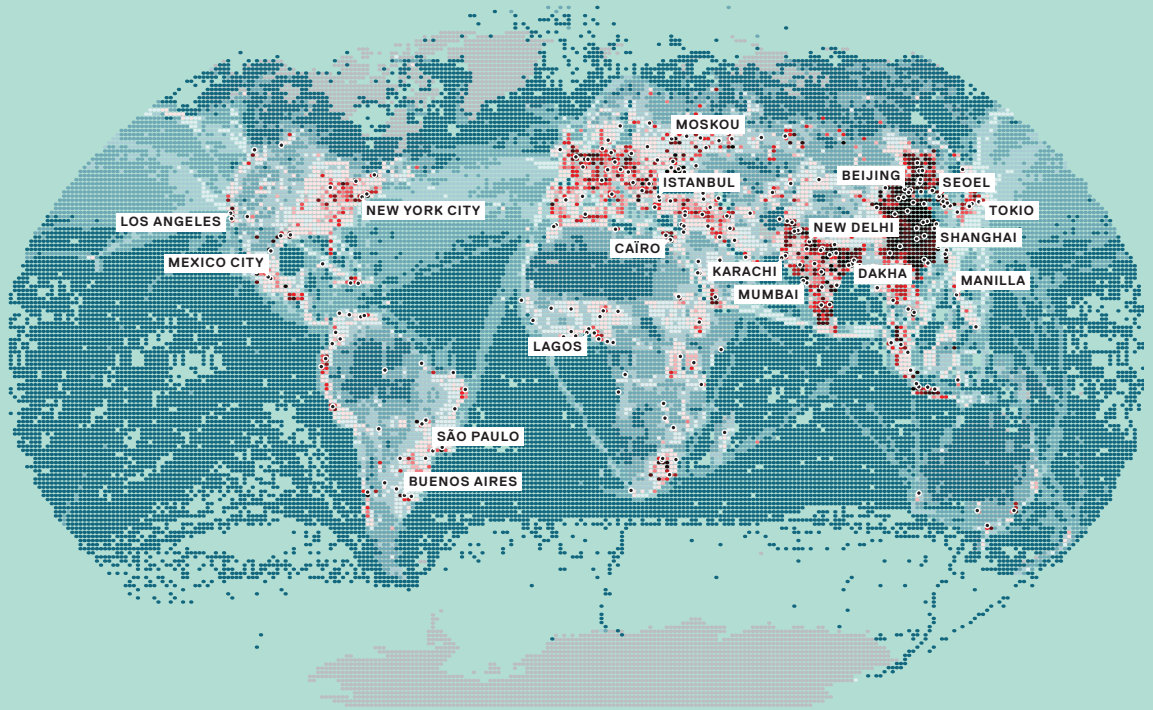
Bronnen: PBL, RIVM



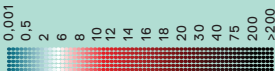
2.3 / DE LUCHT WEERSPIEGELT DE MENSELIJKE ACTIVITEIT

De uitstoot van fijnstof in steden, op wegen, in de (bio-)industrie en op scheepvaartroutes laat herkenbare sporen na op de fijnstofkaart van Nederland en de Noordzee. Fijnstof is slecht voor de gezondheid; het veroorzaakt in Nederland tweemaal zoveel gezondheidsschade als verkeersongevallen.

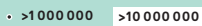
Bron: RIVM



PM_{2.5}-EMISSIONS IN TON
PER 0,1 GRAAD x 0,1 GRAAD,
PER JAAR (2005)



INWONERAANTAL VAN GROTE
STEDEN (2010)



2.4 / DE SCHOORSTENEN ROKEN NU ELDERS

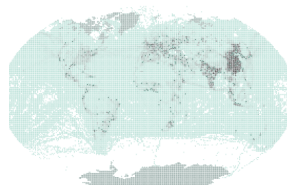
Honderd jaar geleden had Europa last van zware industriële vervuiling. Die is verdwenen dankzij schonere productiemethoden en verplaatsing van industrie naar bijvoorbeeld China en India. De enorme groei aldaar van steden, industrie, het energiegebruik en het verkeer leidt tot zeer intense luchtvervuiling. Ook internationaal handelsverkeer draagt bij aan de mondiale luchtverontreiniging.

Bronnen: JRC/PBL, PBL

Hoge concentraties van fijnstof in de lucht leveren een gevaar op voor de gezondheid, met name voor hart- en longfuncties. Ook bij lagere concentraties vergroot fijnstof de kans op nadelige gezondheidseffecten. De jaarlijkse gezondheidsschade door fijnstof is in Nederland naar schatting tweemaal zo groot als de gezondheidsschade door verkeersongevallen. Fijnstof is de belangrijkste milieugerelateerde risicofactor voor de volksgezondheid.

Er zijn de laatste jaren veel maatregelen getroffen om de concentraties fijnstof naar beneden te krijgen, zoals roetfilters in auto's en de instelling van milieuzones. Door alle maatregelen zijn de fijnstofconcentraties in Nederland sinds 1990 gehalveerd.

2.4 / DE SCHOORSTENEN ROKEN NU ELDERS

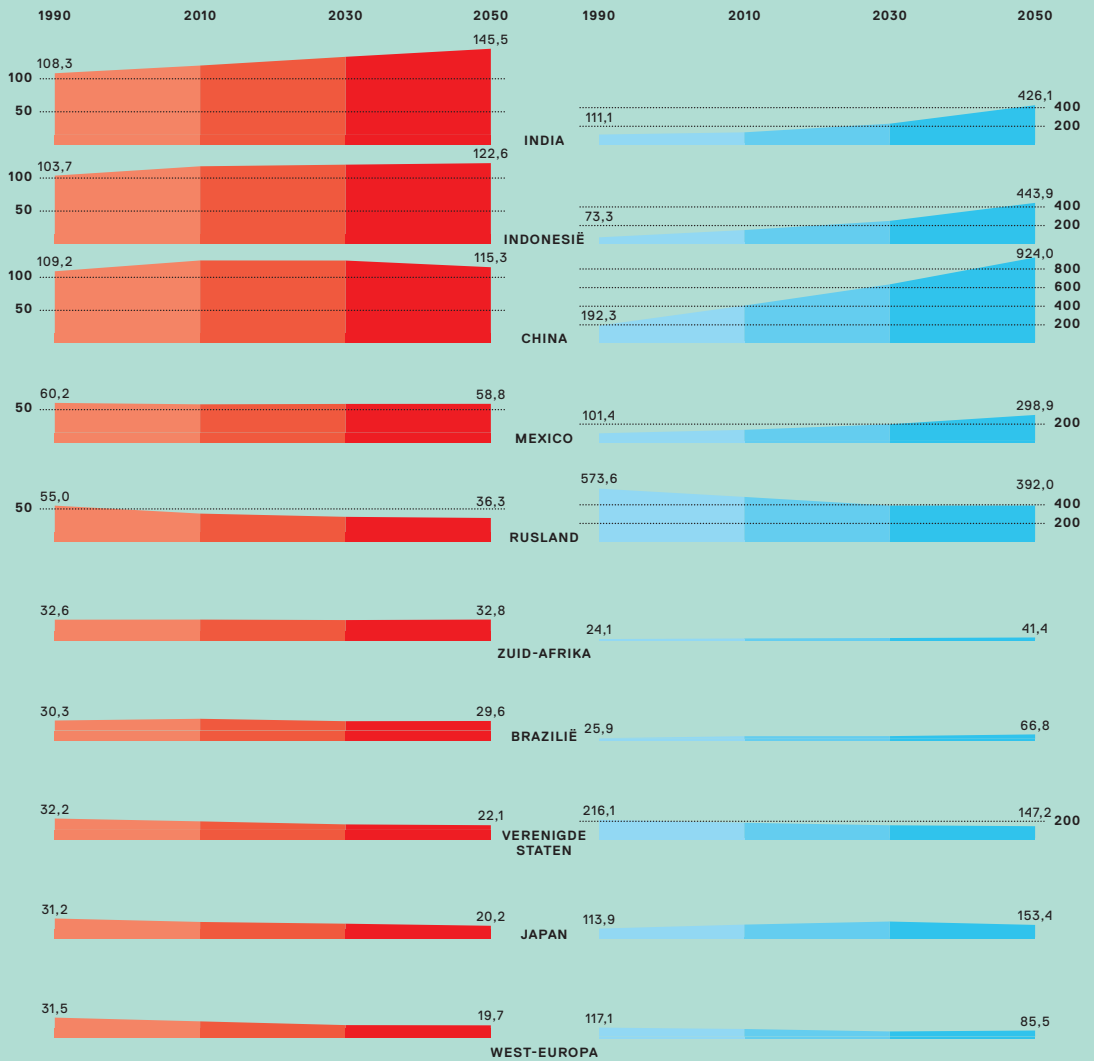


Luchtverontreiniging is een wereldwijd vraagstuk, maar de intensiteit ervan wisselt. Ook is het probleem in de loop van de tijd verplaatst. Een eeuw geleden gingen grote delen van het geïndustrialiseerde Europa, inclusief Nederland, gebukt onder zware vervuiling. Deze negatieve effecten van de industriële revolutie zijn inmiddels bestreden, voor een deel dankzij schonere productiemethoden, maar ook doordat de meest vervuilende industrieën vertrokken naar landen buiten Europa. De lucht boven voormalige industriesteden als Tilburg en Almelo is weer schoon, net als in Manchester en het Roergebied. Tegenwoordig roken de schoorstenen boven China, 'de fabriek van de wereld'.

De enorme groei van de steden, de industrie, het energiegebruik (met bijvoorbeeld oliestook voor verwarming) en het verkeer in China en andere Zuidoost-Aziatische landen leidt tot zeer intense luchtvervuiling. De plaatselijke bevolking heeft er de meeste last van, maar een deel van de vervuiling waait ook uit over de rest van de wereld, en komt zelfs in Europa terecht. In sommige meer rurale delen van de wereld, zoals grote delen van Afrika, is het stoken van hout nog de meest gebruikte vorm van brandstof voor voedselbereiding en verwarming, en ook dat leidt tot de nodige luchtverontreiniging. Het mondiale handelsverkeer met vliegtuigen en schepen laat eveneens zijn sporen na op de fijnstofkaart.

GEMIDDELDE FIJNSTOFCONCENTRATIE IN GROTE STEDEN
IN MICROGRAM PER M³ (PM₁₀, 1990-2050)

VROEGTIJDIGE STERFTE DOOR BLOOTSTELLING AAN PM₁₀
IN AANTAL DODEN PER MILJOEN PERSONEN (1990-2050)

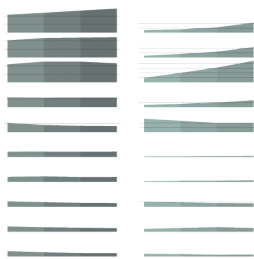


2.5 / FIJNSTOF BEDREIGT DE GEZONDHEID IN OPKOMENDE LANDEN

Opkomende landen als China, India en Mexico betalen hun onstuimige economische groei met een sterke luchtvervuiling. De gevolgen zullen tientallen jaren lang waarneembaar zijn in stijgende sterftcijfers, mede door de vergrijzing van de bevolking. Ouderen zijn namelijk vatbaarder voor luchtvervuiling. De slechte luchtkwaliteit wordt een groter gezondheidsrisico dan slecht sanitair, vervuild water en malaria.

Bron: OECD

2.5 / FIJNSTOF BEDREIGT DE GEZONDHEID IN OPKOMENDE LANDEN



Waar in Europa luchtvervuiling met succes wordt bestreden, is ze nog steeds een groot probleem in grote steden in opkomende landen. De smog (een samentrekking van ‘smoke’ en ‘fog’, rook en mist) die vroeger Londen verstikte, hangt nu boven steden als Beijing. Op sommige dagen zijn de concentraties fijnstof er meer dan tien keer zo hoog als het toegestane maximum van 40 microgram fijnstof per kubieke meter. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft dit maximum aangegeven omdat een hogere concentratie leidt tot nadelige langetermijneffecten op de gezondheid.

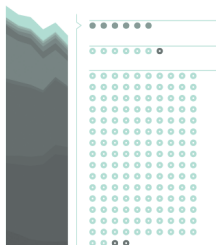
Luchtvervuiling leidt in deze landen dan ook tot een verhoogde sterfte. De sterfte is des te groter in vergrijzende landen, aangezien ouderen extra vatbaar zijn voor de gevolgen van fijnstof en ozon. Op de lange termijn zijn juist kinderen het meest kwetsbaar, doordat zij nog vele jaren vervuilde lucht voor de boeg hebben.

De Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) meent dan ook dat luchtvervuiling door fijnstof in de opkomende landen een groeiende risicofactor voor sterfte is, en van grotere invloed wordt op de gezondheid dan slecht sanitair, vervuild water, malaria en een slecht binnenklimaat.

03 WATER

Vanuit de ruimte gezien is de aarde een blauwe planeet. Dankzij een overvloed aan water is de aarde een planeet die bruist van het leven. Elk levend wezen heeft water nodig, soms heel weinig, soms meer, zo ook de mens. Het overgrote deel van het water op aarde is zout water in de oceanen en zeeën; nog geen 3 procent is zoet water. Voor het leven op aarde is het zoete water het meest kostbaar. Van het zoete water bevindt zich 99 procent in het ijs of grondwater; slechts 0,3 procent van het zoete water bevindt zich in de rivieren, meren of in de atmosfeer.

3.1 / VELE MALEN MEER DAN THUIS



Het menselijk lichaam bestaat voor meer dan de helft uit water. Om de vochtbalans op peil te houden, moet een volwassene dagelijks 2,5 liter water tot zich nemen in de vorm van eten en drinken. Daarnaast is er bijvoorbeeld water nodig voor het koken en voor hygiënische doeleinden.

Het watergebruik stijgt al met al ver uit boven de lichamenlijk noodzakelijke 2,5 liter: een Nederlander gebruikt gemiddeld 120 liter kraanwater per dag. Een jaar of twintig geleden was dat meer: 137 liter in 1995. De gestage daling sindsdien is te danken aan waterbesparende technieken voor bijvoorbeeld wasmachines en toiletspoeling. Daar staat tegenover dat er langer wordt gedoucht. Voor het gebruik van 120 liter schoon water betaalt de Nederlander 21 cent per dag.

Maar er is meer dan de dagelijkse 120 liter voor huishoudelijk gebruik. Door producten en voedsel te consumeren wordt er indirect water verbruikt dat nodig is voor de productie. Bij elkaar is dit nog eens 146 liter per persoon per dag voor producten die in Nederland worden geproduceerd. Ook komen er veel producten uit het buitenland. Met deze import wordt nog eens ruim 3000 liter water per persoon per dag indirect verbruikt, het grootste deel in de landbouw. Het betreft hier niet het totale watergebruik maar het water dat verdampft of wordt gebonden in producten. Verdamping hoeft geen probleem te zijn. Het water valt immers elders als neerslag weer op aarde en stroomt later wel weer terug. In gebieden waar water schaars is kan verdamping en export van water echter wel ernstige gevolgen hebben.

3.2 / DOORSTROOMLAND



Het zoetwateraanbod in Nederland is enorm. Het land beschikt over een ondergrondse voorraad van naar schatting 800 miljard kubieke meter en een oppervlaktewater voorraad van circa 12 miljard kubieke meter – vooral in het IJsselmeer en het Markermeer. Bovendien komt er jaarlijks 110 miljard kubieke meter zoet water het land binnen, bestaande uit

**HUISHOUDELIJK WATERGEBRUIK IN NEDERLAND
IN LITER PER PERSOON PER DAG**



**DAGELIJKSE TOTALE WATERCONSUMPTIE IN NEDERLAND
IN LITER PER PERSOON (GEMIDDELD OVER 1995-2005)**

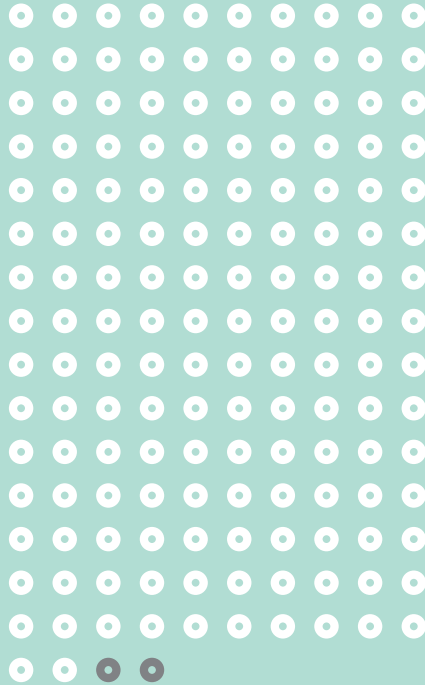
HUISHOUDELIJK WATERGEBRUIK 120



**NEDERLANDSE WATERCONSUMPTIE
VOOR LANDBOUW EN INDUSTRIE 146**



**NEDERLANDSE WATERCONSUMPTIE IN HET BUITENLAND
VOOR LANDBOUW EN INDUSTRIE 3092**



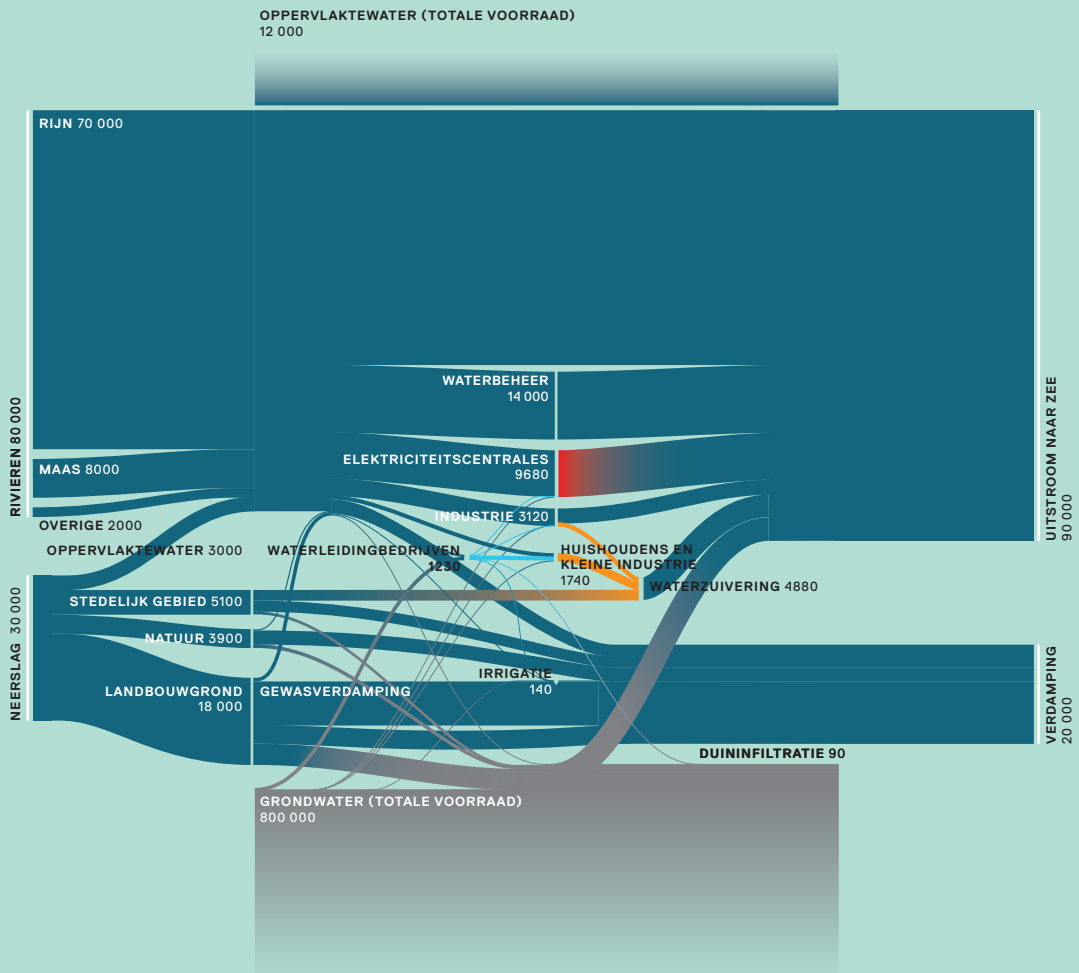
**HUISHOUDELIJK WATERGEBRUIK
EN INDIRECTE WATERCONSUMPTIE**

- HUISHOUDELIJK WATERGEBRUIK
- LANDBOUWPRODUCTIE
- INDUSTRIËLE PRODUCTIE

3.1 / VELE MALEN MEER DAN THUIS

Een Nederlander gebruikt 120 liter water per dag, om te drinken, te koken en te wassen. Voor de voedselproductie en voor industriële producten is veel meer water nodig, vooral voor geïmporteerde agrarische producten. In gebieden met waterschaarste kan dit voor problemen zorgen.

Bronnen: CBS/PBL & WUR, UNESCO-IHE



3.2 / DOORSTROOMLAND

Nederland beschikt over een enorme hoeveelheid zoet water, aan de oppervlakte en in de grond. Nederland maakt intensief gebruik van deze natuurlijke overvloed door middel van een verfijnd watersysteem dat vele doelen dient: landbouw, scheepvaart, industrie, drinkwater, energie, natuur. Deze 'watermachine Nederland' vergt een voortdurend onderhoud.

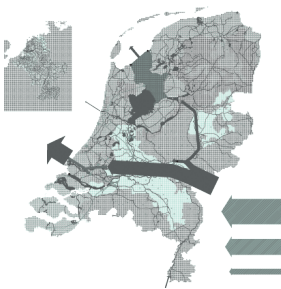
Bronnen: CBS, CBS/PBL & WUR, Deltares, STOWA, VEWIN

rivierwater en neerslag. Twee derde van deze watertoevoer komt via de Rijn Nederland binnen, een tiende via de Maas en de andere rivieren, en een kwart van het water is neerslag. Driekwart van dit water stroomt vroeg of laat in de zee.

Slechts een fractie van al het water in Nederland wordt gebruikt voor drinkwaterproductie, landbouw of voor de industrie. Van het schone drinkwater wordt 60 procent gewonnen uit grondwater en 40 procent uit oppervlaktewater. Het gebruikte water komt voor een groot deel via het riool en de waterzuivering terug in het oppervlaktewater.

Er is in Nederland dus genoeg water. Het natuurlijke watersysteem is hier aangepast om vele doelen te dienen, in de landbouw, de scheepvaart, de steden, de industrie, de energiehuishouding en de natuur. Om dat systeem draaiende te houden en schoon water te kunnen garanderen, eisen de waterstromen en -voorraden wel aandacht en onderhoud. Ook is het niet vanzelfsprekend dat de huidige aanvoer zo voorspelbaar en regelbaar blijft. Onder invloed van de klimaatverandering kan het Nederlandse zoetwateraanbod veranderen; zo kunnen de zomers droger en de winters natter worden; kan de wateraanvoer via de rivieren grilliger worden; en kan in de kustzone het zout vanuit de zee verder het grondwater en de rivieren indringen, door de stijging van de zeespiegel en de verminderde rivierstroom in de zomer. Deze gevolgen vragen om extra maatregelen.

3.3 / SLEUTELLEN AAN HET WATERNET



Nederland ligt in een delta van vier Europese rivieren; de Rijn, de Maas de Schelde en de Eems komen via Nederland uit in de Noordzee. Het stroomgebied van de rivieren beslaat een veelvoud van het oppervlak van Nederland. Het strekt zich uit door Duitsland en België tot in Frankrijk, Zwitserland en Oostenrijk. De ontwikkelingen in deze stroomgebieden bepalen mede de Nederlandse zoetwatervoorziening.

Voorals de Rijn vervult een sleutelrol in het verfijnde systeem van de waterhuishouding in Nederland. Van al het Rijnwater wordt 90 procent westwaarts via de Nieuwe

Waterweg naar zee gestuurd, en 10 procent noordwaarts via de IJssel en het IJsselmeer. De dosering wordt geregeld door het stuwenensemble Hagestein/Amerongen/Driel.

Het Rijnwater dient meerdere doelen tegelijk. Dankzij de grote doorvoer van Rijnwater via de Waal, de Nederrijn/Lek en Nieuwe Waterweg is de scheepvaart van en naar Rotterdam gegarandeerd van voldoende water. Ook wordt de stroom van de Rijn benut om de cruciale waterinlaatpunten voor de waterhuishouding van de Hollandse polders (langs de Hollandse IJssel bij Gouda en het Spui in de gemeente Bernisse) te beschermen tegen het zoute water dat vanaf de Noordzee het land binnendringt, de zogeheten zouttong. Grote delen van het westen en noorden van Nederland liggen beneden de zeespiegel en hebben geringe grondwatervoorraden aan zoet water. Dit 'laag Nederland' is daarom vrijwel volledig afhankelijk van de aanvoer van zoet water via de Rijn.

De 10 procent van het Rijnwater dat door de IJssel noordwaarts stroomt, heeft ook een belangrijke functie. Via het IJsselmeer voorziet de IJssel bijna heel Noord-Nederland van zoet water dat wordt gebruikt voor de landbouw, verziltingsbestrijding, doorspoelen van de regionale wateren en drinkwaterproductie. En overal in laag Nederland is het water nodig voor een goed peilbeheer van het grond- en oppervlaktewater, omdat een variërend waterpeil funderingen kan aantasten en niet gunstig is voor de scheepvaart en landbouwproductie.

Deze twee afvoerroutes van Rijnwater worden dus intensief benut. Het gevolg is dat er weinig rivierwater overblijft voor de zuidwestelijke Delta en het Haringvliet, waardoor de zouttong hier dreigt op te rukken in de richting van de Biesbosch. Om de verzilting tegen te gaan, zit er weinig anders op dan de Haringvlietssluis dicht te houden. Het gebied heeft daarvoor een ander karakter dan het gebied van de Oosterschelde, waar getijden en het (half)zoute water een grote rol spelen. De overvloed aan rivierwater is dus relatief; soms zijn er bij de verdeling van het rivierwater wel degelijk keuzes noodzakelijk met ingrijpende consequenties.

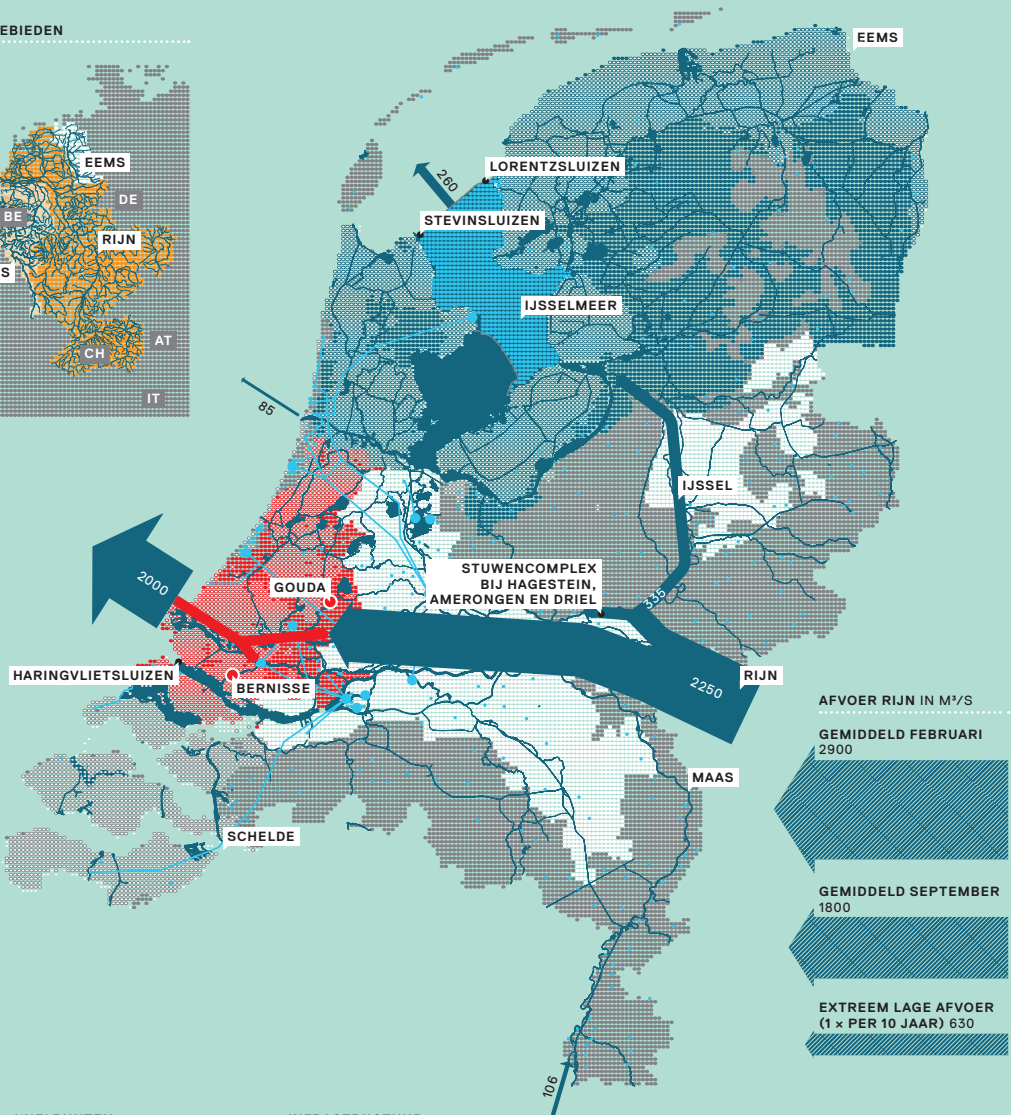
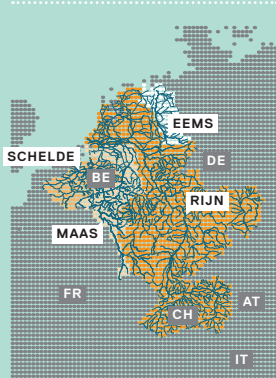
De Rijn is voor Nederland een betrouwbare waterbron. De Rijn is een gletsjerrivier, die voorspelbare schommelingen kent. In de lente en zomer smelt de gletsjer en is de

watertoevoer groter dan in de herfst en winter. Als gevolg van de klimaatverandering kan een gletsjerrivier echter geleidelijk veranderen in een regenrivier. Een regenrivier heeft een grilliger verloop met extremere pieken en dalen in de watertoevoer. Dat kan gevolgen hebben voor de scheepvaart, de landbouw, de energievoorziening (koelwater) en de waterveiligheid. Klimaatverandering en een toenemende grilligheid van de rivierafvoeren kan zo het verfijnde systeem van waterhuishouding verstoren dat de Nederlanders in de loop der eeuwen hebben ontwikkeld.

In het hogere deel van Nederland, het oosten en zuiden, spelen andere waterkwesties. Doordat het oppervlaktewater er schaars is, spelen grondwater en regenwater hier een belangrijke rol. Er moet zorgvuldig met het beschikbare grondwater worden omgesprongen om verdroging te voorkomen. Dat vereist een balans tussen de jaarlijkse aanvulling met regen en het jaarlijks verbruik door de landbouw, veeteelt, industrie en drinkwaterproductie. Aanvulling met water uit het Rijnsysteem zou een uitgebreid net van pijpleidingen vergen. Zolang dat er niet is, is efficiënt en zuinig watergebruik geboden.

In woongebieden wordt het regenwater voor een groot deel afgevoerd via het rioolstelsel. Het stelsel moet dan groot genoeg zijn om ook extreme neerslag aan te kunnen, en dus veel groter dan op de meeste dagen nodig is. Het rioolstelsel kan worden ontlast door (extreme) neerslag ook op andere manieren te verwerken, en vooral door het regenwater te laten infiltreren in de bodem. Dat kan in het landelijk gebied door tijdelijk de waterpeilen in sloten en kanalen te laten oplopen, en in het stedelijk gebied door de aanleg van halfverharde parkeerplaatsen en bestrating en het tegengaan van dichtbetegelde tuinen. Tijdelijke wateropslag is mogelijk op straat, op waterpleinen of in een parkeergarage, zoals de garage in het Rotterdamse Museumpark die een ondergronds bassin bevat voor 10.000 kubieke meter water.

STROOMGEBIEDEN



KNELPUNTEN

- ZOUTINDRINGING
- WATERSTROMEN IN EEN GEMIDDELD JAAR (1967) IN M³/S
- GEBIEDEN MET VERZILTINGSRISICO VIA INLAATPUNTEN
- GEBIEDEN MET VERZILTINGSRISICO VIA GRONDWATER
- WATERBUFFER IJSSELMEER OVERVRAAGD
- ONVOLDENDE RIVIERAANVOER
- GEEN WATERAANVOER UIT RIVIEREN

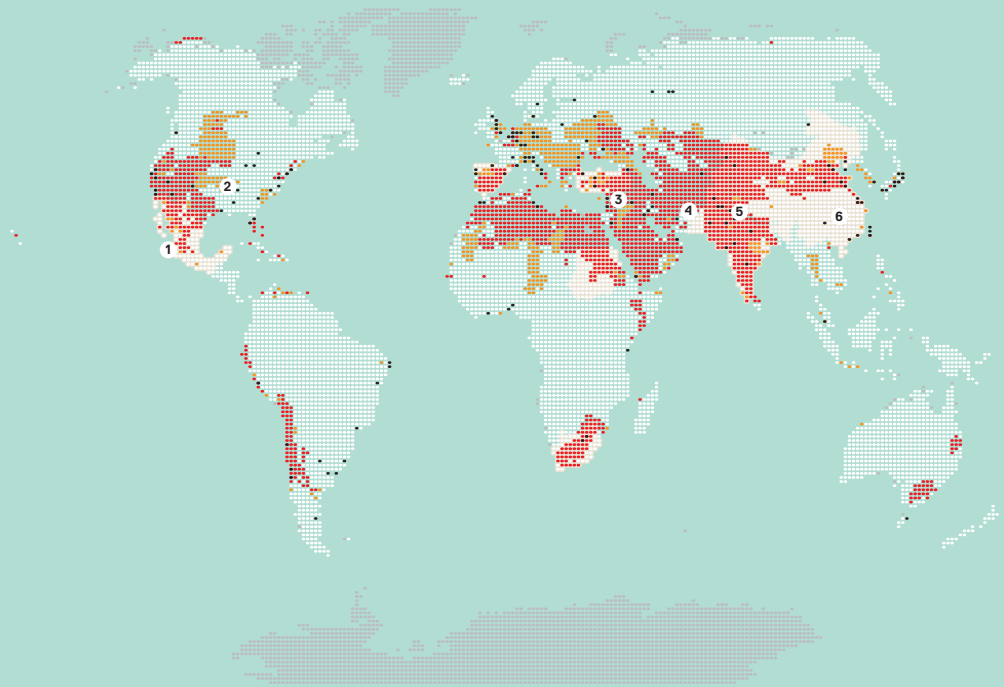
INFRASTRUCTUUR

- WATERWEGEN
- BELANGRIJKE PIJPLEIDINGEN VOOR WATERAANVOER
- WATERWINNING >50 MILJOEN M³/JAAR
- <50 MILJOEN M³/JAAR
- WATERRESERVOIR
- NATIONAAL SLEUTELPUNT
- INLAATPUNT

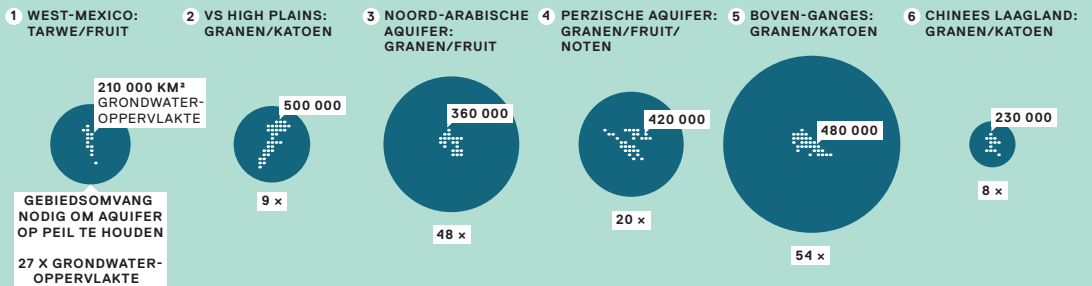
3.3 / SLEUTELN AAN HET WATERNET

De aanvoer van Rijnwater speelt een sleutelrol in het watersysteem van het westen en noorden van Nederland. Die aanvoer kan grilliger worden door de klimaatverandering, waardoor zout zeewater dieper het land kan binnendringen. Om dat tegen te gaan zijn ingrepen nodig langs de rivieren, en in het overgangsgedrag tussen zee en rivier.

Bronnen: Deltaprogramma, Eurostat, H+N+S Landschapsarchitecten, Ministerie van IenM, Noordhoff, PBL



GRONDWATERVOETPRINT IN RELATIE TOT AQUIFER, MET BELANGRIJKSTE GEWASSEN (2008)



HOTSPOTS EN STEDELIJK GEBIED

HOTSPOTS: LANDEN MET WATERSCHAARSTE EN EEN RELATIEF HOOG WATERGEBRUIK VOOR AGRARISCHE PRODUCTEN VOOR CONSUMPTIE IN NEDERLAND



• STEDELIJK GEBIED (2003)

WATERSCHAARSTE (1996–2005)

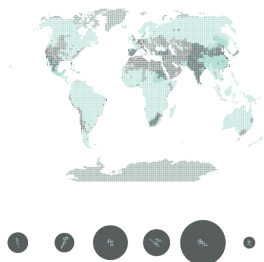
- WEINIG
- MIDDEL
- VEEL
- GEEN DATA

3.4 / DE SPOELING WORDT DUN

Op veel plaatsen ter wereld heerst waterschaarste. Die neemt nog verder toe door groei van de bevolking en welvaart, maar ook door landbouwproductie voor de export. Het grondwater raakt overvraagd en geleidelijk aan uitgeput. Deze waterproblemen leiden steeds vaker tot maatschappelijke en politieke spanningen.

Bronnen: Gleeson et al., Natural Earth data, PBL, Universiteit van Utrecht

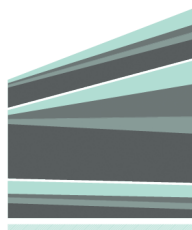
3.4 / DE SPOELING WORDT DUN



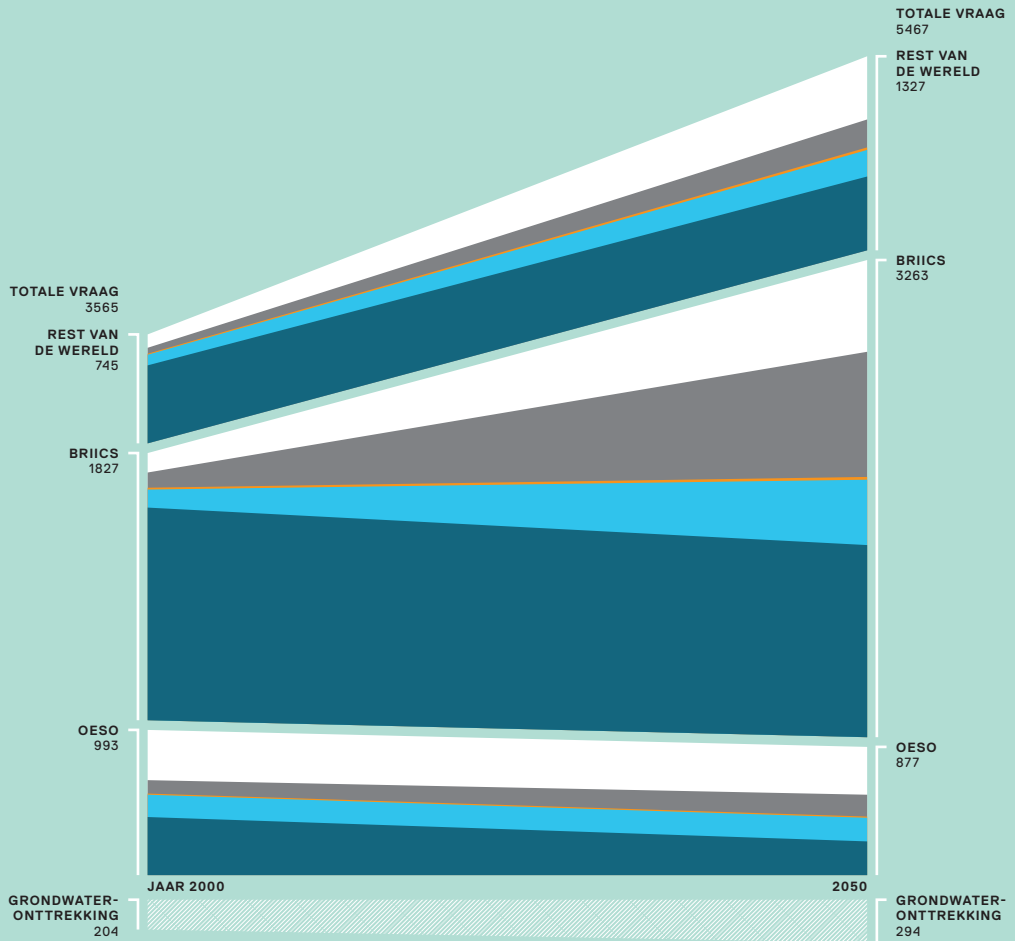
Nederland heeft voldoende water, een verfijnd netwerk dat vrijwel elk gebied van voldoende water en ieder adres van drinkwater voorziet, en een ander netwerk dat de afvoer van gebruikt of vuil water verzorgt. Deze situatie is wereldwijd gezien uitzonderlijk. In veel stroomgebieden heerst waterschaarste of raakt het water ernstig vervuild. Betrouwbaar drinkwater komt niet uit de kraan maar wordt in flessen in de supermarkt of in plastic zakjes langs de straat gekocht. Wassen en doorspoelen gebeurt met (soms veel) minder schoon water.

Door de verwachte groei van de wereldbevolking van 7,2 miljard mensen nu ruim 9 miljard in 2050, met daarbij waarschijnlijk een forse welvaartsgroei, neemt de druk op de watervoorziening toe. De voorraden dreigen uitgeput te raken, waardoor in een aantal dichtbevolkte stroomgebieden een daadwerkelijk tekort aan water kan ontstaan. Dat is niet alleen te merken aan het oppervlaktewater, maar ook aan de aquifers (ondergrondse waterbassins). Nu al wordt aan sommige aquifers tientallen keren zoveel water onttrokken als er op natuurlijke wijze wordt aangevuld. In gebieden waar water toch al beperkt beschikbaar is, zoals het Midden-Oosten en delen van Afrika, kan waterschaarste ook tot maatschappelijke en politieke spanningen leiden.

3.5 / DE BODEM IN ZICHT



Wereldwijd blijft het waterverbruik dus stijgen. De toename concentreert zich in de opkomende economieën, de zogeheten BRIICS-landen (Brazilië, Rusland, India, Indonesië, China, Zuid-Afrika). Opvallend is dat het waterverbruik door irrigatie overal ter wereld daalt. Dit komt voor een deel door een zuiniger watergebruik (precisielandbouw), maar ook doordat er minder water beschikbaar is; huishoudens en industrie eisen steeds meer water op. Op sommige plaatsen komt de bodem in zicht. Groeiende watertekorten kunnen negatieve gevolgen hebben voor de economische ontwikkeling, de landbouwproductie, de lokale bevolking en voor de natuur.



OESO- EN BRIICS-LANDEN (2012)

OESO → ORGANISATIE VOOR ECONOMISCHE SAMENWERKING EN ONTWIKKELING

BRIICS → BRAZILIË, RUSLAND, INDIA, INDONESIAÏ, CHINA, ZUID-AFRIKA



DOELEINDEN

- ELEKTRICITEIT
- INDUSTRIE
- VEETEELT
- HUISHOUDENS
- IRRIGATIE

3.5 / DE BODEM IN ZICHT

Wereldwijd blijft de waterconsumptie stijgen, vooral in de opkomende economieën, de BRIICS-landen. De waterconsumptie voor irrigatie daalt opmerkelijk genoeg: de voedselproductie verliest terrein aan huishoudens en industrie. Veel westerse bedrijven zijn actief in landen met een zorgwekkende watersituatie; zij kunnen met kennis en geld bijdragen aan verbetering van het waterbeheer.

Bronnen: OECD, Wada et al.

Nederlandse (en andere westerse) bedrijven hebben direct en indirect invloed op de watersituatie elders ter wereld. Sommige bedrijven hebben er vestigingen, andere doen zaken met lokale producenten. Water wordt gebruikt voor de irrigatie van land- en tuinbouw, als grondstof voor dranken, voedsel en andere producten, en op zeer grote schaal in tal van industriële processen. Zo behoort de textielindustrie tot de grootste waterverbruikers en watervervuilers ter wereld. Het leef- en consumptiepatroon in Nederland en andere welvarende landen heeft dus invloed op de watervoorraden elders ter wereld. Voor de productie van allerlei goederen doen de landbouw en industrie een zwaar beroep op de beperkte lokale watervoorraden. Dat geldt bijvoorbeeld voor katoenplantages in Turkije en voor fruitteelt in Spanje en Zuid-Afrika.

Westerse bedrijven kunnen een positieve invloed doen gelden; de waterproblematiek leent zich voor maatschappelijk verantwoord ondernemen op wereldschaal. Ook kunnen bedrijven met geld en kennis bijdragen aan het verbeteren van de waterinfrastructuur en het waterbeheer. Bovendien kunnen consumenten hun invloed aanwenden door duurzaam geproduceerde kleding en voedsel te kopen.

04 VOEDSEL

Zonder voedsel geen leven. Voedsel is de energiebron voor alle lichaamsprocessen en de leverancier van vitamines en mineralen. Per dag heeft een volwassene 2000 tot 2500 kilocalorieën aan voedingsenergie nodig; dat is evenveel energie als er in ruim een kwart liter benzine zit.

Maar voedsel is meer dan alleen een bron van functionele voedingsstoffen. Eten is een sociaal fenomeen. Het biedt genot en troost, het verbindt mensen en het onderscheidt mensen van elkaar. De filosoof Ludwig Feuerbach zat er niet ver naast toen hij schreef: 'Der Mensch ist, was er ißt'. Je bent wat je eet.

4.1 / WAT TER TAFEL KOMT



Wat zet de Nederlander op tafel? Zuivel-, graan- en aardappelproducten, groente en vlees vormen de hoofdbestanddelen voor een steeds gevarieerder menu. In totaal haalt een Nederlands huishouden per jaar 1350 kilogram voedsel in huis; circa 800 kilogram om te eten en bijna 550 kilogram om te drinken. Voedsel kost een huishouden gemiddeld 5000 euro per jaar. Voor een huishouden met een modaal inkomen is dit circa 15 procent van het besteedbaar inkomen. In welvarende landen als Nederland is er tegenwoordig een overdaad aan voedsel. Nederlanders eten naar schatting 10 procent meer dan wat ze nodig hebben om aan de vereiste calorieën te komen.

Achter het bord eten dat op tafel staat, gaat een hele wereld schuil. De productie vereist grote hoeveelheden land, water, meststoffen en energie. Om een Nederlands huishouden het hele jaar van voedsel te voorzien, is ruim 8800 vierkante meter land nodig voor land- en tuinbouw, veeteelt en veevoederverbouw. Dat betekent een voedselvoetafdruk of 'foodprint' van driekwart voetbalveld per persoon. Om in de groeiende vraag naar voedsel te voorzien, worden jaarlijks grote oppervlakten aan natuur omgezet in hoogproductieve landbouwgrond. Zestig procent van het mondiale biodiversiteitsverlies is dan ook veroorzaakt door de landbouw.

De voedselproductie vereist niet alleen veel land, maar ook ruim 200.000 liter irrigatiewater per huishouden per jaar. Dat waterverbruik hoeft geen probleem te zijn, maar is het wel als de voedselproductie plaatsvindt in een gebied waar water schaars is.

Voor de teelt van voedselgewassen zijn daarnaast meststoffen als stikstof en fosfor nodig. En dieren en planten krijgen antibiotica en bestrijdingsmiddelen toegediend om ziekten te bestrijden. Per huishouden gaat het onder meer om 67 kilo stikstof en 13 gram antibiotica, wat er op neerkomt dat dieren in de intensieve veehouderij 4 tot 5 maal zoveel doseringen van antibiotica krijgen toegediend als een gemiddelde Nederlander.

Ontwatering, vervuiling van water en bodem door overmatig gebruik van meststoffen en verspreiding van che-

micaliën, hebben grote gevolgen voor ecosystemen en biodiversiteit. Daarnaast heeft de intensieve veeteelt consequenties voor de volksgezondheid; door overdadig gebruik van antibiotica kunnen bacteriën antibioticaresistent worden. Ook kunnen mensen besmet raken met infectieziekten van dieren zoals de Q-koorts. Tot slot kost iedere stap in de productieketen energie, die grotendeels door fossiele brandstoffen wordt geleverd. Het totale energieverbruik bedraagt 35 à 40 gigajoule per huishouden per jaar. Voor iedere calorie die een mens aan voedselenergie binnenkrijgt is zeker vijf keer zoveel fossiele energie nodig geweest om het voedsel te verbouwen, te verwerken, te verpakken, te koelen en te transporteren.

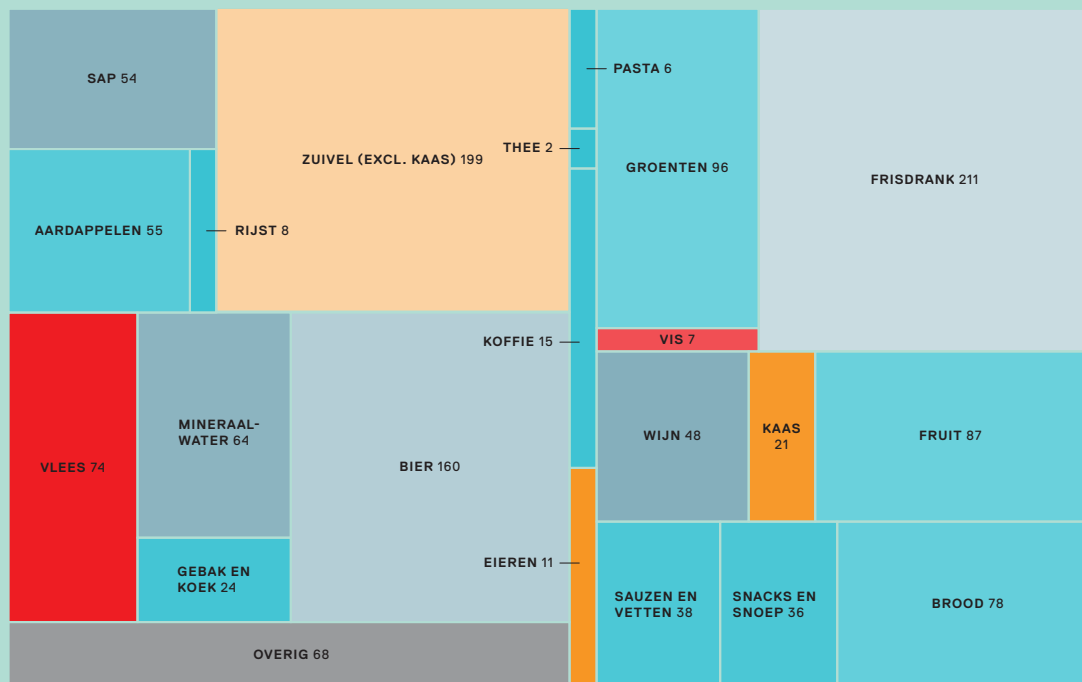
De productie van voedsel is verantwoordelijk voor 15 tot 20 procent van de wereldwijde broeikasgasuitstoot. Naast CO₂ komen in de voedselproductie (bijvoorbeeld bij veeteelt en rijstbouw) de zeer krachtige broeikasgassen methaan en lachgas vrij. De voedselproductie gaat al met al gepaard met de uitstoot van ruim 6400 kilo broeikasgassen per huishouden per jaar, oftewel 18 kilo per dag.

4.2 / DE WEGENKAART VAN HET VOEDSEL



In de supermarkt is de hele wereld vertegenwoordigd. Pizza's, curry's en burrito's zijn alledaagse gerechten geworden. Ook de ingrediënten komen vanuit de hele wereld. De voedselindustrie kent een geavanceerde logistiek en een wegenkaart die zich over alle continenten uitstrekt. In een product als hazelnootpasta van Nutella zitten hazelnoten uit Turkije, palmolie uit Maleisië, cacao uit Nigeria, suiker uit Brazilië en Europa en vanille uit China; alleen de melk wordt lokaal toegevoegd. Ook de verpakking van glas, plastic en papier heeft een lange weg afgelegd.

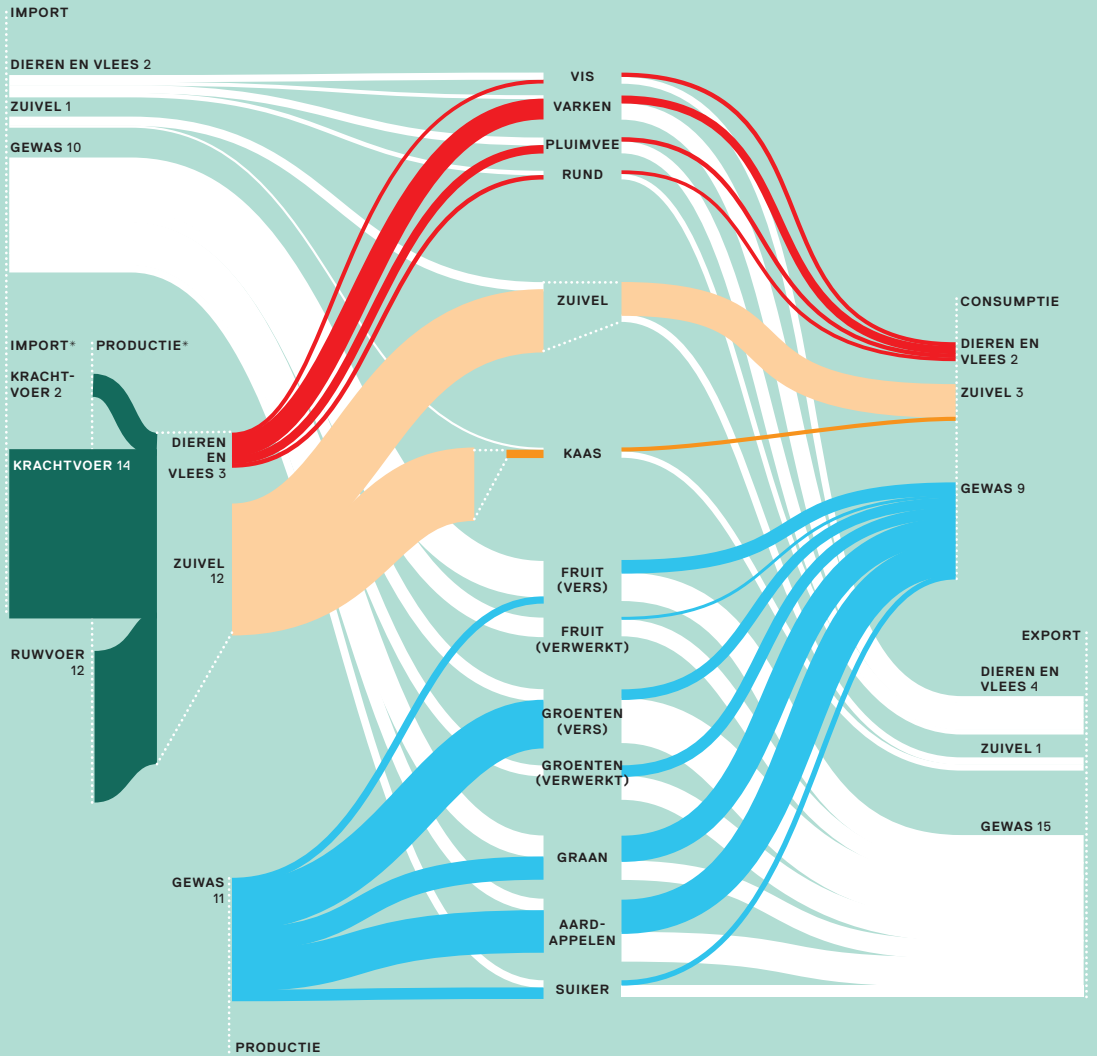
Nederland heeft een bijzondere plaats in dit wereldwijde stromenlandschap van voedsel. Het is vanouds een handels- en doorvoerland. In geld gemeten is Nederland zelfs de op één na grootste exporteur van voedsel- en landbouwproducten ter wereld, na de Verenigde Staten.



4.1 / WAT TER TAFEL KOMT

Een Nederlands huishouden haalt per jaar ruim 1350 kilo voedsel in huis. Voor de productie hiervan is bijna een hectare landbouwgrond nodig, plus aanzienlijke hoeveelheden water, energie, meststoffen, bestrijdingsmiddelen en antibiotica. Een onzichtbaar bijproduct van deze welvoorzien dis is de uitstoot van broeikasgassen: 18 kilo per dag, dus ruim 6400 kilo per jaar.

Bronnen: GfK, RIVM en Milieucentraal, PBL, UNESCO-IHE – alle bewerkt door PBL



*DROGE STOF

4.2 / DE WEGENKAART VAN HET VOEDSEL

De voedselvoorziening is een wereldwijde markt, waar producten en ingrediënten grote afstanden afleggen. Nederland heeft een bijzondere plaats in het mondiale voedselnetwerk. Het is een hightech agrarische grootmacht, die maximaal gebruik maakt van de gunstige landbouwomstandigheden en van de strategische positie als handels- en doorvoerland.

Bronnen: CBS, LEI, PDV, PZ
- alle bewerkt door PBL

Het succes van de Nederlandse ‘agri & food’-sector heeft globaal drie oorzaken. Ten eerste maken de vruchtbare bodem en het gunstige klimaat een hoge productie mogelijk. Daarnaast is de Nederlandse land- en tuinbouw kennisintensief (scholing, onderzoek en innovatie) en kapitaalintensief (grote investeringen). Ook daardoor zijn de opbrengsten per hectare hoog, met producten als zaaigoed, bloembollen en bloemen, en heeft de sector een hoge toegevoegde waarde. Tot slot maakt de Nederlandse voedingssector gebruik van de strategische positie in het internationale handelsnetwerk. Schiphol en de Rotterdamse en Amsterdamse havens zijn tegenwoordig knooppunten in de wereldwijde logistiek van gewassen en dierlijke producten, halfproducten en eindproducten. Dat maakt het aantrekkelijk om in Nederland grondstoffen te importeren, te verwerken en daarna als hoogwaardiger product te verhandelen.

De Nederlandse landbouw kan voor veel alledaagse producten ruimschoots voorzien in de binnenlandse behoefte. Dat geldt voor varkensvlees, zuivel, aardappelen, groente en suiker. Fruit is een van de uitzonderingen; dat wordt in grote hoeveelheden ingevoerd.

4.3 / BOEREN MAKEN HET LANDSCHAP



Agrarische ontwikkelingen zijn al eeuwenlang bepalend voor het Nederlandse landschap. Intensivering, mechanisering, schaalvergroting en industrialisering van de landbouw hebben de afgelopen eeuw het landschap veranderd. Het oppervlak aan agrarisch gebied is in de afgelopen eeuw gegroeid door ontginningen en inpolderingen en gekrompen door verstedelijking. Het beslaat nu iets meer dan de helft van Nederland.

Landbouw was tot ver in de 19e eeuw sterk gebonden aan de vruchtbaarheid van de bodem: in de Zeeuwse klei groeiden aardappels en ui, in het rivierenland groeide fruit, en op schrale zandgronden liep vee. De internationale landbouwcrisis van 1880–1895 leidde tot een ingrijpende heroriëntatie.

De overheid bevorderde voortaan kennisverwerving, intensivering, innovatie (kunstmest, kassen) en export. Vóór de Tweede Wereldoorlog was de Nederlandse landbouw al een van de intensiefste ter wereld.

Na 1945 is deze koers versterkt doorgezet. Het landschap veranderde; kavels werden samengevoegd, waterpeilen verlaagd, kleinschalige elementen zoals houtwallen verwijderd. De rationalisatie nam ook de vorm aan van sterkere specialisatie per regio: zuivel in Friesland, Gelderland en het Groene Hart; kippen in de Gelderse Vallei; varkens in Noord-Limburg en Noordoost-Brabant; hoogwaardige gewassen voor de export, zoals bloemen en kasgroenten, in het westen, in de buurt van Schiphol en Rotterdam.

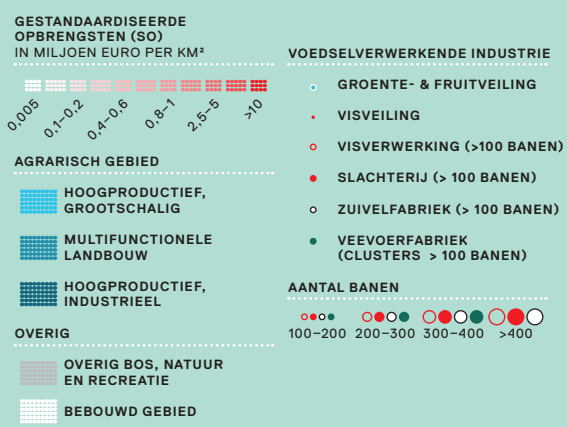
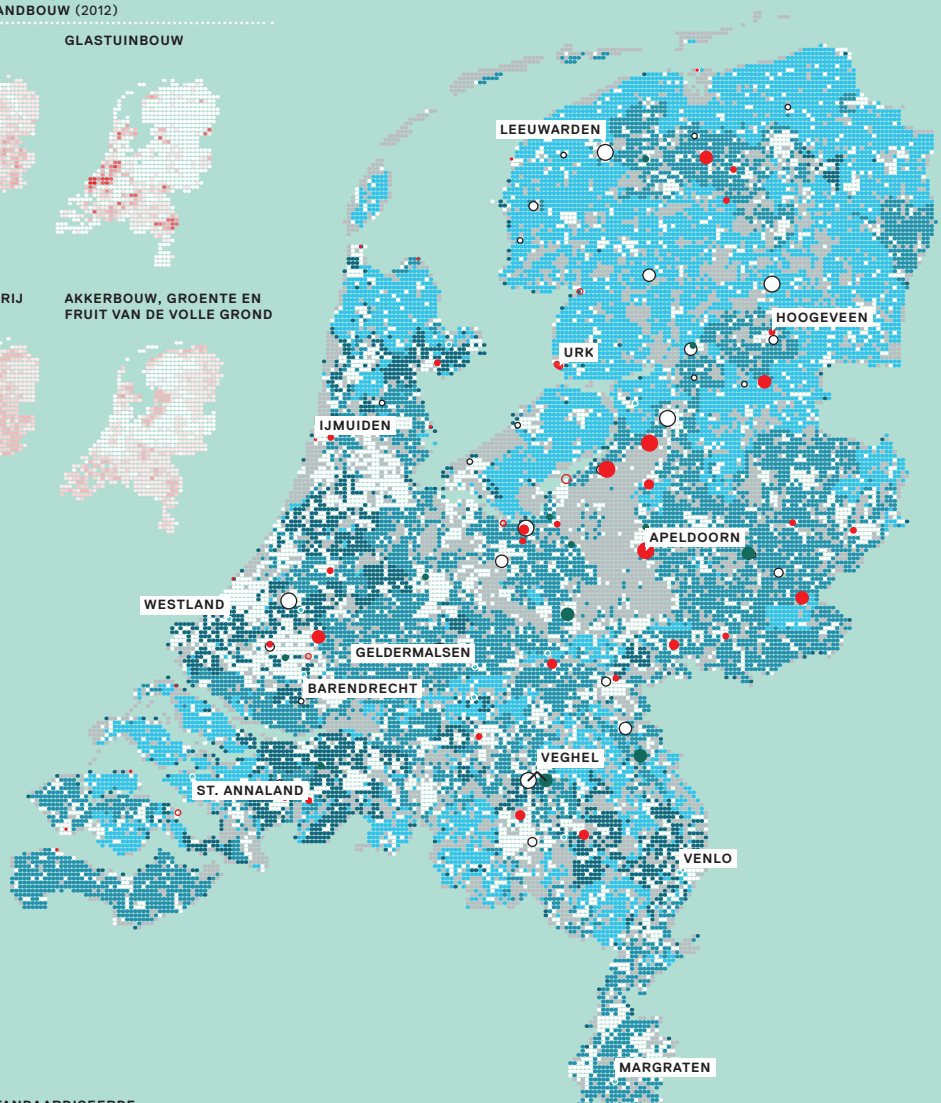
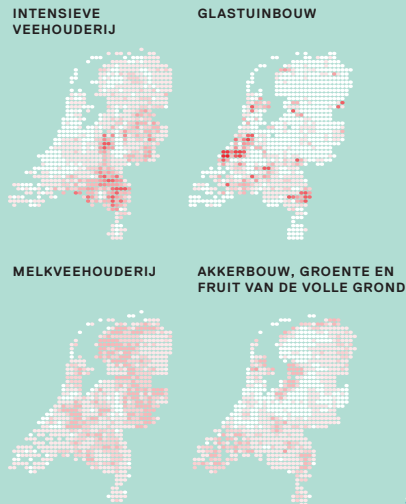
De opkomst van de intensieve veehouderij in Nederland is gestimuleerd door de nabijheid van de Rotterdamse haven die goedkope invoer van veevoer mogelijk maakte. Distributie vond plaats via het netwerk van kanalen die al waren aangelegd voor onder andere het transport van turf. Langs deze routes vestigden zich veevoerbedrijven.

Het landschap blijft onderhevig aan veranderingen. In de 21e eeuw ontdekken stedelingen het platteland als plaats om te wonen en te recreëren, en zoeken daarbij het gewenste (pittoreske) landschap. Er is een Nederlandse culinaire cultuur ontstaan met oog voor voedselkwaliteit, ambachtelijkheid en streekgebondenheid. Boeren spelen hier op in met nieuwe streekproducten (Beemsterkaas, Mariënwaerdt). Ook natuurontwikkeling, agrarisch natuurbeheer en de opkomst van nieuwe vormen van ‘gemengd bedrijf’ zoals kampeer- en zorgboerderijen, beïnvloeden het landschap. Terwijl de landschappelijke variatie in de naoorlogse jaren van rationalisatie verminderde, is er in de 21e eeuw een nieuwe vorm van verscheidenheid aan het ontstaan.

4.4 / GROND VOOR MILJARDEN

Om 7,2 miljard mensen te voeden is nu wereldwijd een oppervlak in gebruik van 38 miljoen vierkante kilometer landbouwgrond. Als de wereldbevolking groeit tot ruim

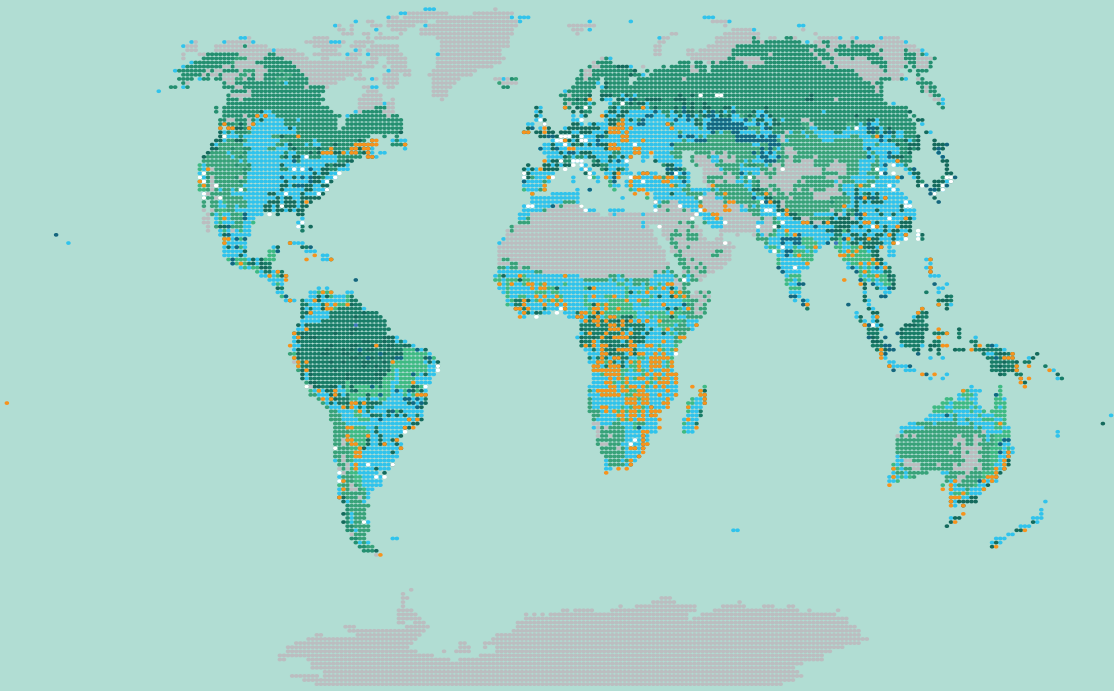
RUIMTELIJKE VERDELING VAN DE NEDERLANDSE LANDBOUW (2012)



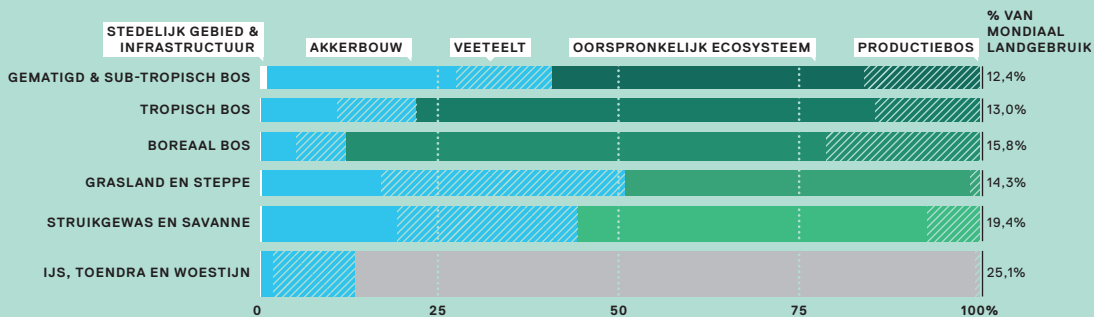
4.3 / BOEREN MAKEN HET LANDSCHAP

Agrarische activiteiten trekken hun sporen in het Nederlandse landschap. Tegenwoordig vormen ze een hoogmodern productielandschap met internationaal opererende regionale clusters voor bijvoorbeeld kassenteelt en varkenshouderij. De hernieuwde belangstelling van burgers voor voedselkwaliteit, natuur en landschap vormt een tegenwicht voor deze rationalisatie.

Bronnen: Alterra, CBS – bewerking LEI, LEI, LISA – alle bewerkt door PBL



MONDIAAL LANDGEBRUIK PER ECOSYSTEEM (2010)



LANDBOUWGROND



LANDGEBRUIK



4.4 / GROND VOOR MILJARDEN

Wereldwijd is nu 38 miljoen vierkante kilometer landbouwgrond in gebruik. Om de groeiende wereldbevolking te voeden moeten er tot 2050 minstens vier miljoen bijkomen. Deze uitbreiding zal grotendeels optreden in gebieden waar nu nog een relatief grote planten- en dierenrijkdom is, zoals in (sub)tropische bossen en op savannes.

Bronnen: FAO – bewerking PBL, PBL



9 miljard in 2050 zal dat moeten toenemen tot ruim 42 miljoen vierkante kilometer; een toename van 4 miljoen, dat is een gebied met een oppervlakte van circa 120 maal dat van Nederland. Om de honger in de wereld uit te bannen is zelfs nog meer nodig. De vraag is waar deze extra miljoenen vierkante kilometers aan landbouwgrond vandaan kunnen komen en wat daarvan de gevolgen zullen zijn voor de biodiversiteit en de broeikasgasemissies.

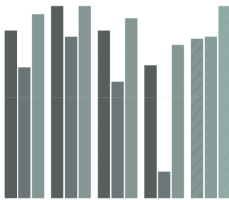
Grote delen van de aarde zijn niet of nauwelijks geschikt voor landbouw of veeteelt doordat het er te koud, te heet, te droog of te bergachtig is. De meest geschikte gebieden, waaronder deltagebieden zoals in Nederland, zijn al in gebruik. Uitbreiding van het landbouwareaal ligt voor de hand op plaatsen waar nu ook al iets groeit: door het kappen van bos. In het verleden is al ruim 40 procent van het oorspronkelijke bosoppervlak omgezet in landbouwgrond.

Naar schatting resteert momenteel nog 37 miljoen vierkante kilometer bos. Ongeveer een derde hiervan, circa 12 miljoen vierkante kilometer bestaat uit productiebossen en plantages en levert dus onder andere hout en palmolie. Daarnaast geldt dat de bosgebieden die het meest geschikt zijn voor landbouw, juist de gebieden zijn met een hoge biodiversiteit. Het gaat om (sub)tropisch regenwoud, savannen en de overgangsgebieden met struikgewas. Tegenover de winst aan landbouwgrond, en aan voedsel voor de groeiende bevolking, staat vooral hier dus het verlies aan ecosystemen en biodiversiteit.

De groeiende voedselproductie vergt niet alleen extra grond. Ook van de andere productiefactoren, zoals water, energie, mest en bestrijdingsmiddelen, is er meer nodig dan nu. De uitstoot van broeikasgassen groeit navenant meer omdat bij het ontginnen van bossen en moerassen broeikasgassen vrijkomen. Ook de 'vermesting' van het oppervlaktewater neemt toe. Jaarlijks wordt er 47 miljoen ton stikstof en 6,5 miljoen ton fosfor geloosd (2010), waarvan 80 procent afkomstig is uit de landbouw en 20 procent uit het huishoudelijk afvalwater. Het natuurlijk evenwicht van het water raakt erdoor verstoord; ze leiden tot schadelijke algengroei en 'zuurstofloos' water. Het water kan gezuiverd worden, maar veel landen beschikken niet over de benodigde installaties.

De vraag naar landbouwgrond kan nog groter uitvallen als steeds meer mensen zich een ‘westers’ welvarend eiwitrijk dieet veroorloven. Maar de vraag kan ook kleiner uitvallen als het lukt om de landbouw op grote schaal te intensiveren. Tot nog toe is er echter nog geen grootschalig toepasbare vorm van landbouw die het mogelijk maakt om wereldwijd meer voedsel te verbouwen, zonder meer grond, fossiele energie en andere hulpbronnen te gebruiken.

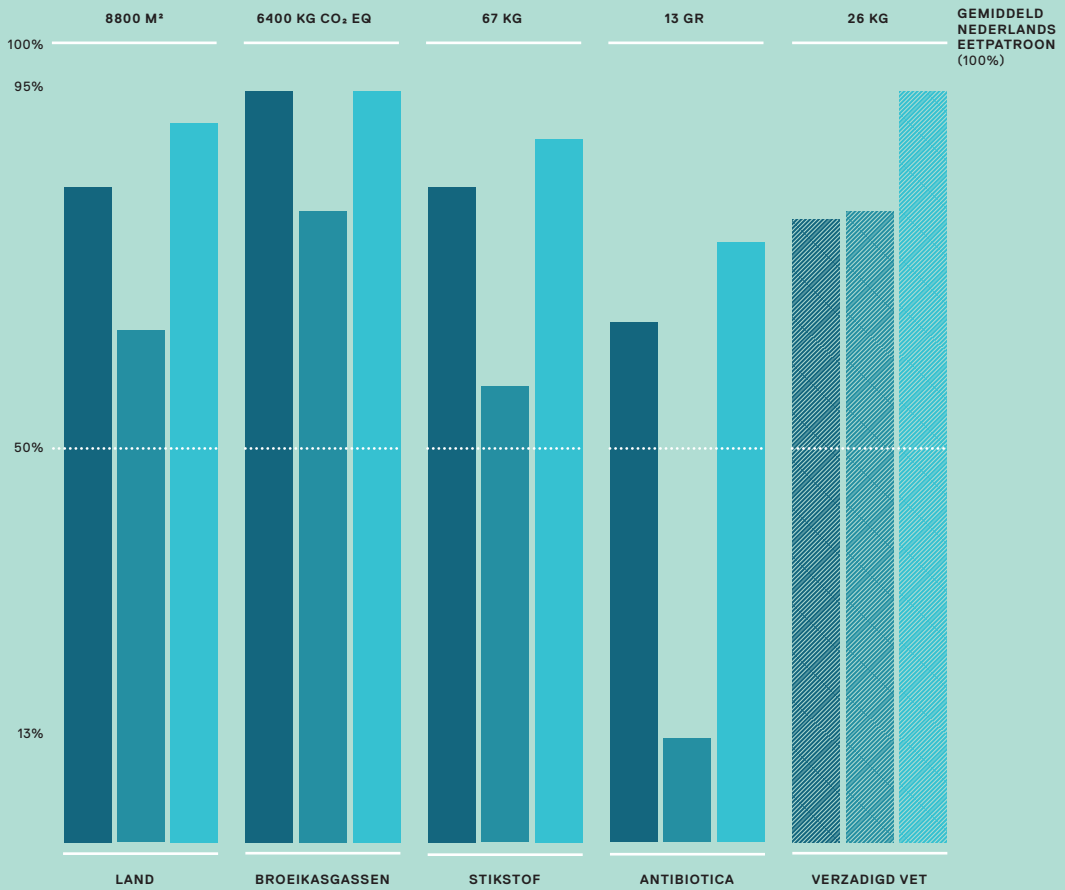
4.5 / DE MACHT VAN HET MENU



De voedselproductie is een aanslag op de aarde. Het is dan ook nodig de voedselvoorziening te verduurzamen. De consument kan zelf via het menu de ‘foodprint’ beïnvloeden, door simpelweg gezond te eten; de Nederlander eet ruim 20 procent meer verzadigd vet dan goed voor hem is. Een menu met een gezonde hoeveelheid verzadigd vet heeft een 18 procent kleinere voetafdruk en leidt tot 6 procent minder broeikasgasemissies. Dit komt deels doordat dit menu minder vlees bevat. Voor één kilo varkensvlees is ruim 5 kilo plantaardig voedsel nodig, voor kippenvlees is dat 3 kilo en voor rundvlees 15 kilo.

Een vegetarisch menu met zuivel als vleesvervanger maakt een 36 procent kleinere aanspraak op de beschikbare grond en leidt tot 21 procent minder broeikasgasemissies dan een vleesmenu. Dat vegetarische menu leidt daarnaast tot een antibioticagebruik dat maar 13 procent is van een gemiddeld menu. Een zuiver plantaardig vegetarisch menu is nog beter voor het milieu, maar ook een deels vegetarisch menu – een zogenaamd flexitarisch menu – legt al minder beslag op de aarde.

Het is overigens niet altijd gemakkelijk om vast te stellen wat het beste is. Is biologisch voedsel beter of slechter voor het milieu dan regulier voedsel? Biologisch lijkt beter, want bij biologische teelt zijn geen chemische bestrijdingsmiddelen, kunstmest en preventieve antibiotica nodig en er wordt minder energie gebruikt. Maar biologische landbouw is minder productief: per hectare 20 procent minder opbrengst



EETPATOON

- GEZOND (VOLGENS RICHTLIJNEN VAN HET VOEDINGSCENTRUM)
- VEGETARISCH (GEEN VLEES EN VIS)
- FLEXITARISCH (TWEË KEER PER WEEK VEGETARISCH)

4.5 / DE MACHT VAN HET MENU

De 'voetafdruk' van het Nederlandse menu kan kleiner worden wanneer meer mensen gezond gaan eten. Nederlanders eten onder andere meer vlees dan gezond is. Eén kilo varkensvlees kost ruim 5 kilo plantaardig voedsel; het kweken daarvan vergt 8–15 vierkante meter grond. Een meer plantaardig menu scheelt daarnaast in het gebruik van meststoffen, antibiotica en de uitstoot van broeikasgassen.

Bron: PBL

dan bij reguliere teelt. Om de wereld biologisch te voeden is dus meer land nodig, wat juist niet duurzaam is.

Wat de voetafdruk zeker kan verkleinen, is een efficiënte voedselconsumptie. Met andere woorden: het terugdringen van verspilling. Een Nederlands huishouden gooit per jaar 105 kilo voedsel weg, bijna 15 procent van de boodschappentas, met een waarde van 340 euro. Ook in het bedrijfsleven (voedselindustrie, winkels, horeca) wordt voedsel verspild. De totale hoeveelheid verspild voedsel in Nederland ligt tussen 1,4 en 2,5 miljoen ton per jaar.

Deze Nederlandse cijfers zijn nog relatief gunstig. Dankzij de goede voedsellogistiek bederft er in dit land weinig voedsel onderweg 'tussen bodem en bord'. Op wereldschaal is het verlies veel dramatischer. Elk jaar gaat er 1,3 miljard ton voedsel verloren, ruim een derde van de mondiale voedselproductie.

05 BIOTA

De natuur is van levensbelang voor de mens, en ook voor de stedelijke gemeenschap. De mens kan niet zonder; direct of indirect worden alle menselijke activiteiten mogelijk gemaakt door onderliggende natuurlijke processen.

In het dagelijks taalgebruik kan 'natuur' veel verschillende dingen betekenen. Voor de een mag alleen ongerepte wildernis natuur heten, terwijl anderen over natuur spreken als ze een weiland zien, of een paardenbloem tussen stoeptegels in de stad. Sommigen houden een strikte scheiding aan tussen mens en natuur, terwijl anderen betogen dat ook het menselijk gedrag natuurlijk is bepaald.

Hier is gekozen voor een invalshoek die vooral kijkt naar het nut van de natuur voor de mens. Geïnspireerd door de diensteneconomie wordt de natuur dan beschouwd als een dienstverlenend bedrijf met een groot assortiment aan goederen en diensten waarvan de mens gebruik maakt. Het is een uitnodiging om het natuurlijke te herkennen dat vlak onder de oppervlakte van het dagelijks bestaan ligt. Deze natuurdiensten vinden, net als veel andere stromen, plaats op diverse schalen, inclusief de mondiale schaal.

5.1 / HET NUT VAN DE NATUUR



Inwoners van Nederland profiteren van goederen en diensten uit ecosystemen dicht bij huis maar ook van ver weg. Enkele voorbeelden. De Nederlandse natuur levert 8 procent van het in Nederland gebruikte hout, en de rest komt uit de natuur elders ter wereld. De bescherming tegen overstromingen door de zee of rivieren is in Nederland voor een vijfde deel natuurlijk, de rest wordt beschermd door technische alternatieven zoals dijken en kunstwerken. De natuur vervult een belangrijke rol in de productie van zuiver drinkwater. Het landschap biedt, in verschillende gradaties van natuurlijkheid, een aangenaam decor voor fietstochten en andere recreatieactiviteiten en draagt daarmee bij aan menselijke gezondheid en welbevinden.

De natuur levert voedsel, hout en biomassa. De natuur kan erosie van de bodem tegengaan en daarmee de bodemvruchtbaarheid in stand houden, de bestuiving van gewassen en wilde planten verzorgen, plagen en ziektes in de landbouw onderdrukken, water zuiveren, het achterland voor overstromingen behoeden, en bijdragen aan het geestelijk welzijn met recreatiemogelijkheden, culturele en spirituele inspiratie en diversiteit.

Vaak is er een nauwe samenwerking tussen natuur en mens, bijvoorbeeld in de voedselproductie. Maar er zijn ook diensten, zoals de bestuiving van planten door wilde bijen, waar de mens vrijwel volledig van de natuur afhankelijk is. Hoewel deze bijen op hun beurt voor hun leef- en werkcondities weer mede afhankelijk zijn van mensen.

5.2 / DE MENS MAAKT NEDERLAND



Nederland is een aangeharkt land. Het is al eeuwenlang 'gerept' door de mens. De wildernis is in cultuur gebracht, oerbossen zijn gekapt, zompig veen en karig zand zijn veranderd in akkers en weiden, zee werd land, de waterstanden worden kunstmatig geregeld en het land is volgetekend met wegen, kanalen, sporen, nederzettingen, havens en luchthavens. Iedere vierkante meter is dik belegd met beleid.

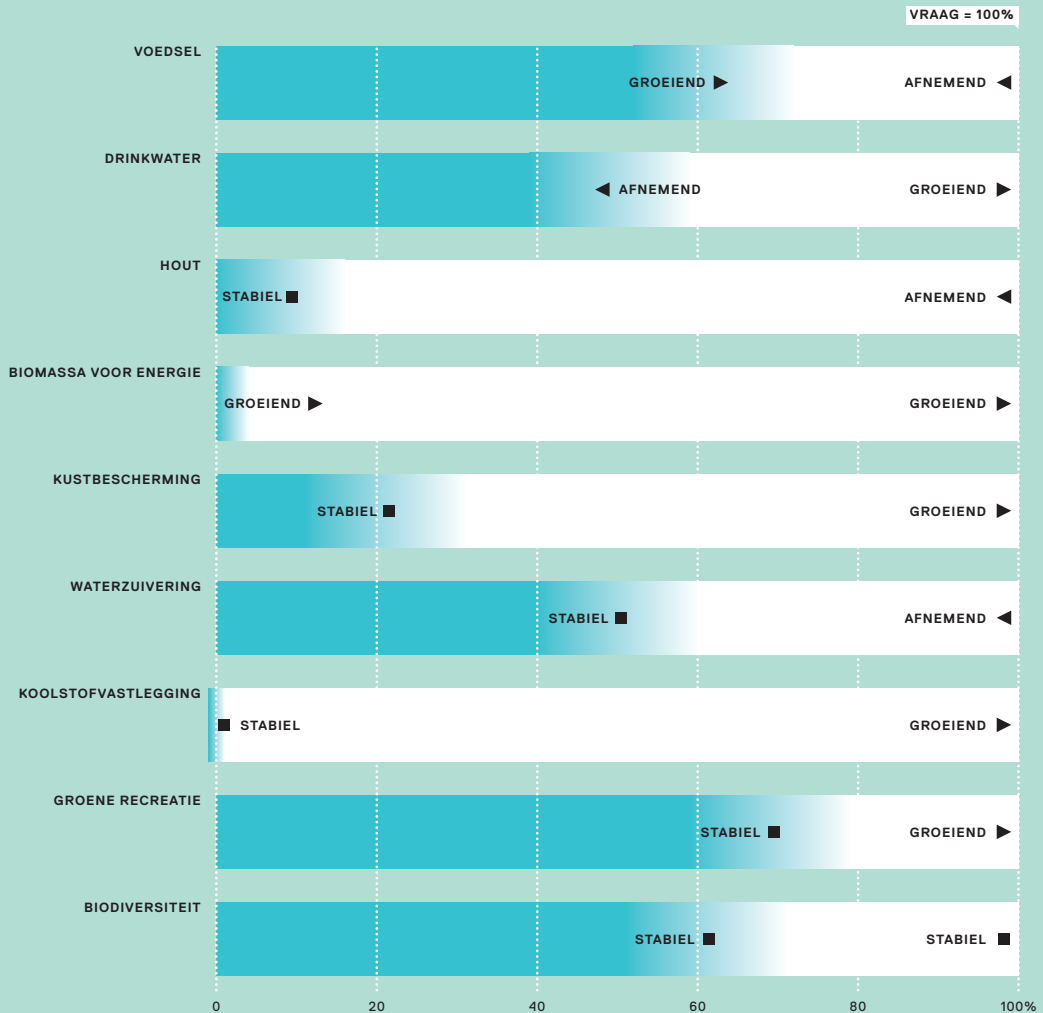
Ook de zee wordt intensief gebruikt. Door scheepvaart, visserij, zand-, olie- en gaswinning en recreatie, en ook steeds meer voor de opwekking van (wind)energie, algenteelt en viskweek, en in de toekomst waarschijnlijk voor CO₂-opslag in oude gasvelden.

Toch behoudt ook het kunstmatige Nederland een natuurlijke component. Dat begint met de onveranderlijke ligging in een rivierdelta vlak boven of onder zeeniveau en daarmee de bepalende invloed van water. Het geldt ook voor de flora en fauna. Voor planten en dieren betekenen menselijke ingrepen dat hun leefomstandigheden wijzigen. Als het even kan en de veranderingen niet te snel gaan beweegt de natuur mee. De mens is slechts één van de oorzaken die het landschap voortdurend veranderen, al is zijn invloed wel spectaculair toegenomen.

De menselijke honger naar land en energie veranderde de uitgestrekte venen in een boomloos landschap van weiden en sloten, dat nieuwe diersoorten aantrok. Ook de komst van kunstmest heeft het landschap ingrijpend beïnvloed, bijvoorbeeld doordat schaapskudden op de heide overbodig werden om de akkers op de van nature arme zandgronden te bemesten. De heide maakte plaats voor productiebos, waar de grove den stouthout voor de mijnbouw leverde. Grutto's en Kievieten waren in het natuurlijke Nederland schaars, maar konden juist gedijen in het extensief beheerde landbouwgebied. Duiven en reigers hebben zich aangepast aan stedelijke omstandigheden.

'Woeste gronden' werden in cultuur gebracht om de welvaart te vergroten en monden te voeden. Naarmate Nederland rijker werd, nam de waardering voor de natuur en de bezorgdheid over haar teloorgang toe. Natuurbescherming deed haar intrede, uit moreel besef maar ook uit eigenbelang. Een stap verder is natuurontwikkeling: als de mens de juiste omstandigheden biedt, kan er opnieuw natuur ontstaan. De Oostvaardersplassen is er het bekendste voorbeeld van, een door de mens teweeggebracht moeras op de locatie die in het verleden al eens moeras, natuurlijk meer, binnenzee, kunstmatig meer, polder en beoogd bedrijventerrein is geweest.

Natuurontwikkeling kan worden gezien als een wederdienst van de stedeling aan de natuur. De stad neemt al

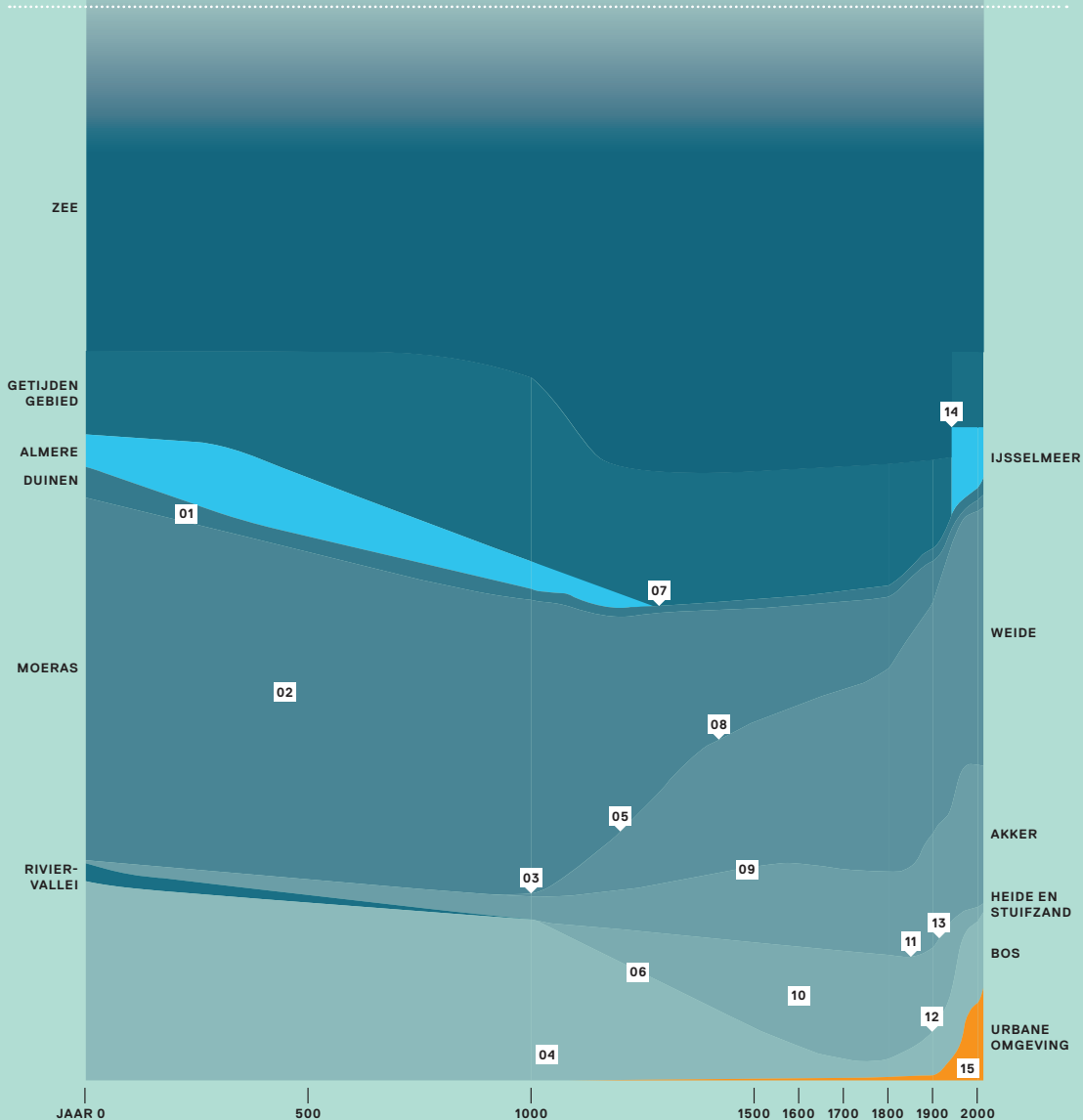


VRAAG EN AANBOD
■ HUIDIG AANBOD

5.1 / HET NUT VAN DE NATUUR

De natuur is van levensbelang voor de mens. We kunnen de natuur zien als een dienstverlenend bedrijf dat onder meer waterzuivering, kustbescherming en voedselproductie verzorgt. De Nederlandse duinen en natuurlijke hoogten bijvoorbeeld leveren al een tijd ongeveer een vijfde deel van de bescherming tegen overstroming. Het aanbod van de diensten is veelal kleiner dan de binnenlandse vraag.

Bron: PBL & WUR



- 01 De duinen blijven bestaan en beschermen tegen overstromingen door de zee
- 02 'De Grote Ontginning': het veengebied wordt op grote schaal in cultuur gebracht
- 03 'De Grote Ontginning' de laat-middeleeuwse ontginningen van Nederland
- 04 Steden beginnen het landschap te beïnvloeden
- 05 Ontstaan Waterschappen; de start van de overlegcultuur voor waterveiligheid, later bekend als 'polderen'
- 06 Bos wordt gekapt voor energie, landbouw en scheepsvaart
- 07 De St. Luciovloed treft Nederland en geeft de doorslag voor het ontstaan van de Zuiderzee
- 08 De St. Elisabethsvloed treft Nederland en hierdoor begint het ontstaan van de Biesbosch

- 09 De vraag naar voedsel neemt toe door de bevolkingsgroei
- 10 Door overexploitatie van de zandgronden ontstaan heide en zandverstuivingen
- 11 Heide verliest zijn functie als mestleverancier en weide voor schapen door de intrede van kunstmest en het instorten van de wolindustrie
- 12 Bosaanplant voor de mijnbouw en het tegengaan van zandverstuivingen
- 13 Opkomst van de natuurbescherming en einde ontginningen heide en stuifzand
- 14 De Afsluitdijk maakt een einde aan de Zuiderzee en creëert het IJsselmeer
- 15 De industrialisatie leidt tot snelle verstedelijking

5.2 / DE MENS MAAKT NEDERLAND

Nederland kent geen ongerepte wildernis; het is al eeuwenlang in cultuur gebracht. Toch behoudt het onontkoombaar een natuurlijke component, te beginnen bij het klimaat en de ligging in een rivierdelta. Flora en fauna bewegen zo mogelijk mee met veranderende leefomstandigheden, ongeacht of die door de mens zijn teweeggebracht.

Bronnen: Alterra, HES, TNO

eeuwenlang vele diensten bij de natuur af, en geeft de natuur daarvoor nu enige ruimte terug.

5.3 / DE WERKPLAATS VAN DE NATUUR



Nederland is te klein en te druk om veel ruimte over te laten aan het vrije spel van natuurlijke krachten. Er wordt gepuzzeld om alle ruimtelijke eisen en wensen een plaats te geven, bijvoorbeeld door meerdere gebruiksvormen in één gebied te combineren. De natuur puzzelt volop mee, waarbij de natuur soms het eerste doel is, maar vaker een middel of een gunstig neveneffect.

De duinen zijn een frappant voorbeeld van een ecosysteem dat multifunctionele natuurdiensten levert. Ze zijn onderdeel van de kustbescherming, er wordt water gezuiverd, ze bieden recreatieruimte, en ze bieden ruimte aan internationaal unieke planten en dieren. Hogere, beboste gebieden als de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug scoren ook goed. Voorts zijn er beschermde natuurgebieden die openstaan voor recreatief medegebruik, en militaire terreinen met de natuur als medebewoner.

Ieder ecosysteem heeft tevens nut voor de mens, en vaak zelfs meervoudig nut. De natuur is overal en de diensten die de mens van de natuur afneemt, bevinden zich ook over het hele land verspreid.

De mens kan iets terugdoen. Enerzijds door royaal natuurgebieden te reserveren, aangezien biodiversiteit het beste is gewaarborgd in grote, onderling verbonden gebieden met ruimte voor natuurlijke processen. En anderzijds door ervoor te zorgen dat alle kunstmatige onderdelen van het land ook voor de natuur van nut zijn. Met een slim ontwerp en een gericht beheer is het mogelijk om bepaalde soorten uit te nodigen en aan te moedigen. Dat kan in het klein en in het groot. Bijvoorbeeld met mosvriendelijke metselspecie, met natuurvriendelijke oevers en bermen, en met zand- en grindwinning langs de grote rivieren op zo'n manier dat er tevens een natuurgebied ontstaat.

5.4 / DE MENS ALS DOMINANTE SOORT



De invloed van de mens op de natuur is wereldwijd merkbaar. De mens is een expansieve soort die zich over de hele wereld heeft verspreid en overal het biotoop naar zijn hand zet. De mens past het land aan om er te wonen, voedsel te produceren, grondstoffen te winnen en rond te reizen, kortom, om de kwaliteit van zijn leven te verhogen. Doordat dit overal op globaal dezelfde manier gebeurt, neemt de natuurlijke verscheidenheid van het landschap af.

De mens vervoert bovendien planten- en diersoorten over afstanden die ze zelf nooit zouden kunnen overbruggen. Het unieke karakter en de verscheidenheid aan planten- en diersoorten van natuurlijke ecosystemen neemt hierdoor af. De herverdeling van landbouwgewassen heeft geleid tot een gevarieerder dieet (aardappelen in Europa, maïs, suikerriet), maar verspreiding van soorten leidt soms ook tot grote plagen (konijnen en bramen in Australië, de Panamaziekte die momenteel wereldwijd de banaan bedreigt).

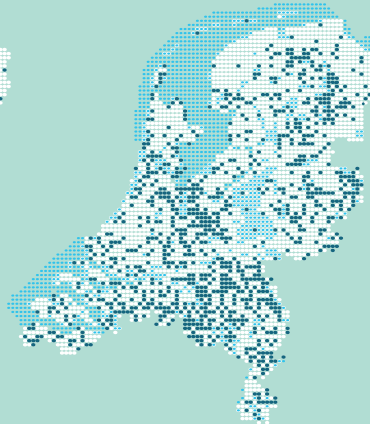
Ook op wereldschaal gebruiken mensen de diensten van de natuur. Het is duidelijk dat het dienstverlenend vermogen van de natuur niet oneindig groot is. Op een aantal punten dreigt de natuur te worden overbelast en uitgeput. Daar krijgt ook de mens zelf last van, want het wordt moeilijker om de kwaliteit van leven te vergroten of zelfs op peil te houden. De natuur kan de diensten die de mens daarvoor altijd heeft gebruikt niet langer leveren.

De voedselvoorziening verloopt voor een groot deel langs de gecultiveerde vormen van de landbouw, maar daarnaast ook rechtstreeks in de vorm van voedselverzameling, jacht en visserij, en die staan onder druk van overbejaging en overbevissing. De biodiversiteit slinkt gestaag. Planten kunnen CO₂ absorberen, maar inmiddels kunnen alle planten van de wereld nauwelijks nog de CO₂-uitstoot door de mens bijhouden. Afgedamde en 'getemde' rivieren kunnen nauwelijks nog zand vervoeren dat de laaggelegen deltagebieden op peil houdt; het economisch profijt langs de bovenrivier gaat ten koste van de natuurlijke aanwas en kustbescherming langs de benedenrivier.

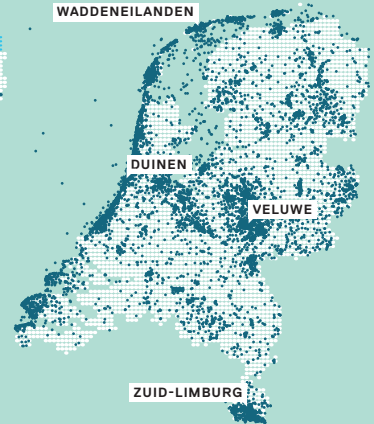
HOUT (2009)



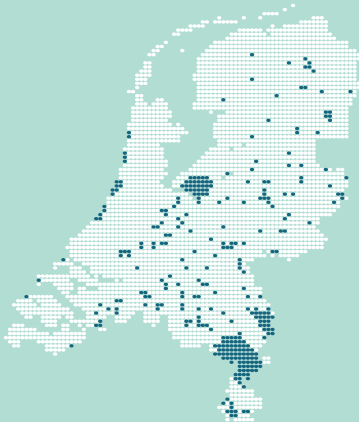
BIODIVERSITEIT (2007)



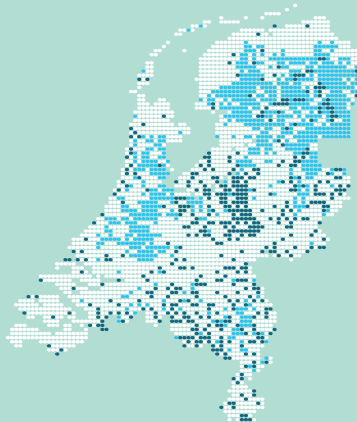
FAVORIETE LOCATIES (2011)



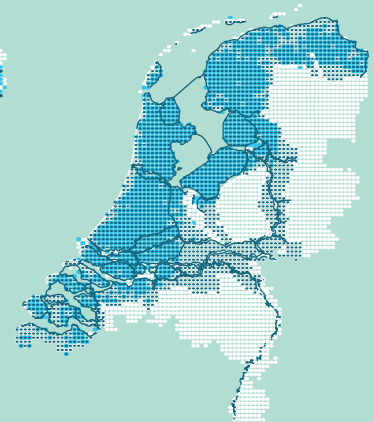
DRINKWATER (2008)



KOOLSTOFVASTLEGGING (2009)



KUSTBESCHERMING (2009)



HOUT

PRODUCTIEBOS

BIODIVERSITEIT

NATUURNETWERK NEDERLAND

EUROPEES BESCHERMD NATUREGEBIEDEN

FAVORIETE LOCATIES

FAVORIETE LOCATIES VAN RUIM 4000 NEDERLANDERS

DRINKWATER

GEBIEDEN MET BESCHERMING VOOR WATERWINNING

KOOLSTOFVASTLEGGING

BOS (VASTLEGGING)

VEEN (UITSTOOT)

KUSTBESCHERMING

DIJKRINGEN

GEBIEDEN ONDER DE ZEESPIEGEL

NATUURLIJKE KUSTBESCHERMING

KUNSTMATIGE KUSTBESCHERMING

5.3 / DE WERKPLAATS VAN DE NATUUR

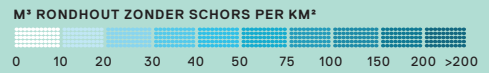
Met slim en meervoudig ruimtegebruik wordt in Nederland geprobeerd om uiteenlopende ruimtelijke eisen en wensen een plaats te geven. Ook de natuur is multifunctioneel. De duinen leveren bijvoorbeeld kustbescherming, waterzuivering, recreatieruimte en unieke biodiversiteit. Andersom kan de mens ervoor zorgen dat bij iedere ingreep ook de natuur kan profiteren.

Bronnen: AHN, Alterra, Ministerie van LNV, PBL, RUG/PBL & Alterra, RWS

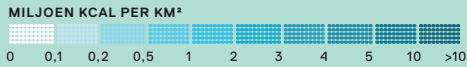
KOOLSTOFVASTLEGGING



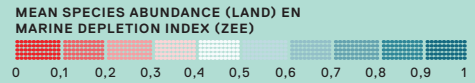
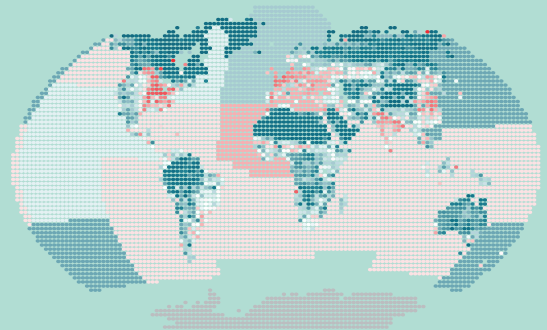
HOUTPRODUCTIE



ETEN ONTTROKKEN UIT NATUURLIJKE ECOSYSTEMEN



BIODIVERSITEIT



GEEN DATA

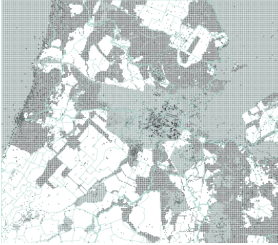
5.4 / DE MENS ALS DOMINANTE SOORT

De mens is een diersoort die zich over de hele wereld verspreidt en overal de biotoop domineert. De biodiversiteit vervlakt; de natuur wordt steeds eenvormiger. Het dienstverlenend vermogen van de natuur is niet oneindig groot. Het is de vraag waar benutting van de natuur overgaat in uitputting.

Bronnen: FAO, PBL, PBL/UBC

De vraag dringt zich op wanneer 'dienstverlening' door de natuur aan de mens een eufemisme wordt voor exploitatie van de natuur door de mens.

5.5 / DE NATUUR ALS STEDELING



Vaak worden natuur en stad als tegenpolen gezien, die onmogelijk kunnen samengaan. In feite zijn ze nauw met elkaar verbonden. De stad schept een grote verscheidenheid van bijzondere leefomstandigheden waaronder sommige soorten juist gedijen. Bovendien woont een groot deel van de gepassioneerde natuurliefhebbers in de stad. De aantrekkelijkheid van de stad voor de natuur geldt voor de historische stadskern en nog sterker voor het grotere stedelijke landschap. De soortenrijkdom is in stedelijk Nederland zelfs groter dan in grote delen van het monofunctionele boerenland.

De gemeente Amsterdam wordt niet alleen bewoond door 800.000 ingezetenen en miljoenen toeristen, maar ook door een rijke en veelzijdige natuur. Zij houden zich zelden aan de gemeentegrens, en benutten de vele mogelijkheden van de 'metropoolregio' van Amsterdam. Die strekt zich uit van de Noordzeekust bij Zandvoort en Bakkum tot diep in de Flevopolder, en van Waterland tot voorbij Schiphol.

De combinatie van water, temperatuurverschillen, monumentale bomen, voedselstromen en de grote verscheidenheid aan bebouwing en materiaalgebruik, maken het stedelijk gebied tot een geschikte habitat voor een diverse groep soorten. Binnen de Amsterdamse gemeentegrenzen leven onder meer de ringslang, de slechtvalk, en bijzondere muurplanten zoals de schubvaren, tongvaren en zwartsteel.

Steden zijn niet alleen centra van menselijke samenleving, maar ook een relatief nieuw en voortdurend veranderend landschap met nieuwe kansen voor andere soorten. De natuur is geen verre vreemdeling maar een medestedeling.



NATUUR

-  WATER
-  EUROPEES BESCHERMDE NATUURGEBIEDEN EN NATUURNETWERK NEDERLAND
-  BIODIVERSITEIT HOTSPOTS
-  MONUMENTALE BOMEN
-  BIJZONDERE GROENE KADES

OVERIGE

-  GRONDGEBIED GEMEENTE AMSTERDAM

RECREATIE

-  GROENSTRUCTUUR AMSTERDAM
-  5.2 AANTAL BEZOEKERS PER JAAR IN MILJOEN
-  NATIONALE FIETSRoutes
-  FIETSKNOOPPUNTEN-NETWERK

FAVORIETE LOCATIES

-  LOKAAL
-  REGIONAAL
-  NATIONAAL

5.5 / DE NATUUR ALS STEDELING

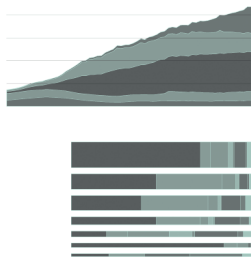
Natuur en stad zijn geen tegenpolen. Diverse planten- en diersoorten voelen zich thuis in de stedelijke habitat, bijvoorbeeld in de metropoolregio van Amsterdam. De recreërende stadsbewoners kunnen hiervan op hun beurt meegenieten. De natuur is geen verre vreemdeling maar een medesteding.

Bronnen: Alterra, Fietsplatform, Gemeente Amsterdam, Ministerie van LNV, PBL, RUG/PBL & Alterra

06 MOBILITEIT

De mens is een sociaal 'dier' dat van nature behoefte heeft aan contact met andere mensen. Sociaal contact ligt aan de basis van het welzijn van een mens en van de cultuur en welvaart van een samenleving. Sociaal contact vraagt om het overbruggen van een afstand, soms klein, soms groot; naar de andere kant van de wereld. Hoe meer welvaart, hoe meer mobiliteit. Maar een grote welvaart en mobiliteit leiden ook tot een grotere complexiteit van het reizen en tot meer vragen over bijvoorbeeld de veiligheid ervan en de gevolgen voor het milieu.

6.1 / HET TIJDPERK VAN DE AUTO



Nederlanders zijn in de afgelopen eeuw steeds meer gaan reizen. Ze leggen gemiddeld 42 kilometer per persoon per dag af (vliegreizen meegerekend). Dat is twee maal zoveel als in 1970 en zes maal zoveel als in 1950. De tijd die Nederlanders onderweg zijn, is in de loop der jaren veel minder veranderd. Sinds 1985 is het gemiddeld een uur per dag.

Meer kilometers in dezelfde tijd: dat is mogelijk dankzij de auto. Het aantal personenauto's nam toe van nog geen 150.000 in 1950 naar 8 miljoen nu. Voor driekwart van alle verplaatsingen binnen Nederland wordt tegenwoordig de auto gebruikt, en meestal is de automobilist dan de enige inzittende. Bij trips voor vrijetijdsdoeleinden zijn er wel vaak medepassagiers.

Voor het zakelijk verkeer en het woon-werkverkeer wordt in meer dan de helft van de gevallen de auto gebruikt. Voor het bezoek van scholen, universiteiten en cursussen kiezen mensen vooral voor de fiets en het openbaar vervoer, of ze gaan lopen. Het gebruik van het openbaar vervoer is door de jaren heen vrij stabiel gebleven, met een impuls begin jaren negentig door de invoering van de ov-studentenkaart. Met het openbaar vervoer reizen Nederlanders gemiddeld 4 kilometer per dag, waarvan 75 procent met de trein.

Het fietsgebruik nam tot 1960 toe, daalde daarna sterk ten gunste van de auto, en is sinds eind jaren zeventig landelijk ongeveer gelijk gebleven. Recent wint de fiets weer aan populariteit. Nederlanders zitten dagelijks 2,5 kilometer op de fiets. Naar internationale maatstaven is dit veel.

Het vliegverkeer is vooral sinds 1990 spectaculair toegenomen, als gevolg van goedkopere vliegtickets en een groeiende economie. Een Nederlander vliegt gemiddeld ruim 3500 kilometer per jaar, omgerekend bijna 10 kilometer per dag.

6.2 / HEEN EN WEER



Mensen zijn gewoontedieren. Ze verplaatsen zich volgens vaste patronen: van huis naar werk of school en weer terug. En verder af en toe naar het centrum van de stad, een pretpark, meubelboulevard, luchthaven en 's zomers naar het strand.

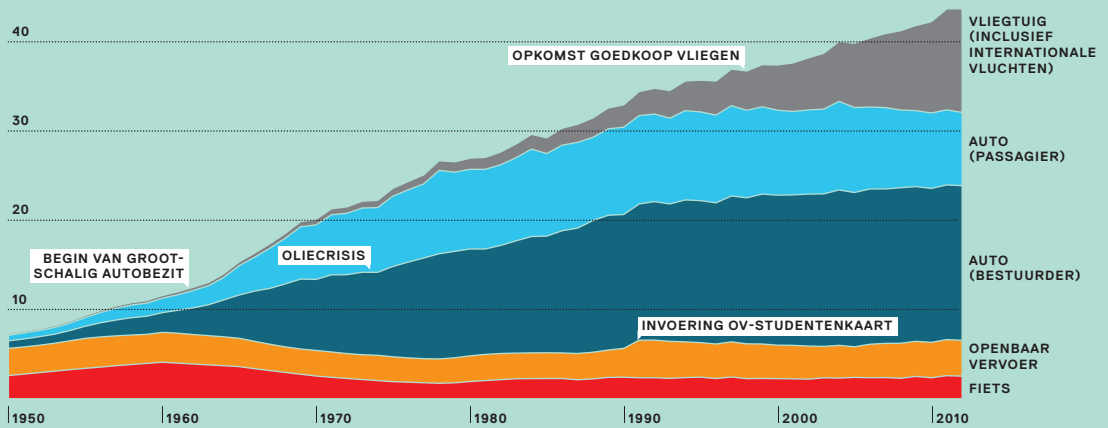
Het woon-werkverkeer is het meest bekende patroon. 's Ochtends zijn veel mensen tegelijk onderweg naar hun werk, en aan het einde van de dag keren ze massaal terug naar huis. Dit is geen nieuw verschijnsel; al eeuwenlang begeeft zich 's ochtends en 's avonds een stroom werknemers door de straten. Met de komst van de auto en trein is echter wel het schaalniveau van het woon-werkverkeer sterk veranderd. Vroeger woonden en werkten mensen in een en dezelfde stad, tegenwoordig is er vaak een grote afstand tussen de werkplek en de woning. Het gebied waarin burgers zich dagelijks bewegen – het daily urban system – is uitgestrekter dan ooit tevoren.

In het woon-werkverkeer zijn automobilisten gemiddeld een half uur onderweg (enkele reis). Voor trein- en busreizigers is de reistijd langer en voor fietsers korter. Forenzen leggen dagelijks gemiddeld tweemaal 18 kilometer af tussen hun woning en hun werk.

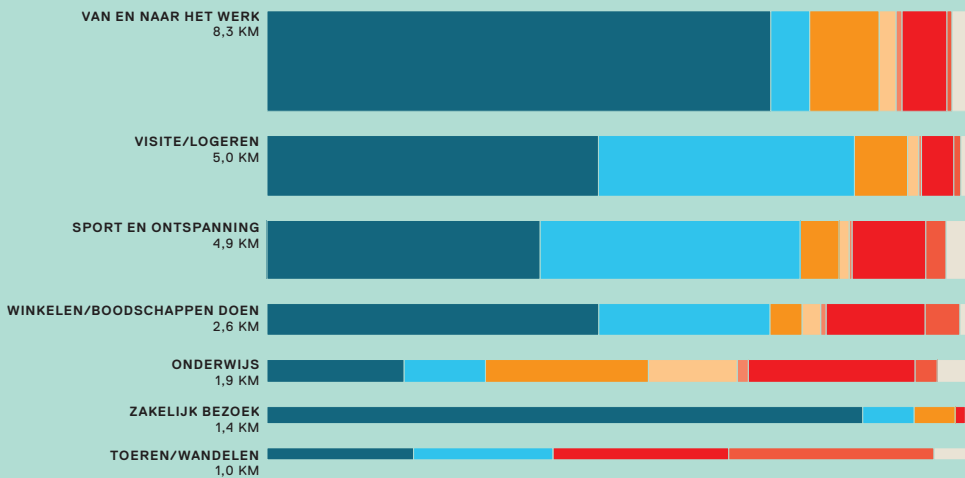
De Randstad neemt een bijzondere plaats in de pendel patronen in. Hier is een groot deel van de werkgelegenheid geconcentreerd en de forenzenstromen zijn er dan ook veel groter dan in de rest van het land. Werken mensen in de buurt van intercitystations, dan maken ze meestal gebruik van het openbaar vervoer. Het ov-aandeel is in de Randstad circa 20 procent van het aantal afgelegde kilometers en tussen de vier grote steden onderling bijna 50 procent. Buiten de Randstad is het ov-aandeel ongeveer 10 procent.

Binnen de Randstad zijn er ook grote verschillen. In het noordelijke deel trekt Amsterdam als belangrijkste werkstad mensen uit de hele regio naar zich toe, terwijl in het zuidelijk deel de grote steden Den Haag en Rotterdam als werklocatie niet voor elkaar onderdoen. Utrecht trekt door zijn centrale ligging in het spoorwegennet relatief veel forenzen aan over langere afstanden.

DAGELIJKE AFSTAND PER INWONER NAAR DE BELANGRIJKSTE VERVOERSWIJZEN BINNEN NEDERLAND IN KM



DAGELIJKE AFSTAND PER PERSOON NAAR MOTIEF EN VERVOERSWIJZE (2012, EXCLUSIEF VLIEGEN)



VERVOERSWIJZEN

- AUTO (BESTUURDER)
- AUTO (PASSAGIER)
- TREIN
- BUS/TRAM/METRO
- BROM-/SNORFIETS
- FIETS
- LOPEN
- OVERIG

6.1 / HET TIJDPERK VAN DE AUTO

Sinds de opkomst van de auto in de jaren vijftig en zestig heeft deze een enorme invloed gekregen op het dagelijks leven en de leef-omgeving. Nederlanders reizen gemiddeld 42 kilometer per dag, waarvan 24 kilometer met de auto. Woon-werkverkeer is een belangrijke kilometervreter. Het fietsgebruik is naar internationale maatstaven hoog.

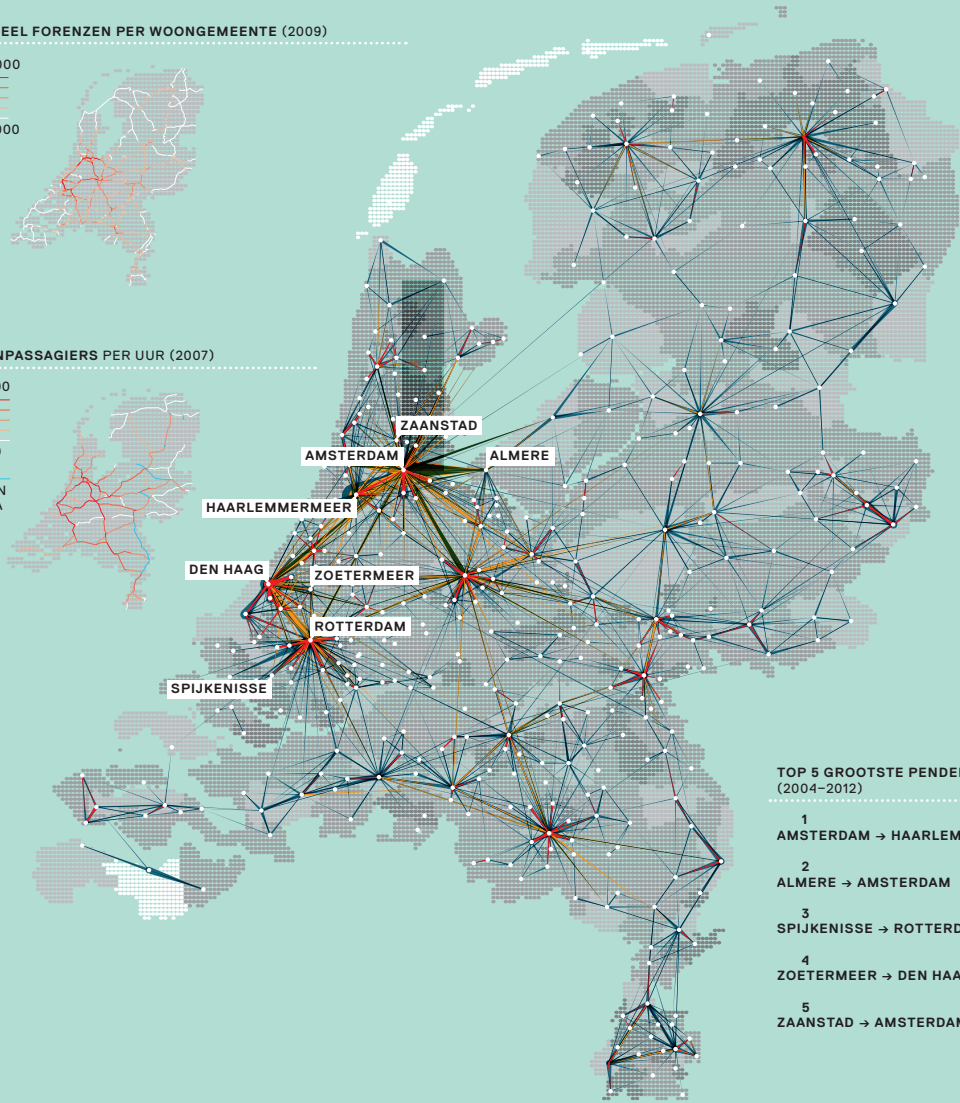
Bronnen: Amsterdam Airport Schiphol, CBS, KiM, RWS

AANDEEL FORENZEN PER WOONGEMEENTE (2009)

>80000
 <20000

TREINPASSAGIERS PER UUR (2007)

>2000
 <250
 GEEN DATA



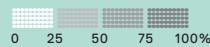
TOP 5 GROOTSTE PENDELSTROMEN (2004–2012)

- 1 AMSTERDAM → HAARLEMMERMEER
- 2 ALMERE → AMSTERDAM
- 3 SPIJKENISSE → ROTTERDAM
- 4 ZOETERMEER → DEN HAAG
- 5 ZAA NSTAD → AMSTERDAM

WOON-WERKVERKEER



AANDEEL FORENZEN PER WOONGEMEENTE



6.2 / HEEN EN WEER

Veel mobiliteit heeft een vast patroon, zoals de dagelijkse pendel naar het werk of naar school. Op de pendelkaart van Nederland zijn de grotere steden en de drukte in de Randstad goed herkenbaar. Tussen de grote steden worden openbaarvervoerverbindingen intensief gebruikt.

Bronnen: CBS, Deltarail & Prorail, Goudappel Coffeng/RWS – bewerking PBL

Een aantal grote, relatief jonge steden heeft een opvallend hoge uitgaande pendel. Voorbeelden zijn Spijkenisse en Zoetermeer die ooit als groeikernen voor respectievelijk Rotterdam en Den Haag zijn ontworpen. Almere, een andere *new town*, bedient samen met Zaanstad Amsterdam. Daarnaast behoort de pendel van Amsterdam naar Haarlemmermeer (Schiphol) tot de grootste pendelstromen.

6.3 / VERDICHTENDE WEBBEN



De mobiliteit heeft de afgelopen eeuw een grote vlucht genomen mede dankzij een spectaculaire uitbreiding van de infrastructuur. Het snelwegennet groeide van nog geen 500 kilometer in 1960, naar ruim 2300 kilometer in 2010. De laatste tijd wordt het snelwegennet nauwelijks meer in de lengte uitgebreid maar wel nog in de breedte. Bekend voorbeeld is de A2 tussen Amsterdam en Utrecht, die recent werd verbreed van drie naar vijf rijstroken voor beide richtingen.

Het spoorwegennet is sinds 1960 veel minder gegroeid. Er kwamen enkele trajecten, stations en vervoersvormen bij (Hanzelijn, HSL, metro, Randstadrail) maar er verdwenen ook lijnen en stations, zoals de treindiensten naar IJmuiden, het Miljoenenlijntje in Limburg en de lijnen Apeldoorn-Dieren en 's-Hertogenbosch-Lage Zwaluwe.

Nederland heeft nu in totaal 3268 kilometer rijkswegen (autosnelwegen en autowegen), 6713 kilometer provinciale wegen, 3013 kilometer spoorwegen (inclusief goederenspoorlijnen), 612 snelwegafslagen en 406 spoorwegstations.

Stad en infrastructuur zijn sterk met elkaar verweven. De uitbreiding van de infrastructuur en toename van het aantal auto's hebben een andere ruimtelijke en stedelijke ontwikkeling mogelijk gemaakt. De afstand tussen woningen, werklocaties, winkels en andere voorzieningen kon groter worden; met de auto zijn ze toch wel bereikbaar. De nieuwe uitbreidingswijken aan de rand van de stad werden vanaf de jaren vijftig op maat van de auto ontworpen: parkeerplaats voor de deur, brede straten en ontsluitingswegen. Vanaf de jaren zeventig werd juist geprobeerd de auto een minder

overheersende plaats te geven in woonwijken, zodat kinderen er bijvoorbeeld rustig op straat konden spelen. Het woonerf is hier een bekende exponent van.

In de binnensteden kregen auto's aanvankelijk alle ruimte, totdat in de jaren zeventig een tegenbeweging ontstond die van de binnenstad weer een aangename verblijfsruimte wilde maken. De auto werd geweerd met middelen als auto-vrije pleinen en winkelstraten, verkeerscirculatieplannen, en betaald parkeren. Waar mogelijk zijn parkeerplekken verplaatst naar onder de grond of in gebouwen.

Tegelijkertijd zijn veel snelwegen 'stedelijker' van karakter geworden. Tot de jaren zeventig was de snelweg een eindeloze autobaan door landelijk groen, die veelal op afstand lag van de stad. Die ruimte is inmiddels grotendeels bebouwd. Snelwegafritten zijn populaire locaties voor bedrijven, winkels, scholen en ziekenhuizen; nergens is méér groei van de werkgelegenheid dan nabij snelwegopritten en afritten. Rondom knooppunt Oudenrijn (A2/A12), langs de A2 bij Veldhoven, de A9 bij Amsterdam Zuidoost en langs de A4 bij Amsterdam Riekerpolder nam het aantal arbeidsplaatsen de afgelopen 10 jaar het sterkst toe.

Ook de stations ondergaan een gedaanteverwisseling. Van een zuivere doorstroomplek voor reizigers veranderen ze in een gemengde stedelijke omgeving met een groot aanbod aan winkels, horeca, bedrijven en diensten. De directe omgeving van grote stations verandert eveneens. Industrie en transport, die van oudsher aan het spoor gevestigd waren, maken binnen de steden plaats voor kantoren (Den Bosch), ziekenhuizen (Leiden) en overheden (Den Haag Centraal).

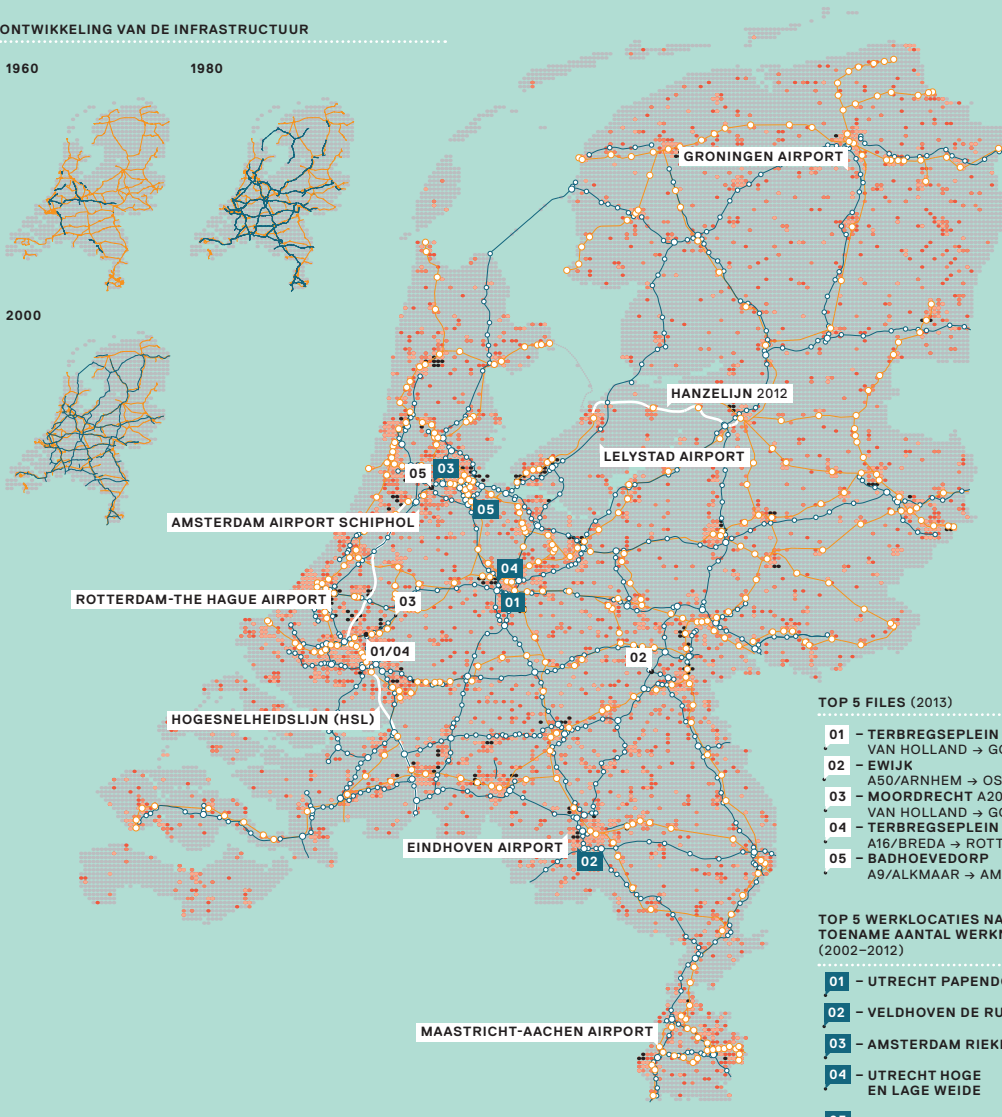
Ten slotte is ook de luchthaveninfrastructuur sinds 1960 flink uitgebreid. Mainport Schiphol legde bijna elk decennium een nieuwe baan aan en breidde de terminals flink uit. Sinds begin jaren negentig maken ook regionale luchthavens als Eindhoven een spectaculaire groei door. Door de instelling van één Europees luchtruim werden regionale luchthavens aantrekkelijker, want goedkoper, voor kleinere luchtvaartmaatschappijen.

ONTWIKKELING VAN DE INFRASTRUCTUUR

1960

1980

2000



TOP 5 FILES (2013)

- 01 – TERBREGSEPLEIN A20/HOEK VAN HOLLAND → GOUDA
- 02 – EWJK A50/ARNHEM → OSS
- 03 – MOORDRECHT A20/HOEK VAN HOLLAND → GOUDA
- 04 – TERBREGSEPLEIN A16/BREDA → ROTTERDAM
- 05 – BAH BOEVEDORP A9/ALKMAAR → AMSTELVEEN

TOP 5 WERKLOCATIES NAAR TOENAME AANTAL WERKNEMERS (2002–2012)

- 01 – UTRECHT PAPENDORP
- 02 – VELDHOVEN DE RUN
- 03 – AMSTERDAM RIEKERPOLDER
- 04 – UTRECHT HOGE EN LAGE WEIDE
- 05 – AMSTERDAM ZUIDOOST

INFRASTRUCTUUR

- SPOORWEG
- NIEUWE SPOORLIJN
- TREINSTATION
- SNELWEG
- OP- EN AFRIT
- SNELWEGKNOOPPUNT

VERSTEDELIJING

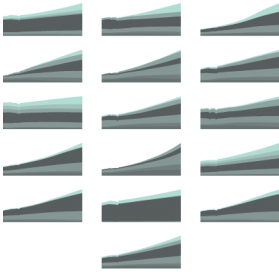
- GROEI STEDELIJK GEBIED
- 1960 1980 2000 2010
- BEDRIJVENTERREIN (2010)
- VINEX UITLEGLOCATIE

6.3 / VERDICHTENDE WEBBEN

De mobiliteit kon de afgelopen eeuw mede toenemen dankzij een groeiende infrastructuur. Het Nederlandse snelwegennet werd zo'n 2000 kilometer langer sinds 1960 en groeide ook in de breedte. Steeds meer stedelijke activiteiten concentreren zich bij snelwegafslagen, stations en luchthavens. Regionale luchthavens raken steeds meer in trek als uitvalsbasis van prijsvechters.

Bronnen: Alterra – bewerking PBL, CBS, LISA, PBL, RWS

6.4 / VAN 1 NAAR 3 MILJARD AUTO'S

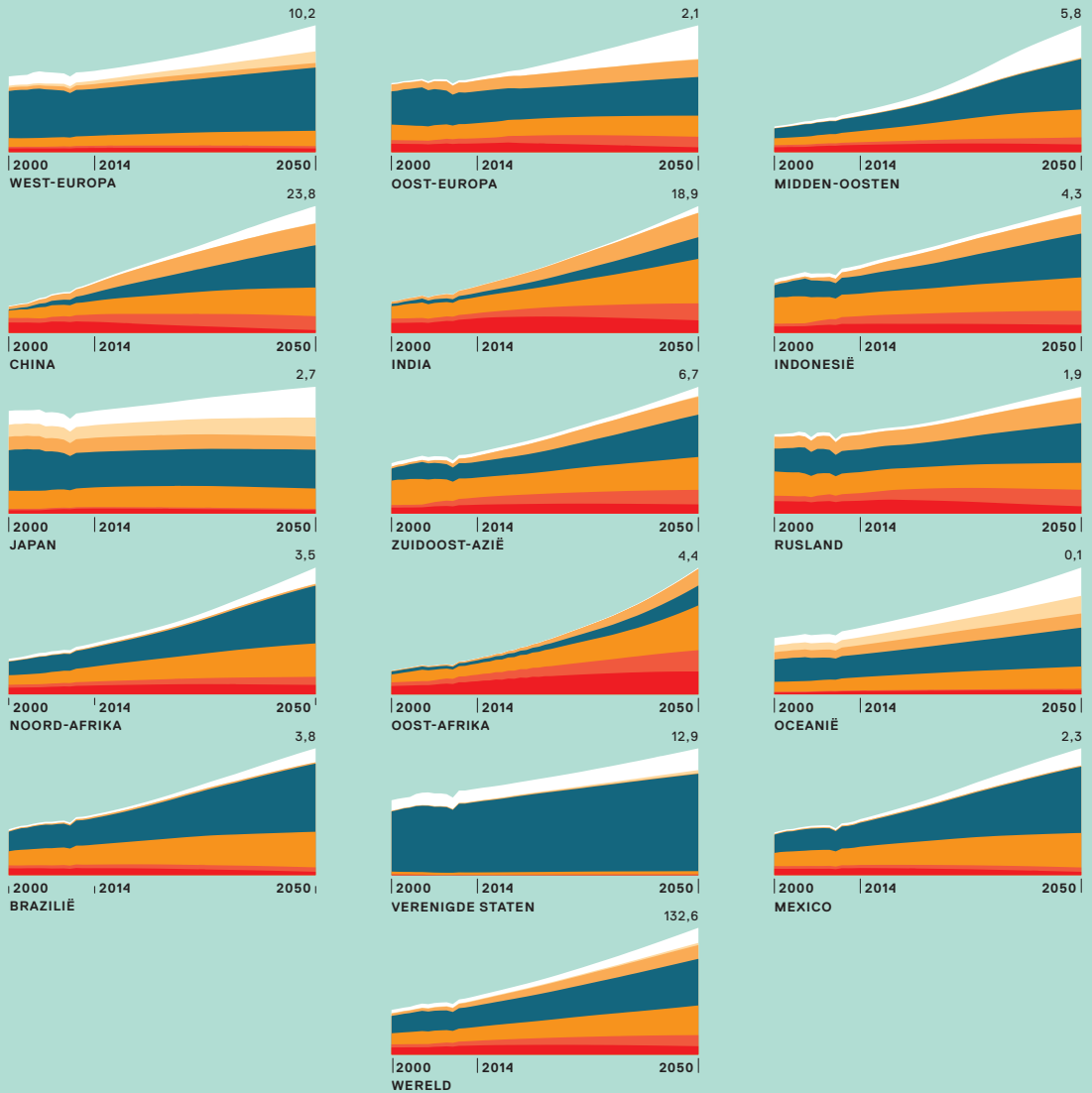


Decennialang nam de populariteit van de auto alleen maar toe. Aan die ongebreidelde opmars lijkt in de westerse landen een eind gekomen. Veel stadsbesturen streven ernaar om meer verkeersruimte te bieden aan fietsers en openbaar vervoer. New York heeft speciale fietspaden langs de hoofdstraten aangelegd, Parijs ontwikkelt de 'Groene Seine' en Londen heeft futuristische plannen voor een netwerk van fietssnelwegen boven de stad.

Maar deze inspanningen vallen in het niet bij de verdere toename van het aantal auto's op wereldschaal. In Azië rukt de auto op, en een vergelijkbare groei is ook in Afrika te verwachten. Ook in Midden- en Zuid-Amerika groeit het autoverkeer nog sterk. Naast de auto is de bus wereldwijd een populair vervoermiddel en een stabiele groeier. De hogesnelheidstreinen spelen vooral in West-Europa, Oceanië en Japan een rol van betekenis.

Het aantal auto's zal naar verwachting stijgen van 1 miljard nu naar 2,5 à 3 miljard omstreeks 2050. Samen zullen ze dan naar schatting 50.000 miljard kilometer per jaar afleggen, meer dan twee maal zoveel als nu. In Nederland legden automobilisten in 2013 gezamenlijk een kleine 100 miljard kilometer per jaar af.

De groei vindt vooral in de stedelijke gebieden plaats, alleen al doordat daar in 2050 naar verwachting ruim twee derde van de wereldbevolking zal wonen. Net als in Europa zal de opmars van de automobilititeit ook elders vergaande effecten hebben op het functioneren en het aanzien van de steden. De individuele bewegingsvrijheid wordt vergroot, en het stedelijk gebied kan hierdoor sterk uitbreiden en verdunnen. Ook krijgt het stedelijk gebied steeds meer te maken met de gevolgen in de vorm van congestie, parkeerdruk, brandstofverbruik, CO₂-uitstoot en luchtkwaliteit.



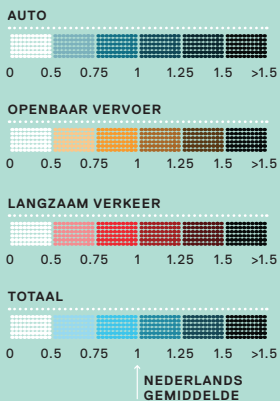
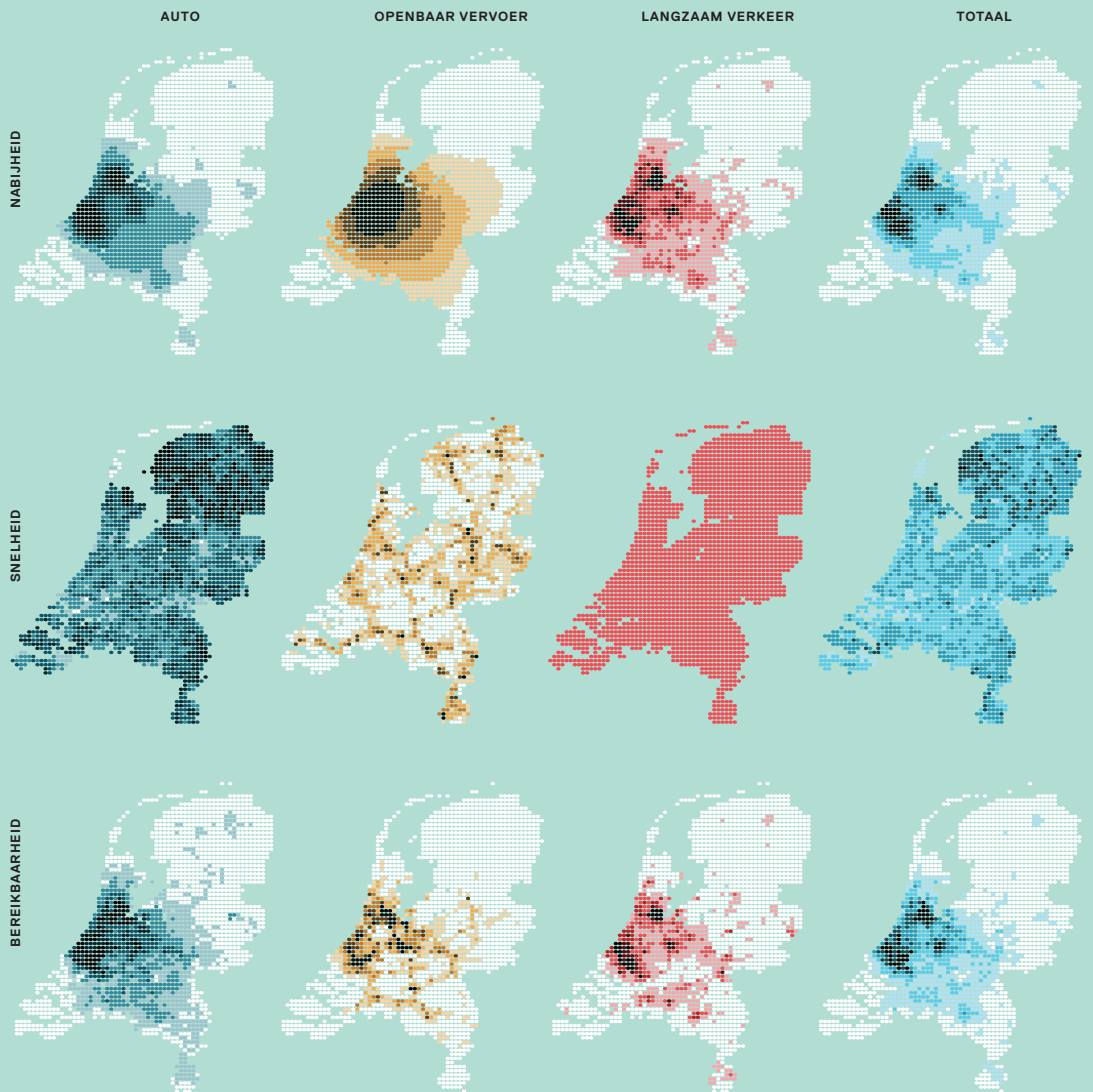
VERVOERSWIJZEN

- VLIEGTUIG
- HOGESNELHEIDSTREIN
- TREIN
- AUTO
- BUS
- FIETS
- LOPEN

6.4 / VAN 1 NAAR 3 MILJARD AUTO'S

Westerse steden proberen de dominantie van de auto enigszins te beperken, maar elders is de auto nog volop in opmars als symbool van vooruitgang. Het aantal auto's op aarde stijgt naar schatting van 1 miljard nu naar 3 miljard in 2050. De opgaven voor milieu en bereikbaarheid groeien mee.

Bron: OECD



6.5 / KOMEN WAAR JE WILT ZIJN

Binnen de Randstad gaat reizen minder snel dan erbuiten, maar er kunnen in dezelfde tijd wel vijf keer zoveel banen worden bereikt. Een Randstedeling is zo beschouwd veel mobieler. Als niet alleen snelheid maar ook de nabijheid van bestemmingen de maatstaf is, ontstaan nieuwe mogelijkheden om de bereikbaarheid te verbeteren.

Bron: PBL

6.5 / KOMEN WAAR JE WILT ZIJN



Mensen willen van A naar B, en liefst zo snel mogelijk. Dat kan met een snelle auto over een weg zonder files en verkeerslichten. Maar iemand is ook snel op zijn bestemming als A en B dicht bij elkaar liggen.

In de Randstad kunnen auto's bijvoorbeeld minder snelheid maken dan erbuiten; gemiddeld reist een automobilist in de provincies Groningen, Friesland, Drenthe of Zeeland zo'n 15 procent sneller dan in de Randstadprovincies. Maar binnen de Randstad heeft iemand tot wel vijf keer zoveel banen binnen handbereik als elders in het land. En ook voor winkelcentra en theaters hoeft de Randstedeling minder ver te reizen. De grote mate van nabijheid van bestemmingen is een belangrijke factor voor de economische kracht van de Randstad. De wat lagere reissnelheid doet daar relatief weinig aan af.

In de afgelopen decennia is de aandacht in bereikbaarheidsbeleid vooral uitgegaan naar het oplossen van de files op de hoofdwegen: het verbeteren van de reissnelheid dus. Forse investeringen hebben daarbij geleid tot goede resultaten, maar soms ook tot nieuwe mobiliteit en zelfs nieuwe files, vaak op andere plekken.

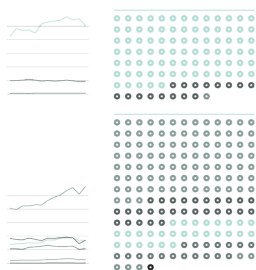
Als niet alleen snelheid maar ook de nabijheid van bestemmingen als maatstaf wordt genomen, dan ontstaan nieuwe mogelijkheden om de bereikbaarheid te verbeteren. De nabijheid van veel woningen, werkplekken en voorzieningen draagt bij aan een betere bereikbaarheid van de bestemmingen, zeker wanneer er goede samenhang bestaat tussen deze plekken en de infrastructuur die ze verbindt. Mensen hebben dan meer keuze, niet alleen in bestemmingen maar ook in vervoerwijzen. Ze kunnen vaker lopend en fietsend van A naar B, of met hoogwaardig openbaar vervoer zoals trams en metro's. In het dagelijks leven wordt de afhankelijkheid van de auto dan minder groot.

07 VRACHT

Steden zijn vanouds knooppunten in handelsroutes. Ze ontstonden en floreerden op kruispunten van wegen, bij doorwaadbare plaatsen in de rivier of aan de kust, op strategische halteplaatsen tussen productie en consumptie. Op marktpleinen werden waren van dichtbij en verder weg, zoals voedsel, bouw materiaal en brandstoffen, doorverkocht aan burgers en handelaars. In de havens lagen voorraden opgeslagen in pakhuizen, wachtend op het meest lucratieve moment om te worden doorgezonden.

Nog altijd is dit patroon te herkennen, ook al zijn de schaal en omvang van het goederentransport radicaal veranderd, net als trouwens de schaal en de omvang van de stad. Vandaag de dag is de functie van marktpleinen overgenomen door internationale handelsbeurzen, en vormen grootschalige zee- en luchthavens cruciale schakels in een mondiaal transportnetwerk. Door de gunstige ligging aan de monding van Rijn en Maas heeft het verstedelijkte Nederland een bijzondere positie in dit netwerk.

7.1 / 273 KILO VRACHT PER PERSOON PER DAG



Per jaar wordt op Nederlands grondgebied 1,6 miljard ton aan goederen getransporteerd, oftewel 4,5 miljoen ton per dag. Dat is omgerekend 273 kilo per inwoner per dag. Hiervan wordt 100 kilo uitsluitend binnen Nederland vervoerd, terwijl 173 kilo de grens overgaat in de vorm van import, export of doorvoer.

Op de binnenlandse vervoermarkt is het wegverkeer met 500 miljoen ton per jaar dominant. In het grensoverschrijdende vervoer spelen de zeevaart en de binnenvaart een grote rol; zij vervoeren jaarlijks respectievelijk 570 miljoen en 170 miljoen ton. Het aandeel van de luchtvracht is hiermee vergeleken verwaarloosbaar als het in volume wordt gemeten: Schiphol verwerkt 2 miljoen ton per jaar.

In geld uitgedrukt is de luchtvaart wel een zwaargewicht: hier wordt 17 procent van de toegevoegde waarde in de sector vervoer en opslag gemaakt. De totale toegevoegde waarde van de sector is 52 miljard euro (in 2010), waarvan 21 miljard door wegvervoer, 9 miljard door luchtvaart en 5 miljard door vervoer over water. De overige 17 miljard worden met opslag, dienstverlening, post en koeriers verdiend.

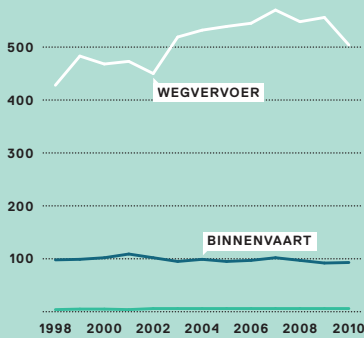
Het goederenvervoer is nauw verbonden met de economische ontwikkeling in het algemeen en de wereldhandel in het bijzonder. De afname van het goederenvervoer, met name in de internationale zeevaart in 2009 en het binnenlands wegvervoer in 2010, als gevolg van de economische crisis, laat dit duidelijk zien.

7.2 / NEDERLAND DISTRIBUTIELAND

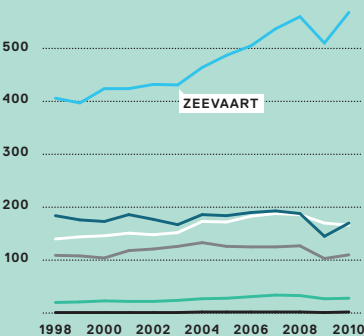


Nederland is een distributieland bij uitstek. Het heeft een gunstige ligging als knooppunt en doorvoerland van goederenstromen. Aan de monding van grote rivieren, op een strategische hoek van West-Europa, is het zeer geschikt voor de overslag tussen zee- en binnenvaart. De aantrekkelijkheid voor de handel wordt nog verhoogd met fiscale en andere maatregelen.

BINNENLANDS GOEDERENVERVOER
IN MILJOEN TON PER JAAR



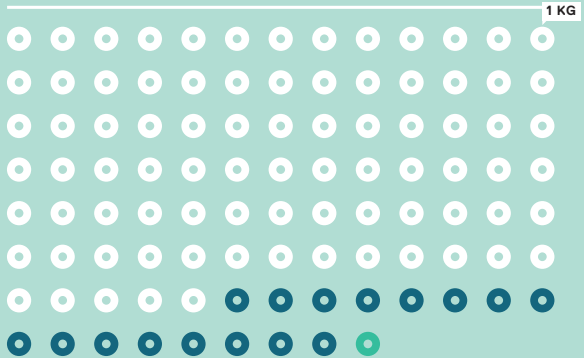
GRENSOVERSCHRIJDEND GOEDERENVERVOER
IN MILJOEN TON PER JAAR



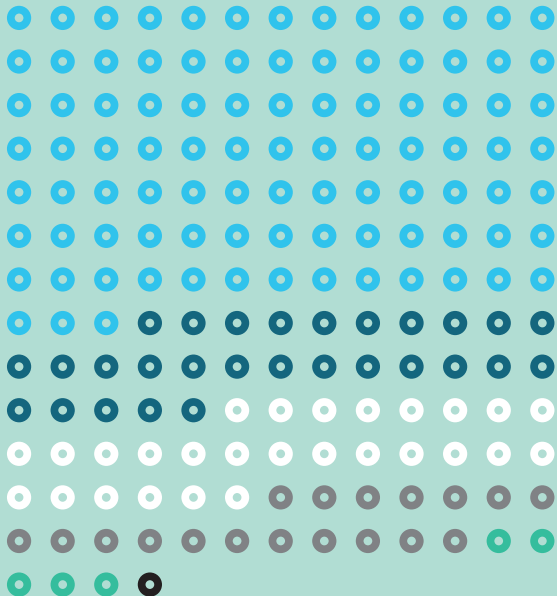
VERVOERSWIJZE

- WEGVERVOER
- BINNENVAART
- ZEEVAART
- PIJPLEIDING
- SPOOR
- LUCHT

BINNENLANDS GOEDERENVERVOER 100



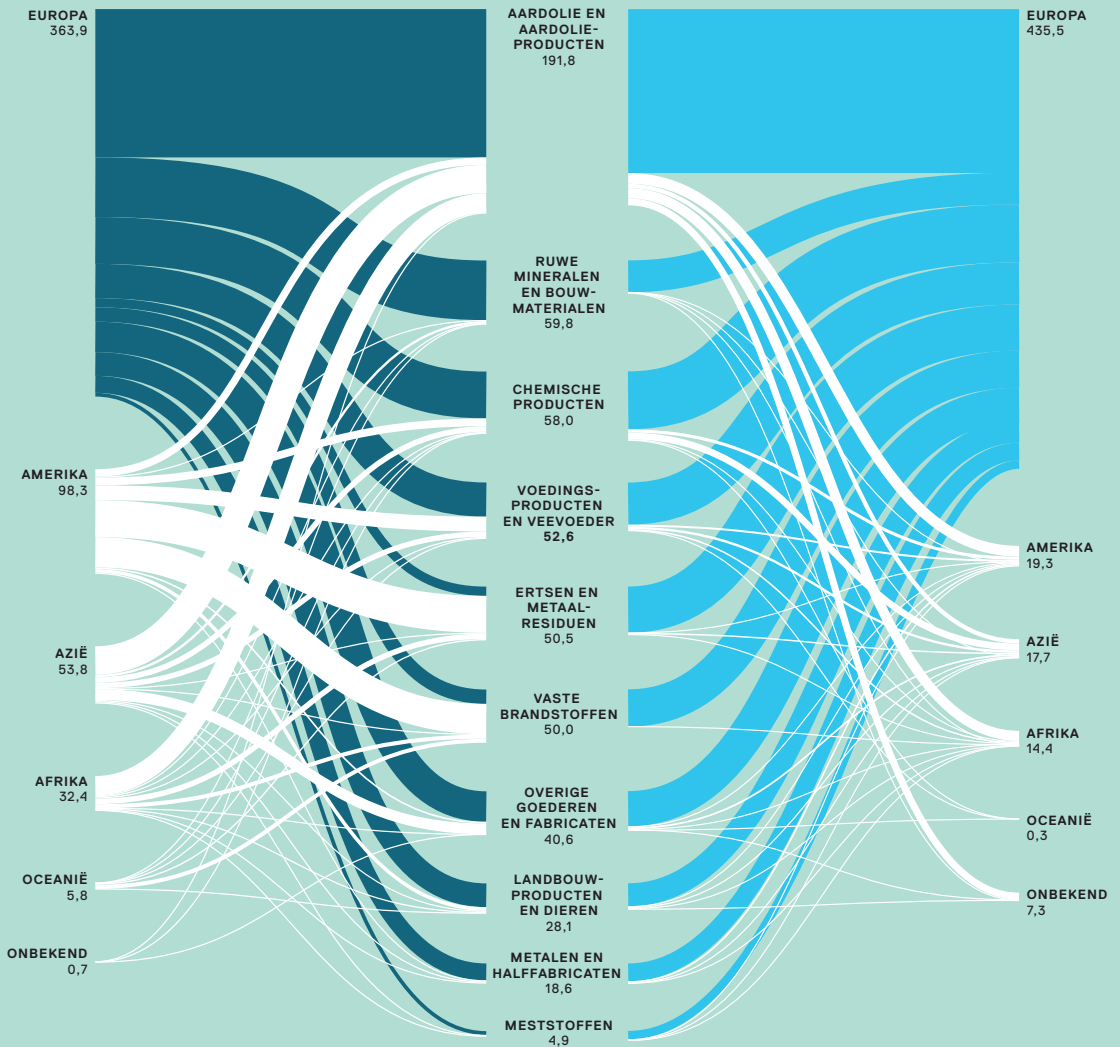
GRENSOVERSCHRIJDEND GOEDERENVERVOER 173



**7.1 / 273 KILO VRACHT
PER PERSOON PER DAG**

Per jaar beweegt 1,6 miljard ton aan goederen over Nederlands grondgebied. Binnen Nederland is het wegvervoer dominant, internationaal de scheepvaart. De luchtvracht is bescheiden in volume maar er gaat relatief veel geld in om. Het goederenvervoer schommelt mee met de economische conjunctuur, zo laat de dip na 2008 zien.

Bronnen: CBS – bewerking PBL, CBS/PBL & WUR



7.2 / NEDERLAND DISTRIBUTIELAND

Nederland is een distributieland bij uitstek. Het is een strategisch gelegen schakel in mondiale goederenstromen. Veel goederen worden meteen doorgevoerd. Andere worden hier eerst bewerkt, bijvoorbeeld van grondstof naar half-fabricaat. Om de sterke positie van Nederland te behouden, is veel geïnvesteerd in de knooppunten ('mainports') en de infrastructuur.

Bron: CBS – bewerking PBL

De Lage Landen benutten hun positie al in de tijd van de Oostzeehandel in de 15e en 16e eeuw. In de volgende eeuwen volgden regelmatig nieuwe impulsen, bijvoorbeeld door de industrialisering van het Roergebied vanaf de 19e eeuw.

Nog steeds hangt een belangrijk deel van de Nederlandse economie samen met de import, doorvoer en export van producten en grondstoffen, vooral aardolie en vaste brandstoffen. Via de havens komen goederen uit de hele wereld naar Nederland. Ze worden dan, soms na bewerking, naar andere landen in Europa doorgevoerd.

Net als in het verleden helpt de overheid mee om de strategische positie van Nederland economisch te benutten. Vanaf de jaren tachtig gebeurde dit met een nationaal investeringsbeleid onder het motto ‘Nederland distributieland’, waarbij veel geld in de knooppunten (‘mainports’) en de infrastructuur werd geïnvesteerd.

7.3 / TRANSPORT VRAAGT OM INFRASTRUCTUUR, EN ANDERSOM

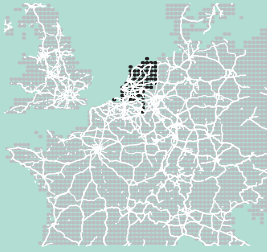


Nederland maakt gebruik van de gunstige positie als schakel tussen het Europese achterland en de rest van de wereld. Rotterdam is de grootste haven van Europa, Schiphol is de derde vrachtluchthaven.

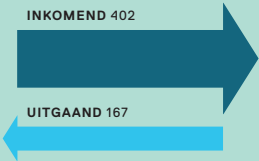
De Nederlandse wegen, spoor- en vaarwegen staan in dienst van de logistieke prestaties van deze zogeheten mainports. Om de verwachte groei aan te kunnen en aan te moedigen, zijn sinds 1980 nieuwe grote investeringen gedaan. Die gingen naar de Betuwelijn, de omlegging van de Zuid-Willemsvaart bij Den Bosch, de tweede Maasvlakte, de verbreding van de A15 en de uitbreiding van Schiphol met de Polderbaan.

Deze investeringen zijn gebaseerd op de verwachting dat het goederentransport in meer of mindere mate zal blijven groeien, en dat de verbeterde infrastructuur extra economische activiteit en daarmee gepaard gaand transport zal aantrekken. Of ze maatschappelijk rendabel zijn, hangt dus af van de mate waarin de groei daadwerkelijk optreedt. En dat hangt mede af van factoren die Nederland niet zelf in de

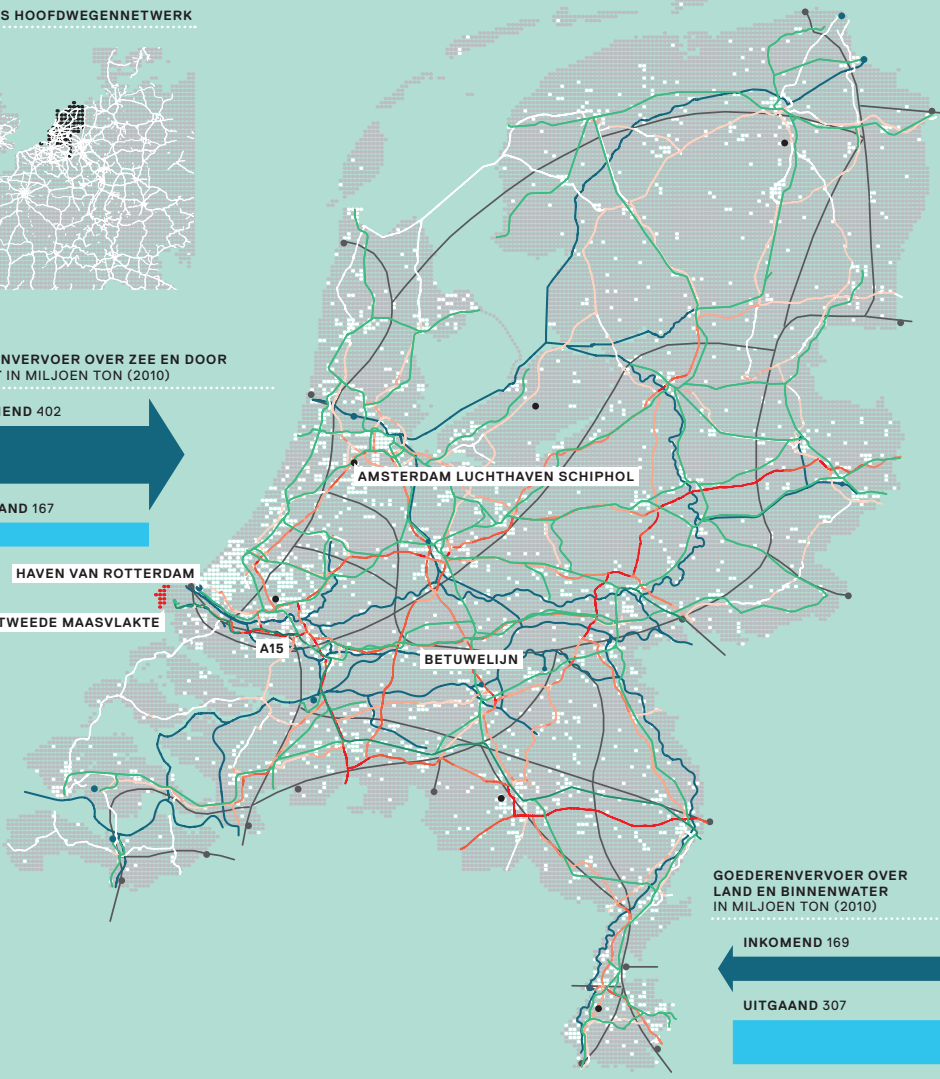
EUROPEES HOOFDWEGENNETWERK



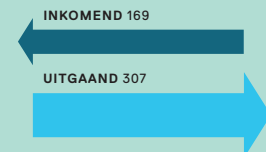
GOEDERENVERVOER OVER ZEE EN DOOR DE LUCHT IN MILJOEN TON (2010)



HAVEN VAN ROTTERDAM
TWEDE MAASVLAKTE



GOEDERENVERVOER OVER LAND EN BINNENWATER IN MILJOEN TON (2010)



HOOFDINFRASTRUCTUUR GOEDERENVERVOER (2010)

- LUCHTHAVEN
- ZEEHAVEN
- BINNENHAVEN
- VAARWEG
- GASLEIDING
- GASAANLANDINGSPUNT

ZWAAR VERKEER OP WEGEN EN SPOORWEGEN IN VOERTUIGEN PER DAG (2007)



OVERIG
STEDELIJK GEBIED

7.3 / TRANSPORT VRAAGT OM INFRASTRUCTUUR, EN ANDERSOM

De Nederlandse 'mainports' (Rotterdamse haven, Schiphol) vereisen goede verbindingen met het achterland. Daarin is de afgelopen decennia veel geïnvesteerd, om verdere groei van economische activiteiten en transport mogelijk te maken. Het gebied tussen de mainports en hun achterland is inmiddels een van de meest intensieve infrastructuurlandschappen van Europa.

Bronnen: CBS, Deltarail & Prorail, Eurostat, RWS – alle bewerkt door PBL

hand heeft. De (moeizame) aansluiting van het Duitse spoor-netwerk op de Betuwelijn is daarvan een voorbeeld.

De infrastructuur heeft een sterke ruimtelijke invloed. Het gebied vanuit Rotterdam naar het oosten en zuiden van Nederland was al een van de meest intensieve infrastructuur-landschappen van Europa. Dat is nog verder versterkt. Terwijl het transport zo efficiënt mogelijk gebeurt, is de impact op de omgeving aanzienlijk, bijvoorbeeld door de barrièrewerking, geluidhinder en de emissies van fijnstof.

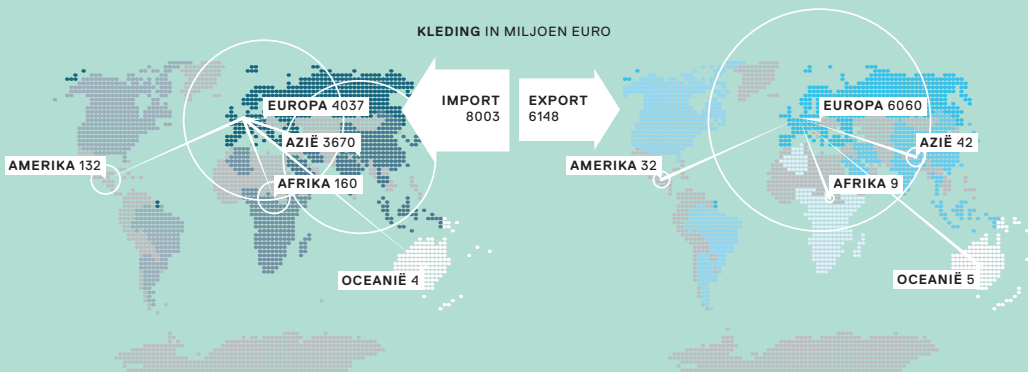
7.4 / DE AFSTAND TUSSEN PRODUCTIE EN CONSUMPTIE



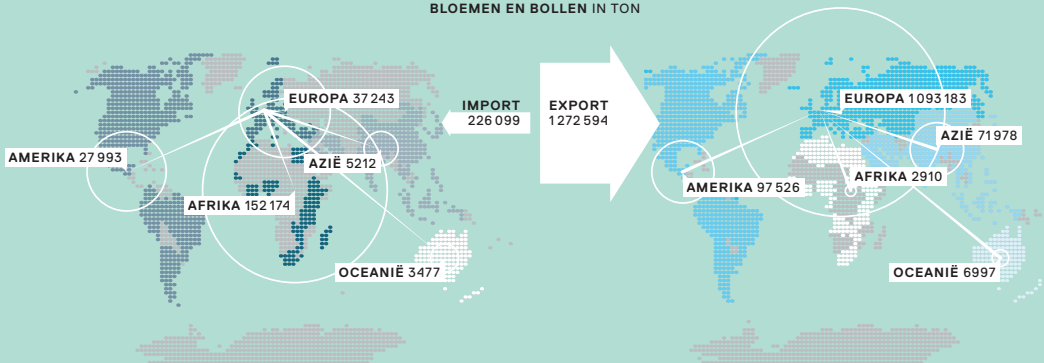
Wereldwijd groeit het goederenvervoer. Dat is een gevolg van economische groei en de toename van de internationale handel, maar ook van innovaties in het goederenvervoer zelf. Door efficiëntieverbeteringen en schaalvergroting is het goederentransport steeds goedkoper geworden. Het meest spectaculair is dat te merken aan de scheepvaart. De transportkosten zijn zo laag dat ze in de prijsopbouw van veel producten vrijwel verwaarloosbaar zijn. De prijs van consumentengoederen wordt voor maar 3 procent bepaald door de transportkosten. Een gevolg is dat in een Nederlandse winkel een appel uit Nieuw-Zeeland (afstand 20.000 kilometer) evenveel kost als een appel uit Zeeland (afstand 200 kilometer). Door de lage vervoerskosten kon de productie van goederen in de laatste vijftig jaar steeds meer verschuiven naar landen met lagere loonkosten en minder (streng) milieuregels. Productie en consumptie liggen daardoor geografisch steeds verder uit elkaar.

De mondiale handel tussen landen en steden bevordert de economische ontwikkeling en de internationale relaties, maar heeft ook schaduwkanten. Zo importeren welvarende landen goederen die soms onder slechte omstandigheden zijn geproduceerd, zoals kleding uit naaiateliers in Bangladesh. Het goederentransport heeft daarnaast nadelen voor de gezondheid en het milieu. In Europa wordt een kwart van de broeikasgasemissies veroorzaakt door de sector verkeer

KLEDING IN MILJOEN EURO



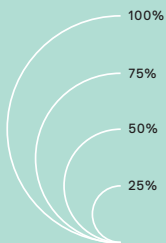
BLOEMEN EN BOLLEN IN TON



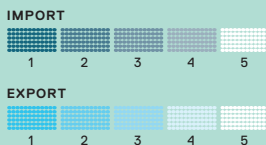
VASTE BRANDSTOFFEN IN TON



AANDEEL IN WERELDHANDEL



RANGORDE VAN REGIO (MET DE BELANGRIJKSTE LANDEN)

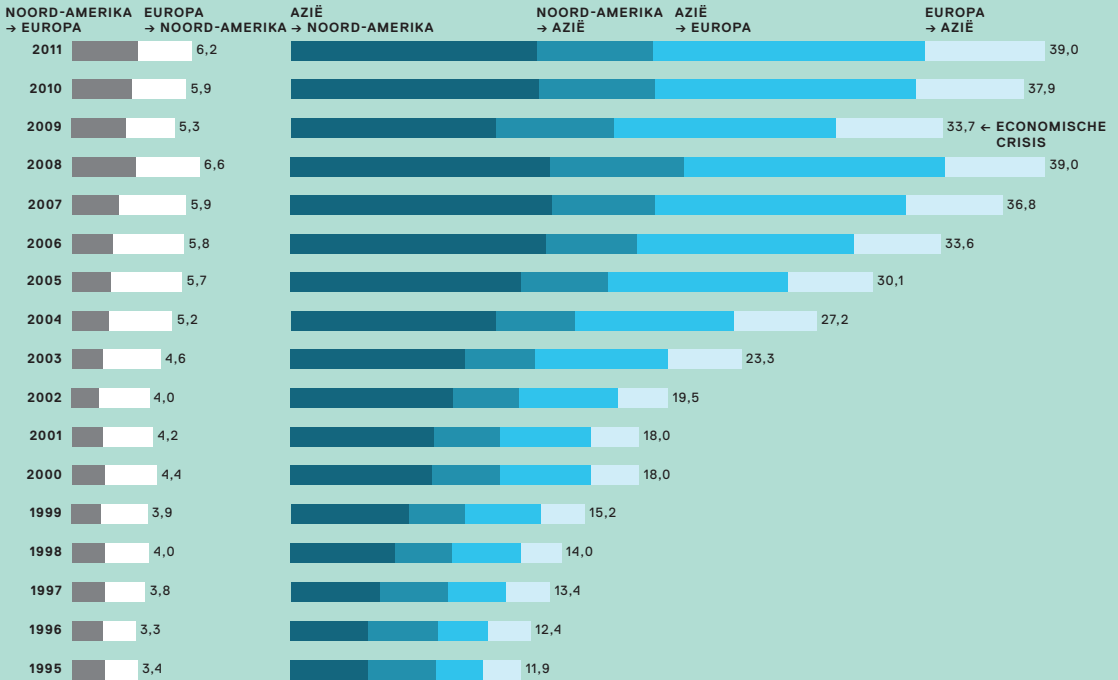


7.4 / DE AFSTAND TUSSEN PRODUCTIE EN CONSUMPTIE

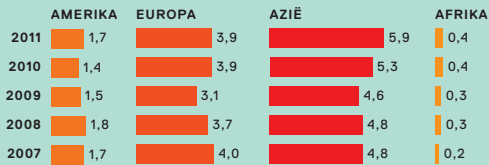
Wereldwijd is het goederentransport steeds goedkoper geworden. Vooral per schip zijn de transportkosten vrijwel verwaarloosbaar. Veel productie is mede daardoor verplaatst naar landen met lage loonkosten. De mondiale handel stimuleert economische ontwikkeling, met als schaduwzijden de soms slechte arbeids- en leefomstandigheden ter plekke, en de milieukosten van het transport.

Bron: CBS – bewerking PBL

INTERCONTINENTAAL CONTAINERVERVOER OP DE BELANGRIJKSTE HANDELSVERBINDINGEN IN MILJOEN TEU (TWENTY-FEET EQUIVALENT UNITS)



AAN- EN AFVOER CONTAINERS OP HAVEN ROTTERDAM IN MILJOEN TEU



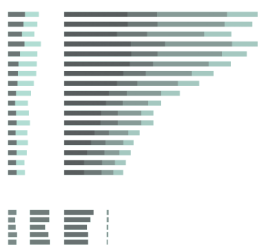
7.5 / GOEDERENSTROMEN IN VERANDERING

De intercontinentale goederenstromen groeien, en het zwaartepunt verschuift. Vooral het transport van en naar Azië is spectaculair toegenomen. Aziatische megasteden investeren dan ook op grote schaal in zee- en luchthavens. Rotterdam behoudt een solide aandeel. Onzekere factoren voor de toekomst zijn onder meer kwetsbare vaarroutes (Panama, Suez), en oplopende brandstofkosten.

Bronnen: Havenbedrijf Rotterdam, UNCTAD – bewerking PBL

en vervoer. Hiervan is meer dan 70 procent toe te schrijven aan wegvervoer, waarvan rond 40 procent aan goederenwegvervoer en rond 60 procent aan personenwegvervoer. Internationale lucht- en zeevaart veroorzaken samen 23 procent van de emissies in de sector verkeer en vervoer, maar zijn de snelst groeiende bronnen van broeikasgasemissies in de EU. Ondanks internationale afspraken en technische innovaties nemen de broeikasgasemissies door de sterke groei van de sector verkeer en vervoer nog steeds toe.

7.5 / GOEDERENSTROMEN IN VERANDERING



De mondiale goederenstromen groeien niet alleen, hun zwaartepunt is ook aan het verschuiven. Terwijl het aantal vervoerde containers tussen Europa en Noord-Amerika sinds 1995 is verdubbeld, is het aantal tussen Europa en Azië verviervoudigd. In de Aziatische megasteden wordt op grote schaal geïnvesteerd in de aanleg en uitbreiding van zeehavens en luchthavens, die in de mondiale economie een groter deel van de omzet naar zich toe kunnen trekken.

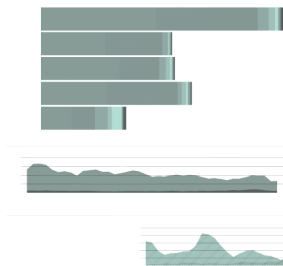
Het is de vraag in hoeverre de Aziatische investeringen zullen renderen. Momenteel is onduidelijk in welke mate de globalisering in de toekomst zal doorzetten. Kwetsbare vaarroutes (Panama, Suez), piraterij en mogelijke nieuwe vaarroutes (langs de Noordpool) dragen bij aan deze onzekerheid. Oplopende grondstof- en brandstofkosten kunnen leiden tot een andere kostenopbouw, waarin transportkosten weer zwaarder wegen en loon- en productiekosten minder zwaar. Nog een ongewisse factor is het eventueel beprijzen van CO₂ (CO₂-tax), ook voor lucht- en scheepvaart.

De appel uit Zeeland kan dan zomaar weer goedkoper zijn dan de Nieuw-Zeelandse.

08 BOUWMATERIAAL

Een huis lijkt statisch en onverwoestbaar. Een bestendig bouwwerk in de dynamische stedelijke omgeving waarin alles beweegt en verandert. Toch heeft ieder gebouw zelf ook een dynamische kant; het is onderdeel van een omvangrijke stroom van bouwmaterialen. Het is dat ten minste twee keer: bij de bouw en bij de sloop, en ook bij tussentijdse verbouwingen.

8.1 / EEN HUIS IS NIET ALLEEN VAN STEEN



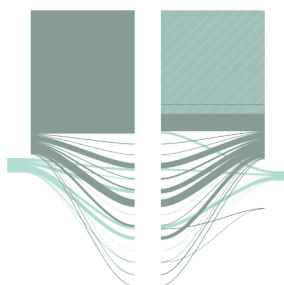
De benodigde hoeveelheid bouw materiaal hangt af van de bouw methode en het soort woning. Voor een tussenwoning van beton met bakstenen gevels is (in gewicht) zo'n 75 procent meer materiaal nodig dan bij houtskeletbouw met een houten gevelbekleding. En voor een vrijstaande woning is bijna twee keer zoveel materiaal nodig als voor een appartement. In een standaard nieuwe tussenwoning is meer dan 100 ton bouw materiaal verwerkt: zand, grind en cement (grondstoffen voor beton) maken hier met meer dan driekwart het grootste deel van uit. Daarnaast zijn er nog hoeveelheden baksteen, gips, hout, staal, glas en isolatiemateriaal in verwerkt. De aangevoerde hoeveelheid aarde, zand, grind en tegels voor de bijbehorende tuin is daarbij niet meegerekend. Ook niet meegerekend is het ophoogzand dat in het lage deel van Nederland moet worden gestort voordat de bouw kan beginnen; per woningkavel is gemiddeld 450 ton ophoogzand nodig. Verder gaat er nog circa 10 procent materiaal tijdens het bouwproces verloren, omdat het bijvoorbeeld beschadigd raakt of over blijft.

Per persoon is het materiaalgebruik voor woningbouw de afgelopen eeuw sterk toegenomen. De gemiddelde woning is groter geworden en er wonen steeds minder mensen in een woning. Daarnaast is de hoeveelheid materiaal per vierkante meter woning toegenomen doordat er meer beton wordt toegepast. Alles bij elkaar staan er op dit moment 7,3 miljoen woningen in Nederland, waarin naar schatting zo'n 1,2 miljard ton aan bouwmaterialen is verwerkt.

Behalve voor woningen is er ook bouw materiaal nodig voor kantoren, scholen, bedrijven, dijken en infrastructuur. Hiervoor is bijna twee keer zoveel nodig. Van al het beton in 2010 is 28 procent gebruikt voor de woningbouw, 35 procent voor de utiliteitsbouw, 24 procent voor grond-, weg- en waterbouw en 14 procent voor herstel en verbouw. Grootverbruikers van met name ophoogmateriaal zijn (infrastructurele) werken zoals de Betuwelijn, de HSL, IJburg en de Tweede Maasvlakte. In totaal is er jaarlijks zo'n 150 miljoen ton bouwstoffen nodig.

Behalve voor uitbreiding van het bebouwd gebied is de stroom bouwmaterialen ook nodig voor renovatie en vervanging van verouderde gebouwen die worden gesloopt. Tussen 1997 en 2011 zijn ruim een miljoen woningen gebouwd en 200.000 woningen gesloopt. In dezelfde periode is er ruim 16 miljoen vierkante meter nieuw kantoorvloeroppervlak gerealiseerd en bijna 2 miljoen vierkante meter aan de voorraad onttrokken.

8.2 / MATERIAAL UIT EIGEN LAND EN ZEE



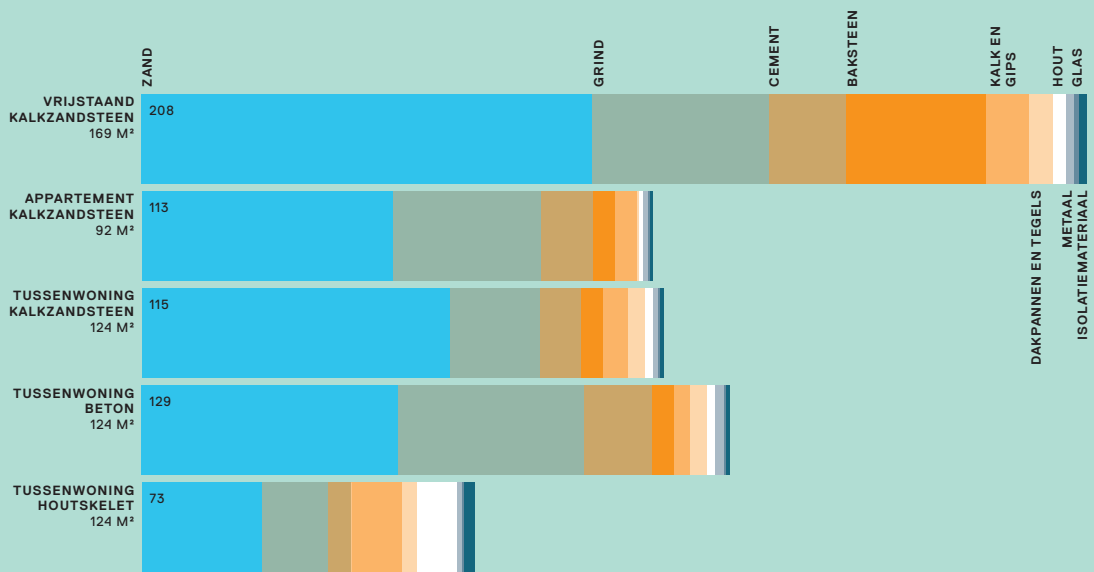
Nederland kan een groot deel van het bouw materiaal uit eigen land halen, zoals zand, grind en klei. Uit de Noordzee wordt per jaar ongeveer 60 miljoen ton zand gewonnen; exclusief de zandwinning voor de Tweede Maasvlakte. Zo'n 35 miljoen ton wordt gebruikt als ophoogzand op land en ruim 25 miljoen ton om de kust te onderhouden.

Andere bouwmaterialen moeten worden geïmporteerd, zoals hout en (grondstoffen voor de productie van) staal. Van het geïmporteerde tropisch hardhout (bijna 300.000 ton in 2010) wordt ruim twee derde in de Nederlandse bouw gebruikt. Dit hout is vooral afkomstig uit Maleisië, Brazilië, Indonesië en Kameroen. IJzererts komt vooral uit Brazilië, Canada, Zweden, Australië en Zuid-Afrika. Bijna driekwart van de geïmporteerde 34 miljoen ton ijzererts wordt doorgevoerd.

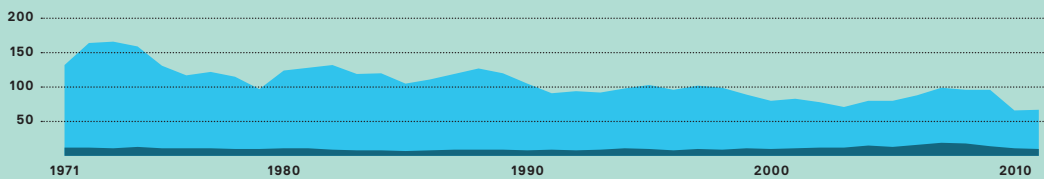
De aanleg van de Tweede Maasvlakte bij Rotterdam (2008-2013) is een grootverbruiker van bouwmaterialen. Hier is in totaal ruim 435 miljoen ton materiaal aangevoerd. De grote bulk was zand: 430 miljoen ton, waarvan 90 procent voor de kust is gewonnen. Daarnaast is er bijna 0,2 miljoen ton klei gebruikt en kwam er 5 miljoen ton aan breuksteenkeien uit Noorwegen.

Steeds vaker wordt in de bouw gebruik gemaakt van gerecyclede grondstoffen zoals hergebruikt staal en betongranulaat. Daarnaast worden ook reststoffen uit de industrie toegepast als vervanging van primaire bouwmaterialen. Voorbeelden zijn het gebruik van vliegashoudstof en hoogovenslakken voor de productie van cement en het gebruik van bodemas uit kolencentrales als wegfundering. Afgegraven grond die

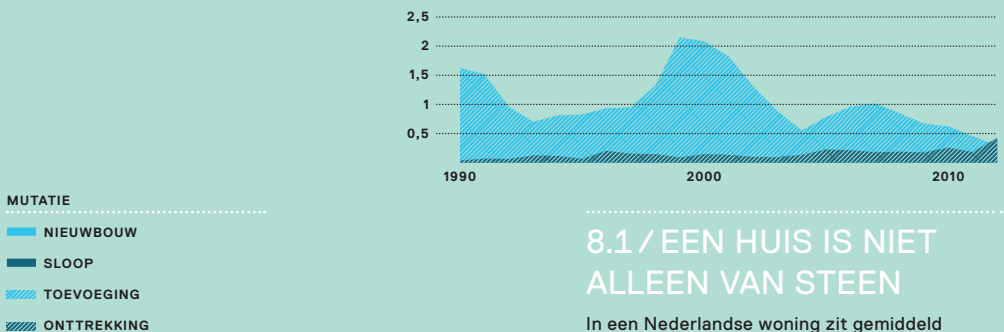
BOUWMATERIALEN VAN VERSCHILLENDE WONINGTYPEN IN TON (NEDERLAND, 2013)



WONINGEN IN NEDERLAND: NIEUWBOUW EN SLOOP IN DUIZENDEN WONINGEN PER JAAR



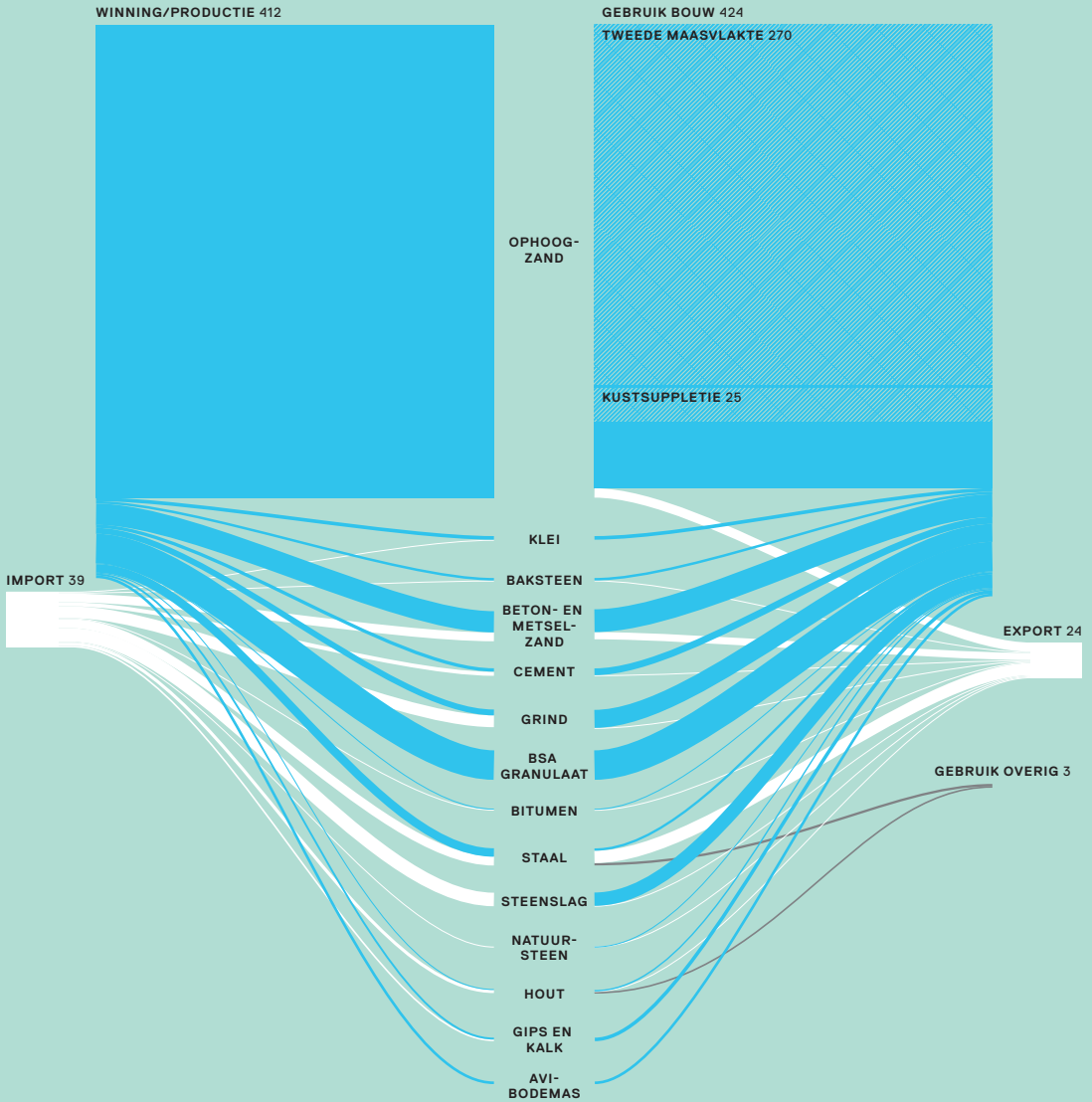
KANTOORRUIMTE IN NEDERLAND: TOEVOEGING EN ONTTREKKING IN MILJOEN M² VERHUURBAAR VLOEROPPERVERLAK



8.1 / EEN HUIS IS NIET ALLEEN VAN STEEN

In een Nederlandse woning zit gemiddeld 130 ton bouw materiaal verwerkt, de 450 ton ophoogzand niet meegerekend. In de woningbouw is veel bouw materiaal nodig en in de utiliteitsbouw en grond-, weg- en waterbouw nog tweemaal zoveel. Wanneer gebouwen worden gesloopt, worden de materialen veelal hergebruikt.

Bronnen: Agentschap NL, Bak, CBS, CE Delft, DGMR, MRPI, Nationale Milieudatabase – alle bewerkt door PBL



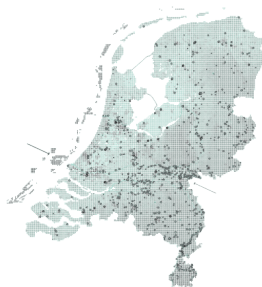
8.2 / MATERIAAL UIT EIGEN LAND EN ZEE

Zand, granulaat van bouw- en sloopafval en klei komen grotendeels uit Nederland zelf en uit de Noordzee. Ophoogzand is nodig om te bouwen in het laagland, voor het kustonderhoud en voor megaprojecten als de Tweede Maasvlakte. Grind, steenslag, hout en natuursteen zijn grondstoffen die grotendeels worden ingevoerd.

Bronnen: CBS, CBS/PBL & WUR, CE Delft, KNB, Probos, Stichting Bouwen met Staal, VBW-asfalt, World Steel Association – alle bewerkt door PBL

tijdens bouwactiviteiten vrijkomt op de ene plek wordt via de grondbank, en na eventuele reiniging, later weer nuttig toegepast op een andere plek.

8.3 / WIE BOUWT MOET GRAVEN



De belangrijkste bouwmaterialen komen uit Nederland zelf. Zand, grind en klei zijn karakteristieke grondstoffen van een rivierdelta en ze zijn in grote hoeveelheden aanwezig. Maar de winningsmogelijkheden zijn beperkt.

In de loop van duizenden jaren voerden de zee en rivieren samen ongeveer 225 miljard kubieke meter zand, klei en veen aan dat op het land werd afgezet; 80 procent uit zee en 20 procent uit de rivieren. Dat is genoeg om heel Nederland met een laag van 6 meter dik te bedekken. Aan deze natuurlijke aangroei kwam ongeveer duizend jaar geleden een eind, toen de mens begon met de aanleg van zee- en rivierdijken. De dijken houden het land droog maar houden ook het sediment tegen. In de afgelopen eeuwen is het Nederlandse laagland hierdoor naar schatting 13 miljard kubieke meter materiaal misgelopen. Dat is tweemaal het volume van het IJsselmeer.

Toch is er juist nu grote behoefte aan materiaal om het laagland op peil te houden. De bodem daalt door ontwatering, veenoxidatie en inklinking, en de daling tikt nog harder aan doordat de zeespiegel stijgt. Om de bodemdaling en de zeespiegelstijging te compenseren zou Nederland jaarlijks met 140 miljoen kubieke meter moeten worden opgehoogd. Dat is niet realistisch; Nederland is daardoor steeds sterker afhankelijk van kunstmatige bescherming zoals dijken.

Terwijl er al duizend jaar maar weinig zand en klei meer bijkomen, worden er wel veel van deze oppervlaktedelfstoffen gewonnen. Dat laat opvallende sporen achter in het landschap: zandafgravingen, kleiputten, grindgaten en groeven. Vanouds liggen veel van de wingebieden langs de grote rivieren. Toen de verstedelijking en de (spoor)wegaanleg versnelde, in de tweede helft van de 19e eeuw en opnieuw na de Tweede Wereldoorlog, werden er diepe zandgaten gegraven dicht bij de nieuwe stads- en dorpsuitbreidingen en de aan te

leggen snelwegen. Tussen 1960 en 2010 verdubbelde de oppervlakte bebouwd gebied en infrastructuur tot zo'n 15 procent van het landoppervlak. Nederland is bezaaid met honderden van deze afgravingen, die zich met water vullen en soms wel 40 meter diep zijn.

Sommige zandputten zijn van het begin af aan ontworpen om een recreatieplas te worden; andere werden het na verloop van tijd vanzelf. Enkele naoorlogse voorbeelden zijn de Sloterplas en de Gaasperplas bij Amsterdam, het Valkenburgse Meer bij Leiden, de Maarsseveensche Plassen bij Utrecht, de Hoornse Plas bij Groningen en de Albaplas bij Apeldoorn. Een ouder voorbeeld is de IJzeren Man bij Vught, gegraven vanaf 1868.

Minder zichtbaar, maar niet minder ingrijpend, is overigens de zandwinning in de Noordzee en het IJsselmeer. Zandwinning concurreert hier met bijvoorbeeld natuur, windmolenparken, kabels en leidingen en scheepvaart.

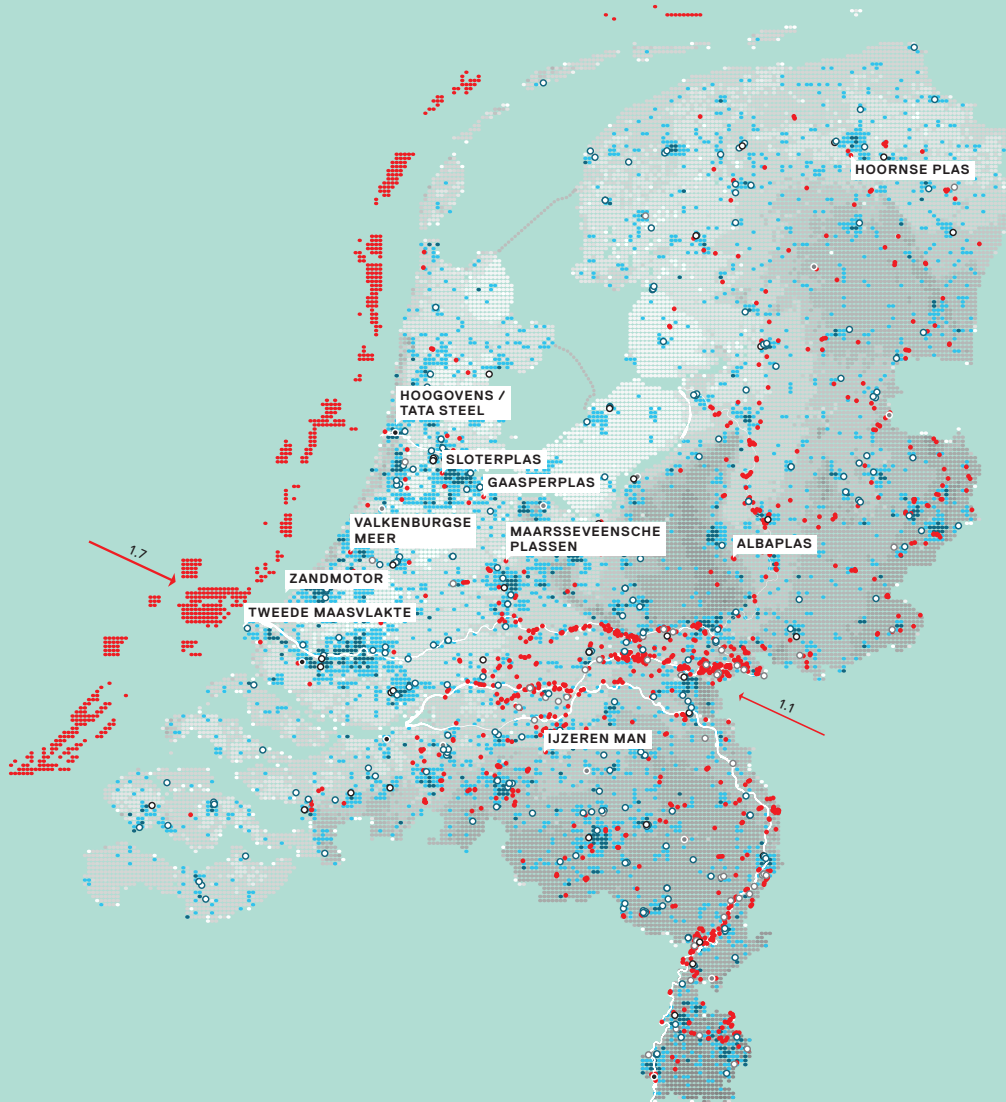
Afgravingen vormen de contramal van de groeiende steden en dorpen. Wat er op de ene plaats bijkomt, gaat er op de andere plaats af. Door de zandafgraving tegelijkertijd te bestemmen tot recreatiegebied voor de nieuwe stedelingen, is ook de contramal tot onderdeel van de stad gemaakt.

8.4 / DE WERELD BOUWT DOOR



Ook wereldwijd is er een enorme vraag naar bouwmaterialen. Die zal in de komende decennia nog sterk groeien, naarmate de bevolkingsomvang, de welvaart en het woonoppervlak per persoon en per huishouden toenemen. Er moet tot 2050 worden bijgebouwd om 2,7 miljard nieuwe stedelingen te huisvesten. In 2050 zal ruim twee derde van de wereldbevolking in stedelijk gebied wonen. In 2010 was dit iets meer dan de helft van de wereldbevolking. Ook wordt veel van de bestaande bebouwing in hoog tempo afgeschreven en vervangen.

Vooral in Azië is de vraag naar bouwmaterialen groot. De verstedelijking gaat hier in een veel hoger tempo dan in de westerse wereld. Verder neemt ook hier als gevolg van steeds minder personen per huishouden en de welvaartsgroei het materiaalgebruik per persoon sterk toe. Zo groeide het



FABRIEK (2012)

- ASFALT
- BETON
- CEMENT
- KALKZANDSTEEN
- STEEN

NATUURLIJKE AFZETTING VAN ZAND IN DE MONDING VAN RIJN EN MAAS IN MILJOEN TON PER JAAR



BEOUWING EN INFRASTRUCTUUR

- 1960 ■ 2010
- ZANDWINNING
- AFGRAVING OF GROEVE

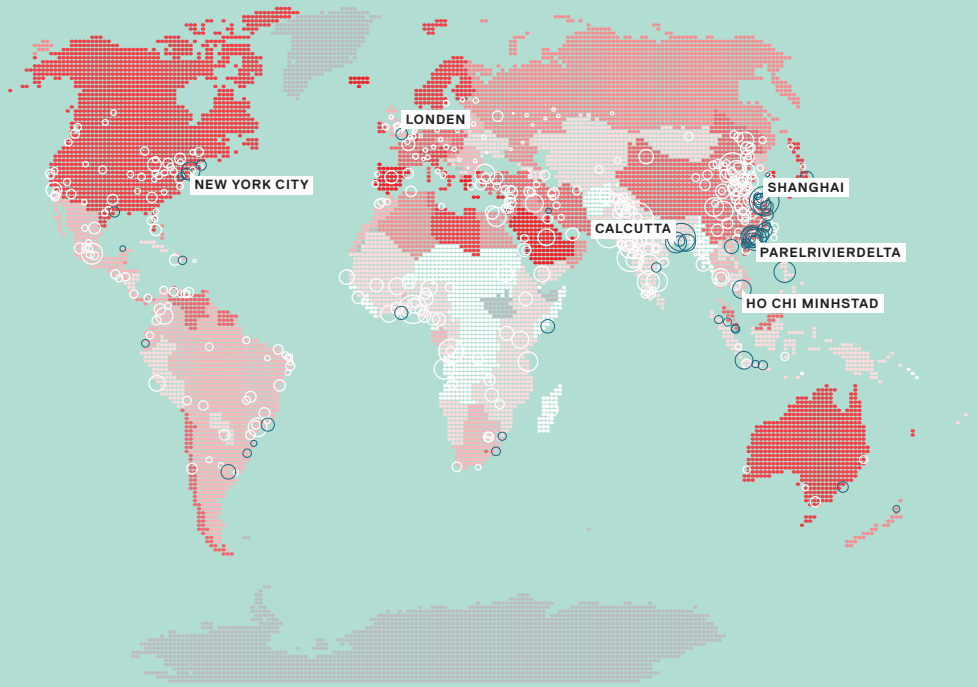
HOOGTE IN METER



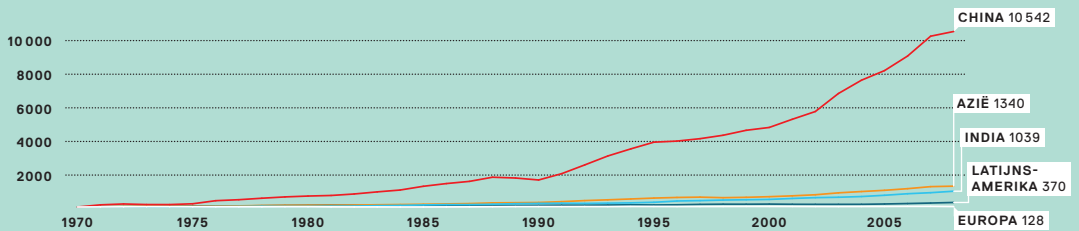
8.3 / WIE BOUWT MOET GRAVEN

Eeuwenlange winning van zand, klei en grind heeft het landschap veranderd. Nederland kent honderden voormalige winputten, waarvan sommige worden gebruikt als recreatieplas. De natuurlijke aanvoer van sediment (zand, klei, grind) is intussen vrijwel tot stilstand gekomen sinds de mens het land met dijken van de rivieren en de zee heeft gescheiden.

Bronnen: Alterra, CBS, LISA, RWS
- alle bewerkt door PBL



GEBUIK VAN MINERAAL BOUWMATERIAAL (INDEX 1970=100)



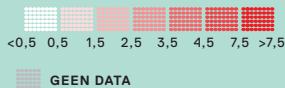
STEDELIJKE AGGLOMERATIES (>1 MILJOEN INWONERS IN 2010)

TOENAME AANTAL INWONERS (2010-2025)



○ KUSTSTEDEN MET HOOG OVERSTROMINGS-RISICO

GEBUIK VAN MINERAAL BOUWMATERIAAL IN TON PER PERSOON PER JAAR (2000)



8.4 / DE WERELD BOUWT DOOR

Bevolkingsgroei, welvaartsstijging en een snelle cyclus van sloop en nieuwbouw leiden in de komende decennia tot een enorme bouwactiviteit, wereldwijd en vooral in Azië. Er komt een grote druk te liggen op de economisch aantrekkelijke, toch al dichtbevolkte delta-gebieden, die kwetsbaar zijn door verminderde sedimentstromen, bodemdaling en overstromingsrisico's.

Bronnen: CSIRO & UNEP, Eurostat, Institute of Social Ecology Vienna, Steinberger et al., UN – alle bewerkt door PBL

gebruik van minerale bouwmaterialen in China vanaf 1970 met meer dan een factor 100.

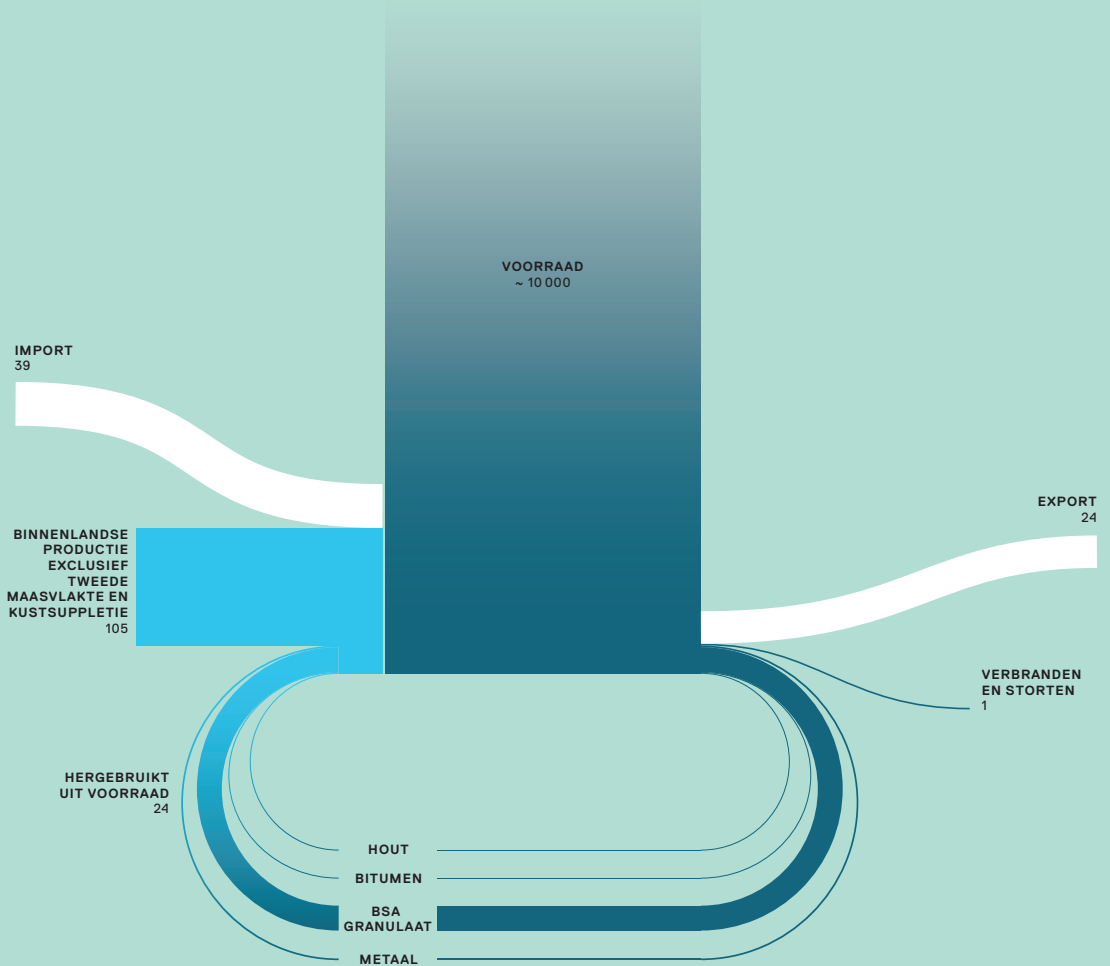
Het probleem van de verminderde sedimentstromen en de bodemdaling speelt niet alleen in Nederland maar ook in andere dichtbevolkte en intensief gebruikte deltagebieden en kuststreken. Ze zijn kwetsbaar als de klimaatverandering doorzet en de zeespiegel stijgt en extreme stormen vaker voorkomen. Dat geldt voor megasteden en economische kerngebieden overal ter wereld, zoals New York, Londen, Calcutta, Ho Chi Minhstad, Shanghai en de Parelrivierdelta. In veel gevallen is de sedimentaanvoer extra afgenomen doordat stroomopwaarts dammen zijn gebouwd die de doorstroming verhinderen.

8.5 / DE STAD ALS WINPLAATS



Tot 2050 zet de mondiale bevolkingsgroei en verstedelijking door, en is telkens een aanvoer van nieuw bouw materiaal nodig. In veel Europese landen daarentegen, is de grote bevolkingsgroei achter de rug en ligt er een stabiele of zelfs krimpende bevolking in het verschiet. De noodzaak om daar steden en infrastructuur verder uit te breiden neemt dan waarschijnlijk af. De huidige leegstand van kantoren is daar mogelijk een voorproefje van. Het zwaartepunt in de bouw kan verschuiven van nieuwbouw naar beheer, behoud, onderhoud, verbouwing, transformatie en herbestemming.

Gebruik en hergebruik worden belangrijker dan nieuwbouw. Als er toch wordt gesloopt voor vervangende nieuwbouw, dan kan het bestaande bouw materiaal worden hergebruikt. Meer dan 95 procent van het staal en steenachtige materiaal uit Nederlands sloopafval wordt al hergebruikt of gerecycled; het steenachtige materiaal veelal voor ophogen of fundering maar ook steeds meer als vervanging van primaire grondstoffen bij de productie van beton. Het staal wordt hergebruikt of omgesmolten tot nieuw staal. De stad is een mijn, een *urban mine*, waar kostbare grondstoffen kunnen worden herwonnen. Steden zouden grotendeels zelfvoorzienend kunnen worden.



8.5 / DE STAD ALS WINPLAATS

Nu de bevolkingsomvang in Europa zal stabiliseren of zelfs krimpen, kan het zwaartepunt in de bouw verschuiven van groei en nieuwbouw naar behoud en hergebruik. Voor de bouwactiviteiten wordt grootschalig hergebruik van sloopmateriaal zoals staal aantrekkelijk. De 'gebouwde voorraad' van de stad is een onuitputtelijke mijn waaruit kostbare grondstoffen kunnen worden herwonnen.

Bronnen: CE, VBW-asfalt, CBS, CBS/PBL & WUR, KNB, Probos, Stichting Bouwen met Staal, World Steel Association – alle bewerkt door PBL

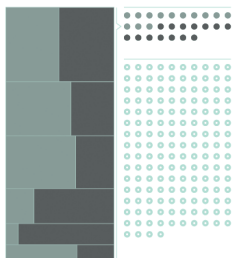
Nu al neemt de totale hoeveelheid staal in de gebouwde omgeving van bijvoorbeeld de Verenigde Staten nauwelijks meer toe. Met een voorraad van bijna 11 ton staal per inwoner is een soort verzadigingspunt bereikt en kan de bestaande voorraad voorzien in de behoefte aan nieuw staal.

Hergebruik is ook interessant vanwege de beperking van het energiegebruik en de daarmee gepaard gaande CO₂-uitstoot. Bouwactiviteiten zijn verantwoordelijk voor ongeveer 30 procent van de wereldwijde CO₂-uitstoot. Vooral bij materialen met een energie-intensief productieproces zoals staal en aluminium maakt dit veel verschil. Het maken van staal uit schroot kost ongeveer 45 procent minder energie dan het maken van staal uit ijzererts. Hoe langer staal en aluminium worden gebruikt en hoe vaker ze worden hergebruikt, hoe meer de oorspronkelijke energiekosten worden terugverdiend.

09 AFVAL

In de ideale kringloopwereld bestaat geen afval. Alles wat afval of vuilnis heet, is na gebruik gewoon weer grondstof voor de volgende ronde. Of er ooit een ideale kringloopwereld kan bestaan, is echter de vraag. Dieren, planten en vooral menselijke beschavingen laten sporen achter die niet in de volgende kringloop verdwijnen, maar lang daarna nog steeds terug te vinden zijn, van dinosaurusbotten tot asresten en potscherven.

9.1 / ZEVEN KEER HET LICHAAMSGEWICHT



Afval is van alle tijden. Maar de omvang en de samenstelling van de afvalstroom zijn dat niet: wereldwijd is er meer afval dan ooit tevoren en de omvang blijft groeien. Iedere Nederlander gooit per jaar gemiddeld 530 kilo afval weg. Dat is zeven keer het lichaamsgewicht van een volwassen Nederlander, en het is vier keer zoveel als in 1950. De laatste jaren is deze hoeveelheid overigens licht gedaald.

Van het huishoudelijk afval wordt 49 procent gescheiden ingezameld, waardoor er 51 procent restafval over blijft. De belangrijkste bestanddelen van het huishoudelijke restafval zijn Gft-afval (groente, fruit en tuin) en papier en karton. Van het weggegooid papier en glas wordt 60 procent gescheiden ingezameld, van het plastic slechts 13 procent.

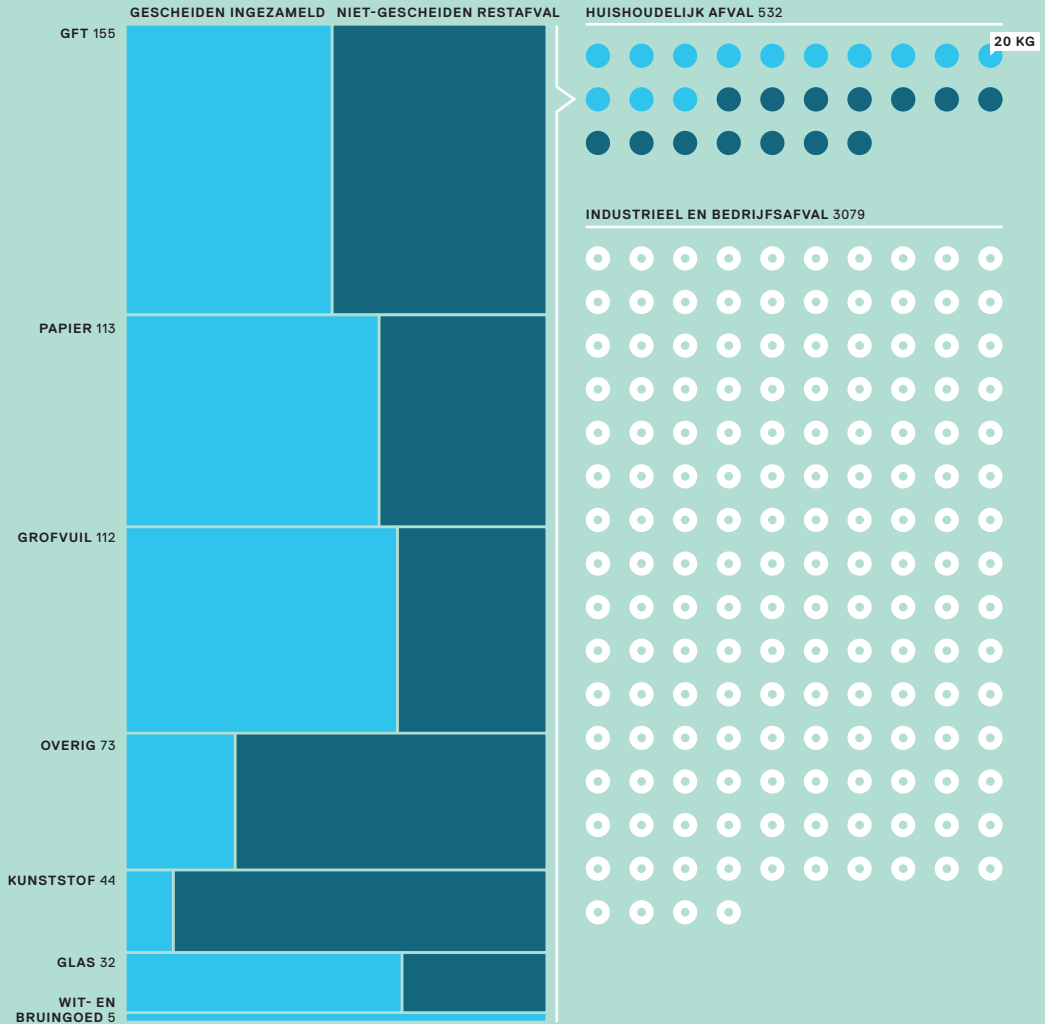
Een huishouden heeft tegenwoordig veel meer spullen dan vroeger, en gebruikt ze met een hogere omloopsnelheid. Producten als kleding en meubels worden minder vaak gerepareerd en hergebruikt dan vroeger. Veel producten zijn nu wegwerpartikelen, zoals luiers en plastic verpakkingsmateriaal. Sommige afvalstromen zijn juist kleiner geworden, zoals de kolenas die verdween doordat Nederland massaal van kolenstook op aardgas overging.

Er lijkt een verband te bestaan tussen economische voor- en achteruitgang en afvalproductie. In economisch mindere tijden stagneert de groei van de afvalstroom, met name tijdens de oliecrisis in de jaren zeventig, de recessie van de jaren tachtig en de periode na 2007.

Huishoudelijk afval is slechts het topje van de afvalberg. Het overgrote deel van de afvalproductie, 85 procent, komt van bedrijven. Omgerekend is dat nog eens ruim 3000 kilo afval per persoon per jaar.

9.2 / OPPERUIMD STAAT NETJES

In Nederland lijkt de verwerking van afval een opgelost probleem, mede dankzij een verfijnde logistiek. Terwijl het huisvuil omstreeks 1980 nog op grote schaal op stortplaatsen terecht kwam, wordt het nu goed georganiseerd gerecycled

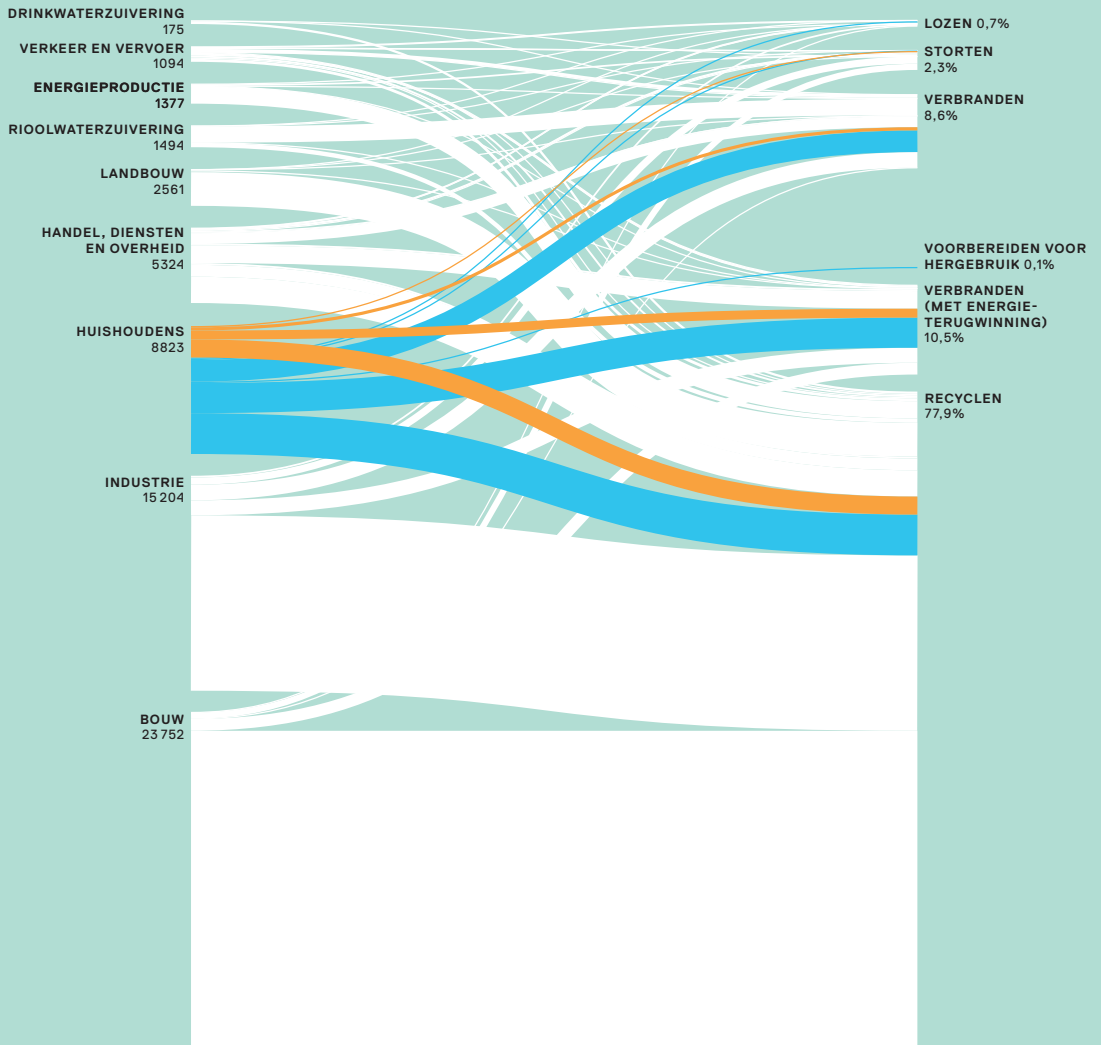


- SOORT AFVAL
- GESCEIDEN INGEZAMELD
 - NIET-GESCEIDEN RESTAFVAL
 - INDIRECT

9.1 / ZEVEN KEER HET LICHAAMSGEWICHT

Nederlanders gooien per jaar gemiddeld 530 kilo afval weg, vier keer zoveel als in 1950. Het afval wordt voor een deel gescheiden ingezameld, vooral papier, glas en grofvuil. Huishoudens leveren overigens maar een bescheiden deel van de totale Nederlandse afvalberg; 85 procent komt van bedrijven.

Bronnen: CBS/PBL & WUR, RWS, RWS – bewerking PBL



SOORT AFVAL

- GROF HUISHOUDELIJK AFVAL
- FIJN HUISHOUDELIJK AFVAL
- OVERIG

9.2 / OPPERUIMD STAAT NETJES

In Nederland lijkt de verwerking van afval een opgelost probleem. Driekwart van alle afval wordt gerecycled. De rest wordt grotendeels verbrand, waarbij elektriciteit wordt opgewekt. Er wordt nauwelijks nog gestort en geloosd, zoals dertig jaar geleden gebruikelijk was. De Nederlandse afvalverbrandingsbedrijven importeren zelfs afval uit Londen en Zuid-Italië.

Bronnen: CBS/PBL & WUR, RWS – bewerking PBL



en verbrand. Ook grote schandalen met industrieel afval behoren tot het verleden. Voor een paar dubbeltjes per persoon per dag komen we op een cleane en correcte wijze van ons afval af.

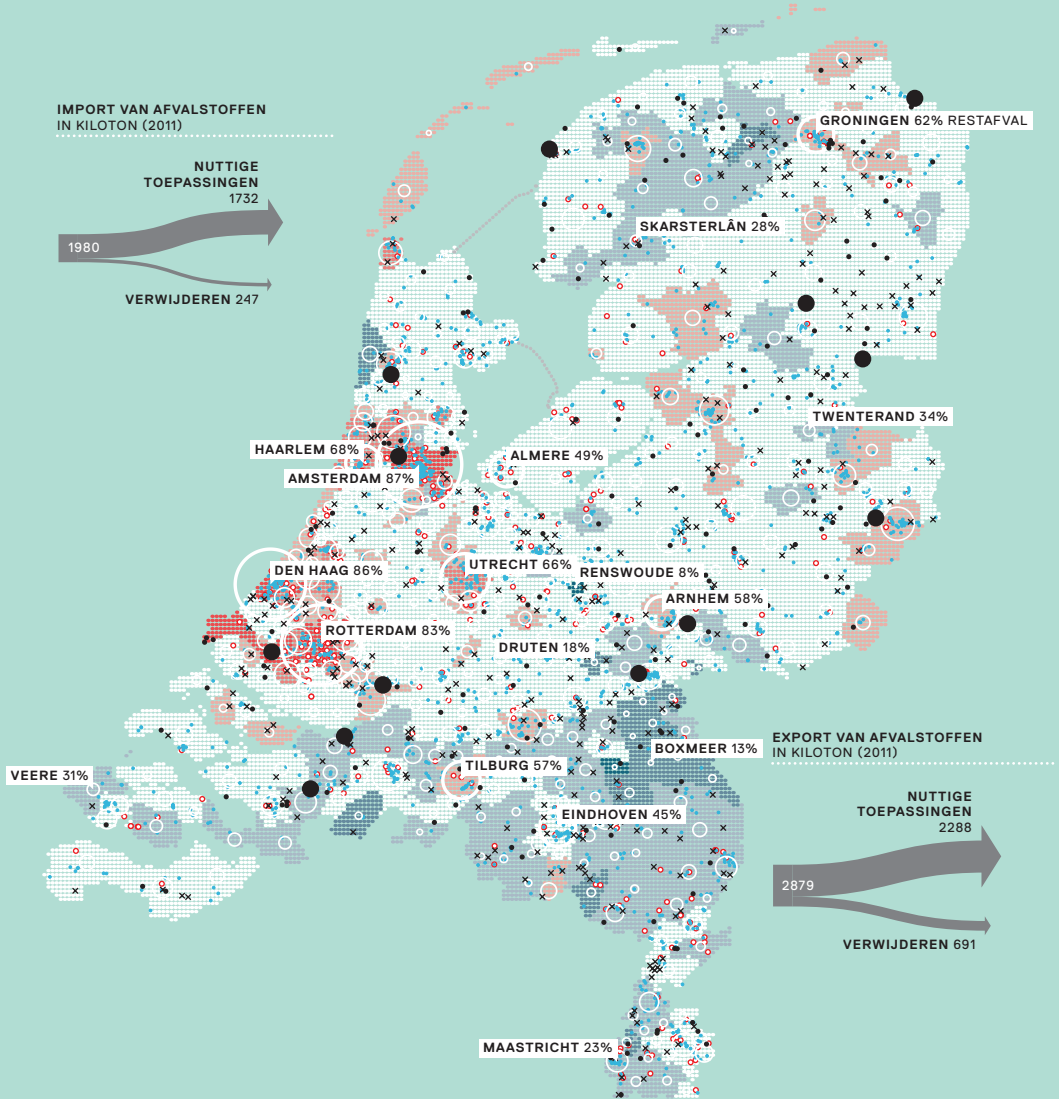
Sterker: er gebeurt iets nuttigs mee. Meer dan driekwart wordt gerecycled. Een vijfde gaat naar verbrandingsinstallaties waar een deel wordt gebruikt om elektriciteit en warmte op te wekken. Slechts 2 procent van het Nederlands afval wordt gestort.

De afvalverwerking is zo voortvarend aangepakt, dat de Nederlandse verbrandingsinstallaties inmiddels een overcapaciteit kennen. Dat betekent dat de huidige capaciteit van Nederlandse verbrandingsinstallaties groter is dan het binnenlandse aanbod van te verbranden afval; ze kunnen afval uit andere landen importeren. Zo wordt in de haven van Rotterdam ook afval uit Londen en Zuid-Italië verbrand. Omdat in Nederland met het verbranden van afval energie wordt opgewekt, is dit vanuit een Europees perspectief goed voor het milieu, omdat het anders in de landen van herkomst zou worden gestort. Naast energie levert afvalverbranding ook geld op voor de Nederlandse economie. Dat gebeurt vooral als de ovens continue afval kunnen verbranden. Dit brandbare afval zou echter ook kunnen worden hergebruikt. Hier lijkt dus sprake te zijn van een 'lock-in': de bestaande afvalverbrandingsinstallaties willen graag afval blijven verbranden en energie opwekken, maar zitten daarmee meer recycleren wel in de weg.

9.3 / STEDEN VERSPILLEN AFVAL



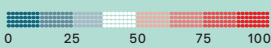
De groei van de afvalstromen is vooral een stedelijke kwestie. Niet alleen omdat de stedelijke bevolking zeer snel toeneemt, maar ook omdat stedelingen wereldwijd per persoon twee tot vier keer zoveel afval produceren als plattelandsbewoners. Op het platteland zijn mensen over het algemeen armer, waardoor er minder geconsumeerd wordt en het aandeel hergebruik en recycling hoger is. In 1900 produceerden alle stedelingen ter wereld samen 300.000 ton afval per dag. Honderd jaar later is dat tien keer zoveel, 3 miljoen ton per



HUISHOUDELIJK RESTAFVAL IN TON (2011)



HUISHOUDELIJK RESTAFVAL IN PROCENT (2011)



HAARLEM 68% AANDEEL IN %

LOCATIES VAN AFVALVERZAMELING EN -VERWERKING

- INZAMELING AFVAL
- HERGEBRUIK/ TWEEDEHANDSWINKEL
- STORTPLAATS
- × VOORMALIGE STORTPLAATS
- AFVALVERBRANDINGS-INSTALLATIE

9.3 / STEDEN VERSPILLEN AFVAL

Hergebruik, afvalscheiding en recycling helpen mee om de hoeveelheid restafval te verkleinen. Hergebruik is gemakkelijker geworden door digitale varianten van tweedehands handel, zoals Marktplaats. Gescheiden huisvuilinzameling heeft tot nu toe meer succes in kleinere gemeenten dan in de grote steden. In de steden is dus nog de grootste recyclingswinst te behalen.

Bronnen: CBS, LISA – alle bewerkt door PBL

dag, en in 2025 zal dat naar verwachting nog eens zijn verdubbeld tot 6 miljoen ton per dag.

Deze hoeveelheden betekenen een grote belasting voor de stedelijke leefomgeving, vooral in minder ontwikkelde landen waar het afval niet ordelijk wordt verwerkt. In landen waar veel mensen onder de armoedegrens leven, leidt de enorme afvalstroom tot schrijnende toestanden. In de sloppenwijken van sommige steden is afval alom aanwezig op straat. En er zijn mensen voor wie de uitgestrekte vuilstorten van de wereldsteden hun dagelijkse woon- en werkomgeving vormen.

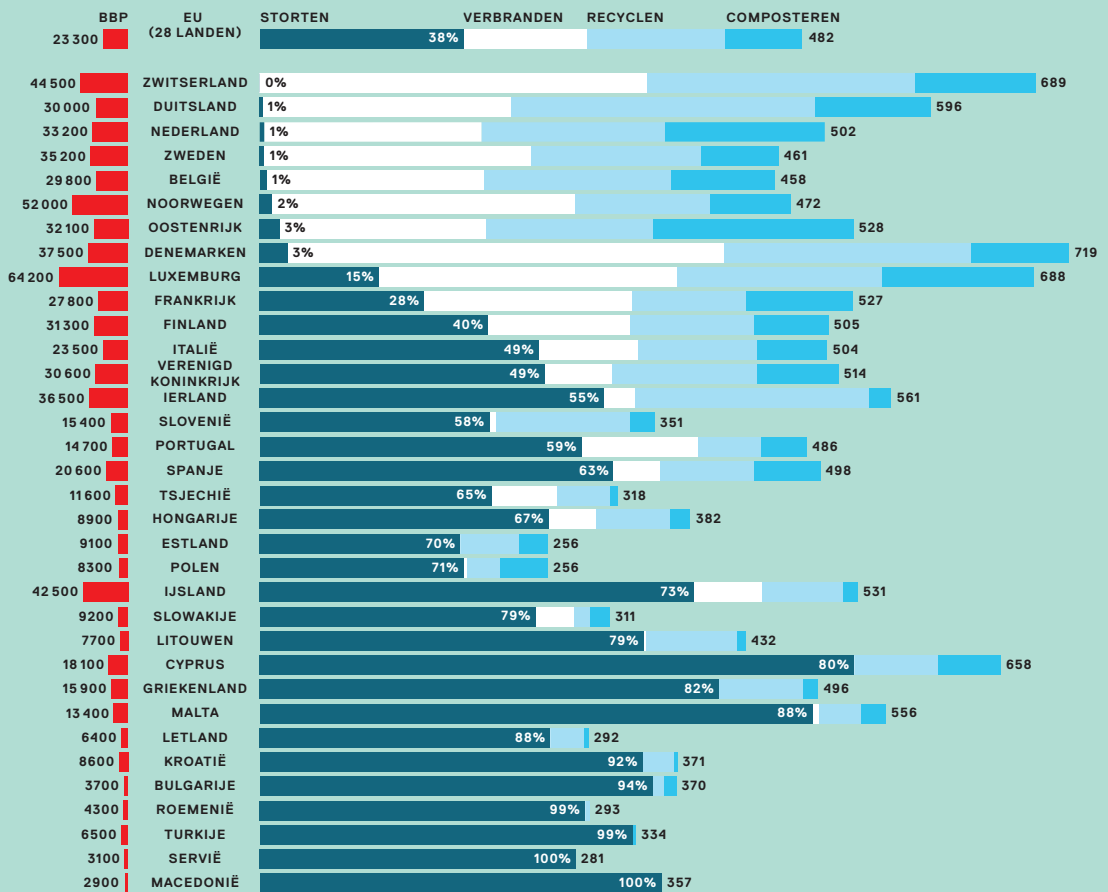
In Nederlandse steden is de verwerking van afval inmiddels wel goed geregeld. Afvalscheiding en hergebruik zijn succesvolle manieren om de hoeveelheid restafval te verkleinen. Veel Nederlandse gemeenten kennen gescheiden afvalverzameling en 'milieustraten'. Ook het hergebruik van artikelen wordt populairder, vooral door de opkomst van digitale varianten van verkopen, delen en huren (zoals Marktplaats).

In Nederland gebeurt afvalscheiding en hergebruik, globaal gezegd, meer op het platteland en in kleinere steden dan in de grote steden, waar een groter deel van plastic en gft-afval naar verbrandingsinstallaties gaat. In de steden valt daarom in de sfeer van recycling nog het nodige te winnen.

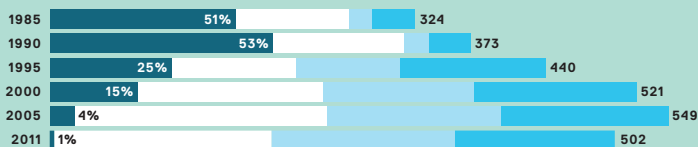
9.4 / VAN STORTEN EN VERBRANDEN NAAR RECYCLEN



Er zijn binnen Europa aanzienlijke verschillen in de hoeveelheid en de behandeling van afval. Welvarende landen zoals Nederland produceren per persoon meer huishoudelijk afval dan minder welvarende landen. Maar met het stijgen van de welvaart vindt er ook een transitie plaats van laagwaardige naar hoogwaardige verwerking. Er is een ontwikkeling te zien van ongecontroleerd storten naar gecontroleerd storten, van zomaar verbranden naar verbranden met energieteerugwinning, en naar meer recyclen. Welvarende landen streven ernaar de hoeveelheid stort en verbranding nog verder te verminderen; Nederland wil het in tien jaar tijd halveren.



GEMEENTELIJK AFVAL IN NEDERLAND IN KILO PER PERSOON PER JAAR



9.4 / VAN STORTEN EN VERBRANDEN NAAR RECYCLEN

In Europa produceren welvarende landen meer huishoudelijk afval per persoon dan minder welvarende landen. Met het stijgen van de welvaart verschuift de nadruk van laagwaardige naar hoogwaardige afvalverwerking. Recyclen wordt voor Europa vanuit economisch en geopolitiek oogpunt steeds interessanter. Dit vormt de basis voor een meer circulaire economie.

Bronnen: CBS/PBL & WUR, Eurostat

Recyclen wordt voor Europa ook vanuit economisch en geopolitiek oogpunt steeds interessanter. Europa is voor veel grondstoffen afhankelijk van andere landen, en deze grondstoffen worden in de toekomst waarschijnlijk schaarser en duurder als gevolg van de mondiale groei van bevolking en welvaart. Het is dus zaak om zuinig te zijn met de grondstoffen die Europa wel heeft, waaronder de grondstoffen die in omloop zijn in de vorm van een product of van afval.

Een groeiend aantal bedrijven en regio's streeft naar een 'circulaire economie', waarin de productiekringlopen zo veel mogelijk gesloten zijn. Dat betekent dat er al bij het ontwerp van een product rekening mee wordt gehouden dat de grondstoffen aan het einde van de levenscyclus van het product gemakkelijk moeten kunnen worden teruggewonnen. Afvalpreventie en hergebruik zijn de uitgangspunten. In een circulaire economie is ook een verschuiving denkbaar van bezit van producten naar gebruik van diensten, waardoor producten makkelijker hergebruikt kunnen worden.

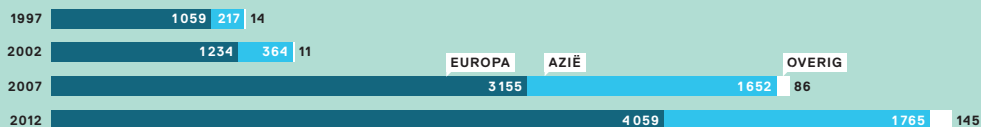
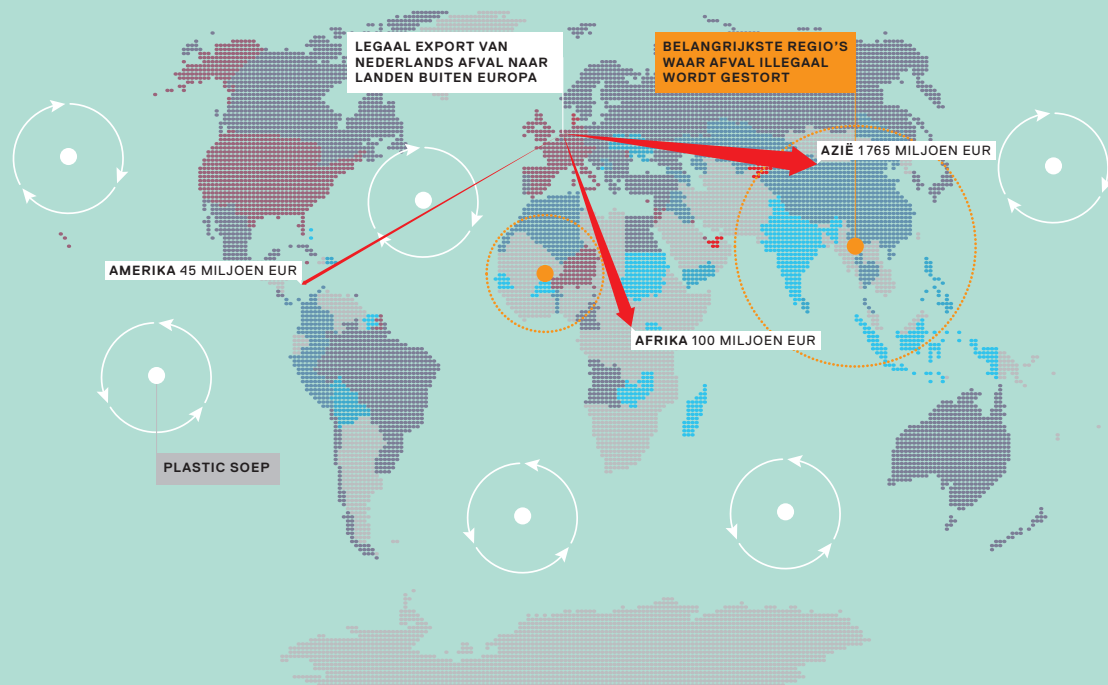
Een transitie naar een circulaire economie gaat verder dan verbranding en recycling van afvalstoffen. Het betekent dat afval niet langer als afval wordt gezien, maar als grondstof.

9.5 / AFVAL GAAT DE WERELD ROND



Wereldwijd leiden bevolkingsgroei en welvaartgroei tot aanzwellende afvalstromen. Door voortgaande verspreiding van afval komt de leefomgeving van mens en dier steeds meer onder druk te staan. Zo komt er veel plastic in natuurgebieden en oceanen terecht.

Afval biedt echter ook kansen. Als het beter wordt gerecycled en hergebruikt, kunnen we de waardevolle grondstoffen in afval beter benutten. Net als vroeger in Nederland gebruikelijk was, bestaat in veel arme landen een levendige informele cultuur van hergebruik. Door de tijd heen zijn van onderop inzamelingsstructuren ontwikkeld die een brede subeconomie van recycling in stand houden. Inmiddels gaat het niet alleen om lokaal afval maar ook om schroot, papier, plastic en afgedankte (onderdelen van) elektronische apparaten, ook wel e-waste genoemd, uit Nederland en andere



GEMEENTELIJK AFVAL IN KILO PER PERSOON PER JAAR (2009)



9.5 / AFVAL GAAT DE WERELD ROND

Alle stedelingen op aarde produceren samen 3 miljoen ton afval per dag, en die hoeveelheid blijft groeien. Vooral minder ontwikkelde landen hebben moeite hun afvalstromen te beheersen. Geïmporteerd afval, bijvoorbeeld e-waste, uit het westen maakt die beheersing nog moeilijker en kan tot gezondheidsproblemen leiden, omdat het giftige stoffen kan bevatten.

Bronnen: CBS, INECE, UNEP, UNSD
- alle bewerkt door PBL

westerse landen. Het verwerken van e-waste is financieel interessant omdat elektrische apparaten vaak waardevolle metalen als koper, nikkel, ijzer en zelfs goud bevatten. Het verwerken dient onder veilige omstandigheden te gebeuren, aangezien e-waste giftige stoffen kan bevatten. Volgens UNEP (het milieuprogramma van de Verenigde Naties) is de beschikbare data over e-waste echter gebrekkig en zijn er in armere landen, vooral in Afrika en Azië, ook stortplaatsen waar e-waste niet veilig wordt verwerkt.

Het inzicht in de voorraden en stromen van afvalmateriaal is op dit moment nog beperkt. Dat vormt een belangrijke hindernis voor een duurzamer gebruik van allerlei materialen en schaarse grondstoffen. Toonaangevende instanties zoals bijvoorbeeld de Wereldbank pleiten dan ook voor een betere registratie van het transport en het gebruik van materialen en grondstoffen. Ze leggen het initiatief hiervoor nadrukkelijk bij steden.

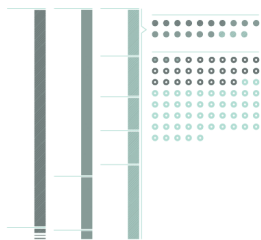
10 ENERGIE

'If the supply of energy failed, modern civilization would come to an end as abruptly as does the music of an organ deprived of wind.* De Engelse radiochemicus en Nobelprijswinnaar Frederick Soddy schreef dit honderd jaar geleden, maar het is ook nu van kracht: de menselijke beschaving, de hedendaagse manier van leven, vereist een ononderbroken aanvoer van energie. Het overgrote deel van de dagelijkse activiteiten is alleen maar mogelijk dankzij het verbruik van energie.

*Ruwe vertaling:

Als de energievoorziening faalt, stopt de moderne beschaving net zo abrupt als de muziek van een orgel zonder wind.

10.1 / ELKE DAG EEN VOLLE TANK

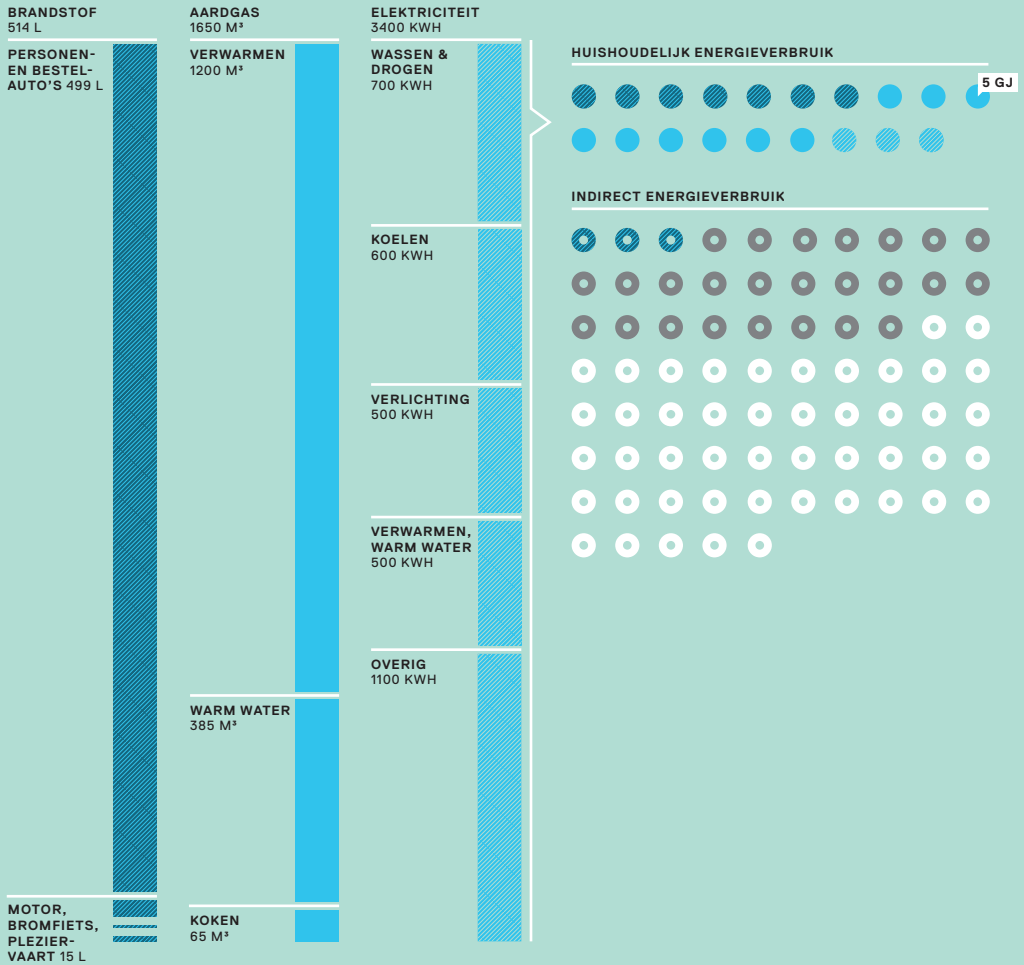


Thuis gebruikt een huishouden jaarlijks 57 gigajoule. Aardgas neemt hiervan driekwart voor zijn rekening (1500 kubieke meter) en elektriciteit een kwart (3400 kilowattuur). Gas wordt vooral gebruikt voor de verwarming van het huis en van water. Elektriciteit gaat merendeels op aan wassen en drogen. Een gemiddeld huishouden betaalt 1750 euro per jaar voor elektriciteit en gas. Dat is 6 procent van het besteedbaar inkomen, en voor huishoudens met een inkomen beneden modaal bijna 9 procent.

Ook buitenshuis verbruikt een huishouden een aanzienlijke hoeveelheid energie, vooral in de vorm van brandstoffen voor auto's, motoren, bromfietsen en pleziervaartuigen. Dit energieverbruik bedraagt 37 gigajoule per huishouden per jaar, wat overeenkomt met ruim 1100 liter benzine of diesel, oftewel bijna 2000 euro. De energierekening voor vervoer is dus hoger dan de energierekening thuis.

Het huishoudelijk gasverbruik neemt al jaren af, onder meer dankzij betere woningisolatie met spouwisolatie en dubbel glas. Het elektriciteitsverbruik neemt toe. Elektrische apparaten worden steeds zuiniger, maar hun aantal neemt toe en ze worden ook steeds groter. Hetzelfde geldt voor personenauto's: de motor werkt efficiënter maar meer mensen hebben een auto, de auto's werden (tot voor kort) zwaarder en mensen rijden er vaker en verder mee. Het totale energieverbruik van personenauto's is tussen 1990 en 2008 dan ook flink toegenomen; sindsdien stagneert de groei.

Naast het directe energieverbruik hebben huishoudens ook een groot indirect energieverbruik. Dat betreft de energie die nodig is geweest voor het maken van de producten die ze kopen en de diensten die ze gebruiken. Die energie zit 'verborgen' in alles wat mensen in huis halen, van een pot pindakaas en een tablet tot aan een online-aankoop die als pakketje thuis wordt bezorgd. Het indirecte energieverbruik is 372 gigajoule per huishouden per jaar, waarvan 138 gigajoule in Nederland wordt gegenereerd en 244 gigajoule in het buitenland.



HUISHOUDELIJK ENERGIEVERBRUIK INDIRECT ENERGIEVERBRUIK

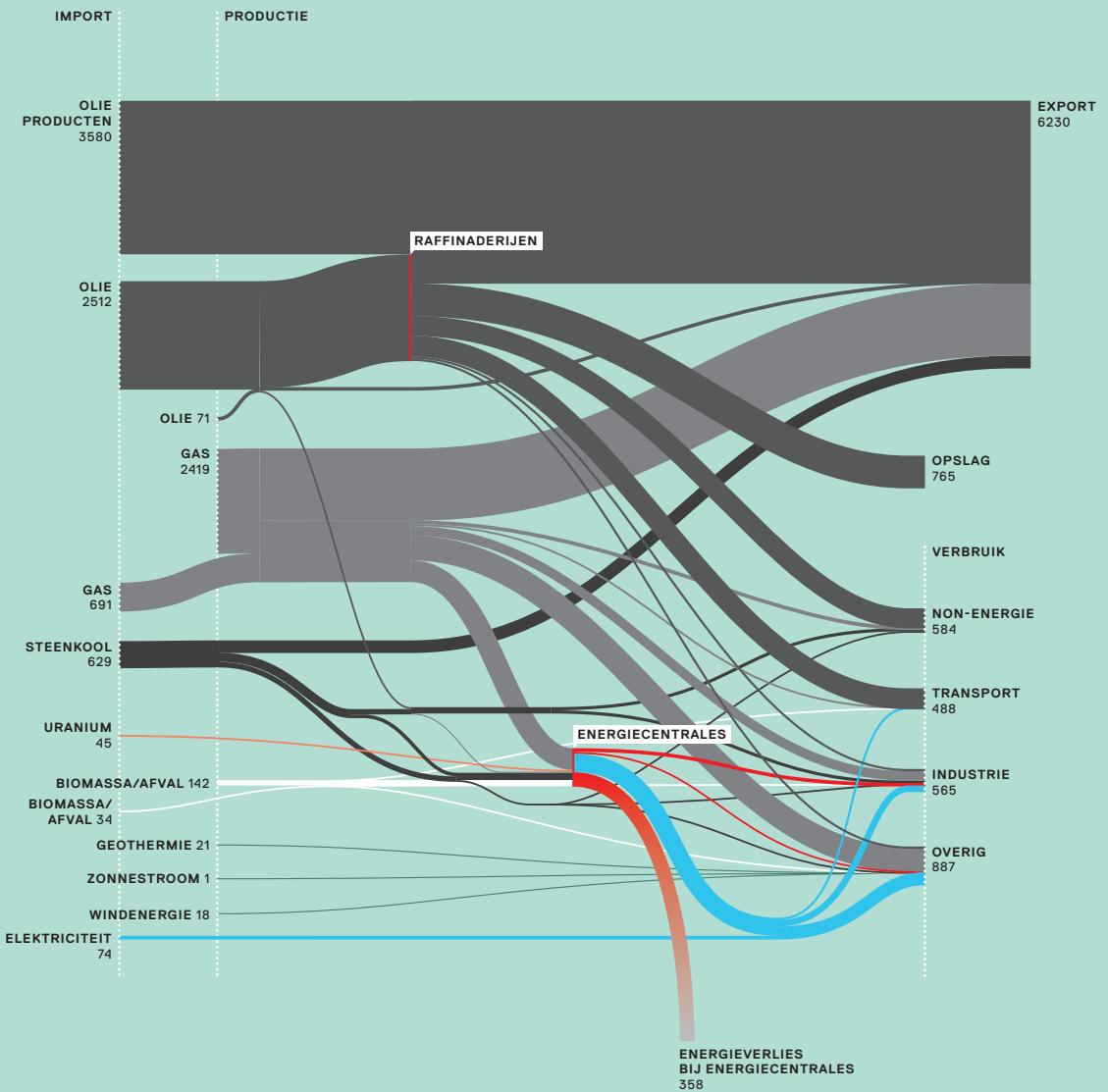
- BRANDSTOF
- AARDGAS
- ELEKTRICITEIT

- OPENBAAR VERVOER (INCLUSIEF VEER- EN TAXIDIENSTEN EN LUCHTVAART)
- PUBLIEKE EN PRIVATE CONSUMPTIE NEDERLAND
- BUITENLANDSE PRODUCTIE VAN GOEDEREN, TRANSPORT EN DIENSTEN

10.1 / ELKE DAG EEN VOLLE TANK

Een Nederlands huishouden verbruikt per jaar 466 gigajoule aan energie. Dit is net zoveel als 40 liter benzine per dag. Een vijfde hiervan is direct verbruik, thuis of onderweg. Een veel groter deel is 'verborgen' energieverbruik: dat is de energie die nodig was om alle producten te maken die een huishouden aanschaft.

Bronnen: CBS/PBL & WUR, WIOD



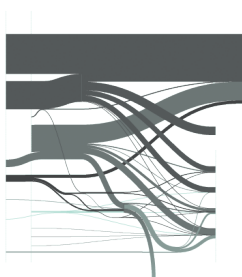
10.2 / NEDERLAND DRAAIT OP OLIE EN GAS

Olie en gas zijn de hoofdstromen van het Nederlandse energiesysteem. Ze worden in- en uitgevoerd en binnenslands omgezet in elektriciteit, warmte, beweging en diverse producten zoals plastics. Biomassa (bijvoorbeeld geïmporteerde houtsnippers of restproducten uit de landbouw), wind en zon voorzien voor 4 procent in de energiebehoefte.

Bron: IEA

Een Nederlands huishouden verbruikt in totaal per jaar 466 gigajoule aan energie; het directe en indirecte energieverbruik opgeteld. Dat komt overeen met de energiewaarde van ruim 40 liter benzine per dag.

10.2 / NEDERLAND DRAAIT OP OLIE EN GAS



Het Nederlandse energiesysteem is voor een groot deel afhankelijk van olie en gas. Nederland is daarnaast een belangrijk doorvoerland van fossiele brandstoffen; van olie, van gas en van kolen. De import van deze energiebronnen is driemaal zo groot als het binnenlands gebruik, en de export ruim twee maal zo groot.

Olie importeert Nederland vrijwel volledig. Ongeveer driekwart van de geïmporteerde olie wordt ook weer geëxporteerd, vaak na bewerking. De rest wordt hoofdzakelijk als grondstof en motorbrandstof gebruikt. Aardgas voor eigen gebruik komt voor ruim driekwart uit Nederland zelf, de rest is import. Nederland exporteert zowel gas uit eigen bodem als gas dat eerst is geïmporteed; in totaal exporteert Nederland jaarlijks een hoeveelheid gas die gelijk is aan twee derde van wat het uit de bodem haalt (al is het niet noodzakelijkerwijs hetzelfde gas). Nederland is dus zowel gasexporteur als gasimporteur.

Aan elektriciteit wordt veel minder energie over de grenzen uitgewisseld. Ten opzichte van het totale binnenlandse elektriciteitsverbruik is echter ook deze uitwisseling nog steeds aanzienlijk. Al deze cijfers kunnen van jaar tot jaar behoorlijk fluctueren.

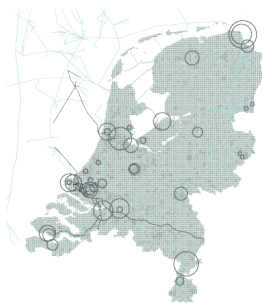
Olie en gas worden binnen Nederland omgezet in elektriciteit, warmte, beweging en diverse producten zoals plastics. Dergelijke omzettingen gebeuren in het groot in energiecentrales en fabrieken en in het klein in bijvoorbeeld verbrandingsmotoren en CV-ketels.

Biomassa en andere hernieuwbare bronnen leveren ook een bijdrage aan het energiesysteem, maar op veel kleinere schaal. Op dit moment voorzien biomassa, wind- en zonne-energie samen voor ruim 4 procent in de Nederlandse energiebehoefte.

Lang niet alle energie wordt nuttig toegepast, want bij iedere bewerking of omzetting treedt verlies van warmte op. Dat gebeurt in het klein bij een automotor, en in het groot bij een elektriciteitscentrale, die niet alleen stroom produceert maar ook veel warmte, die in de vorm van koelwater in de omgeving van de centrale wordt geloosd. In een elektriciteitscentrale gaat zo 40 procent van de energie verloren, in een benzinemotor zelfs 75 procent.

Veel van de rendementsverliezen zijn onvermijdelijk, maar niet alle. Zo is het mogelijk om een hoger rendement te halen door de restwarmte van energiecentrales te benutten in plaats van te lozen.

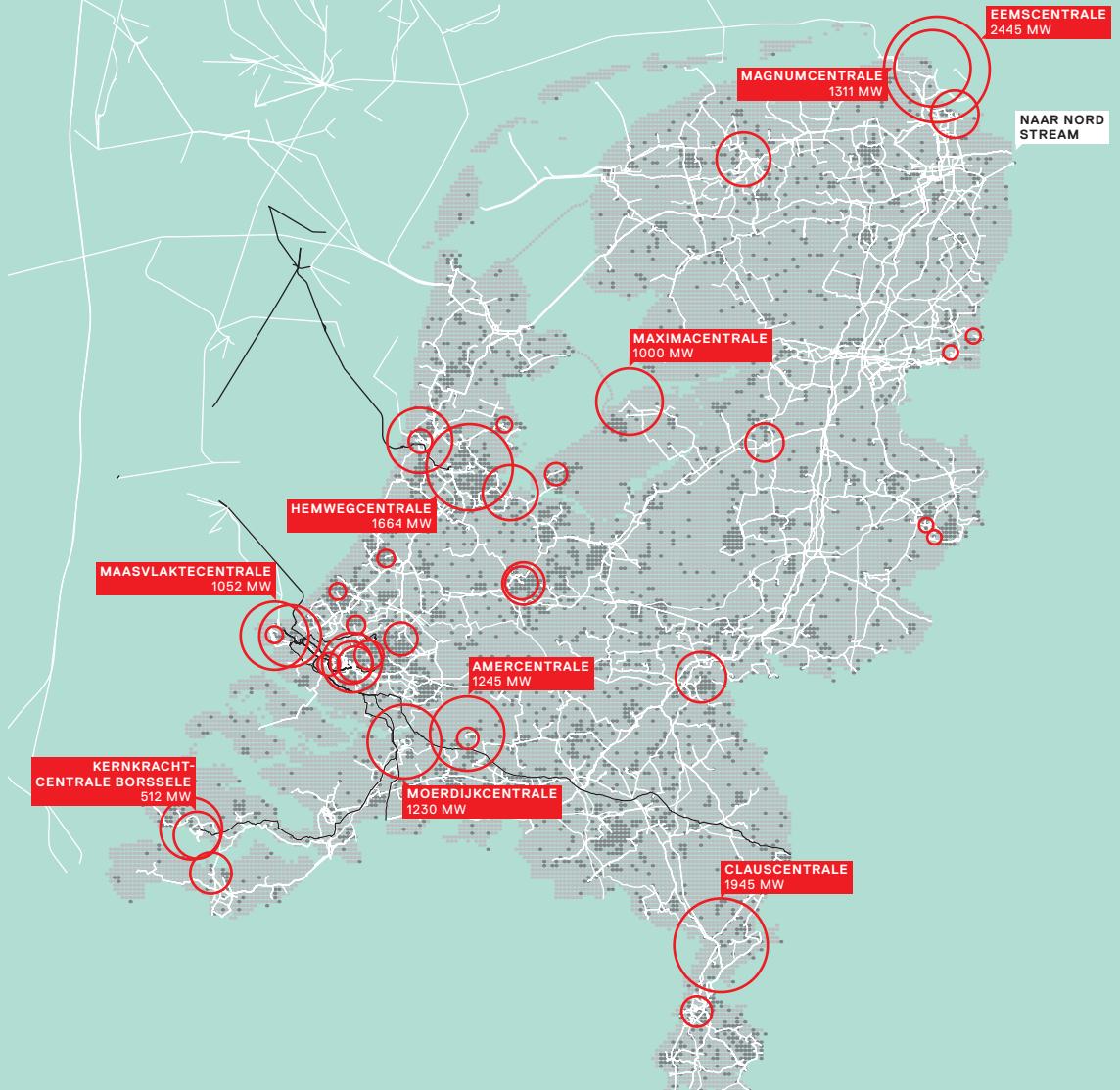
10.3 A / DE GASROTONDE



Nederland is een schakel in een wereldwijd energienetwerk en heeft een wijdvertakte infrastructuur door het hele land. De energie die Nederland verbruikt, komt behalve uit eigen land uit bronnen over de hele wereld: kolen uit Australië, gas uit Rusland, olie uit Saoedi-Arabië, biobrandstof uit Brazilië, elektriciteit uit Duitsland. Het komt per kabel, schip of pijpleiding het land binnen. Het gasnetwerk strekt zich uit van diep in de Noordzee tot ver over de grenzen van Europa, naar Iran, Rusland en Algerije.

Binnen Nederland wordt de energie via gasbuizen, warmtenetten en elektriciteitsdraden bij de gebruikers bezorgd, tot in elke zolderkamer en elke kelder van elk huis in Nederland. Het binnenlandse gasnet is 135.000 kilometer lang en het elektriciteitsnet ruim 300.000 kilometer.

De Nederlandse energie-infrastructuur is technisch van hoog niveau. Dat maakt het mogelijk om ook na een sterk verlaagde gaswinning in Nederland, een strategische positie in te nemen voor heel Noordwest-Europa. Aardgas en groen gas kunnen over deze zogeheten 'gasronde' worden rondgepompt en zelfs (tijdelijk) worden opgeslagen in ondergrondse velden.



ELEKTRICITEITSOPWEKKING IN MW GAS- EN AARDOLIENETWERK

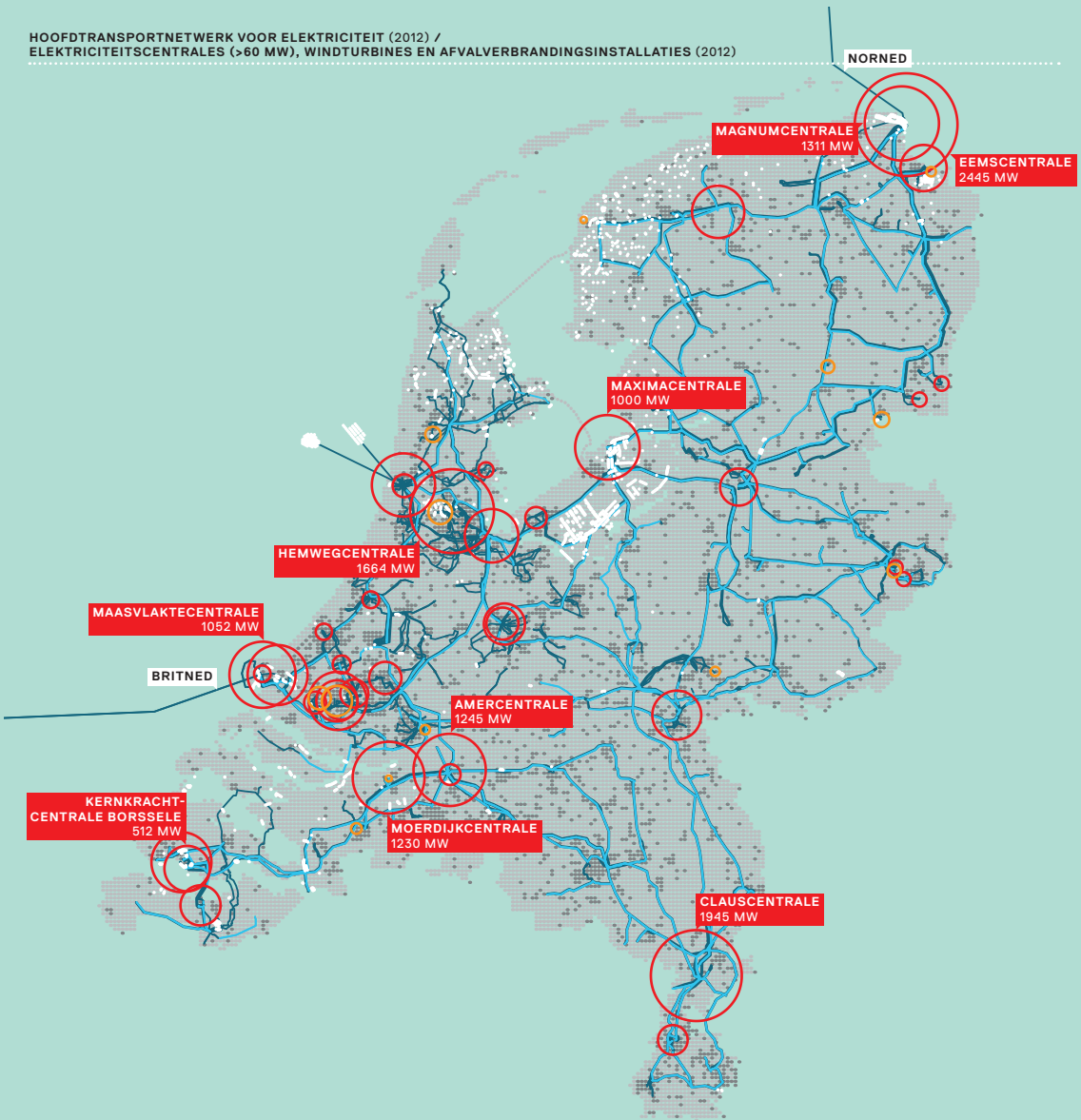


— GASLEIDINGEN
— AARDOLIELEIDINGEN
■ STEDELIJK GEBIED

10.3 A / DE GASROTONDE

De gasinfrastructuur in Nederland en op de Noordzee is wijdvertakt en hoogwaardig. Dat maakt het mogelijk om het interne gasnet economisch te benutten voor heel Europa. Nederland wordt een 'rotonde' voor de internationale distributie en opslag van gas en CO₂-stromen.

Bronnen: ECN, LISA – bewerking PBL, Risicoregister/RIVM – bewerking PBL



ELEKTRICITEITSCENTRALES



- ENERGIECENTRALES
- AFVALVERBRANDINGS-INSTALLATIES
- WINDTURBINES

ELEKTRICITEITSCENTRALES

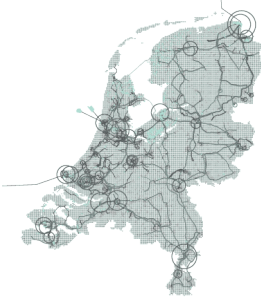
- HOOGSPANNINGSNETWERK BOVENGRONDS
- HOOGSPANNINGSNETWERK ONDERGRONDS
- STEDELIJK GEBIED

10.3 B / ELEKTRICITEIT GAAT STEEDS MEER DE GRENS OVER

Het Nederlandse elektriciteitsnetwerk verbindt de elektriciteitscentrales met eindgebruikers, van industrie tot huishoudens. Voor de nieuwe windparken is een belangrijke uitbreiding van het netwerk nodig, zowel op land als op zee. De infrastructuur voor elektriciteit wordt ook steeds internationaler, met meer handel over de grens met Duitsland en nieuwe verbinding naar Engeland.

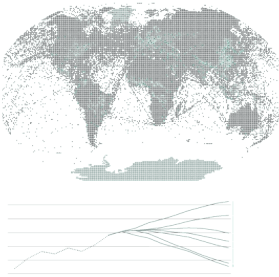
Bronnen: IDON, LISA, RWS, TenneT, Windenergie-nieuws – alle bewerkt door PBL

10.3 B / ELEKTRICITEIT GAAT STEEDS MEER DE GRENS OVER



De infrastructuur voor elektriciteit wordt, net als bij gas, steeds internationaler. Nu al wordt er stroom verhandeld tussen Nederland en de buurlanden, en op termijn moet het hele Europese marktgebied door een samenhangend netwerk worden bediend. Mede om die reden zijn onlangs verbindingen naar Noorwegen en Engeland aangelegd. Internationale uitwisseling helpt daarnaast bij het opvangen van de natuurlijke wisselingen in het aanbod van zon- en windenergie.

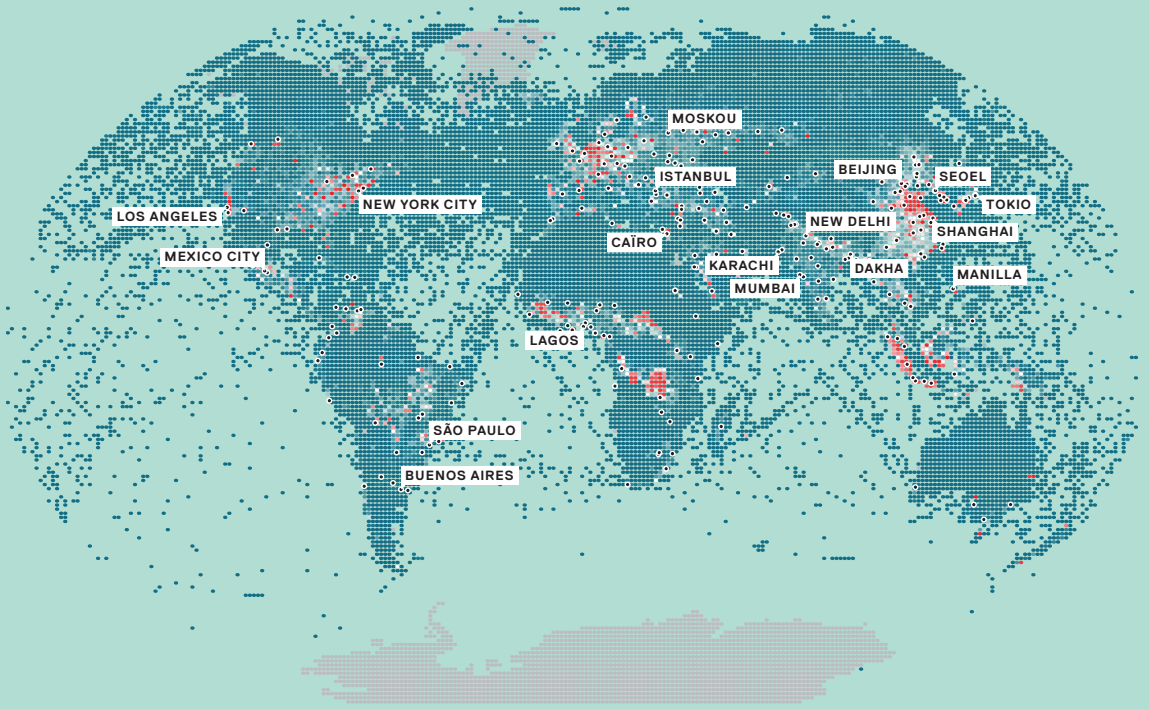
10.4 / CO₂ ALS BIJPRODUCT VAN WELVAART EN ARMOEDE



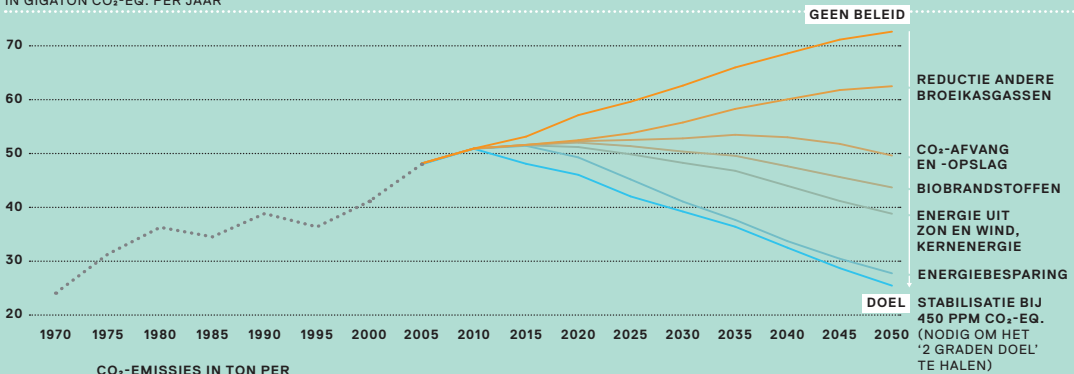
De internationale energievoorziening draait vooral op de fossiele brandstoffen kolen, olie en gas. In arme delen van de wereld wordt daarnaast op grote schaal hout gestookt. Een bijproduct van al deze brandstoffen is de uitstoot van kooldioxide (CO₂). Volgens de wetenschappelijke consensus leidt de verhoging van (onder meer) CO₂-concentraties door menselijke activiteit zeer waarschijnlijk tot opwarming van de aarde en haar atmosfeer. Deze opwarming heeft onherstelbare consequenties voor de ecosystemen, de landbouw en de steden.

Dat is een belangrijke reden om het energiesysteem ingrijpend te veranderen. Eenvoudig is dit niet, want de CO₂-productie is met veel menselijke activiteiten verweven.

De maatregelen die nodig zijn om de CO₂-uitstoot te verminderen, verschillen per land. Noord-Amerika, Europa en Australië hebben een hoge uitstoot die samenhangt met hun energie-intensieve welvaartspeil met een massaal gebruik van de auto en allerlei machines en apparaten. De opkomende economieën China en India hebben een hoge uitstoot doordat zij zich in korte tijd hebben ontwikkeld tot 'de fabriek van de wereld' met bijbehorend hoog energieverbruik. In Midden-Afrika komt de uitstoot juist voort uit armoede in combinatie met de snelle bevolkingsgroei. Hier worden grote



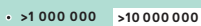
EFFECT VAN REDUCTIE-OPTIES OP DE MONDIALE UITSTOOT VAN BROEIKASGASSEN IN GIGATON CO₂-EQ. PER JAAR



CO₂-EMISSIES IN TON PER 0,1 GRAAD x 0,1 GRAAD (2005)



INWONERAANTAL VAN GROTE STEDEN (2010)



10.4 / CO₂ ALS BIJPRODUCT VAN WELVAART EN ARMOEDE

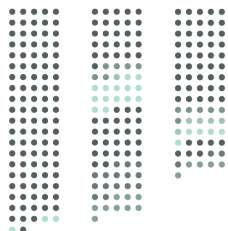
Kooldioxide (CO₂) komt vrij bij het gebruik van fossiele brandstoffen zoals kolen, olie en gas. Welvarende en economisch opkomende landen stoten veel CO₂ uit. In Afrika is de hoge uitstoot mede het gevolg van ontbossing en houtstook. Om de opwarming van de aarde tegen te gaan, moet de CO₂-uitstoot drastisch omlaag.

Bronnen: JRC, PBL

hoeveelheden steenkool en hout verbrand en grote gebieden worden ontbost voor de landbouw. Het energiegebruik ligt hier weliswaar lager, maar de CO₂-emissie is omvangrijk. Vanwege deze verschillen in de oorzaak zijn overal verschillende oplossingen nodig.

Alle ingrepen om de CO₂-productie terug te dringen worden samen wel de 'energietransitie' genoemd. Voor de energietransitie bestaat geen vast recept. Er zijn wel drie ingrediënten te noemen die per geval of gebied kunnen variëren. Het stoken van brandstof moet veel schoner worden, bijvoorbeeld door steenkool te vervangen door gas of duurzaam geproduceerde biomassa, en door de geproduceerde CO₂ niet in de atmosfeer te laten komen, maar af te vangen. Daarnaast is het nodig om meer 'koolstofarme' energie te produceren; in Europa kan dat energie zijn uit wind en zon, uit kerncentrales en stuwmeren, of uit aardwarmte (geothermie). En het is nodig om energie te besparen waar het kan; hoe minder er wordt verbruikt, hoe minder CO₂ er in de lucht komt.

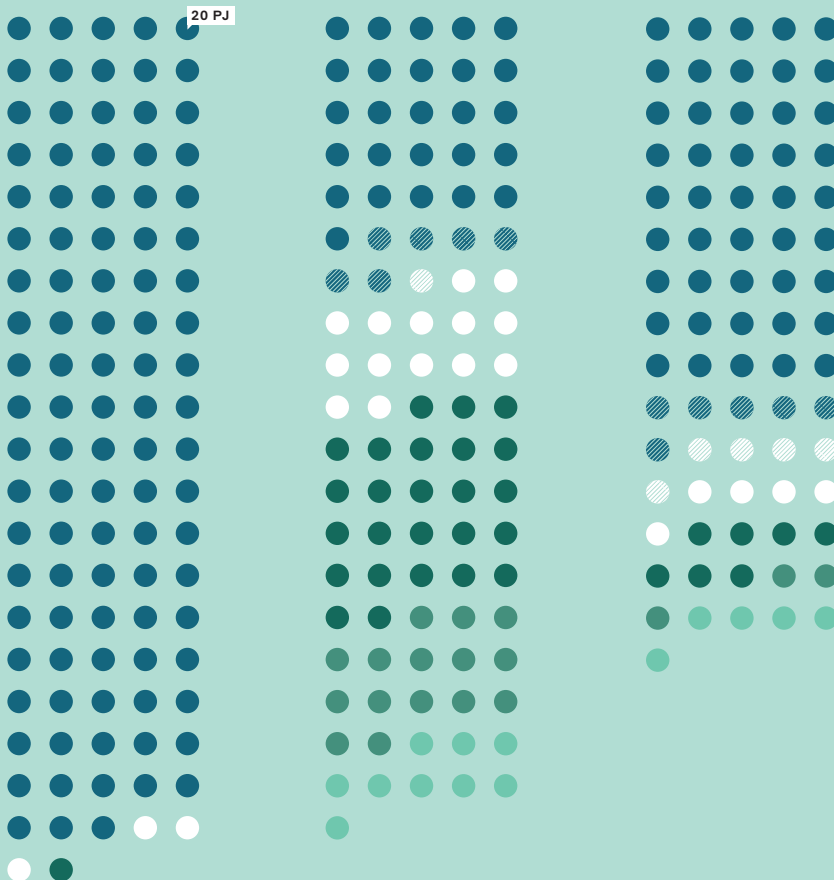
10.5 / EEN ENERGIEKE TOEKOMST



Om de opwarming van de aarde te beperken zijn er internationaal afspraken gemaakt om de CO₂-uitstoot te reduceren. In 2050 mag de mondiale CO₂-uitstoot nog de helft zijn van wat die in 1990 was. Van de ruim 200 landen op aarde voeren er 138 een klimaatbeleid, het ene verdergaand dan het andere. De Europese Unie streeft naar 80 tot 95 procent reductie in 2050. Ook Nederland moet dan flink terug in de uitstoot.

Het verminderen van de CO₂-uitstoot is moeilijk; het mondiale energieverbruik blijft naar verwachting fors stijgen, namelijk met 80 procent in de periode tot 2050. In Nederland zal de toename iets minder zijn, maar nog altijd 20 tot 50 procent als er niet bespaard wordt. Om dit groeiend energieverbruik te laten samengaan met een CO₂-reductie van 80 tot 95 procent moet het Europese energiesysteem radicaal veranderen.

Dat kan voor een deel door nog efficiënter met energie om te gaan. In de Nederlandse situatie is met de huidige technische middelen een besparing mogelijk van 30 procent



NEDERLANDS ENERGIEVERBRUIK (EXCLUSIEF GRONDSTOFFEN VOOR INDUSTRIE) (2012)

VARIANT 1: EEN CO₂-ARM ENERGIESYSTEEM IN 2050 DOOR VERGAANDE INZET VAN HERNIEUW-BARE ENERGIEBRONNEN

VARIANT 2: EEN CO₂-ARM ENERGIESYSTEEM IN 2050 DOOR VERGAANDE BESPARING EN VEEL CO₂-AFVANG EN -OPSLAG

ENERGIEBRON

-  FOSSIELE BRANDSTOF
-  FOSSIELE BRANDSTOF MET CO₂-AFVANG EN -OPSLAG
-  BIOMASSA MET CO₂-AFVANG EN -OPSLAG
-  BIOMASSA
-  WINDENERGIE
-  ZONNESTROOM
-  OMGEVINGSWARMTE

10.5 / EEN ENERGIEKE TOEKOMST

Om het doel van CO₂-reductie in Nederland te halen is een radicale energietransitie noodzakelijk. Hoe de energievoorziening in 2050 er precies uit zal zien is onzeker. In bepaalde mate zijn besparingen, de omschakeling naar niet-fossiele energiebronnen en CO₂-afvang en -opslag in ieder geval nodig.

Bron: PBL

ten opzichte van de autonome groei – 10 à 20 procent lager dan nu. Bijvoorbeeld met zuiniger auto's en besparingen in het warmteverbruik van de gebouwde omgeving door betere isolatie.

Maar dat is niet genoeg. Het is ook noodzakelijk om op een andere manier in de energiebehoefte te voorzien dan nu. Dat kan door elektriciteit op te wekken uit zon, wind en water, en eventueel uit kernenergie of biomassa. Of door bij het gebruik van fossiele brandstoffen de vrijkomende CO₂ af te vangen en dan te hergebruiken of op te slaan in de bodem.

Om de energietransitie tot een succes te maken moet er veel gebeuren. De inzet is nodig van alle bekende en beproefde middelen en bronnen – en die zijn allemaal problematisch. Sommige zijn bijvoorbeeld nu nog duur, zoals windenergie op zee. Andere zijn vanwege hun gevolgen voor de omgeving minder populair, zoals kernenergie, CO₂-opslag (CCS) en windenergie op land, waardoor het maar de vraag is of er maatschappelijk draagvlak voor zal komen.

Hoe de energievoorziening in 2050 er precies uit zal zien is onzeker, maar deze bouwstenen staan min of meer vast. Als er maar matig bespaard wordt en Nederland wil hoofdzakelijk op hernieuwbare bronnen draaien, dan moet er heel wat uit de kast worden gehaald. Veel meer biomassa, veel meer windenergie, veel meer zonnestroom en omgevingswarmte. Als daarentegen juist fors bespaard kan worden op het gebruik, dan zou Nederland het CO₂-doel ook kunnen halen met een groot aandeel fossiele brandstoffen, aangevuld met biomassa. De energiecentrales moeten dan echter grootscheeps inzetten op CO₂-afvang en -opslag. De inzet van CO₂-afvang en -opslag bij biomassa onttrekt CO₂ uit de atmosfeer. Met andere woorden, die combinatie kan de concentratie van CO₂ in de lucht per saldo omlaag brengen.

REFERENTIES

SLIMME STEDEN ZIJN
LERENDE STEDEN

- **Airoidi, M., L. Biscarini & V. Saracina (2010)**
The Global Infrastructure Challenge: Top Priorities for the Public and Private Sectors, Milaan: Boston Consulting Group.
- **Angel, S. (2012)**
Planet of cities, Cambridge, MA: the Lincoln Institute of Land Policy.
- **The Arts Council of Great Britain (1987)**
Le Corbusier: Architect of the Century, catalogus bij de tentoonstelling, Hayward Gallery, London (5 maart–7 juni 1987).
- **Ausubel, J.H. & R. Herman (eds.) (1988)**
Cities and Their Vital Systems: Infrastructure, Past, Present, and Future, Washington DC: National Academy.
- **Barber, B.R. (1984)**
Strong Democracy: Participatory Politics for a New Age, Oakland: University of California Press.
- **Berman, M. (1983)**
All that is solid melts into air. The experience of modernity, London: Verso.
- **Biswas, A.K. & P. Brabeck Letmathe (2014)**
The Third World's Drinking Problem, Project Syndicate, 23 februari 2014, www.project-syndicate.org.
- **Chakrabarti, V. (2013)**
A Country of Cities: A Manifesto for an Urban America, Metropolis Books.
- **CPCB (Central Pollution Control Board) (2013)**
Performance evaluation of sewage treatment plants under control of NRCD, Delhi: Central Pollution Control Board – Ministry of Environment and Forests, Government of India.
- **Crutzen, P.J. (2002)**
Geology of mankind, *Nature* 415, 23 (3 januari 2002).
- **Doshi, V., G. Schulman & D. Gabaldon (2007)**
Light! Water! Motion!, *Strategy and Business*, 47: 39–53.
- **FAO (2013)**
The State of Food Insecurity in the World: The multiple dimensions of food security, Rome: FAO.
- **Farrao, P. & J.E. Fernandez (2013)**
Sustainable Urban Metabolism, Cambridge, MA: MIT Press.
- **Flint, A. (2009)**
Wrestling with Moses. How Jane Jacobs took on the New York's master builder and transformed the American city, New York: Random House.
- **Graedel T.E., J. Alwood, J.-P. Birat, B.K. Reck, S.F. Sibley, G. Sommermann, M. Buchert en C. Hagelüken (2011)**
Recycling rates of metals – a status report. A report by the working group on the global metal flows to the International Resource Programme, United Nations Environment Programme (UNEP).
- **Graham, S. & S. Marvin (2001)**
Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities, London en New York: Routledge.
- **Greenfield, A. & N. Kim (2013)**
Against the smart city (The city is here for you to use), Kindle eBook.
- **The Guardian (27 February, 2014)**
China's toxic air pollution resembles nuclear winter, say scientists, <http://www.theguardian.com/world/2014/feb/25/china-toxic-air-pollution-nuclear-winter-scientists>, geraadpleegd op 28 maart 2014.
- **Hajer, M.A. (1995)**
The Politics of Environmental Discourse, Ecological Modernization and the Policy Process, Oxford: Oxford University Press.
- **Hajer, M.A. (2009)**
Policy Making in the Age of Mediatization, Oxford: Oxford University Press.
- **Hajer, M.A. (2011)**
The Energetic Society, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **Hajer, M.A. & H. Wagenaar (2003)**
Deliberative Policy Analysis: Understanding Governance in the Network Society, New York: Cambridge University Press.
- **Hall, P. (1986)**
Governing the Economy, New York: Oxford University Press.
- **Hall, P. (1988)**
Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century, Oxford: Blackwell Publishing.
- **Hatzelhoffer, L., K. Humboldt, M. Lobeck & C.C. Wiegandt (2012)**
Smart City in Practice – Converting Innovative Ideas into Reality, Berlin: Jovis Verlag GmbH.
- **Hoorweg, D. & M. Freire (2013)**
Building sustainability in an urbanizing world, A Partnership Report, Urban Development Series Knowledge Papers, no. 17.
- **Kemp-Benedict, E., C. Heaps & P. Raskin (2002)**
Global Scenario Group Futures: Technical Notes, PoleStar Series Report 9, Stockholm: Stockholm Environment Institute.
- **Kuecker, G.D. (2013)**
Building the Bridge to the Future: New Songdo City from a Critical Urbanism Perspective, Essay Prepared for SOAS, University of London Centre of Korean Studies Workshop New Songdo City and South Korea's Green Economy: An Uncertain Future, 5 juni 2013.
- **Lipsky, M. (1980)**
Street-level bureaucracy – Dilemmas of the individual in public service, New York: Russell Sage Foundation.
- **OECD (2012)**
OECD Environmental Outlook to 2050, OECD Publishing.
- **OECD (2013)**
Urbanisation and Green Growth in China, OECD Regional Development Working Papers, 2013/07, OECD Publishing.
- **Olivier, J.G.J., G. Janssens-Maenhout, M. Muntean & J.A.H.W. Peters (2013)**
Trends in global CO₂ emissions 2013 report, Den Haag: PBL.
- **PBL (2012)**
Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **Pizzi, A. (2014)**
Apostles of cleanliness – The 19th-century Sanitary Movement denied the germ theory of disease, yet created our public health infrastructure. Via <http://pubs.acs.org/subscribe/journals/mdd/v05/i05/html/05t1.html>, geraadpleegd op 3 maart 2014.
- **Premalatha S., M. Tauseef, T. Abbasi, S.A. Abbasi (2013)**
The promise and the performance of the world's first two zero carbon eco-cities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25: 660–669.
- **Pressman, J.L. & A. Wildavsky (1984)**
Implementation, third edition expanded, Berkeley and Los Angeles, CA: University of California Press, 1 januari 1984.
- **Raworth, K. (2012)**
A safe and just space for humanity. Can we live within the doughnut?, Oxfam Discussion Papers.
- **Richter, M. (2013)**
Business model innovation for sustainable energy: German utilities and renewable energy. *Energy Policy*, Vol. 62 (2013) 1226–1237.
- **Rockström J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S. Chapin III, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen & J.A. Foley (2009)**
A safe operating space for humanity, *Nature*, 461: 472–475.
- **Schattschneider, E. (1960)**
The Semisovereign People: a realist's view of democracy in America, New York: Holt, Rhinehart & Winston.

REFERENTIES

- **Scott, J.C. (1998)**
Seeing Like a State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed, Yale University Press.
 - **Steffen, W., A. Sanderson, P.D. Tyson, J. Jäger, P.A. Matson, B. Moore III, F. Oldfield, K. Richardson, H.J. Schellnhuber, B.L. Turner & R.J. Wasson (2004)**
Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure, Berlin/ New York/Heidelberg: Springer-Verlag.
 - **Swilling, M. (2012)**
Economic crisis, long waves and the sustainability transition: An African perspective, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 6, 96–115.
 - **Swilling, M. (2014a)**
Towards Sustainable Urban Infrastructures for the Urban Anthropocene, in: Allen, A., A. Lampis & M. Swilling (eds.), *Untamed Urbanism*, New York: Routledge, te verschijnen.
 - **Swilling, M. (2014b)**
Ecocultural Assemblages in the Urbanizing Global South, Concepttekst voor publicatie in Pretty, J., S. Boehme & Z. Bharucha, *Ecocultures: Blueprints for Sustainable Communities*, te verschijnen.
 - **Swilling, M. & E. Annecke (2012)**
Just Transitions: Explorations of Sustainability in an Unfair World, Cape Town/Tokyo: UCT Press/United Nations University Press.
 - **Swilling, M., B. Robinson, S. Marvin & M. Hodgson (2012)**
Reshaping Urban Infrastructure: Material Flow Analysis and Transitions Analysis in an Urban Context, *Journal of Industrial Ecology*, 16(6): 789–800.
 - **Throgmorton, J. (1996)**
Planning as Persuasive Storytelling: The Rhetorical Construction of Chicago's Electric Future, University of Chicago Press.
 - **Townsend, A.M. (2013)**
Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia, W.W. Norton & Company, 7 oktober 2013.
 - **UN (United Nations) (2012)**
World Urbanization Prospects, The 2012 Revision, <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>, geraadpleegd op 6 maart 2014, New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
 - **UNEP (2013a)**
City-Level Decoupling: Urban resource flows and the governance of infrastructure transitions. A Report of the Working Group on Cities of the International Resource Programme. Volledig rapport. M. Swilling, B. Robinson, S. Marvin & M. Hodgson, New York: United Nations Environmental Programme.
 - **UNEP (2013b)**
City-Level Decoupling: Urban resource flows and the governance of infrastructure transitions. A Report of the Working Group on Cities of the International Resource Programme. Samenvatting. Swilling M., B. Robinson, S. Marvin & M. Hodgson, New York: United Nations Environmental Programme.
 - **Wereldbank (2014)**
Via <http://data.worldbank.org/indicator/CM.MKT.LCAP.CD/countries?display=graph>, geraadpleegd op 24 april 2014
 - **WHO & Unicef (2013)**
Progress on sanitation and drinking water. Update 2013, Genève: Wereldgezondheidsorganisatie; New York: Unicef.
-
- ### 01 DEMOGRAFIE
-
- **CBS (2005)**
Binnenlandse migratie: verhuismotieven en verhuisafstand, Bevolkingstrends, 2^e kwartaal 2005, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
 - **McEvedy, C. & R. Jones (1978)**
Atlas of World Population History, London: Penguin Books.
 - **PBL (2013)**
Welvaart en Leefomgeving – Horizonscan, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
 - **United Nations (2011)**
World Urbanization Prospects, the 2011 Revision, Urban Rural Population, geraadpleegd op 14 april 2014, New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
-
- ### 02 LUCHT
-
- **MNP (2005)**
Fijn stof nader bekeken, Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.
 - **OECD (2012)**
OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, doi: 10.1787/9789264122246-en, Paris: OECD Publishing, Organisation for Economic Co-operation and Development.
 - **PBL (2010)**
Balans van de Leefomgeving 2010, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
 - **Sigman, R., H. Hilderink, N. Delrue, N.-A. Braathen, X. Leflaive (2012)**
'Health and Environment', in: OECD, *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*, doi: 10.1787/env_outlook-2012-9-en, Parijs: OECD Publishing
 - **US EPA (2008)**
Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Washington: United States Environmental Protection Agency.
-
- **WHO (2006)**
WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment, Genève: Wereldgezondheidsorganisatie.
-
- ### 03 WATER
-
- **Mekonnen, M.M. & A.Y. Hoekstra (2011)**
National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No.50, UNESCO-IHE.
 - **Nibud (Nationaal Instituut voor Budgetvoorlichting) (2014)**
<http://www.nibud.nl/uitgaven/huishouden/gas-elektriciteit-en-water.html>, geraadpleegd op 7 januari 2014.
-
- ### 04 VOEDSEL
-
- **Backer, K.D. & S. Miroudot (2013)**
Mapping Global Value, Chain', OECD Trade Policy Papers, No. 159, Parijs: OECD Publishing.
 - **Backus, G., M. Meeusen, H. Dagevos, J. van 't Riet, J. Bartels, M.C. Onwezen Grievink, J. W. (2011)**
Voedselbalans 2011. Deel I, Den Haag/Wageningen: LEI
 - **Beusen, A.H.W., L.P.H. Van Beek, A.F. Bouwman & J.J. Middelburg (2014)**
Exploring changes in nitrogen and phosphorus biogeochemistry in global rivers in the twentieth century, submitted to *Global Biogeochemical Cycles*, (Proefschrift ingediend).
 - **Felperlaan, A., M. Ariesen & A. de Boer (2010)**
Sustainable Cocoa for the Dutch Market, Analysis of the Dutch cocoa sector, Amsterdam/Utrecht: CREM/Dutch sustainable trade.
 - **J.W. van Gelder & A. Herder (2012)**
Soja Barometer 2012, Een onderzoeksrapport voor de Nederlandse sojacoalitie, Amsterdam: Profundo.
 - **Knijff, A., J. Bolhuis, M.A. van Galen, & R. Beukers (2011)**
Verduurzaming voedselproductie: inzicht in productie, import, export en consumptie van voedsel, LEI/Wageningen UR.
 - **Lesschen, J.P., M. van den Berg, H.J. Westhoek, H.P. Witzke & O. Oenema (2011)**
Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology* (2011), 166–167: 1–796.

SLIMME STEDEN

- **Mekonnen, M.M. & A.Y. Hoekstra (2011)**
National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No.50, UNESCO-IHE.
- **PBL (2012a)**
Nederland verbeeld, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2012b)**
Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2012c)**
Balans van de Leefomgeving 2012, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- **PBL (2013a)**
Leren van het energieke platteland – achtergrondrapport, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2013b)**
De macht van het menu, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **Pereira, H.M., P.W. Leadley, V. Proença, R. Alkemade, J.P. Scharlemann, J.F. Fernandez-Manjarrés, M.B. Araújo, P. Balvanera, R. Biggs, W.W. Cheung, L. Chini, H.D. Cooper, E.L. Gilman, S. Guénette, G.C. Hurtt, H.P. Huntington, G.M. Mace, T. Oberdorff, C. Revenga, P. Rodrigues, R.J. Scholes, U.R. Sumaila & M. Walpole (2010)**
Scenarios for global biodiversity in the 21st century, *Science*, 330(6010).
- **Šebek, L.B.J. & E.H.M. Temme (2009)**
De humane eiwitbehoefte en eiwitconsumptie en de omzetting van plantaardig eiwit naar dierlijk eiwit, Lelystad: Animal Sciences Group.
- **Wascher, D.M., J. Roos-Klein Lankhorst, H.J. Agricola, A. de Jong (2010)**
SUSMETRO: Impact Assessment Tools for Food Planning in Metropolitan Regions: IA tools and serious gaming in support of sustainability targets for food planning, nature conservation and recreation, p. 66, Alterra Wageningen UR.
- **Weiss, F. & A. Leip (2012)**
Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: a life cycle assessment carried out with the CAPRI model, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 149: 124–134.

05 BIOTA

- **Buis, J. (1985)**
Historia Forestis: Nederlandse bosgeschiedenis, 2 delen, Utrecht: HES.
- **Gemeente Amsterdam: Bureau Onderzoek en Statistiek (2013)**
Het Grote Groenonderzoek 2013, Projectnummer: 13124.

- **PBL (2012a)**
Natuurverkenning 2010–2040. Achtergrondrapport, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2012b)**
Voorbij de EHS. Koers voor het nieuwe natuurbeleid, verslag van debat & ontwerpatelier tijdens de Manifestatie De Groene Golfengte van 5 t/m 8 september 2011 op Radio Kootwijk, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

06 MOBILITEIT

- **CBS (2004)**
Sociaal-economische trends, 4e kwartaal 2004, Woon-werkverkeer, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **KiM (2010)**
Verklaring mobiliteit en bereikbaarheid, 1985–2008, Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- **PBL (2009)**
Openbaar vervoer, ruimtelijke structuur en flankerend beleid: de effecten van beleidsstrategieën, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2010)**
De staat van de ruimte 2010: de herschikking van stedelijk Nederland, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2011)**
De energieke samenleving, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **RPB (2005)**
Verkenning van regionale luchthavens, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/Ruimtelijk Planbureau.
- **RPB (2007)**
De staat van de ruimte 2007, Nederland zien veranderen, Rotterdam: NAI Uitgevers; Den Haag: Ruimtelijk Planbureau.

07 VRACHT

- **CBS (2012)**
Monitor Logistiek en Supply Chain Management: rapportage 2010, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **CBS (2014)**
StatLine: BBP, productie en bestedingen; productie en inkomens naar bedrijfstak (zoekdatum van de site: 10 februari 2014), Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **CPB, MNP & RPB (2006)**
Welvaart en leefomgeving, een scenariostudie voor Nederland in 2040, De Haag: Centraal Planbureau; Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau; Den Haag: Ruimtelijk Planbureau.

- **EEA (2009)**
Towards a resource-efficient transport system – TERM 2009: indicators tracking transport and environment in the European Union, EEA Report No2, Copenhagen: European Environmental Agency.
- **IEA (2012)**
CO₂ emissions from fuel combustion, Paris: International Energy Agency.
- **KiM (2011)**
Mobiliteitsbalans 2010, Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- **PBL (2012)**
Elektrisch rijden in 2050: gevolgen voor de leefomgeving. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

08 BOUWMATERIALEN

- **Bijleveld M.M., G.C. Bergsma & M. van Lieshout (2013)**
Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw; Status quo en toetsing van verbeteropties, Delft: CE Delft.
- **Cement&BetonCentrum (2014)**
(<http://www.cementenbeton.nl/betonmarkt.cementmarkt>), geraadpleegd op 10 februari 2014.
- **Deltares (2008)**
Staat en Toekomst van de Delta; Achtergronddocument Thema Veiligheid.
- **Deltares (2011)**
Sedimentperspectief op de Zuidwestelijke Delta.
- **Hendriks Ch.F. & G.M.T. Janssen (2004)**
A New vision on the Building Cycle, Boxtel: Æneas Technical Publishers.
- **Krausmann F., M. Fischer-Kowalski, H. Schandl & N. Eisenmenger (2008)**
The global socio-metabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories. In: *Journal of Industrial Ecology* 12(5–6), 637–657.
- **Müller D.B. (2006)**
Stock dynamics for forecasting material flows – Case study for housing in The Netherlands, *Ecological Economics*, volume 59, issue 1.
- **Müller D.B., T. Wang & B. Duval (2011)**
Patterns of Iron Use in Societal Evolution, *Environmental Science and Technology*, volume 45, no. 1.
- **MWH (2012)**
Productie en verbruik van beton- en metselzand en (gebroken) grind in 2010; Stand van het Zand XVI; Lint aan het Grind XIV, Arnhem: Montgomery Watson Harza.
- **Oldenburger J., C. de Groot & A. Winterink (2012)**
Nederlandse houtstromen in beeld, Wageningen: Stichting Probos.

REFERENTIES

- **Projectorganisatie Maasvlakte 2 (2014)** (<http://www.maasvlakte2.com/nl/index/show/id/315/De+stand+van+het+zand+%26+steen>), geraadpleegd op 5 maart 2014.
- **Rijkswaterstaat (2003)** Inventarisatie voor de Nota Ophoogzand, Delft: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat.
- **Rijkswaterstaat (2006)** Scenariostudie BSA-granulaten; aanbod en afzet van 2005 tot 2025, Delft: Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat.
- **Rijkswaterstaat, Noordzeeloket (2014)** (http://www.noordzeeatlas.nl/Kaart/zand_en_schelpwinning.htm), geraadpleegd op 5 maart 2014.
- **Steinberger J.K., F. Krausmann & N. Eisenmenger (2010)** Global patterns of materials use: a socioeconomic and geophysical analysis, *Ecological Economics*, volume 69, issue 5.
- **UN (United Nations) (2012)** World Urbanization Prospects, The 2011 Revision, New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- **UNEP (2013)** Recent trends in material flows and resource productivity in Asia and the Pacific, Bangkok: United Nations Environment Programme, Regional Office for Asia and the Pacific.
- **UNEP SBCI (2009)** Buildings and Climate Change; Summary for Decision-Makers, Paris: United Nations Environment Programme, Sustainable Buildings & Climate Initiative.

09 AFVAL

- **Carabain, C., G. Spitz & S. Keulemans (2012)** Nederlanders & afval: Jonge en oudere Nederlanders over afval. Amsterdam: NCDO.
- **PBL (2013)** Vergroenen en verdienen. Op zoek naar kansen voor de Nederlandse economie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **Rijkswaterstaat (2013)** Nederlands afval in cijfers, gegevens 2006–2010, Utrecht.
- **UNEP (2012)** Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want, New York: United Nations Environmental Programme.
- **Wereldbank (2013)** What a waste: A Global Review of Solid Waste Management. Washington: Wereldbank.

10 ENERGIE

- **ECN (2012)** Energietrends 2012, Petten/Den Haag: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- **Europees Parlement (2014)** http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/nl/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.7.2.html, geraadpleegd op 15 januari 2014.
- **PBL (2011)** Naar een schone economie in 2050: Routes verkend, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2012a)** Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2012b)** Nederland Verbeeld, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2013a)** Trends in Global CO₂ Emissions: 2013 report, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2013b)** De ruimtelijke impact van hernieuwbare energie: een verkenning, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2014)** Infographics van mondiale CO₂-emissies; <http://infographics.pbl.nl/website/globalco2/>, geraadpleegd op 30 maart 2014.
- **Rijksoverheid (2014)** <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gaswinning-en-infrastructuur/gaspositie-van-nederland/gasrotonde>, geraadpleegd op 30 januari 2014.
- **Sijmons D., Hugtenburg J., van Hoorn A., Feddes F. (eds.) (2014)** Landschap en energie. Ontwerpen voor transitie, Rotterdam: nai010 uitgevers.

DATABRONNEN INFOGRAPHICS

01 DEMOGRAFIE

INFOGRAPHICS 1.1

- **CBS (2014)** StatLine: Levensverwachting; geslacht en leeftijd, vanaf 1950 (per jaar), geraadpleegd op 11 april 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **NIDI (2003)** Bevolkingsatlas van Nederland, Den Haag: Nederlands Interdisciplinair Demografisch Instituut.

INFOGRAPHICS 1.2A

- **CBS (2013)** StatLine: Bevolking; generatie, geslacht, leeftijd en herkomstgroepering 1 januari, geraadpleegd op 27 maart 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.

INFOGRAPHICS 1.2B

- **CBS (2013)** StatLine: Bevolking; generatie, geslacht, leeftijd en herkomstgroepering 1 januari, geraadpleegd op 27 maart 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.

INFOGRAPHICS 1.3A

- **CBS (2013)** StatLine: Bevolkingsontwikkeling; levendgeborenen, overledenen en migratie per regio, 27 maart 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.

INFOGRAPHICS 1.3B

- **CBS (2013)** StatLine: Bevolkingsontwikkeling; levendgeborenen, overledenen en migratie per regio, 20 september 2013, geraadpleegd op 27 maart 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.

INFOGRAPHICS 1.4

- **PBL/CBS (2013)** Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2013–2040, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.

INFOGRAPHICS 1.5

- **ESRI (2014)** DeLorme Publishing Company, Inc.
- **PBL (2012)** Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (GISMO model) (2012)** OECD baseline scenario, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **UNEP (2014)** Environmental Data Explorer – The Environmental Database, geraadpleegd op 2 maart 2014, New York: United Nations Environmental Programme.

02 LUCHT

INFOGRAPHICS 2.1

- **MNP (2005)**
Fijnstof nader bekeken, Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.

INFOGRAPHICS 2.2

- **RIVM (2009)**
http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Wetenschappelijk/Kaarten/Milieu_Leefomgeving/GCN_concentratiekaartbestanden, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- **PBL (2009)**
Rapportage 2009. Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

INFOGRAPHICS 2.3

- **RIVM (2011)**
Emissieregistratie, Kaart Fijnstof (PM₁₀) (2011), <http://www.emissieregistratie.nl/>, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

INFOGRAPHICS 2.4

- **JRC/PBL (2005)**
EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research, <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/>, Ispra: Joint Research Centre; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2009)**
Growing within limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

INFOGRAPHICS 2.5

- **OECD (2012)**
OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, <http://dx.doi.org/10.1787/888932571532> and <http://dx.doi.org/10.1787/888932571589>, Paris: OECD Publishing, doi: 10.1787/9789264122246-en.

03 WATER

INFOGRAPHICS 3.1

- **CBS, PBL, Wageningen UR (2011)**
Huishoudelijk waterverbruik per inwoner, 1995–2010 (indicator 0037, versie 06, 15 juli 2011). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.

- **Mekonnen, M.M. & A.Y. Hoekstra (2011)**
National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No.50, UNESCO-IHE.

INFOGRAPHICS 3.2

- **CBS (2014)**
StatLine: Bodemgebruik, uitgebreide gebruiksvorm, geraadpleegd op 11 april 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Watergebruik in de land- en tuinbouw, 2001–2011 (indicator 0014, versie 10, 9 juli 2013), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.
- **CBS, PBL & Wageningen UR (2014)**
Waterwinning en watergebruik in Nederland, 1976–2011 (indicator 0057, versie 10, 28 januari 2014), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.
- **Droogers, F. (2009)**
Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer, STOWA.
- **Geudens, P. (2012)**
Drinkwaterstatistieken 2012, VEWIN.
- **Klijn, F. et al. (2012)**
Zoetwatervoorziening in Nederland – aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw, Deltares.

INFOGRAPHICS 3.3

- **Deltaprogramma (2013)**
Deltascenario's voor 2050 en 2100, Nadere uitwerking 2012–2013, Den Haag.
- **Eurostat (2010)**
GISCO, Watersheds.
- **H+N+S Landschapsarchitecten (2012)**
Werkboek Deelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering, Amersfoort.
- **Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012)**
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte, Den Haag.
- **Noordhoff (2010)**
Bosatlas van Nederland Waterland, Groningen: Noordhoff Atlasproducties.
- **PBL (2010)**
Basiskaart Aquatisch: de Watertypenkaart. Het oppervlaktewater in de TOP10NL geclassificeerd naar watertype, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **PBL (2011)**
Een delta in beweging, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

INFOGRAPHICS 3.4

- **Natural Earth data (2014)**
Area of dense human habitation. Urban Areas, <http://www.naturalearthdata.com/downloads/50m-cultural-vectors/50m-urban-areas/>, geraadpleegd op 11 april 2014.
- **Gleeson, T., Y. Wada, L.P.H. van Beek & M.F.P. Bierkens (2012)**
Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint, Nature 488, 197–200.
- **PBL (2012)**
Water Footprint: Useful for sustainability policies?, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **Wada, Y., (2013)**
Human and climate impacts on global water resources, Proefschrift, Utrecht University, Faculty of Geosciences.

INFOGRAPHICS 3.5

- **OECD (2012)**
OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction – baseline scenario, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- **Wada Y., L.P.H. van Beek, F.C. Sperna Weiland, B.F. Chao, Y.-H. Wu, M.F.P. Bierkens (2012)**
Past and future contribution of global groundwater depletion to sea-level rise, Geophysical Research Letters, Vol. 39, L09402, New Jersey.

04 VOEDSEL

INFOGRAPHICS 4.1

- **GfK (2013), RIVM (2011) & Milieucentraal (2014)**
Voedselverspilling 062, Amstelveen/Hilversum: Marktonderzoeksbureau GfK; Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; Utrecht: Stichting Milieucentraal – bewerking PBL.
- **UNESCO-IHE (2011)**
National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No.50 – Delft: UNESCO-IHE – bewerking PBL.
- **PBL (2012)**
Nederland verbeeld, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

INFOGRAPHICS 4.2

- **CBS (2010)**
Dierlijke mest en mineralen 2009, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.

REFERENTIES

- **LEI (2011)**
Verduurzaming voedselproductie: inzicht in productie, import, export en consumptie van voedsel, p.15–29, Wageningen: LEI Wageningen UR.
 - **PDV (2009)**
Zoetermeer: Productschap Diervoeder – bewerking PBL.
 - **PZ (2010)**
Statistisch jaaroverzicht 2009, Zoetermeer: Productschap Zuivel – bewerking PBL.
- ### INFOGRAPHICS 4.3
- **Alterra (2010)**
Impact Assessment Tools for Food Planning in Metropolitan Regions: IA tools and serious gaming in support of sustainability targets for food planning, nature conservation and recreation, Wageningen: Alterra Wageningen UR – bewerking PBL.
 - **CBS**
Landbouwtelling – bewerking LEI, Wageningen: LEI Wageningen UR, – bewerking PBL.
 - **LEI (2012)**
Ruimtelijke verdeling in SO, www.agrimatie.nl, geraadpleegd op 15 februari 2014, Wageningen: LEI Wageningen UR – bewerking PBL.
 - **LISA (2012)**
Werkgelegenheidsregister, Enschede: Stichting LISA – bewerking PBL.
- ### INFOGRAPHICS 4.4
- **FAO (2010)**
landendata en forest cover (215m raster), Rome: Wereldvoedselorganisatie FAO – bewerking PBL.
 - **PBL (2010)**
GLOBIO GBO4 – baseline scenario, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
 - **PBL (2012)**
IMAGE RIO+20 – baseline scenario, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- ### INFOGRAPHICS 4.5
- **PBL (2012)**
Nederland verbeeld, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- ### 05 BIOTA
-
- ### INFOGRAPHICS 5.1
- **PBL & Wageningen UR (2014)**
Leefomgevingsbalans 2014, te verschijnen, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.
- ### INFOGRAPHICS 5.2
- **Alterra (2009)**
HGN: Historisch Grondgebruik Nederland, Wageningen: Wageningen UR.
 - **Buis, J. (1985)**
Historia Forestis: Nederlandse bosgeschiedenis, 2 delen, Utrecht: HES.
 - **TNO (2006)**
Paleogeografische reconstructies van Nederland, Utrecht: Nederlandse organisatie voor toegepast onderzoek TNO.
- ### INFOGRAPHICS 5.3
- **AHN (2012)**
AHN-2, Algemeen Hoogtebestand Nederland: Zwolle: Topografische Dienst Nederland.
 - **Alterra (2008)**
Natura 2000-gebieden 2011; versie 4 januari 2011, Wageningen: Alterra Wageningen UR.
 - **Alterra (2009)**
LGN6, Landelijk Grondgebruiksbestand 6, Wageningen: Alterra Wageningen UR.
 - **Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (2007)**
EHS 2007; Netto Ecologische Hoofdstructuur, Den Haag.
 - **PBL (2008)**
GWB-gebieden 2008; ook waterwingebieden en Boringsvrije zones, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
 - **RUG, PBL & Alterra (2010)**
HSM: Hotspotmonitor, Groningen: Rijksuniversiteit Groningen; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Alterra Wageningen UR.
 - **RWS (2009)**
Primaire Waterkeringen 2009; Dijkkringlijnen, Den Haag: Rijkswaterstaat.
- ### INFOGRAPHICS 5.4
- **FAO (2013)**
Roundwood – Production 1961–2012, Environmental Data Explorer, Food and Agricultural Organisation van het United Nations Environmental Programme: Rome: Wereldvoedselorganisatie FAO.
 - **PBL (2013)**
IMAGE model, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
 - **PBL/UBC (2011)**
Change in Biomass of fish groups, 2004–2050 – baseline scenario, in: PBL (2011), EU Resource Efficiency Perspectives in a Global Context, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Vancouver: University of British Columbia.
- ### INFOGRAPHICS 5.5
- **Alterra (2008)**
Natura 2000-gebieden 2011; versie 4 januari 2011, Wageningen: Alterra Wageningen UR.
 - **Fietsplatform (2012a)**
Landelijke Fietsknooppunten 2012, Amersfoort.
 - **Fietsplatform (2012b)**
Landelijke Fietsroutes 2012, Amersfoort.
 - **Gemeente Amsterdam (1992)**
Beschermd Flora en Fauna, maps.amsterdam.nl, geraadpleegd op 2 december 2013.
 - **Gemeente Amsterdam (2011)**
Groenstructuur Amsterdam, Maps. Amsterdam.nl, gedownload van Geoportaal op 2 december 2013.
 - **Gemeente Amsterdam (2013a)**
Bijzondere Kades, maps.amsterdam.nl, geraadpleegd op 2 december 2013.
 - **Gemeente Amsterdam (2013b)**
Monumentale bomen, gedownload van Geoportaal op 2 december 2013.
 - **Gemeente Amsterdam: Bureau Onderzoek en Statistiek (2013)**
Het Grote Groenonderzoek 2013, Projectnummer: 13124.
 - **Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2007)**
EHS 2007; Netto Ecologische Hoofdstructuur, Den Haag.
 - **PBL (2009)**
Waterwegen A1, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
 - **RUG, PBL & Alterra (2010)**
HSM: Hotspotmonitor, Groningen: Rijksuniversiteit Groningen; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- ### 06 MOBILITEIT
-
- ### INFOGRAPHICS 6.1
- **Amsterdam Airport Schiphol (2013)**
Traffic Review 2012, Amsterdam
 - **CBS (2010/2011)**
OVG (Onderzoek Verplaatsingsgedrag) en OVIN (Onderzoek Verplaatsingen in Nederland), Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
 - **CBS (2014)**
StatLine: Mobiliteit in Nederland; vervoerwijzen en motieven, regio's, geraadpleegd op 11 april 2014, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
 - **KiM (2013)**
data Mobiliteitsbalans, Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
 - **Rijkswaterstaat**
MON (Mobiliteitsonderzoek Nederland), Den Haag.

INFOGRAPHICS 6.2

- **CBS (2013)**
Forenzen naar woongemeente (2011) – maatwerktabel, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **Deltarail en Prorail**
ASWIN, Utrecht.
- **Goudappel Coffeng en Rijkswaterstaat**
INWEVA, Deventer; Delft: Dienst Weg- en Waterbouw, Rijkswaterstaat – bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 6.3

- **Alterra**
Historische spoorwegen, Historisch Grondgebruik Nederland, Wageningen: Alterra Wageningen UR – bewerking PBL.
- **CBS**
Bodemgebruik, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- **LISA (2012)**
Werkgelegenheidsregister, Enschede: Stichting LISA.
- **PBL**
Historische wegen en stations, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- **Rijkswaterstaat**
Nationaal WegenBestand, Delft: Dienst Weg- en Waterbouw, Rijkswaterstaat.

INFOGRAPHICS 6.4

- **OECD (2012)**
OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, OECD Publishing – baseline scenario, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

INFOGRAPHICS 6.5

- **PBL (2012)**
Monitor Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

07 VRACHT

INFOGRAPHICS 7.1

- **CBS (2013)**
StatLine: Goederenvervoer; vervoerwijzen, vervoerstromen van en naar Nederland, geraadpleegd op 18 december 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Vervoersprestaties in het goederenvervoer, 1985–2010 (indicator i-nl-0025, versie 06), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, geraadpleegd op 7 november 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag:

Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.

INFOGRAPHICS 7.2

- **CBS (2013)**
StatLine: Internationale handel en doorvoer; waarde en gewicht, goederenhoofdstukken, geraadpleegd op 23 september 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 7.3

- **CBS (2013)**
StatLine: Goederenvervoer; vervoerwijzen, vervoerstromen van en naar Nederland, geraadpleegd op 18 december 2013, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **Deltarail (2013)**
ASWIN, Utrecht – bewerking PBL.
- **Eurostat (2010)**
Geographic Information System of the European Commission: European road network – bewerking PBL.
- **RWS (2013)**
INWEVA, Delft: Dienst Weg- en Waterbouw, Rijkswaterstaat – bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 7.4

- **CBS (2013a)**
StatLine: Internationale handel; in- en uitvoer volgens SITC-indeling 2012, geraadpleegd op 25 oktober 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **CBS (2013b)**
StatLine: Invoer en uitvoer van vaste minerale brandstoffen 2012, geraadpleegd op 25 oktober 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **CBS (2013c)**
StatLine: Invoer en uitvoer van bloemen en bollen 2012, geraadpleegd op 24 oktober 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 7.5

- **Havenbedrijf Rotterdam (2012)**
Haven in cijfers 2010-2011-2012, Rotterdam.
- **UNCTAD (2012)**
United Nations Conference on Trade and Development – bewerking PBL.

08 BOUWMATERIALEN

INFOGRAPHICS 8.1

- **Agentschap NL (2013)**
Referentiewoningen nieuwbouw 2013, Den Haag: Agentschap NL, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties – bewerking PBL.
- **Bak, R.L., Kantorendatabase (2013)**
bewerking PBL.
- **Bijleveld M.M., G.C. Bergsma & M. van Lieshout (2013)**
Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw; Status quo en toetsing van verbeteropties, CE Delft – bewerking PBL.
- **CBS (2013)**
StatLine: Historie Woningbouw, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **DGMR ingenieursbureau**
Materialisatie referentiewoningen, Arnhem, Den Haag, Drachten en Sittard: DGMR Raadgevende Ingenieurs – bewerking PBL.
- **MRPI, Utrecht: Stichting Milieu Relevante Product Informatie**
bewerking PBL.
- **Nationale Milieudatabase**
(<http://www.milieudatabase.nl/>)
Milieuprestaties bouwmaterialen – bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 8.2

- **Bijleveld M.M., G.C. Bergsma & M. van Lieshout (2013)**
Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw; Status quo en toetsing van verbeteropties, CE Delft – bewerking PBL.
- **Branchevereniging VBW-asfalt (Vakgroep Bitumineuze Werken)**
bewerking PBL.
- **CBS (2013a)**
StatLine: Goederensoorten naar EU, niet-EU; minerale brandstoffen en chemie, geraadpleegd op 18 december 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **CBS (2013b)**
StatLine: Milieurekeningen; winning, invoer en uitvoer van materialen naar soort, Fysieke materiaalstromen 2010, geraadpleegd op 18 december 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Winning en verbruik van oppervlaktedelstoffen, 1980–2011 (indicator 0067, versie 13, 12 maart 2013) www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR – bewerking PBL.

REFERENTIES

- **KNB (2013)**
Jaarverslag KNB 2012, Velp: Vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek, KNB – bewerking PBL.
 - **Oldenburger J., C. de Groot & A. Winterink (2012)**
Nederlandse houtstromen in beeld, Wageningen: Stichting Probos – bewerking PBL.
 - **Stichting Bouwen met Staal** (<http://www.bouwenmetstaal.nl/>)
Gegevens over gebruik en hergebruik van staal in de bouwsector, Zoetermeer – bewerking PBL.
 - **World Steel Association (2013)**
Steel Statistical Yearbook 2013, Brussels – bewerking PBL.
- INFOGRAPHICS 8.3**
- **Alterra (2010)**
Historisch Grondgebruik Nederland 1960, Wageningen: Alterra Wageningen UR – bewerking PBL.
 - **CBS (2013)**
Bestand bodemgebruik 2010, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
 - **LISA (2012)**
Werkgelegenheidsregister, Enschede: Stichting LISA – bewerking PBL.
 - **Rijkswaterstaat (2005)**
Sediment in (be)weging; Sedimentbalans Rijn-Maasmonding periode 1990–2000, Lelystad: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Rijkswaterstaat – bewerking PBL.
 - **Rijkswaterstaat (2006)**
Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN1), Den Haag – bewerking PBL.
- INFOGRAPHICS 8.4**
- **CSIRO & UNEP (2013)**
Asia-Pacific and Latin American Material Flows online database (<http://www.cse.csiro.au/forms/form-material-flows.aspx>), geraadpleegd op 16 december 2013, Clayton South VIC (Australië): Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; New York: United Nations Environment Programme – bewerking PBL.
 - **Eurostat (2013)**
Material Flow Accounts (http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_mfa), geraadpleegd op 26 maart 2013 – bewerking PBL.
 - **Institute of Social Ecology Vienna** (http://www.uni-klu.ac.at/socec/downloads/Online_data_version_2_0_public.xls), geraadpleegd op 30 januari 2014, Klagenfurt/Graz/Wien: Alpen Adria Universität – bewerking PBL.
 - **Steinberger J., F. Krausmann, N. Eisenmenger (2010)**
The global patterns of materials use: a socioeconomic and geophysical analysis, *Ecological Economics* 69(5), 1148–1158 – bewerking PBL.
 - **UN (2011)**
World Urbanization Prospects, the 2011 Revision (http://esa.un.org/unup/GIS-Files/gis_1.htm), geraadpleegd op 5 maart 2014, New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division – bewerking PBL.
- INFOGRAPHICS 8.5**
- **Bijleveld M.M., G.C. Bergsma & M. van Lieshout (2013)**
Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw; Status quo en toetsing van verbeteropties, CE Delft – bewerking PBL.
 - **Branchevereniging VBW-asfalt (Vakgroep Bitumineuze Werken)**
Zoetermeer – bewerking PBL.
 - **CBS (2013)**
StatLine: Milieurekeningen; winning, invoer en uitvoer van materialen naar soort, Fysiske materiaalstromen 2010, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
 - **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen, 1980–2011 (indicator 0067, versie 13, 12 maart 2013), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR – bewerking PBL.
 - **KNB (2013)**
Jaarverslag KNB 2012, Velp: Vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek, KNB – bewerking PBL.
 - **Oldenburger J., C. de Groot & A. Winterink (2012)**
Nederlandse houtstromen in beeld, Wageningen: Stichting Probos – bewerking PBL.
 - **Stichting Bouwen met Staal** (<http://www.bouwenmetstaal.nl/>)
gegevens over gebruik en hergebruik van staal in de bouwsector, Zoetermeer – bewerking PBL.
 - **World Steel Association (2013)**
Steel Statistical Yearbook 2013, Brussels – bewerking PBL.
- 09 AFVAL**
- INFOGRAPHICS 9.1**
- **CBS, PBL, Wageningen UR (2013)**
Samenstelling van huishoudelijk restafval, 1940–2011 (indicator 0141, versie 13, juni 2013), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, geraadpleegd op 14 oktober 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.
 - **Rijkswaterstaat (2013)**
Nederlands afval in cijfers, gegevens 2006–2010, Utrecht: Rijkswaterstaat – bewerking PBL.
 - **Rijkswaterstaat (2014)**
Afvalmonitor: Gescheiden ingezameld huishoudelijk afval 2010, geraadpleegd op 25 november 2013, Utrecht: Rijkswaterstaat – bewerking PBL.
- INFOGRAPHICS 9.2**
- **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Verwerking van afval van huishoudens, 1985–2010 (indicator 0392, september 2012), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, geraadpleegd op 10 oktober 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR – bewerking PBL.
 - **Rijkswaterstaat (2013)**
Nederlands afval in cijfers, gegevens 2006–2010, Utrecht – bewerking PBL.
- INFOGRAPHICS 9.3**
- **CBS (2013)**
StatLine: Gemeentelijk afval; hoeveelheden 2011, geraadpleegd op 25 november 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
 - **LISA (2012)**
Werkgelegenheidsregister, Enschede: Stichting LISA – bewerking PBL.
- INFOGRAPHICS 9.4**
- **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Verwerking van afval van huishoudens, 1985–2010 (indicator 0392, september 2012), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, geraadpleegd op 10 oktober 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.
 - **Eurostat (2013)**
Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method 2010 (indicator: tsdpc240), geraadpleegd op 14 oktober 2013.
 - **Eurostat (2014)**
Real GDP per capita, growth rate and totals 2010 (indicator: tsdec100), geraadpleegd op 27 januari 2014.

INFOGRAPHICS 9.5

- **CBS (2013)**
StatLine: Internationale handel; in- en uitvoer volgens SITC-indeling 1997–2012, geraadpleegd op 25 november 2013, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek – bewerking PBL.
- **INECE (2012)**
Major destination areas for illicit waste shipments, in: Vital Waste Graphics 3, Conventie van Bazel, International Network for Environmental Compliance and Enforcement – bewerking PBL.
- **UNEP (2011)**
UNEP Year Book 2011, New York: United Nations Environmental Programme – bewerking PBL.
- **UNSD (2014)**
Municipal waste collected per capita 2009 (versie: maart 2012), geraadpleegd op 21 november 2013, New York: New York: United Nations Statistical Division – bewerking PBL.

10 ENERGIE

INFOGRAPHICS 10.1

- **CBS, PBL & Wageningen UR (2013)**
Energieverbruik door huishoudens, 1990–2012 (indicator 0035, versie 18, 3 december 2013), www.compendiumvoordeleefomgeving.nl, Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek; Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving; Wageningen: Wageningen UR.
- **Timmer, M.P. (ed.) (2012)**
The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods, WIOD Working Paper Number 10, te downloaden via <http://www.wiod.org/publications/papers/wiod10.pdf>.

INFOGRAPHICS 10.2

- **IEA (2013)**
Energy Balances of OECD Countries, 2013 Edition, Paris: International Energy Agency.

INFOGRAPHICS 10.3A

- **ECN (2012)**
Energietrends 2012, Petten/Den Haag: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- **LISA (2012)**
Werkgelegenheidsregister, Enschede: Stichting LISA – bewerking PBL.
- **Risicoregister/RIVM (2009)**
Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 10.3B

- **Interdepartementale Directeuren Overleg Noordzee**
www.noordzeeloket.nl, geraadpleegd op 15 april 2014 – bewerking PBL.
- **LISA (2012)**
Werkgelegenheidsregister, Enschede: Stichting LISA – bewerking PBL.
- **Rijkswaterstaat (2013)**
Afalverwerking in Nederland, gegevens 2012 – bewerking PBL.
- **TenneT (2014)**
via www.hoogspanningsnet.com, geraadpleegd op 15 januari 2014 – bewerking PBL.
- **Windenergie-nieuws (2013)**
bewerking PBL.

INFOGRAPHICS 10.4

- **JRC (2013)**
Edgar v4 Database, Ispra: Joint Research Centre, geraadpleegd via <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/> op 15 januari 2014.
- **PBL (2009)**
Growing within limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

INFOGRAPHICS 10.5

- **PBL (2011)**
Model E-design, meer info op <http://www.pbl.nl/e-design/doel-en-opzet>, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

COLOFON

© PBL / nai010 2014

AUTEURS

- **Maarten Hajer en Ton Dassen** (redactie)
- **Hoofdstukken deel 2:**
Hans van Amsterdam, Maarten Baas, Arjan Harbers, Anton van Hoorn, Kersten Nabielek, Frank van Rijn, Emma Westerduin (redactie)

REDACTIE (THEMAHOOFDSTUKKEN)

- **Fred Feddes** (zelfstandig journalist en publicist)
- **Nienke Noorman** (PBL)

VERTALING VAN DEEL 1 VANUIT HET ENGELS

- **Rob Kuitenbrouwer** (BOOKMAKERS Vertalerteam/Translators)
- **Nienke Noorman** (PBL, redactie)

GRAFISCH ONTWERP

- **Catalogtree**

DRUKWERK

- **robstolk**

DISTRIBUTIE

- **nai010 uitgevers**
Mauritsweg 23, 3012 JR Rotterdam
info@nai010.com
- **nai010 uitgevers**
is een internationaal georiënteerde uitgever, gespecialiseerd in het ontwikkelen, produceren en distribueren van boeken op het gebied van architectuur, stedenbouw, kunst en design.
www.nai010.com
- **PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)**
is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.
www.pbl.nl
- **ISBN 978-94-6208-147-5**

DANKWOORD

Slimme Steden – De opgave voor de 21e eeuwse stedenbouw in beeld is verschenen bij de 6e Internationale Architectuur Biënnale van Rotterdam 2014 'Urban by Nature'.

We zijn de mensen van de IABR zeer erkentelijk voor de vruchtbare samenwerking. De discussies die we mochten voeren met George Brugmans, Marieke Francke, Jan Wilbers, Fanny Smelik en Dirk Sijmons, vormden een belangrijke bron van inspiratie bij het uitwerken en visualiseren van de tien stofstromen van het stedelijk metabolisme.

Voor hun bijdrage aan de uitwerking van de stromen spreken we ook graag onze dank uit aan: Ruben Huele en Ester van der Voet van het Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML) van de Universiteit van Leiden; David Anink van W/E adviseurs uit Utrecht; Mic Barendsz van Stichting Bouwen met Staal uit Zoetermeer; Cees Maliepaard van Stichting Bouwkwiteit (SBK) uit Rijswijk; Jeannette Levels-Vermeer van Milieu Relevante Product Informatie (MRPI) uit Nieuwegein; Marijn Bijleveld van CE Delft, Thomas Gleeson van de McGill University in Montreal; Arjen Hoekstra van de Universiteit Twente; Rens van Beek en David Gernaat, beiden van de Universiteit van Utrecht; Guus van den Berghe van Rijkswaterstaat; Jasper Hugtenburgh van H+N+S Landschapsarchitecten; Sytske de Waart van Milieucentraal; Harold van der Meulen en Jos op de Weegh, beiden van het LEI Wageningen Universiteit; en Henk Hilderink van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

Bijzondere dank is er voor Zef Hemel van de gemeente Amsterdam, David Laws van de Universiteit van Amsterdam, en Mark Swilling van de Universiteit van Stellenbosch in Zuid-Afrika voor het reviewen van het essay.

Tot slot danken we de vele PBL-collega's, zonder wier enthousiaste medewerking dit boek niet tot stand had kunnen komen.

De toekomst van de stad staat hoog op de agenda. Veel aandacht gaat daarbij uit naar het idee van de smart city. De smart city belooft een tijdperk van innovatieve stedelijke planning, gebaseerd op slimme technologieën die steden niet alleen veiliger en schoner maken, maar vooral efficiënter.

Efficiency lijkt uitgeroepen tot wondermiddel en boven elke controverse verheven, maar worden steden er daadwerkelijk beter van? In dit boek houden Maarten Hajer en Ton Dassen (Planbureau voor de Leefomgeving) een pleidooi voor een bredere benadering, voor een 'slimme stedenbouw', en bieden daarmee een tegenwicht tegen het kritiekloos omarmen van de smart city.

De wereld staat voor een ongekennde verstedelijkingsopgave. Een slimme stedenbouw moet oplossingen vinden voor wat in de 20e-eeuwse stedenbouw is vergeten: het metabolisme van steden – de grote variëteit aan in- en uitgaande stromen die het stedelijk leven verbinden met de natuur. Waar leven steden van; wat nemen ze op aan water, voedsel, bouw- en andere materialen; wat voeren ze daarvan weer af; en hoe doeltreffend is die stofwisseling?

Aan de hand van 50 infographics komt naar voren wat de opgaven zijn van de 21e eeuw, en welke kansen er liggen voor verandering. Dit boek roept op tot een 'mondiale netwerk-stedenbouw', een netwerk waarin steden van elkaar kunnen leren en samen een strategie kunnen bepalen. Een levensvatbare 21e-eeuwse stedenbouw die 'top down'-innovatie vermijdt en waarin technologie geen opzichzelfstaand wondermiddel is, maar is verankerd in sociale vernieuwingen.



ISBN 978-94-6208-147-5
nai010 uitgevers / www.nai010.com
PBL uitgevers / www.pbl.nl