

## Graadmeter Diensten van Natuur

Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland

| WOt-rapport 13

B. de Knecht (ed.)



---

**Graadmeter Diensten van Natuur**

---

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

De reeks 'Wot-technical reports bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

Wot-technical report 13 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ). Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Balans van de Leefomgeving, Natuurverkenning en andere thematische verkenningen.

---

# Graadmeter Diensten van Natuur

Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland

B. de Knegt (ed.).

---

**WOT Natuur & Milieu**  
Wageningen, september 2014

**WOT-technical report 13**  
ISSN 2352-2739

## Referaat

B. de Knegt (ed.).(2014). *Graadmeter Diensten van Natuur; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 13. 227 blz.; 74 fig.; 42 tab.; diverse refs.

De Nederlandse samenleving maakt gebruik van verschillende goederen en diensten die ecosystemen leveren – de zogeheten ecosysteemdiensten. Door zichtbaar te maken wat de status en trends zijn van ecosysteemdiensten in Nederland kunnen ze beter onderdeel worden van de besluitvorming door de overheid en bedrijfsleven. Resultaten laten zien dat voor veel ecosysteemdiensten de trend de afgelopen circa 20 jaar negatief is; het aanbod van diensten uit de natuur neemt af of blijft stabiel, terwijl de vraag groeit. In geen enkel geval voorzien ecosystemen in de hele vraag. Ondanks de inzet van technische alternatieven en import om in de vraag te voorzien, blijft een deel van de vraag onvervuld. Natuurgebieden leveren, ondanks de beperkte oppervlakte, het grootste aandeel bij de meeste ecosysteemdiensten in Nederland.

**Trefwoorden:** ecosysteemdiensten, ecosystemen, natuurlijk kapitaal, graadmeter, vraag, aanbod, trend, import, technische alternatieven, onvervulde vraag, natuurgebieden, agrarisch gebied, stedelijk gebied

### Auteurs (per hoofdstuk):

H.	Auteur(s)	H.	Auteurs	H.	Auteurs
1	Bart de Knegt <sup>1</sup>	8	Jan Matthijssen <sup>2</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	15	Frank van Gaalen <sup>2</sup> , Frits Kragt <sup>2</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>
2	Bart de Knegt <sup>1</sup>	9	Rudi Hessel <sup>1</sup> , Folkert de Vries <sup>1</sup> , Michel Riksen <sup>5</sup> .	16	Peter Kuikman <sup>1</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>
3	Henk Westhoek <sup>2</sup> , Durk Nijdam <sup>2</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	10	Piet F.M. Verdonschot <sup>1</sup> , Anna A. Besse-Lototskaya <sup>1</sup> , Hanneke Keizer-Vlek <sup>1</sup>	17	Gert-Jan Steeneveld <sup>5</sup> , Jan Clement <sup>1</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>
4	Ans Versteegh <sup>4</sup> , Harald Dik <sup>4</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	11	René Henkens <sup>1</sup> , Jantsje van Loon-Steensma <sup>5</sup> , Ron Franken <sup>2</sup> , Sandy van Tol <sup>2</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	18	Sjerp de Vries <sup>1</sup> , Martin Goossen <sup>1</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>
5	Mark van Oorschot <sup>2</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	12	Eefje den Belder <sup>3</sup> , Willemien Geertsema <sup>5</sup> , Inez Woltjer <sup>1</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	19	Bart de Knegt <sup>1</sup> , Arjen van Hinsberg, Jaap Wiertz <sup>2</sup>
6	Gert-Jan van de Born <sup>2</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	13	Eefje den Belder <sup>3</sup> , Willemien Geertsema <sup>5</sup> , Inez Woltjer <sup>1</sup> , Bart de Knegt <sup>1</sup>	20	Bart de Knegt <sup>1</sup> , Arjen van Hinsberg <sup>2</sup> , Jaap Wiertz <sup>2</sup> .
7	Bart de Knegt <sup>1</sup> , Jan Ros <sup>2</sup>	14	Folkert de Vries <sup>1</sup> , Annemieke Smit <sup>1</sup>		

<sup>1)</sup> Alterra; <sup>2)</sup> PBL; <sup>3)</sup> PRI; <sup>4)</sup> RIVM; <sup>5)</sup> Wageningen University

Bron figuur omslag: PBL, WUR, CICES (2014)

© 2014

#### Alterra Wageningen UR

Postbus 47, 6700 AA Wageningen  
T: (0317) 48 07 00; E: info.alterra@wur.nl

#### Departement Omgevingswetenschappen, WU

Postbus 47, 6700 AA Wageningen  
T: (0317) 48 07 00

#### Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

Postbus 1, 3721 BA Bilthoven  
T: (030) 274 91 11

#### Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Postbus 303, 3721 MA Bilthoven  
T: (070) 328 8700; E: info@pbl.nl

#### Plant Research International Wageningen UR (PRI)

Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
T: (0317) 48 60 01

De reeks WOt-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via [www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu).

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; e-mail: [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl); Internet: [www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

---

# Woord vooraf

Voor u ligt het rapport 'Graadmeter Diensten van Natuur'. Deze graadmeter is ontwikkeld voor de Balans van de Leefomgeving 2014. Tussenresultaten zijn gepubliceerd in de Internationale Architectuur Biënale Rotterdam. Graag wil ik alle betrokkenen bedanken voor hun steun, inzet en medewerking. In het bijzonder dank ik Joep Dirkx van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu en Keimpe Wieringa en Petra van Egmond van het Planbureau voor de Leefomgeving, sectie Natuur en het Landelijk Gebied voor hun begeleiding.

*Bart de Knegt*

Utrecht, 10 september 2014.

---



---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Summary</b>	<b>13</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>17</b>
<b>2 Introductie op de Graadmeter Diensten van Natuur</b>	<b>21</b>
<b>3 Voedsel</b>	<b>33</b>
<b>4 Drinkwater</b>	<b>45</b>
<b>5 Hout</b>	<b>55</b>
<b>6 Niet drinkwater</b>	<b>59</b>
<b>7 Energie</b>	<b>67</b>
<b>8 Luchtzuivering</b>	<b>75</b>
<b>9 Erosiebestijding</b>	<b>79</b>
<b>10 Waterberging</b>	<b>95</b>
<b>11 Kustbescherming</b>	<b>113</b>
<b>12 Bestuiving</b>	<b>123</b>
<b>13 Plaagonderdrukking</b>	<b>133</b>
<b>14 Bodemvruchtbaarheid</b>	<b>145</b>
<b>15 Waterzuivering</b>	<b>153</b>
<b>16 Koolstofvastlegging</b>	<b>163</b>
<b>17 Verkoeling in de stad</b>	<b>173</b>
<b>18 Groene recreatie in de leefomgeving</b>	<b>183</b>
<b>19 Symboolwaarde natuur</b>	<b>197</b>
<b>20 Natuurlijk erfgoed</b>	<b>201</b>
<b>Dankwoord</b>	<b>207</b>

---

Bijlage 1	Oppervlakte landgebruik (km <sup>2</sup> ) per fysisch-geografische regio en achtergrond bij gerealiseerde berging en beekherstel per waterschap	209
Bijlage 2	Beheertypen (areaal) en groenblauwelijnvormige elementen en hun geschiktheid als leverancier van natuurlijke vijanden voor de ecosysteemdienst natuurlijke plaagregulatie	215
Bijlage 3	Beheertypen en groenblauwe lijnselementen en hun geschiktheid als leverancier van bestuivers	217
Bijlage 4	CICES 4.3 classificatie	219
Bijlage 5	Verslag workshops	223

# Samenvatting

De Samenvatting is ook digitaal verschenen op:

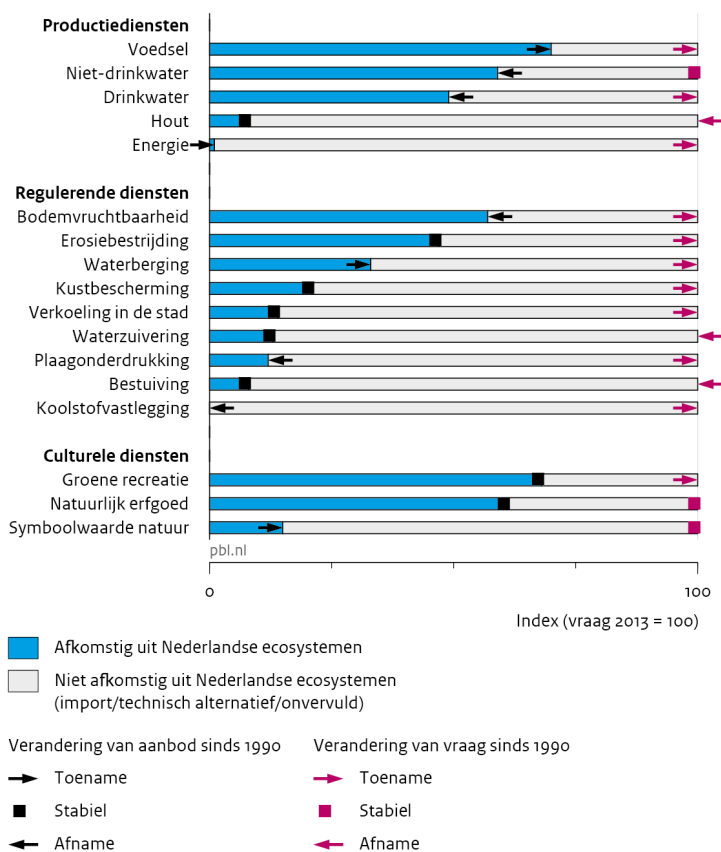
<http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeftomgeving/2014/natuurlijk-kapitaal/ecosysteemdiensten>

## Met aandacht voor Natuurlijk kapitaal en Ecosysteemdiensten wordt het natuurbeleid verbreed

Het beleid stelt doelen voor behoud en herstel van ecosysteemdiensten

De Nederlandse samenleving maakt gebruik van verschillende goederen en diensten die ecosystemen leveren – de zogeheten ecosysteemdiensten. Door zichtbaar te maken wat de status en trends zijn van ecosysteemdiensten, kunnen ze beter onderdeel worden van de besluitvorming door de overheid en bedrijfsleven. Resultaten laten zien dat voor veel ecosysteemdiensten de trend de afgelopen circa 20 jaar negatief is; het aanbod van diensten uit de natuur neemt af, terwijl de vraag groeit. In geen enkel geval voorzien ecosystemen in de hele vraag. Ondanks de inzet van technische alternatieven en import om in de vraag te voorzien, blijft een deel van de vraag onvervuld. Natuurgebieden leveren het breedste scala aan ecosysteemdiensten. Ook leveren natuurgebieden relatief het grootste aandeel voor de meeste ecosysteemdiensten.

### Levering van goederen en diensten uit ecosystemen



Bron: PBL; Alterra, Wageningen UR 2014

**Figuur S1** In geen enkel geval vervult een ecosysteemdienst de volledige Nederlandse vraag. De levering is in een aantal gevallen sinds circa 1990 achteruitgegaan. Bovendien is er bij diverse diensten sprake van een vraag die sneller toeneemt dan het aanbod uit ecosystemen.

---

Natuur en landschap leveren veelal ongemerkt goederen en diensten aan de maatschappij en economie. Ecosysteemdiensten die de Nederlandse samenleving gebruikt zijn nog onvoldoende in beeld en worden daardoor nog niet op waarde geschat. Het kabinet heeft daarom de doelstelling geformuleerd om in 2020 de Nederlandse ecosysteemdiensten in kaart te brengen om ze zo een plek te geven in het economische verkeer en onderdeel te maken van besluitvorming door overheid en bedrijfsleven. Er worden instrumenten ontwikkeld om de nationale staat van ecosystemen en hun potentiële diensten in beeld te brengen en de mogelijkheden om deze diensten te waarderen worden onderzocht (EZ 2013). Ook de Europese Unie heeft vergelijkbare doelen opgesteld (EC, 2011). Het rijk heeft verder als doel geformuleerd in 2020 te zorgen dat natuurlijk kapitaal wordt behouden en duurzaam gebruikt. Onder de noemer 'natuurlijk kapitaal' wordt het vermogen bedoeld van natuur om goederen en diensten – samen ecosysteemdiensten genoemd – te leveren. Ecosystemen kunnen verschillende goederen en diensten leveren. Het is gebruikelijk ze onder te verdelen in (1) het vermogen van ecosystemen om te voorzien in goederen, zoals hout; (2) processen te reguleren, zoals het zuiveren van water en (3) culturele diensten te leveren, zoals ruimte voor recreatie.

### **Omvang van een aantal Nederlandse ecosysteemdiensten gedaald**

De ontwikkeling van de beschikbaarheid van goederen en diensten uit Nederlandse ecosystemen in de afgelopen circa 20 jaar verschilt per ecosysteemdienst, zie figuur S1. In geen enkel geval wordt voorzien in de hele vraag. Soms slechts voor een klein gedeelte. In de meeste gevallen is de vraag naar de diensten toegenomen. Vooral klimaatverandering blijkt een oorzaak te zijn voor de groeiende vraag naar de ecosysteemdiensten waterberging, kustbescherming, verkoeling in de stad, koolstofvastlegging en erosiebestrijding. De vraag naar erosiebestrijding nam ook toe door de intensiverende landbouw. De vraag naar voedsel is toegenomen door de toename van de bevolking en veranderde consumptiepatronen. De vraag naar groene recreatie groeide omdat de bevolking toenam en meer vrije tijd tot haar beschikking kreeg als gevolg van vergrijzing.

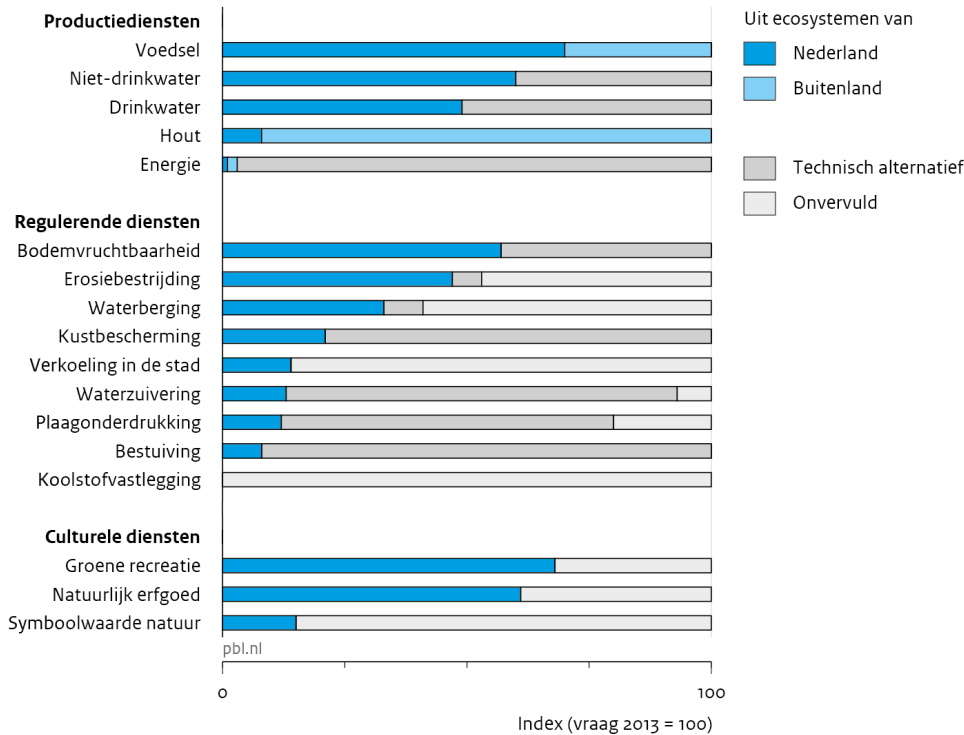
Toename van geleverde goederen en diensten is opgetreden in de categorie productiediensten, bijvoorbeeld bij de levering van voedsel en energie. Afnames van geleverde goederen en diensten zijn opgetreden bij de levering van drinkwater en niet-drinkwater (dat onder andere voor wassen, irrigatie in de landbouw en industrie wordt gebruikt) en in de categorie regulerende diensten: bodemvruchtbaarheid, koolstofvastlegging en plaagonderdrukking. Deels hebben deze afnames te maken met de intensivering van de landbouw.

### **Levering van diensten ook mogelijk door import of technische alternatieven**

De vraag kan ook ingevuld worden door import of inzet van technische alternatieven (figuur S2). Voedsel, hout en biomassa voor de opwekking van energie zijn goederen die transporteerbaar zijn en worden geïmporteerd om in onze behoefte te voorzien. Voedsel voor consumptie in Nederland wordt voor circa 30% geïmporteerd. Hout voor meer dan 90%. Ook wordt een deel van de biomassa die wordt gebruikt voor de opwekking van energie geïmporteerd uit het buitenland. Daarmee wordt beslag gelegd op natuurlijk kapitaal buiten Nederland (internationale ecologische footprint). Bij de regulerende en culturele diensten is import meestal geen optie. Ze moeten geleverd worden op de plaats waar de vraag naar de diensten bestaat.

De levering van verschillende regulerende diensten is ook mogelijk door inzet van technische alternatieven. Dat kan een kosteneffectief, bedrijfszeker, alternatief bieden. Zo beschermen bijvoorbeeld dijken (in plaats van duinen) de kust, bestrijden we plagen met chemische gewasbeschermingsmiddelen (in plaats van door natuurlijke vijanden) en laten imkers hun bijenvolken gewassen bestuiven (in plaats van door wilde bestuivers). Technische alternatieven kunnen echter ook tot meer kosten leiden of negatieve neveneffecten hebben. Zo zorgen gewasbeschermingsmiddelen voor een slechte kwaliteit van het oppervlaktewater. Daar waar import of techniek onvoldoende alternatieven bieden, blijft er een deel van de behoefte onvervuld. Dat is vooral het geval bij de regulerende en culturele diensten. In het geval van waterberging betekent dit dat er gebieden overstroomd of juist te droog zijn. In het geval van koolstofvastlegging betekent dit dat de concentratie CO<sub>2</sub> in de atmosfeer toeneemt, waardoor de aarde verder opwarmt. In het geval van natuurlijk erfgoed betekent het dan een aantal soorten bedreigd wordt met uitsterven, enzovoort.

## Levering van goederen en diensten uit ecosystemen, 2013



Bron: PBL; Alterra, Wageningen UR 2014

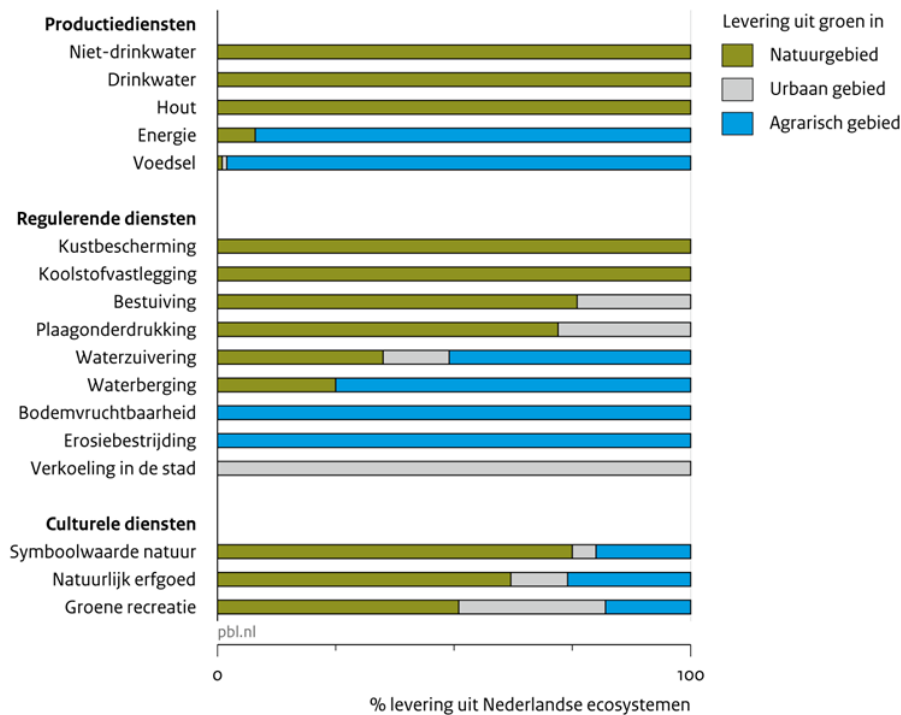
**Figuur S2** Het aanbod uit ecosystemen wordt aangevuld door import uit ecosystemen buiten Nederland of door technische alternatieven in te zetten, bijvoorbeeld dijken, of chemische gewasbeschermingsmiddelen. In een aantal gevallen blijft de vraag onvervuld.

Bij afnemend aanbod kunnen knelpunten ontstaan, vooral daar waar we in hoge mate afhankelijk zijn van ecosystemediensten, als import niet mogelijk is, alternatieven voor het teruglopende aanbod uit ecosystemen meer kosten met zich meebrengen, ongewenste neveneffecten hebben of simpelweg ontbreken. Zo was er onlangs discussie over het tekort aan bestuiving om de ambities voor de teelt van gewassen voor bioenergie in Europa te realiseren.

### Natuurgebieden hebben een grote bijdrage aan de levering van ecosystemediensten

Natuur, agrarisch en stedelijk gebied dragen in verschillende mate bij aan ecosystemediensten. Natuurgebieden leveren het breedste scala aan ecosystemediensten. Ook leveren natuurgebieden relatief het grootste aandeel voor de meeste ecosysteme-diensten (zie figuur S3). Dit ondanks dat de oppervlakte natuur vele malen kleiner is dan de oppervlakte agrarisch gebied. Het huidige agrarisch gebied is relatief monofunctioneel en levert slechts enkele ecosystemediensten. Het stedelijk gebied draagt in beperkte mate bij aan het totale aanbod aan ecosystemediensten in Nederland. De mate waarin goederen en diensten worden geleverd of kunnen worden gecombineerd op één plek is afhankelijk van het landgebruik en beheer.

## Relatief belang van gebieden voor levering van goederen en diensten uit ecosystemen, 2013



Bron: PBL; Alterra, Wageningen UR 2014

**Figuur S3** Verschillende gebieden dragen in verschillende mate bij aan de levering van ecosysteemdiensten in Nederland. Natuurgebieden leveren het breedste scala en het grootste procentuele aandeel voor de meeste ecosysteemdiensten. Het stedelijk gebied draagt nauwelijks bij aan het totale aanbod aan ecosysteemdiensten in Nederland. (De mate waarin de gebieden diensten leveren is hier weergegeven als percentage van het totaal over Nederland per dienst).

### Een graadmeter in ontwikkeling

Het PBL ontwikkelt samen met Wageningen UR deze graadmeter. Het doel daarvan is de omvang en de ontwikkeling te kwantificeren van de levering van goederen en diensten uit Nederlandse ecosystemen. De eerste resultaten worden hier besproken en zijn bedoeld om een bijdrage te leveren aan de verdere ontwikkeling van het beleid op het vlak van natuurlijk kapitaal. De graadmeter geeft informatie over 17 typen ecosysteemdiensten, ingedeeld volgens de Common International Classification of Ecosystem Services (CICES; Haines-Young & Potschin 2013).

### Literatuur

- EC (2011) Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020, COM(2011) 244 final (ed. EU), pp. 17, Brussels: European Commission
- EZ (2013). Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal: behoud en duurzaam gebruik van biodiversiteit. Kamerstuk 22-06-2013. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003

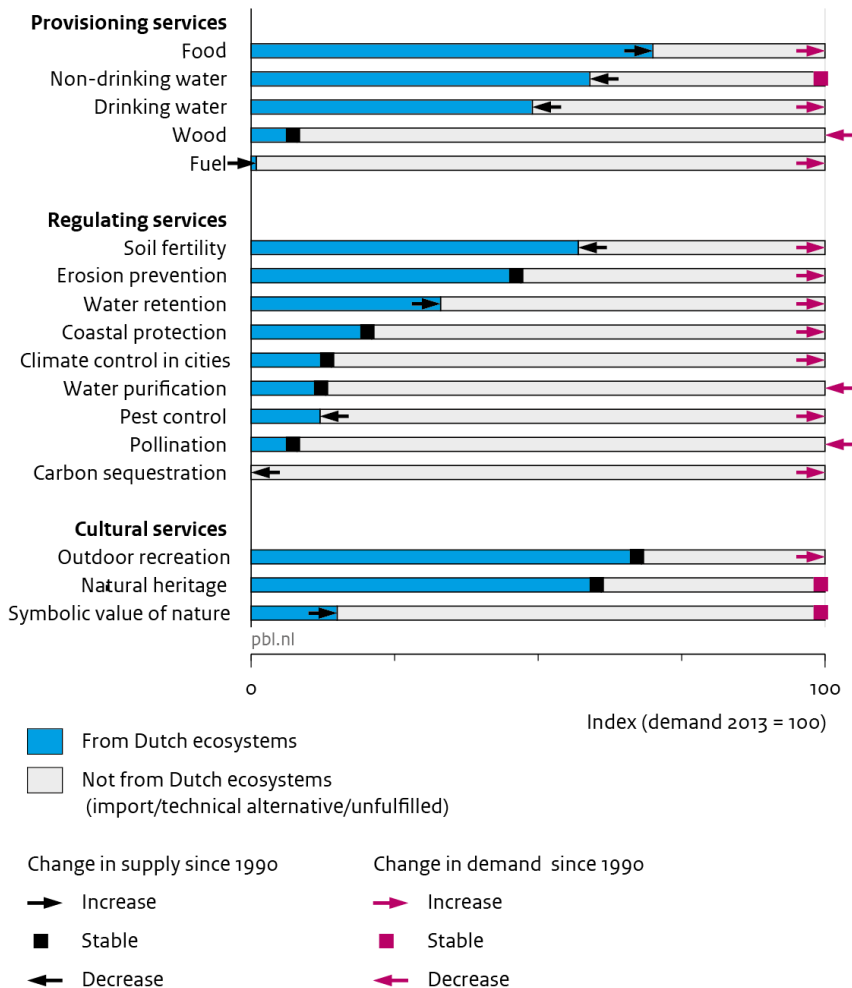
# Summary

## Focusing on natural capital and ecosystem services to broaden the scope of nature conservation policy

### Policies setting goals for conservation and repair of ecosystem services

Dutch society is benefiting from a range of goods and services provided by ecosystems – so-called ecosystem services. Research to reveal the status of and trends in ecosystem services will enable their incorporation into decision-making processes by government and industry. The results show a negative trend for many ecosystem services over the last 20 years; the supply of services provided by nature is declining, while demand is growing. For none of the services can Dutch ecosystems meet the country’s entire demand. Despite the use of technological alternatives and imports to meet the demand, part of it remains unmet. Natural areas provide the widest range of ecosystem services, and they also supply the largest share of most ecosystem services.

### Supply of goods and services from ecosystems



Source: PBL; Alterra, Wageningen UR 2014

**Figure S1** For none of these types of service is the entire Dutch demand being met by Dutch ecosystems. For some services, the supply has declined since about 1990. In addition, the demand for several services is increasing faster than the supply from ecosystems.

---

Nature and the landscape supply goods and services to society and the economy, often without this being noticed. There is as yet insufficient awareness of the ecosystem services that are being used by Dutch society, as a result of which they are not valued as highly as they should be. In view of this, the Dutch Government has set the goal of surveying all Dutch ecosystem services by 2020, in order to assign them a place in the economic system and incorporate them in the decision-making processes by government and industry. Instruments are being developed that should enable the national status of ecosystems and their potential services to be surveyed, and options for valuing these services are being investigated (EZ 2013). The European Union has established comparable goals (EC, 2011).

Another goal set by the Dutch Government for 2020 is that natural capital should be preserved and should be used in a sustainable manner. The term 'natural capital' comprises nature's capacity to provide goods and services – collectively known as ecosystem services. Ecosystems can supply various goods and services, which are usually categorised into the capacity of ecosystems to (1) supply goods, such as wood; (2) regulate processes, such as water purification and (3) supply cultural services, such as recreational opportunities.

### **Availability of some Dutch ecosystem services has declined**

Trends in the availability of goods and services from Dutch ecosystems over the last 20 years have differed for different ecosystem services (Fig. S1). For none of the services is the entire Dutch demand being met, and in some cases only a small proportion is being met. In most cases, demand for these services has risen. Climate change is found to be a major cause of the growing demand for ecosystem services such as water retention to prevent flooding, coastal protection, climate control in urban buildings, carbon sequestration and erosion prevention. The demand for measures to prevent erosion has also increased as a result of the further intensification of agriculture. At the same time, population growth and altered consumption patterns have increased the demand for food. The demand for 'green' recreation options has also increased as the population grew, and the ageing of the population has meant that people have more leisure time available.

The supply of goods and services has increased in the category of provisioning services, for instance food and energy, whereas it has declined as regards the supply of drinking water and non-drinking water (used for washing, farm irrigation and in industry) and as regards the category of regulating services: soil fertility, carbon sequestration and pest control. The declines partly relate to the intensification of agriculture.

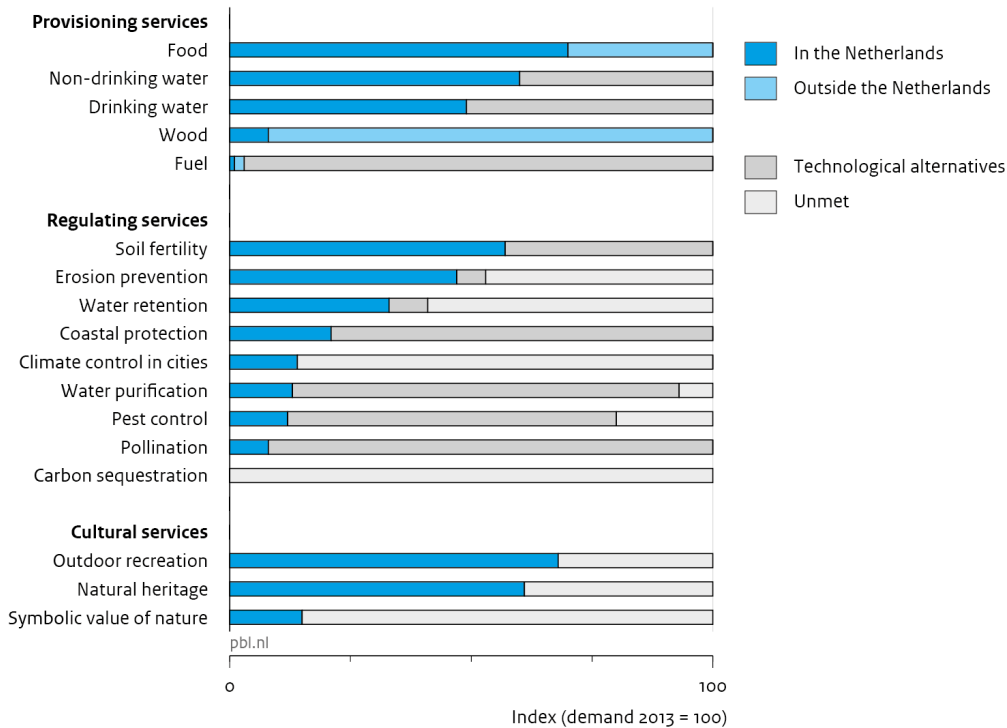
### **Services can be supplied by imports or technological alternatives**

The demand for services can also be met by imports or the use of technological alternatives (Fig. S2). Food, wood and biomass for power generation are goods that can be transported and are being imported to meet the Dutch demand. About 30% of all food for human consumption in the Netherlands is imported, as is about 90% of the wood, and part of the biomass for power generation is also imported from abroad. This imposes on natural capital outside the Netherlands (international ecological footprint). Import is usually not an option when it comes to regulating and cultural services; they need to be supplied at the location where the demand for services arises.

The supply of various regulating services can also be maintained by technological means, which may offer a cost-effective and reliable alternative. Examples include dikes, which can replace dunes in protecting the coast, chemical crop protection agents for pest control (replacing natural enemies) and domesticated honeybees to pollinate crops (replacing wild pollinators). On the other hand, technological alternatives may be more costly or have unfavourable side-effects, such as crop protection agents that affect the quality of surface waters. If imports or technology are insufficient as alternatives for ecosystem services, part of the demand for such services will remain unmet. This is especially the case with regulating and cultural services. In the case of water retention this may mean that areas become flooded or desiccated. In the case of carbon sequestration it may mean that CO<sub>2</sub> concentrations in the atmosphere rise, causing further global warming. In the case of natural heritage it may mean that a number of species are threatened with extinction, etc.



## Supply of goods and services from ecosystems, 2013



Source: PBL; Alterra, Wageningen UR 2014

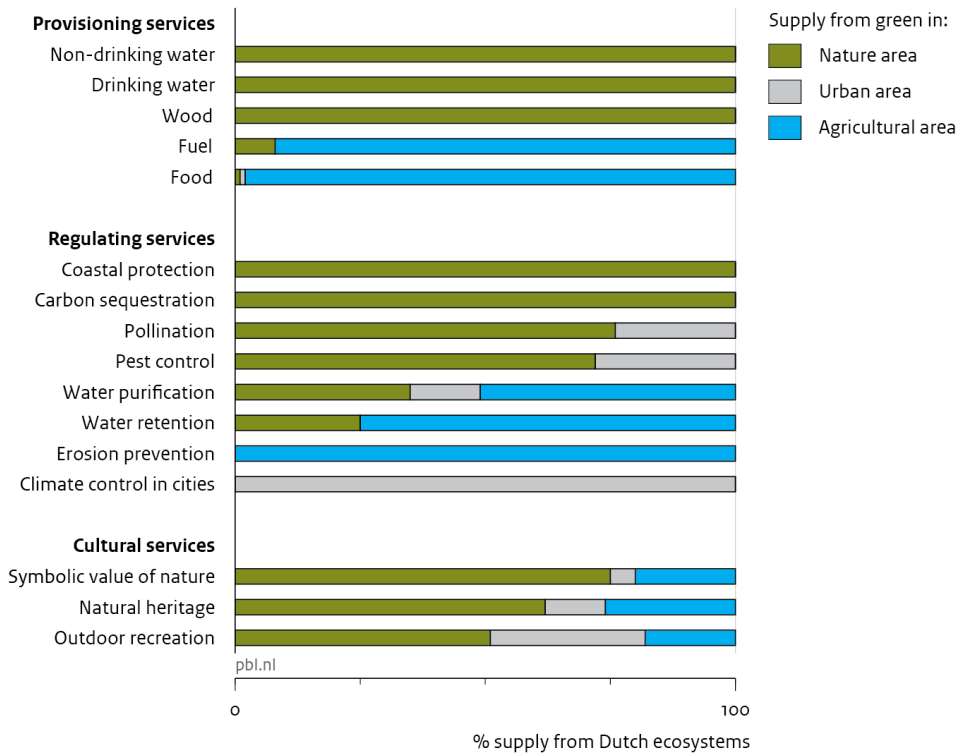
**Figure S2** The supply of services by Dutch ecosystems is supplemented by imports from ecosystems in other countries or by using technological solutions, such as dikes or chemical pesticides. Some types of demand remain unmet.

Drops in supply may cause bottlenecks, especially in situations where society relies heavily on ecosystem services, when imports are impossible or where technological alternatives entail higher costs or unfavourable side-effects, or are simply lacking. An example is the recent debate about the lack of enough pollinators to achieve the ambitions for growing bioenergy crops in Europe.

### Natural areas contribute greatly to ecosystems service provision

Natural areas, farmlands and urban areas differ in their contribution to ecosystem services. The widest range of ecosystem services is provided by natural areas. Such areas also provide the largest share of most ecosystem services (see Fig. 3), despite the fact that the surface area of natural areas is many times smaller than that covered by farmlands. Present-day farmland is relatively monofunctional and provides only a few ecosystem services, and urban areas have a limited share in the total supply of ecosystem services in the Netherlands. The extent to which goods and services can be delivered or can be combined at one site depends on land use and management.

## Relative importance of areas for the supply of goods and services from ecosystems, 2013



Source: PBL; Alterra, Wageningen UR 2014

**Figure S3.** Different types of areas differ in their contributions to the supply of ecosystem services in the Netherlands. Natural areas offer the widest range and the largest percentage share of most ecosystem services, while urban areas hardly contribute to the total supply of such services. (The level of services provided by the areas is shown here as a percentage of the total for the Netherlands for each service).

### Developing an indicator

Together with Wageningen UR, PBL is developing an indicator that can be used to quantify the current availability and trends in the supply of goods and services from Dutch ecosystems. The report discusses the preliminary results and is intended as a contribution to the further development of policies concerning natural capital. The indicator provides information on 17 types of ecosystem services, categorised according to the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES; Haines-Young & Potschin 2013).

### Literature

EC (2011) Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020, COM(2011) 244 final (ed. EU), pp. 17, Brussels: European Commission

EZ (2013). Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal: behoud en duurzaam gebruik van biodiversiteit. Kamerstuk 22-06-2013. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Service (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003

# 1 Inleiding

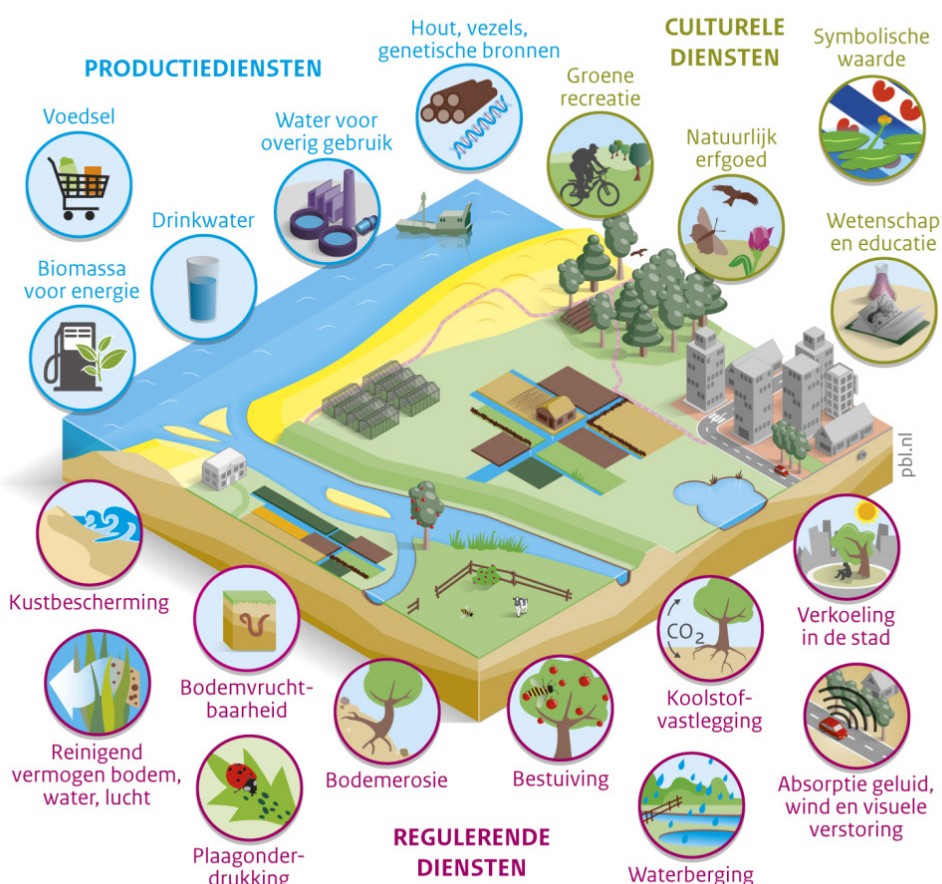
Bart de Knegt (Alterra)

## 1.1 Achtergrond

In de Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal (EZ, 2013) en de onlangs uitgebrachte Rijksnatuurvisie (EZ, 2014) verbreedt het kabinet de inzet van het natuurbeleid van een op behoud gerichte insteek naar een insteek waarin het nut van natuur meer aandacht krijgt. Uiteindelijk richt het kabinet zich op het behoud en het duurzaam gebruik van dit natuurlijk kapitaal. Het kabinet heeft daarom de doelstelling geformuleerd om in 2020 de Nederlandse ecosystemendiensten in kaart te brengen om ze zo een plek te geven in het economische verkeer en onderdeel te maken van besluitvorming door overheid en bedrijfsleven. Er worden instrumenten ontwikkeld om de nationale staat van ecosystemen en hun potentiële diensten in beeld te brengen en de mogelijkheden om deze diensten te waarderen worden onderzocht (EZ, 2013). Ook de Europese Unie heeft vergelijkbare doelen opgesteld (EC, 2011).

Ecosystemen kunnen verschillende goederen en diensten leveren (figuur 1.1). Het is gebruikelijk ze onder te verdelen in (1) het vermogen van ecosystemen om te voorzien in goederen, zoals hout; (2) processen te reguleren, zoals het zuiveren van water en (3) culturele diensten te leveren, zoals ruimte voor recreatie.

### Voorbeelden van ecosystemendiensten in Nederland



Bron: PBL, WUR, CICES 2014

www.pbl.nl

**Figuur 1.1.** Het Nederlandse landschap levert vele, meer of minder zichtbare, ecosystemendiensten.

---

Er bestaat daardoor, naast de reeds bestaande indicatoren over biodiversiteit, behoefte aan een operationele graadmeter waarmee kan worden aangegeven wat de status en trend is van ecosysteemdiensten in Nederland. De begrippen ecosysteemdiensten en natuurlijk kapitaal zijn relatief nieuw. Dat maakt dat er op dit moment vooral behoefte is aan *facts* en *figures* waarover periodiek in de Balans van de Leefomgeving gerapporteerd kan worden. Daarnaast is het de bedoeling om ook in de Natuurverkenningen aandacht te besteden aan het effect van verschillende scenario's op natuurlijk kapitaal. Het gaat daarbij om vragen: welke goederen en diensten worden door Nederlandse ecosystemen geleverd? Hoe verhoudt dat zich tot de vraag en hoe is de trend van beide? Met het antwoord op deze vragen kan ook de achterliggende vraag worden beantwoord of het beleidsdoel wordt gehaald om de levering van ecosysteemdiensten zeker te stellen. Daarnaast is het van belang om te weten in welke mate we voor de levering van deze diensten gebruik maken van ecosystemen in Nederland, ecosystemen buiten Nederland, technische alternatieven of dat de vraag onvervuld blijft. Deze informatie is van belang omdat bij meer gebruik van ecosystemen in het buitenland onze voetafdruk en afhankelijkheid groter wordt, of de inzet van technische alternatieven kosten of negatieve externe effecten kan hebben (bv. uitspoeling pesticiden) of we met een onvervulde vraag achterblijven (bv. vuil water, te weinig recreatiemogelijkheden). Ten slotte is het van belang te weten wat de bijdrage is van het stedelijke en agrarische gebied en van natuurgebieden in de levering van ecosysteemdiensten. Immers, het gebruik, beheer en ruimtelijke configuratie van deze vormen van landgebruik kunnen worden gewijzigd om de levering van diensten te optimaliseren.

## 1.2 Vervolg in 2014

In de tweede helft van 2014 wordt verder gewerkt aan de indicator. Doel is om de aanpak van de Graadmeter Natuurlijk Kapitaal, zoals gebruikt in de Balans van de Leefomgeving 2014, te borgen en te bediscussiëren. De werkzaamheden van dit project vallen uiteen in twee delen. Ten eerste wordt er op een rijtje gezet wat voor de Balans van de Leefomgeving is gedaan en vervolgens wordt de aanpak en bruikbaarheid geëvalueerd.

Beschrijving van de verschillende graadmeters die voor de Balans van de Leefomgeving 2014 zijn ontwikkeld voor goederen en diensten die de levert. Het gaat hier om informatie over de vraag ten opzichte van aanbod van goederen en diensten, de trend van de vraag en het aanbod in de afgelopen decennia, het belang van verschillende ecosystemen de diensten te leveren en hoe tekorten zijn opgevuld (techniek/substitutie/import/onvervuld). Ten eerste wordt het concept van de graadmeters beschreven. Ten tweede wordt beschreven hoe de uitwerking van het concept heeft plaatsgevonden. Ten derde worden de knelpunten beschreven waar we zowel conceptueel als praktisch tegenaan zijn gelopen. Deze knelpunten worden geïllustreerd met resultaten.

Vervolgens wordt de bruikbaarheid van de graadmeter beschreven. Aan de volgende vragen wordt aandacht besteed: Wat is de gebruikswaarde van de graadmeter? Op welke vragen kan de graadmeter wel/niet antwoord geven? Voor welke actoren (beheer, beleid, bedrijven, gemeenten enzovoort) kan de informatie bruikbaar zijn? Wat zijn de overeenkomsten en verschillen qua bruikbaarheid met andere trajecten zoals DANK, TEEB/NKN, NCA<sup>1</sup>? Wat kunnen we leren van graadmeters voor natuurlijk kapitaal die buiten Nederland zijn ontwikkeld? Ten slotte worden er conclusies getrokken uit de twee bovenstaande onderdelen en mogelijk aanbevelingen gedaan voor het vervolg.

## 1.3 Verantwoording

Het concept ecosysteemdiensten is in zijn huidige vorm relatief nieuw. De graadmeter kon helaas niet gevuld worden door enkel gebruik te maken van de kennis die tot nu toe was verzameld en reeds gepubliceerd. Voor de meeste diensten zijn daarom nog aanvullende analyses gedaan. Daarbij is zo veel als mogelijk aangesloten op bestaande kennis. Waar nodig is deze aangevuld met kennis uit de

---

<sup>1</sup> DANK = [Digitale Atlas Natuurlijk Kapitaal](#); TEEB/NKN = The Economics of Ecosystems and Biodiversity / [Natuurlijk Kapitaal Nederland](#); NCA = [Natural Capital Accounting](#)

---

literatuur, modellen, casestudies of experts. Bij de totstandkoming van de resultaten van dit rapport zijn experts voor de verschillende ecosysteemdiensten gevraagd deze kennis te verzamelen. Indien er al veel bekend was over de dienst, hebben de redacteurs van dit rapport eerst een voorzet gedaan voor de cijfers en vervolgens deze resultaten en teksten laten reviewen door de experts op dit gebied. Hiermee is de laatste stand van de wetenschap zo goed mogelijk weergegeven. Het is echter evident dat de betrouwbaarheid van de cijfers varieert per dienst. Sommige gegevens zijn vrij hard, terwijl de cijfers van andere diensten zijn gebaseerd op schattingen door experts. In de volgende hoofdstukken is per ecosysteemdienst aangegeven wat de betrouwbaarheid van de dienst is.

Dit rapport beschrijft dan ook de eerste resultaten, die tevens zijn bedoeld om een bijdrage te leveren aan de verdere ontwikkeling van het beleid op het vlak van natuurlijk kapitaal. Het is een graadmeter in ontwikkeling. Om de kwaliteit te borgen zijn twee interne workshops georganiseerd waarin de belangrijkste keuzes zijn bediscussieerd (zie Bijlage 5). Er heeft nog een extra interne review plaatsgevonden door Jan Vreke (Alterra Wageningen UR) op consistentie over de diensten heen.

Daarnaast zijn er vijf presentaties gegeven voor experts op het gebied van exosysteemdiensten. Twee van deze presentaties waren voor de leden van de klankbordgroep die bestond uit beleidsmakers van de ministeries van EZ en I&M, terreinbeheerders en het bedrijfsleven. Ook is er feedback ontvangen op het werk in interne en externe commentaarrondes. Deze concepten zijn naar een zeer breed gezelschap ter commentaar voorgelegd. De afzonderlijke hoofdstukken per ecosysteemdienst zijn gereviewd door één of meer experts.



---

## 2 Introductie op de Graadmeter Diensten van Natuur

*Bart de Knegt (Alterra)*

### 2.1 Naar een familie van graadmeters

#### **Een graadmeter met beleidsrelevatie**

Er zijn vele vragen die samenhangen met het begrip ecosysteemdiensten. Het belangrijkste beleidsdoel van het rijk is het 'behoud en duurzaam gebruik van biodiversiteit' (EZ, 2013). Met de Graadmeter Diensten van Natuur is een keuze gemaakt door ons te richten op de vraag welke goederen en diensten door Nederlandse ecosystemen worden geleverd, hoe het aanbod zich verhoudt tot de vraag en wat de trend van vraag en aanbod is. De informatie van deze graadmeter kan helpen te bepalen wat de status en trend is van het natuurlijk kapitaal in Nederland en of de hoofddoelstelling van het rijk gerealiseerd is.

Het door het rijk gestelde beleidsdoel van behoud en duurzaam gebruik van biodiversiteit behoeft echter nadere uitwerking. Dit kan echter verschillende vormen aannemen, en deze vormen hebben verschillende consequenties voor de omvang en de kwaliteit van het natuurlijk kapitaal en de ecosysteemdiensten die het kan opleveren. Gaat het erom niet meer uit bijvoorbeeld een bos te oogsten dan er bijgroeit, zodat het bos in stand blijft? Of gaat het erom dat het bos naast hout ook andere ecosysteemdiensten, zoals waterberging of koolstofopslag, kan opleveren? Als het belangrijk is dat het bos water bergt, of koolstof vastlegt, dan kan dit betekenen dat er minder hout kan worden geoogst. Bij vrijwel alle ecosysteemdiensten treden vergelijkbare uitruilen op. Dit maakt dat het belangrijk is dat het kabinet duidelijk maakt waarop het zich met het behoud en het duurzaam gebruik van natuurlijk kapitaal wil richten en welke consequenties dit heeft voor andere vormen van gebruik. Anders bestaat het risico dat de ecosysteemdiensten waarop individuele baathebbers zich richten, zullen prevaleren boven de ecosysteemdiensten met een publiek belang.

Omdat het beleidsdoel nog niet verder is uitgewerkt en gekwantificeerd, is het lastig om een graadmeter te construeren die antwoord geeft of de hoofddoelstelling van het rijk is gerealiseerd en wat de afstand is tot het doel (distance to target). De hier gepresenteerde graadmeter is daarom een eerste uitwerking die mogelijk kan helpen om meer zicht te krijgen op natuurlijk kapitaal en de uitwerking van de beleidsdoelen.

#### **Een waaier van vragen**

De graadmeter geeft antwoord op de status en trend van ecosystemen op dit moment. Daarmee worden vooralsnog een aantal andere relevante vragen buiten beschouwing gelaten, zoals: Hoe duurzaam is het gebruik van ecosystemen? Wat is de samenhang tussen de diensten (synergie en uitruilen)? Wat is de stapeling van diensten? Hoe gaan het gebruik en het aanbod van de diensten zich in de toekomst ontwikkelen? Wat is het belang (al dan niet monetair) van de dienst voor mensen? Wat is de rol van biodiversiteit in het leveren van de hoeveelheid en kwaliteit van deze diensten? Enzovoort.

Dat geldt ook voor vragen die meer beleidsmatig van aard zijn, zoals: Om welke ecosysteemdiensten moeten we ons zorgen maken? Waar gaan knelpunten ontstaan? Is er nog potentie die nu niet benut wordt (optimalisatie)? Wat zijn de grootste bedreigingen om ecosysteemdiensten te leveren? Welke handelingsperspectieven zijn er voor een betere benutting van ecosysteemdiensten? Wat is de veerkracht van ecosystemen en hoe ver zitten we af van tipping points? Enzovoort (figuur 2.1).



**Figuur 2.1** Soms raakt een ecosysteem uit evenwicht en bereikt een zgn. kantelpunt ('tipping point'): het punt waarop het systeem niet meer in staat is zichzelf in stand te houden en uiteenvalt.

Ten slotte zijn er ook vragen die betrekking hebben op de ecosysteemdienstenbenadering zelf. Het gaat dan om de vraag of het concept werkt. Wanneer, waar en voor wie werkt het concept wel/niet? Is de ecosysteemdienstenbenadering een middel en/of een doel op zich? Waar gaat het dan om? Is de ecosysteemdienstenbenadering een garantie voor behoud van biodiversiteit? Enzovoort.

Al deze vragen zijn legitiem en van belang. Het is echter niet mogelijk, en ook niet wenselijk alle vragen in één graadmeter te beantwoorden. De kracht van een graadmeter is immers dat ze overzichtelijk, liefst in de vorm van enkele aansprekende figuren, relevante informatie geeft. We kiezen er daarom voor te werken met een set van complementaire en onderling samenhangende graadmeters die de belangrijkste aspecten weergeven.

Op mondiaal en Europees niveau is nagedacht over welke vragen van prioritair belang zijn omtrent het onderwerp ecosysteemdiensten. In Kader 1 staan de doelstellingen zoals die geformuleerd zijn door de Millennium Ecosystem Assessment in 2005. In Kader 2 staan de belangrijkste vragen zoals die door de working group MAES zijn geformuleerd (Maes *et al.*, 2013, 2014).

#### Kader 1. Millennium Ecosystem Assessment (MEA)

De MEA is opgesteld met de volgende doelstellingen:

- Het bewust worden van de betekenis van ecosystemen en hun diensten en de afhankelijkheid van de mensheid ervan;
- Het benoemen en in kaart brengen van het brede scala aan diensten, de omvang ervan en de veelheid van ecosystemen die deze diensten voortbrengt en de ruimtelijke verwevenheid van de herkomst van diensten (stapeling);
- Het onder de aandacht brengen van de onduurzaamheid van de huidige exploitatie van ecosystemen, de sociale ontwrichting die hiermee samenhangt en de noodzaak voor verduurzaming van exploitatie van ecosysteemdiensten; en
- Het uitdrukken van de waarde van ecosysteemdiensten in economische termen, opdat ze volwaardiger dan nu kunnen worden meegenomen in de beleidsvorming.

Er zijn daarom vele verschillende manieren om een graadmeter vorm te geven. De te beantwoorden vraag bepaald immers welke informatie je in een graadmeter presenteert. Het is bovendien niet mogelijk, maar ook niet wenselijk om te streven naar het ontwikkelen van één enkele graadmeter die antwoord geeft op alle mogelijke vragen. Doel is juist om een zo klein mogelijke set van graadmeters te ontwikkelen die elkaar aanvullen en antwoord geven op de belangrijkste vragen. We spreken



daarom dan ook liever van een familie van graadmeters of van een concept waarvoor, afhankelijk van de vraag, de gegevens in een graadmeter worden weergegeven. Omdat het niet mogelijk is om alle vragen in een keer te beantwoorden, ligt de focus van dit rapport op de beantwoording van de eerste set van vragen zoals door het nationale als internationale beleid geformuleerd: Welke ecosysteemdiensten leveren Nederlandse ecosystemen?; Wat is het aanbod per dienst?; Hoe verhoudt dat zich tot het gebruik?; en, Wat is de trend van gebruik en aanbod? In die zin is dit slechts een eerste stap voor het in kaart brengen en denken over ecosysteemdiensten.

## Kader 2. Mapping Assessment and their Ecosystem Services (MAES)

MAES (Mapping Assessment and their Ecosystem Services) heeft de tien belangrijkste beleidsvragen omtrent ecosysteemdiensten geformuleerd.

<b>Q1</b>	What are the current state and trends of the EU's ecosystems and the services they provide to society? What are emerging trends and projected future state of the EU's ecosystems and the services they provide to society? How is this currently affecting human well-being and what are the projected, future effects to society?
<b>Q2</b>	What are the key drivers causing changes in the EU's ecosystems and their services?
<b>Q3</b>	How does the EU depend on ecosystem services that are provided outside the EU?
<b>Q4</b>	How can we secure and improve the continued and sustainable delivery of ecosystem services?
<b>Q5</b>	How do ecosystem services affect human well-being, who and where are the beneficiaries, and how does this affect how they are valued and managed?
<b>Q6</b>	What is the current public understanding of ecosystem services and the benefits they provide (some key questions could usefully be included in the 2013 Eurobarometer on Biodiversity)?
<b>Q7</b>	How should we incorporate the economic and non-economic values of ecosystem services into decision making and what are the benefits of doing so (question to be addressed 2020)? And what kind of information (e.g. what kind of values) is relevant to influence decision-making?
<b>Q8</b>	How might ecosystems and their services change in the EU under plausible future scenarios - What would be needed in terms of review/revision of financing instruments?
<b>Q9</b>	What are the economic, social (e.g. employment) and environmental implications of different plausible futures? What policies are needed to achieve desirable future states?
<b>Q10</b>	How have we advanced our understanding of the links between ecosystems, ecosystem functions and ecosystem services? More broadly, what is the influence of ecosystem services on long-term human well-being and what are the knowledge constraints on more informed decision making (question to be addressed to the European Commission (DG RTD and Joint Research Centre) and research community in the context of EU mechanism, KNEU <sup>14</sup> , and SPIRAL <sup>15</sup> ).

### Werktitel

De graadmeter krijgt de werktitel 'Graadmeter Diensten van Natuur' mee. Dat is een afkorting van Graadmeter Goederen en Diensten van Natuur en Landschap. Er is nog getwijfeld om de graadmeter 'Graadmeter Natuurlijk Kapitaal' te noemen. Alhoewel het sterk is om de koppeling te maken met het beleid door dezelfde terminologie te gebruiken (EZ, 2013), is er ook een aantal nadelen. Ten eerste wordt natuurlijk kapitaal ook vaak gebruikt om de voorraad biodiversiteit aan te geven. Zo is er al een Natuurlijke Kapitaal Index (Natural Capital Index), ontwikkeld door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Daarnaast doet de graadmeter geen uitspraken over het *kapitaal*, maar wel de *rente* die van het kapitaal afkomstig is. De graadmeter beschrijft de diensten als *flow* en niet als *stock*. Het gebruik in termen van flow kan ertoe leiden dat er wordt ingeteerd op de stock.

## 2.2 Eisen aan de graadmeter

De kracht van een graadmeter is dat ze overzichtelijk, liefst in de vorm van een of meer aansprekende figuren, relevante informatie geeft van de toestand en trend van ecosysteemdiensten. De vraag is hoe

---

je in zo weinig mogelijk figuren in één of enkele pagina's een overzicht kan geven en de boodschap duidelijk kan overbrengen. Het is niet mogelijk, maar ook niet wenselijk om te streven naar één enkele graadmeter die antwoord geeft op alle vragen. Het voorstel is daarom te werken met een set van complementaire graadmeters die het verhaal dat in de Balans van de Leefomgeving wordt verteld het best ondersteunen. Daarnaast dient er speciale aandacht te zijn voor de presentatie van de resultaten. Daarbij dient aandacht te worden besteed aan de overzichtelijkheid, begrijpelijkheid, kleur-gebruik en de onzekerheden.

Cash *et al.* (2003) stelt dat het succes van informatie-uitwisseling op het grensvlak van wetenschap en beleid niet enkel bepaald wordt door wetenschappelijke argumenten. Er zou ook rekening moeten worden gehouden met de wensen van stakeholders, zodat er vertrouwen in de uitkomsten is (Voinov & Bousquet, 2010; Pouwels *et al.*, 2011). Daarnaast zouden graadmeters duidelijke antwoorden moeten geven op beleidsrelevante vragen (Walpole *et al.*, 2009; Sparks *et al.*, 2011). Er is spanning tussen deze drie criteria. Het is daarom zaak om een optimale mix te vinden tussen de wetenschappelijkheid, beleidsrelevantie en legitimiteit (Cash *et al.*, 2003). Dat betekent ook dat je niet maximaliseert op een van de criteria. De neiging bestaat vaak om het meeste aandacht te geven aan de wetenschappelijke borging.

Om geschikte graadmeters te kiezen, is het noodzakelijk eerst vast te stellen aan welke eisen deze moeten voldoen. Kort gezegd moeten ze beleidsrelevant zijn, moeten ze een voldoende deugdelijk en relevant beeld geven van de toestand en ontwikkeling van ecosysteemdiensten en moeten ze operationeel zijn. Deze lijst van eisen is ontleend aan de eisen die opgesteld zijn voor biodiversiteitsgraadmeters (Ten Brink *et al.*, 2002). We noemen hier de belangrijkste eisen:

1. De graadmeters dienen landelijke en regionale informatie te geven over de toestand van *ecosystemen en de diensten die ze leveren*.
2. De resultaten moeten natuurlijk *wetenschappelijk* in orde te zijn. Ze dienen de juiste zaken te meten.
3. Ze moeten geschikt zijn voor *beleidsevaluatie*.
4. De graadmeters zijn onder meer bedoeld voor opname in de tweejaarlijkse Balans van de Leefomgeving en de vierjaarlijkse Natuurverkenning; dat wil zeggen dat ze bedoeld zijn voor een continue probleemsigalering, beleidsevaluatie en verkenning in de vorm van *trends*.
5. Vanzelfsprekend moeten de natuurgraadmeters *gevoelig* genoeg zijn om het aanbod en vraag van ecosysteemdiensten op landelijke en regionale schaal goed te kunnen weergeven. Daarnaast moeten de resultaten *robuust* zijn en niet te sterk reageren op toevallige gebeurtenissen.
6. Ze dienen eenduidig en betaalbaar *meetbaar* te zijn.
7. Ze dienen *modelleerbaar* te zijn, dat wil zeggen te koppelen aan milieu- en beheersfactoren, zodat scenariostudies mogelijk zijn voor het milieu-, natuur-, water- en ruimtebeleid.
8. Eveneens cruciaal, moeten ze *eenvoudig te begrijpen* zijn.
9. Voor de communicatie met politiek en samenleving is het voorts nodig om het aantal graadmeters beperkt te houden. *Aggregatie* van gegevens naar landelijk niveau is daarbij noodzakelijk.

## 2.3 Graadmeterconcept

De belangrijkste onderdelen die in het graadmeterconcept zijn uitgewerkt, zijn samengevat in de onderliggende paragrafen. Het graadmeterconcept wordt uitvoerig beschreven in De Knecht *et al.* (in voorbereiding). Het is daarnaast de bedoeling om het graadmeterconcept in de toekomst uit te bouwen om zo antwoord te kunnen geven op alle belangrijke vragen voor natuurlijk kapitaal.

### **Ecosystemen als basis**

Omdat de dienst pas een dienst is als aanbod en vraag daadwerkelijk matchen, bestaat het basisconcept van de graadmeter uit de componenten ecosystemen, aanbod, vraag en gebruik. Het potentiële aanbod van de dienst is afhankelijk van de hoeveelheid, kwaliteit en ruimtelijke configuratie van ecosystemen. Het landschap bestaat uit een matrix van verschillende typen ecosystemen zoals heid, bossen, agrarisch gebied, water en stad. Deze ecosystemen zijn dynamische complexen van

---

gemeenschappen van dieren en planten en hun niet levende, abiotische omgeving die een functioneel geheel vormen. Deze ecosystemen zijn op te vatten als de voorraad aan natuurlijk kapitaal. Deze structuren van deze ecosystemen kunnen verschillen in de graad van natuurlijkheid (zoals wildernisbos versus een aangelegde houtwal). Deze ecosystemen zijn op te vatten als structuren (ruimtelijke component) waarbinnen en waartussen zich ecologische processen (temporele component) afspelen. Het samenspel van ecosysteemprocessen en -structuren vervullen functies die nuttig kunnen zijn voor mensen. Ze vormen de schakel met het potentiële aanbod van de ecosystemediensten en vormen daarmee de basis van het graadmeterconcept.

### **Insteek vanuit ecosystemediensten**

De insteek van de graadmeter zijn de ecosystemediensten zelf en niet het ecosysteem of het gebiedsniveau. Er vindt een sommatie plaats van de levering van goederen en diensten door de verschillende ecosystemen. Het gaat dan niet alleen om de verschillende natuurtypen zoals bos, heide enzovoort, maar ook om agrarisch en urbaan gebied. Deze insteek maakt het mogelijk om naar het aanbod van diensten te kijken in samenhang met de vraag. Er wordt erkend dat de insteek vanuit ecosystemen of gebieden ook zeer waardevol is (zie Kader 3). Een insteek vanuit het ecosysteem zou het een stuk moeilijker maken om een norm te vinden waar de graadmeter tegen afgezet kan worden. Er moet worden verkend hoe hier het beste mee om moet worden gegaan.

### **Vraag en aanbod**

De keuze het aanbod van goederen en diensten uit Nederlandse ecosystemen te willen afzetten tegen de vraag is ingegeven door het feit dat pas sprake is van een ecosystemedienst als mensen deze erkennen, gebruiken en waarderen. Het afzetten tegen het huidige gebruik van de dienst maakt het bovendien mogelijk om alle diensten te indexerend zodat het overzicht van diensten in een enkele figuur gepresenteerd kan worden. Een alternatieve norm voor de vraag kan het huidige aanbod zijn ten opzichte van de historische situatie, een beleidsdoel of een potentieel maximum/optimum. Door er voor te kiezen het aanbod tegen de vraag af te zetten, sluiten we aan bij een internationaal geaccepteerde aanpak (bijvoorbeeld: MEA, 2005; Burkhard *et al.*, 2012, 2014; Maes *et al.*, 2014).

In hoeverre aanbod en vraag matchen en leidt tot gebruik is afhankelijk van de aard van de dienst. Voor veel regulerende en culturele diensten is het van belang hoe de vraag en het aanbod ruimtelijk samenhangen. Fisher *et al.* (2009) en Syrbe & Walz (2012) hebben vier verschillende typen relaties gevonden:

1. In situ: waar het aanbod en de vraag op een plek samen moeten komen.
2. Omni-directioneel: waar de dienst wordt geleverd op een plek, en het profijt in het daaromheen gelegen gebied is.
3. Directioneel: waar het aanbod een bepaalde richting heeft.
4. Ontkoppeld: waar de dienst over een lange afstand kan worden getransporteerd.

De meeste productiediensten zijn ontkoppeld en kunnen over grote afstanden worden getransporteerd (voedsel, hout enz.).

Alhoewel het concept van vraag en aanbod in de internationale literatuur geaccepteerd is, stelt het ons ook voor uitdagingen. Want hoe vul je dat in? De vraag naar productiediensten kunnen we invullen door naar het daadwerkelijke gebruik of consumptie te kijken. In die zin gaat het dan niet meer strikt om de vraag in economische zin maar om de daadwerkelijke consumptie onder de geldende omstandigheden, bevolkingssamenstelling, prijzen en dergelijke. Bij de regulerende en culturele diensten ontbreekt het echter aan informatie over daadwerkelijk gebruik. Daarom hebben we proxy's gebruikt die een aanname doen van de vraag naar deze diensten. Zo kon voor de meeste regulerende en culturele diensten een potentiële vraag worden gepostuleerd. Bij recreatie is die bijvoorbeeld dat er voldoende ruimte moet zijn voor mensen om te recreëren. Bij bestuiving gaat het erom dat de gewassen die afhankelijk zijn van bestuivers bestoven worden. Bij culturele ecosystemediensten zoals natuurlijk erfgoed gaat het erom dat er geen soorten uitsterven. In principe is er geen vraag naar ecosystemediensten, maar meer in het algemeen naar goederen en diensten. Die hoeven niet per se door een ecosysteem te worden geleverd. Daarom hebben wij gekeken naar de wijze waarop de levering van diensten tot stand komt. Dit kan door ecosystemen, maar ook door technische ingrepen of import vanuit het buitenland. De behoefte kan ook onvervuld blijven.

## Kwaliteit en kwantiteit

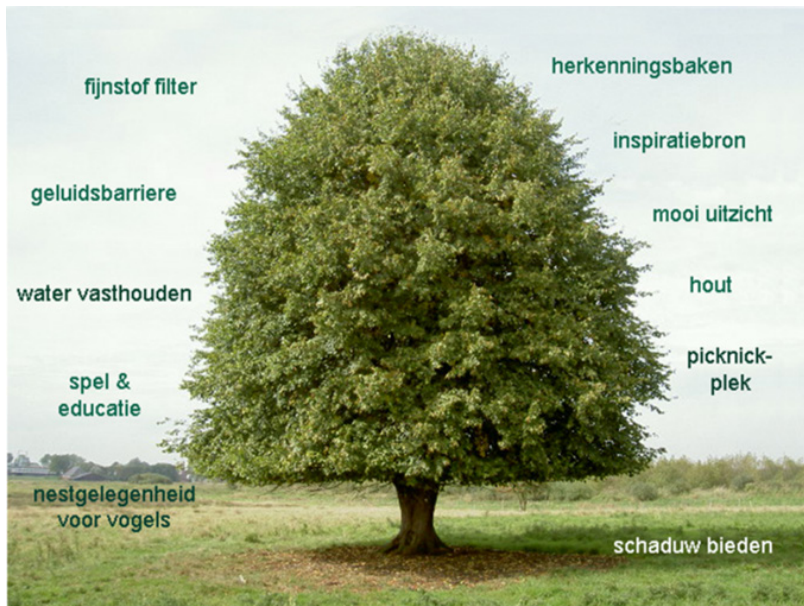
Voor de meeste diensten geldt voor zowel de vraag als het aanbod dat ze een kwantitatief en een kwalitatief aspect bevatten. Bij drinkwater gaat het bijvoorbeeld niet alleen om de vraag of er voldoende water beschikbaar is om in de vraag te voorzien, maar ook of het water voldoende zuiver is voor de toepassing. Voor recreatie gaat het bijvoorbeeld niet alleen om de beschikbare hoeveelheid groen om in te recreëren, maar ook of het groen mooi genoeg gevonden wordt. Om datatechnische redenen is het niet altijd mogelijk geweest om beide componenten mee te nemen in de analyse.

## Additionele input

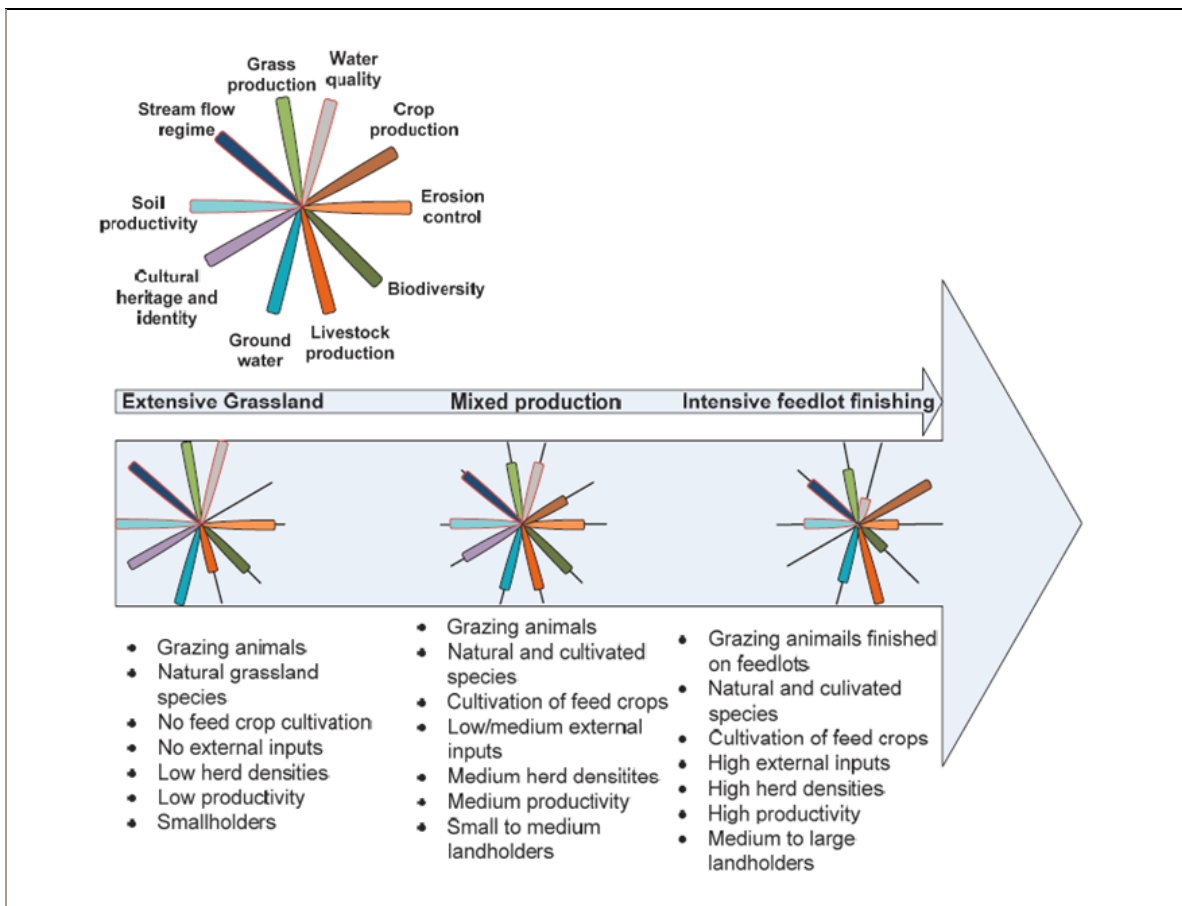
Om goederen of diensten uit ecosystemen te verkrijgen, is ook altijd nog inzet van andere kapitalen nodig, zoals menselijk, financieel of fysiek. Zelfs bij de meest eenvoudige ecosystemedienst zoals bijvoorbeeld wildpluk is dit het geval; bij het plukken van bramen in de natuur moet er moeite worden gedaan om de bramen te zoeken en te plukken. Voor andere diensten is een meer substantiële inzet nodig om de dienst te kunnen gebruiken. In min of meer natuurlijke ecosystemen is de inzet van andere kapitalen beperkt. In ecosystemen die sterk door de mens zijn beïnvloed (bijvoorbeeld in de landbouw), is de inzet van andere soorten van kapitaal groter, en de bijdrage van het natuurlijk kapitaal kleiner, maar nog wel essentieel. Het is daarbij de vraag waar nog wel en waar niet meer van ecosystemediensten gesproken kan worden. Vaak is het lastig te ontrafelen hoe groot de bijdrage is van ecosystemen ten opzichte van andere soorten kapitaal. De bijdrage van natuurlijk kapitaal aan het leveren van de dienst ligt dus op een gradiënt van natuurlijk gebruik via natuurlijk gebruik met beperkte additionele input tot technologisch gebruik met beperkte natuurlijke input. Per dienst is beschreven in de verschillende hoofdstukken hoe de dienst gedefinieerd en afgebakend is.

### Kader 3. Stapeling van ecosystemediensten

Veel ecosystemen kunnen meer diensten tegelijk leveren (gestapeld). Aan dit gestapeld leveren van diensten wordt een belangrijke betekenis toegekend (zie onder meer Harrison *et al.*, 2010 en Hendriks *et al.*, 2010). De betekenis van ecosystemen wordt pas duidelijk, als naar het geheel van alle diensten wordt gekeken. In deze rapportage doen we de insteek via ecosystemediensten.



We zijn ons terdege bewust dat er relaties zijn tussen de diensten. Als de ene dienst toeneemt, kunnen de andere diensten (onevenredig) meebewegen. Zie bijvoorbeeld de figuur hierna, waar de levering van ecosystemediensten is onderzocht in een gradiënt van 100% natuur via extensief landgebruik naar intensief landgebruik. De intensiteit van het landgebruik bepaald hier welke diensten op een plek worden geleverd (Bron figuur: Conix en Luttik, 2013).



### Import en export

Een aantal ecosystemediensten wordt in Nederland geproduceerd en vervolgens geëxporteerd, zoals varkensvlees. Anderzijds importeert Nederland ook een grote hoeveelheid diensten. Het is bij de ontwikkeling van een graadmeter dan ook zaak om goed onderscheid te maken in wat in Nederland wordt geproduceerd versus wat van buiten de landsgrenzen afkomstig is. Gebruik van ecosystemen in het buitenland voor Nederlandse consumptie heeft een effect op onze footprint. Het is niet altijd eenvoudig om import en export te ontwarren en te kwantificeren omdat vaak halffabricaten worden geïmporteerd uit het buitenland, die in Nederland worden opgewerkt tot eindproducten die weer voor een deel naar het buitenland geëxporteerd worden. Import en export speelt vooral bij de productiediensten, maar in mindere mate bij de culturele diensten. Zo is er bijvoorbeeld recreatie in de vorm van toerisme naar Nederland vanuit het buitenland en naar het buitenland vanuit Nederland. Ook voor het natuurlijk erfgoed speelt dat een aantal soorten, afhankelijk van het seizoen, in Nederland verblijven (zomer-, wintervogels) en dat er interacties zijn met het buitenland. Ook voor de dienst koolstofvastlegging geldt dat de Nederlandse atmosfeer in open verbinding staat met die van het buitenland. De concentratie koolstofdioxide wordt dus zowel door Nederlandse uitstoot en vastlegging als die in het buitenland bepaald. Het in beeld brengen van de mate waarin import en export plaatsvindt geeft aangrijpingspunten om expliciet te maken waar de voor- en nadelen liggen van gebruik van natuurlijk kapitaal in binnen- of buitenland en de gevolgen daarvan voor de Nederlandse footprint.

### Inzet technologie

In de graadmeter is ook gekwantificeerd of de flow van ecosystemediensten afkomstig is van technologische alternatieven ten opzichte van het aandeel uit ecosystemen, import uit het buitenland of nog onvervuld is. Deze technische alternatieven zijn dus niet afkomstig uit ecosystemen of vanuit het buitenland. Het gaat hier om technologische alternatieven, zoals het gebruik van pesticiden om plagen te onderdrukken, het gebruik van wind om energie op te wekken of de inzet van waterzuiveringsinstallaties om water te zuiveren. Het in beeld brengen van de mate waarin technologische alternatieven worden ingezet om in de vraag te kunnen voorzien, geeft aangrijpingspunten om expliciet te maken waar de voor- en nadelen liggen van gebruik van technologie versus natuurlijk kapitaal. Die afwegingen kunnen te maken hebben met de betrouwbaarheid van de levering van de dienst, kosten, negatieve externe effecten, enzovoort.

## Belang van natuur-, agrarisch- en urbaan gebied

Het relatieve belang van natuurgebieden, agrarisch gebied of urbane gebieden om ecosysteemdiensten te leveren, is ook in beeld gebracht. Dit levert informatie op over het belang van deze gebieden de diensten te leveren.

## 2.4 Keuze en classificatie ecosysteemdiensten

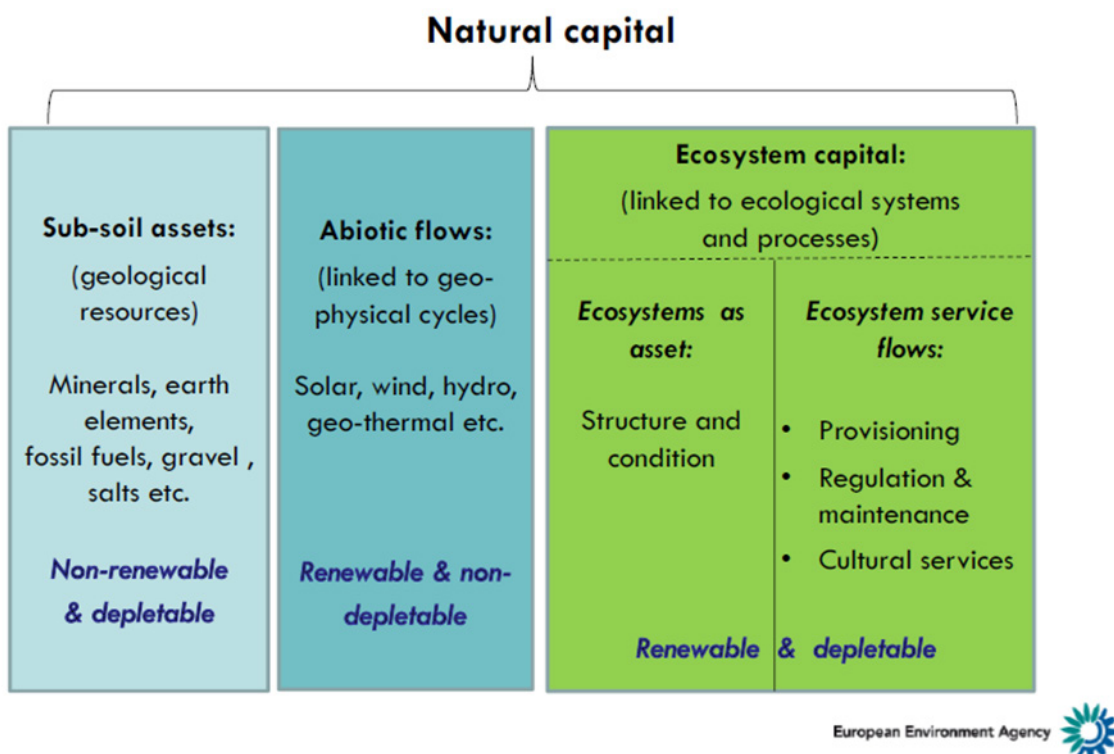
### Afbakening

Het gaat bij de door ons ontwikkelde graadmeter om één categorie van wat economen onder natuurlijk kapitaal verstaan, namelijk het ecologisch kapitaal (figuur 2.2). Dat is de hernieuwbare en uitputbare component van natuurlijk kapitaal waarbij ecologische systemen en processen een rol spelen.

### Stock en flow

Het kapitaal (stock) wordt gevormd door de structuur en conditie van de ecosystemen en soorten. De ecosystemen, zoals heide en bos, bestaan uit structuren in de ruimte en processen in de tijd die tot functies leiden die voor de mens nuttig kunnen zijn: ecosysteemdiensten. De ecosysteemdiensten kunnen we zien als de rente die dit kapitaal oplevert (flow). De graadmeter geeft weer wat de flows zijn die uit Nederlandse ecosystemen komen. Het is gebruikelijk ze onder te verdelen in productie, regulerende en culturele diensten. Er is behoefte om later ook de stocks in beeld te brengen en aan te geven hoe duurzaam de diensten worden gebruikt. De flow van diensten zegt immers niets over de vraag of de stock in stand blijft of dat er op wordt ingeteerd.

Uit de vele ecosysteemdiensten dient een keuze gemaakt te worden welke voor de graadmeter-ontwikkeling dienen te worden beschouwd. Daarnaast is de vraag hoe deze diensten geclassificeerd of gegroepeerd kunnen worden. Ook dienen er keuzes gemaakt te worden welke graadmeter(s) per ecosysteemdienst genomen zullen worden. Welke aspecten zijn van belang? In welke eenheden kan de ecosysteemdienst (zowel vraag als aanbod) het best worden uitgedrukt? Welke keuzes worden er gemaakt indien meer aspecten en schaalniveaus van belang zijn?



**Figuur 2.2** Indeling van het Natuurlijk kapitaal volgens de European Environment Agency (EEA).

---

### **CICES 4.3.2**

Er zijn vele indelingen die de afzonderlijke ecosystemen en ecosystemendiensten groeperen. Zo is er de indeling van MEA (2005), TEEB (2014) of de indelingen die gebruikt worden door andere landen of onderzoekers. De Working group Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services van de EEA (2013) hebben advies gegeven om de definitie en indeling van ecosystemendiensten te harmoniseren binnen de lidstaten van Europa. Daartoe hebben ze een voorstel gedaan. Dit is de Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, Haines-Young & Potschin, 2013) indeling versie 4.3.2. Voordeel van het gebruik van deze indeling is dat deze is voorgesteld door de EEA. Daardoor heeft het een wetenschappelijke basis, zijn vertalingen beschikbaar naar andere indelingen (MEA en TEEB) en kunnen ze gekoppeld worden aan monetaire kosten en baten. Het geeft een algemeen raamwerk van een flexibel en hiërarchische classificatie die kan worden toegepast op specifieke situaties en behoeften van Europese lidstaten. De CICES-indeling maakt het bovendien mogelijk om een vergelijking (benchmark) uit te voeren tussen verschillende landen. In de hiërarchische opbouw worden vier niveaus onderscheiden, met achtereenvolgens 3, 8, 20 en 48 categorieën gaande van het hoogste naar het laagste niveau (Bijlage 4). Er wordt door de working group MAES geadviseerd om het derde niveau met 20 categorieën als uitgangspunt te nemen. Dit voorstel hebben wij overgenomen.

De CICES geeft ook een idee van het soort van indicatoren dat gebruikt kan worden om de desbetreffende ecosystemendienst te operationaliseren. In het geval van meer indicatoren wordt gekozen om de meest aansprekende te kiezen of degene waarvoor data beschikbaar zijn. In de behandeling van de afzonderlijke diensten is aangegeven in hoeverre de gebruikte indicatoren de CICES-indeling dekken.

### **Selectie relevante ecosystemendiensten voor Nederland**

De meeste ecosystemendiensten zoals genoemd in de CICES-classificatie zijn relevant voor de Nederlandse situatie en zijn daarmee onderdeel van de graadmeter gemaakt. Er zijn enkele diensten die minder van toepassing zijn op de Nederlandse situatie. Er zijn ook enkele diensten waarvoor het in de Nederlandse situatie logisch is om ze uit te splitsen. Daarom zijn er enkele aanpassingen gedaan aan de classificatie om deze toepasbaar te maken voor de Nederlandse situatie. Zo wordt energie uit dierkracht niet meegenomen omdat dat niet of nauwelijks relevant is voor Nederland. Natuurlijke kustbescherming en erosie in de landbouw worden apart weergegeven omdat het in Nederland twee verschillende domeinen zijn met ieder een heel eigen beleidsveld. Globale klimaatregulatie door de reductie van broeikasgassen en lokale klimaatadaptatie (stedelijk hitte-eiland) zijn uitgesplitst. Mediatie van biota en ecosystemen is nog niet meegenomen, doordat het gaat om een zeer brede range van poluenten waarvoor de kwantificering van de ecosystemendienst complex is. Binnen de culturele diensten zijn de intellectuele en representatieve interacties (wetenschap, educatie enz.) ook niet meegenomen omdat daarvoor op dit moment nog geen zinnige indicatoren uitgewerkt kunnen worden. Zuivering van de lucht (met name fijn stof) door vegetaties zijn niet beschouwd als een ecosystemendienst door het omstreden karakter. In De Knegt *et al.* (in voorbereiding) is per ecosystemendienst de volledigheid weergegeven ten opzichte van de definities van CICES 4.3.2.

## **2.5 Betrouwbaarheid**

De betrouwbaarheid van de cijfers is weergegeven volgens de systematiek gehanteerd in het Compendium voor de Leefomgeving. Het gaat daarbij om de hoeveelheid en kwaliteit van de data, de representativiteit en of de resultaten statistisch significant zijn:

- Categorie A (zeer hoog): integrale enquête.
- Categorie B (hoog): schatting gebaseerd op een groot aantal (zeer accurate) metingen, waarbij representativiteit van de gegevens vrijwel volledig is.
- Categorie C (voldoende): schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.
- Categorie D (matig): schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.
- Categorie E (laag): schatting gebaseerd op een enkele meting, expert judgement, relevante feiten of extrapolatie van andere metingen.

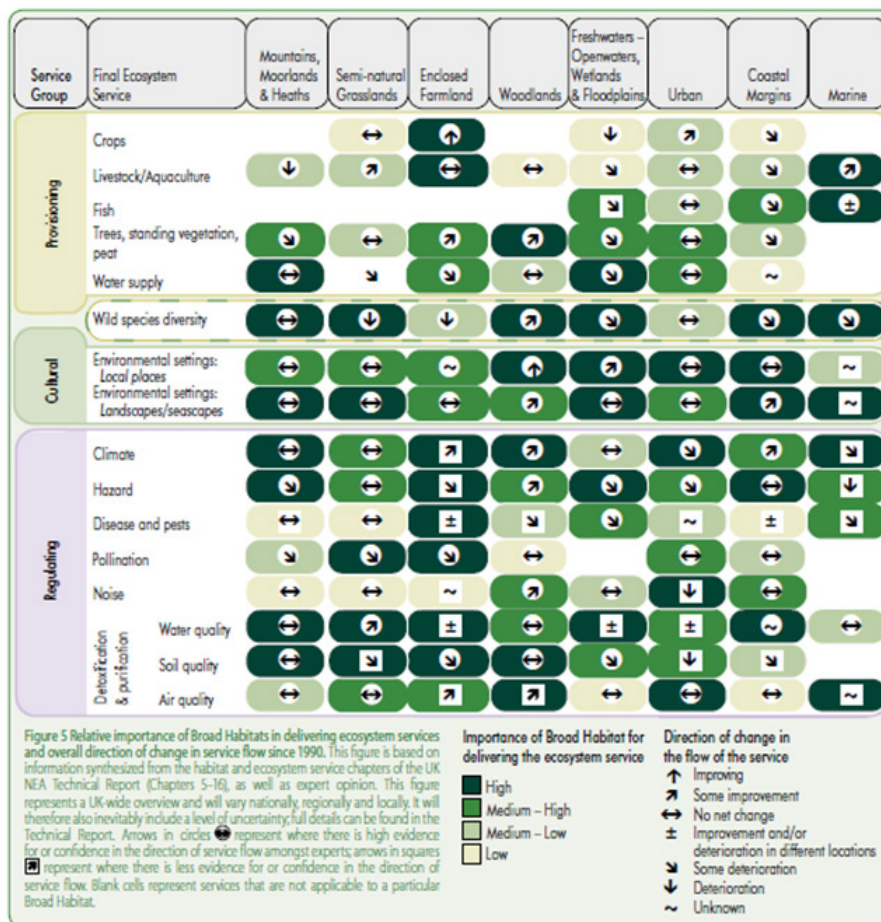
## 2.6 Keuze indicatoren en volledigheid in relatie tot CICES 4.3-classificatie

Het is niet mogelijk en ook niet wenselijk om in een graadmeter alle genoemde aspecten van de CICES-classificatie mee te nemen. Veelal is gekozen om binnen de waaier van onderdelen van een ecosysteemdienst een of enkele aspecten mee te nemen die de ecosysteemdienst het best benaderen. Veelal is de keuze voor welk(e) aspect(en) meegenomen worden afhankelijk van de beschikbaarheid van data. Daarom is per ecosysteemdienst aangegeven hoe volledig de gekozen indicatoren zijn met de indicatoren genoemd in de CICES 4.3-classificatie (Haines-Young & Potschin, 2013):

- Categorie A (volledig): bevat alle aspecten en is volledig.
- Categorie B (bevat belangrijkste aspecten): bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.
- Categorie C (bevat enkele aspecten): bevat enkele aspecten en is daarmee onvolledig.

## 2.7 Presentatiewijze

Om de boodschap over te brengen en voldoende impact te hebben bij beleidsmakers is het wenselijk om de graadmeter te presenteren in een of enkele aansprekende figuren. Inspiratiebron is de indicator zoals in de UK Ecosystem Assessment is ontwikkeld (figuur 2.3). Alhoewel deze indicator een overzicht geeft van de relatieve bijdrage van een natuurtype om ecosysteemdiensten te leveren in de UK, geeft het niet alle antwoorden op de vragen die het PBL heeft. Zo is het geen overzichtelijke figuur, geeft het geen samenvatting en is het niet duidelijk of de figuur zowel van boven naar beneden als van links naar rechts gelezen kan worden.

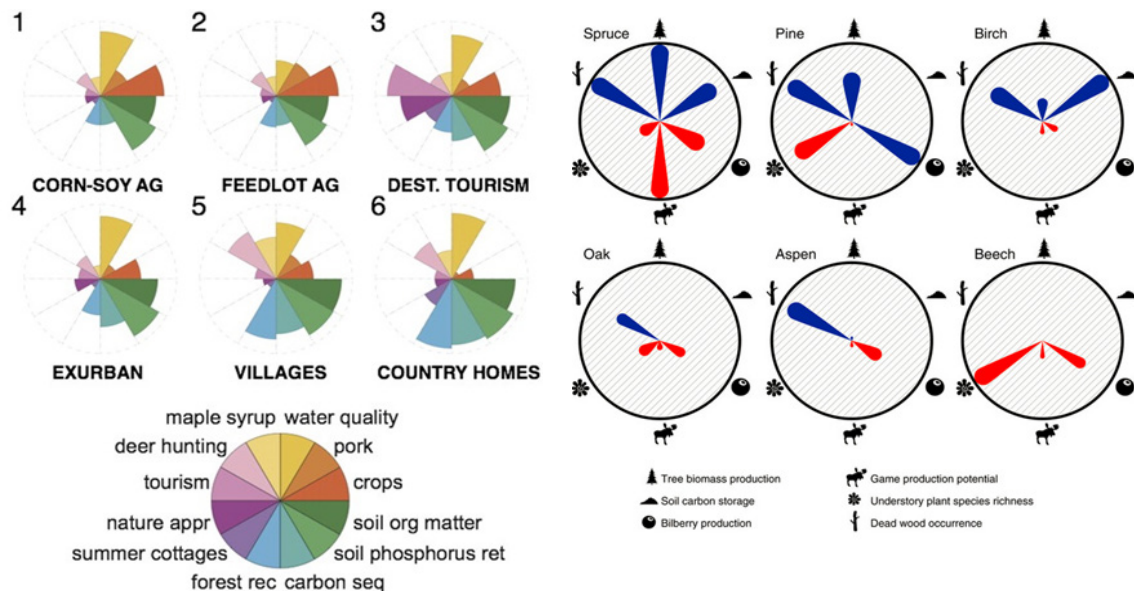


**Figuur 2.3** Voorbeeld van de beschrijving van ecosysteemdiensten uit de Engelse nationale ecosystem assessment.



Er zijn nog vele andere voorbeelden uit de literatuur bekend waarin de resultaten kunnen worden weergegeven. Enkele voorbeelden staan in figuur 2.4. Daarin zijn 'petal diagrams' opgenomen. Deze geven snel een beeld hoe de verschillende opties scoren op het aanbod van ecosystemendiensten. Nadeel is dat de 'petals' bij hogere percentages breder worden, waardoor het visueel veel meer lijkt dan lage percentages.

Er zijn diverse sessies geweest met experts op het gebied van vormgeving, waarin de opties van weergave besproken zijn. Daarin is aandacht geweest om de verschillende boodschappen op te splitsen in een aantal figuren. De naamgeving van de diensten is aangepast omdat de CICES-indeling weinig aansprekende, vooral technische, termen voor de ecosystemendiensten gebruikt.



**Figuur 2.4** Enkele voorbeelden van het gebruik van petal diagrams in het weergeven van hoe verschillende scenario's of gebieden scoren op het aanbod van ecosystemendiensten.

## 2.8 Literatuur

Burkhard, B., F. Krolla, S. Nedkov and F. Müller (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* Volume 21, October 2012, Pages 17–29.

Burkhard, B., M. Kandziora, Y. Hou and F. Müller (2014). Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *LANDSCAPE ONLINE* 34:1-32 (2014), DOI 10.3097/LO.201434

Coninx, I.; Luttik, J. (2013). Contribution of natural heritage to regional economic prosperity: preliminary assessment and an introduction to the WECAN tool Wageningen : Alterra Wageningen UR, (Alterra-rapport 2422).

De Knecht, B., J. Dirx (2014). <http://themasites.pbl.nl/balansvande leefomgeving/2014/natuurlijk-kapitaal/ecosysteemdiensten>

De Knecht *et al.* (in voorbereiding). Graadmeter Diensten van Natuur: kritische beschouwing. WOT-publicatie in voorbereiding. WOT Natuur & Milieu Wageningen UR, Wageningen.

EC (2011) Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020, COM(2011) 244 final (ed EU), pp. 17, Brussels.

EZ (2013). Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal: behoud en duurzaam gebruik van biodiversiteit. <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2013/06/22/kamerbrief-over-uitvoeringsagenda-natuurlijk-kapitaal.html>

Fisher, B.; Turner, R.K. & P. Morling (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68 (3), 643–653.

- 
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003
- Maes J, Teller A, Erhard M, Liqueste C, Braat L, Berry P, Egoh B, Puydarrieux P, Fiorina F, Santos F, Paracchini ML, Keune H, Wittmer H, Hauck J, Fiala I, Verburg P, Condé S, Schägner JP, San Miguel J, Estreguil C, Ostermann O, Barredo JI, Pereira HM, Stott A, Laporte V, Meiner A, Olah B, Royo Gelabert E, Spyropoulou R, Petersen JE, Maguire C, Zal N, Achilleos E, Rubin A, Ledoux L, Brown C, Raes C, Jacobs S, Vandewalle M, Connor D, Bidoglio G (2013) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg.
- Maes, Joachim, Anne Teller, Markus Erhard, Patrick Murphy, Maria Luisa Paracchini, José I. Barredo, Bruna Grizzetti, Ana Cardoso, Francesca Somma, Jan-Erik Petersen, Andrus Meiner, Eva Royo Gelabert, Nihat Zal, Peter Kristensen, Annemarie Bastrup-Birk, Katarzyna Biala, Carlos Romao, Chiara Piroddi, Benis Egoh, Christel Fiorina, Fernando Santos, Vytautas Naruševičius, Jan Verboven, Henrique Pereira, Jan Bengtsson, Gocheva Kremena, Cristina Marta-Pedroso, Tord Snäll, Christine Estreguil, Jesus San Miguel, Leon Braat, Adrienne Grêt-Regamey, Marta Perez-Soba, Patrick Degeorges, Guéhanne Beaufaron, Ana Lillebø, Dania Abdul Malak, Camino Liqueste, Sophie Condé, Jon Moen, Hannah Östergård, Bálint Czúczó, Evangelia G. Drakou, Grazia Zulian, Carlo Lavalle (2014). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Technical report - 2014-080.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C. (USA).
- Syrbe, R.-U. & U. Walz (2012). Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators* 21, 80–88.
- TEEB: <http://www.teebweb.org/>
- Ten Brink, B.J.E., A. van Hinsberg, M. de Heer, D.C.J. van der Hoek, B. de Knegt, O.M. Knol, W. Ligtoet, M.J.S.M. Reijnen & R. Rosenboom (2002). Technisch ontwerp Natuurwaarde 1.0 en toepassing in Natuurverkenning 2. RIVM rapport 408657007, RIVM, Bilthoven.
- UK National Ecosystem Assessment (2011). The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings. UNEP-WCMC, Cambridge.

---

# 3 Voedsel

*Henk Westhoek (PBL), Durk Nijdam (PBL), Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 70%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 30%
- Levering door technisch alternatief: 0%
- Levering onvervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: toename
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering ten opzichte van het aanbod sinds ca. 1990: min of meer stabiel
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 1%, agrarisch gebied 98%, urbaan gebied 1%
- Betrouwbaarheid: C (voldoende) - D (matig)
- Volledigheid: A (volledig)

## 3.1 Werking van de dienst

Het grootste deel van ons voedsel wordt geproduceerd in een ecosysteem dat verregaand door de mens naar zijn hand is gezet. Er ontstaat vaak discussie wanneer voedsel als ecosysteemdienst wordt opgevoerd. Immers, de menselijke invloed bij het produceren van voedsel is tegenwoordig zeer groot. Ecosysteemdiensten worden gemakkelijk (en intuïtief) met zogenaamde 'natuur-natuur' geassocieerd, terwijl het begrip ecosysteemdienst volgens de MEA (2005) en de CICES (Haines-Young & Potschin, 2013) alles dekt dat met levende systemen van doen heeft. Daarnaast wordt al snel over het hoofd gezien dat bij voedselproductie de mens weliswaar een belangrijke rol heeft, maar dat vele andere organismen ook een belangrijke rol spelen. Met name het belang van bodemleven wordt vaak onderschat (D'Haene *et al.*, 2010).

Voedselproductie betekent dat we ecosystemen omvormen ten einde de oogst aan benutbare gewassen en dieren te maximaliseren en dit veelal tegen zo laag mogelijke kosten. In de praktijk houdt dit in dat gebieden voor landbouw worden ingericht. Gewenste voedselgewassen of diersoorten worden daarin bevoordeeld en ongewenste soorten worden verwijderd. Omstandigheden (water, voedingsstoffen) worden aan de eisen van de te telen soorten aangepast. Hiervoor worden bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen ingezet. Deze middelen kunnen een negatieve impact hebben op andere diensten. Als pesticiden uitspoelen kunnen ze natuurwaarden aantasten. Door ontwatering kunnen veenbodems verdrogen en CO<sub>2</sub> emitteren.

Het grootste deel van ons voedsel wordt in landbouwgebieden geproduceerd. Een klein deel van ons voedsel komt min of meer direct uit de natuur, zonder dat menselijk handelen bewust een grote rol heeft gespeeld. Zo worden er in Nederland gejaagd op wild, kun je paddenstoelen plukken, zeekraal en zeewier oogsten of allerlei soorten wilde bessen en fruit oogsten. Vis, schaal- en schelpdieren, zowel uit het zoete en zoute water als gekweekt, vormt wel een substantieel aandeel van ons menu. Daarnaast komt de laatste jaren steeds meer vlees beschikbaar van grote grazers die als beheervorm in natuurgebieden worden ingezet. Ook zijn er initiatieven om het vlees van wilde ganzen, die vanwege overlast dienen te worden verwijderd (bijv. rond Schiphol) te vermarkten.

'Nederland heeft mondiaal gezien een bijzondere positie als het gaat om landbouw en voedsel. Nederland heeft een relatief grote voedingsmiddelenindustrie, die grondstoffen importeert en betreft van de Nederlandse landbouw. Nederland is de tweede exporteur van agro- en voedselproducten ter wereld en wil deze positie graag vasthouden. In 2010 had het agrofoodcomplex een aandeel van 10 procent (52,5 miljard euro) in het nationaal inkomen. Dit is overigens inclusief producten als bloemen, bloembollen, zaden en pootgoed. Het aandeel van de primaire landbouw was 1,3 procent (7 miljard euro) (Berkhout & Roza, 2012)' (uit PBL, 2013).

---

'De Nederlandse voedselvoorziening en -productie zijn sterk afhankelijk van de import van een veelheid aan producten. Dit betreft niet alleen (sub)tropische producten, zoals koffie, thee en fruit. Ook granen (voor brood en pasta), vlees, zuivel en groenten komen voor een aanzienlijk deel uit andere Europese landen. De intensieve veehouderij is in Nederland groot dankzij de grootschalige import van veevoer uit andere landen, zoals granen uit Frankrijk en Duitsland en soja uit Brazilië. Vlees, zuivel, groenten en sierteeltproducten zijn de belangrijkste exportproducten van de Nederlandse landbouw. Door de open Europese grenzen is er veel handel tussen Europese landen, en zijn er allerlei redenen waarom Nederland producten zowel importeert als exporteert. Hoewel Nederland in theorie zelfvoorzienend kan zijn, komt veel van ons eten uit het buitenland, en gaan veel van onze landbouwproducten naar het buitenland' (uit PBL, 2013).

Voedsel staat in de indeling van de MEA- en CICES-indelingen als productiedienst, maar er zijn tal van ecosysteemdiensten die aan voedsel zijn gerelateerd. Dit zijn met name de regulerende diensten, zoals waterbeschikbaarheid (juiste kwaliteit en kwantiteit), plaagbestrijding, bestuiving, bodemvorming, klimaatregulatie e.d.). De vraag hoe de Nederlandse voedselproductie te verbeteren, plaatsen we in deze rapportage in het kader van de versterking van de duurzaamheid ervan. Die duurzaamheid kan in belangrijke mate worden verbeterd door de wijze waarop gebruik wordt gemaakt van de regulerende en ondersteunende diensten. De behandeling van voedselproductie zal daarom in samenhang met, c.q. aan de hand van, deze regulerende en ondersteunende diensten moeten plaatsvinden.

Het gebied dat voor voedselproductie wordt gebruikt levert behalve voedsel en werkgelegenheid ook andere diensten, met name in de categorie van de culturele diensten: recreatie, cultuurhistorie, welbevinden en biodiversiteit. In Nederland leggen deze functies een steeds groter gewicht in de schaal.

### **Belastende biodiversiteit**

Bij de productie van voedsel worden de omstandigheden geoptimaliseerd voor de productie van 1 of enkele soorten op een landbouwperceel. Voor sommige insecten, ziektes, schimmels of virussen kunnen dit ook ideale omstandigheden zijn om zich te vermeerderen. In de landbouw kunnen daardoor gemakkelijk plagen- en ziektes ontstaan. Volgens schattingen gaat er in Noordwest-Europa potentieel ongeveer 60% (data 2001-2003) van de gewasopbrengsten verloren aan allerlei plagen en competitie met onkruiden (Oerke, 2006). Ondanks het gebruik van bestrijdingsmiddelen gaat nog steeds een kleine 20% verloren (Oerke, 2006).

Het is ook niet zonder risico om voedsel te oogsten uit de natuur. Zo kunnen bosproducten zoals bosaardbeien of bramen eitjes van de Vossenlintworm bevatten. Deze lintworm kan de bacterie *Echinococcus multilocularis* bevatten. Dat is een zeer zeldzame maar bijzonder ernstige ziekte. De lintworm kunnen zich bij de mens tot een blaasworm kunnen ontwikkelen. Daarnaast kunnen giftige planten en paddenstoelen worden verward met eetbare soorten (uit INBO, 2012).

De (lokale) toename in aantallen van bepaalde wildsoorten veroorzaakt, afhankelijk van de locatie, (al dan niet gepercipieerde) overlast, zoals (uit: Meiresonne en Turkelboom, 2012):

- schade aan landbouw en fruitteelt door bijvoorbeeld everzwijn, damhert, ganzen;
- besmetting van vee met bv. Vogelgriep, Mond-en-klauwzeer of Varkenspest;
- schade aan houtproductie door bv. ree (veeg- en vraatschade) en konijn (vraat);
- schade aan (al dan niet particulier) pluimvee door bv. vos;
- overdracht van ziekten van wildsoorten op huisdieren, landbouwdieren of mensen, zoals ziekte van Lyme (zoogdieren, vector = teken), vossenlintworm (vos) en de ziekte van Aujeszky (everzwijn).
- schade aan fauna (inclusief wildsoorten), door predatie of verdringing door bv. Canadese gans en vos.

---

## 3.2 Methode

### Vraag

De vraag naar voedsel is in de onderhavige studie bepaald als de huidige consumptie, uitgedrukt in de benodigde oppervlakte landbouwgebied per voedselcategorie uitgaande van de Nederlandse opbrengsten. De berekening en aannames zijn gedaan volgens PBL (2013). Het gebruik van zoete en zoute wateren voor de vangst van vis, schelp- en schaaldieren evenals het gebruik van wilde planten en dieren is apart beschouwd.

### Aanbod

Het aanbod van voedselgewassen wordt gevormd door zowel het areaal landbouwgrond in Nederland als de opbrengst per hectare. Cijfers van het areaal landbouwgrond zijn gebaseerd op de Land- en Tuinbouwcijfers (CBS, 2013). Deze cijfers zijn inclusief de glastuinbouw op substraatteelt. Het gaat hier om een geringe hoeveelheid hectaren (maar grote volumes voeding). Deze cijfers zijn aangevuld met cijfers van de hectaren buiten de landbouwtelling (Haag, 2000; Hoogeveen *et al.*, 2005). Ook het areaal aan volkstuinen is daar nog bijgeteld (CBS, 2009).

Opbrengsten per hectare zijn ontleend aan PBL (2013), maar aangepast aan de Nederlandse productiviteit. De vraag is immers in welke mate Nederland voorziet in zijn eigen voedselbehoefte. Dat er in het buitenland door de wijze van produceren meer ruimte nodig is voor de productie van fruit is irrelevant. Dat het Nederlandse fruit vervolgens wordt geëxporteerd en andere soorten fruit worden geïmporteerd is ook irrelevant. Het gaat hier om de totale hoeveelheid fruit, die in Nederland wordt geproduceerd ten opzichte van de consumptie. Voor de PBL-studie (PBL, 2013) was de vraag wat het benodigde areaal was per persoon. Omdat er ook veel producten worden geïmporteerd zijn daarom voor de PBL-studie de productiviteiten van elders gebruikt. Deze productiviteit per hectare ligt buiten Nederland veelal lager dan in Nederland zelf. Dit geldt vooral voor vlees. Hierdoor is er buiten Nederland dan ook meer areaal nodig voor een zelfde hoeveelheid product. Het aanbod van wild voedsel is ingeschat door gebruik te maken van diverse literatuurbronnen.

### Trend

De trend van de vraag is bepaald door per voedselcategorie te kijken wat de veranderingen zijn in de consumptie als gevolg van dieetveranderingen en bevolkingsgrootte in de afgelopen 20-25 jaar. Het aanbod wordt voornamelijk bepaald door de opbrengst per hectare en de totale grootte van het Nederlandse landbouwareaal. Deze cijfers zijn ontleend aan PBL (2013). Voor vis, schelp- en schaaldieren en wild voedsel zijn diverse literatuurbronnen geraadpleegd.

### Belang ecosystemen

Het belang van ecosystemen natuurgebied, agrarisch gebied en urbaan gebied is bepaald door in te schatten welk deel van ons dagelijks menu afkomstig is uit natuurgebieden, agrarisch gebied en het urbaan gebied. Hiervoor zijn diverse literatuurbronnen geraadpleegd.

## 3.3 Resultaten

### Vraag en aanbod

De benodigde oppervlakte land ( $m^2$ ) (uitgaande van Nederlandse opbrengsten) per persoon die nodig is om te voorzien in onze huidige voedselconsumptie is in 2010 iets meer dan  $1700 m^2$ . Dat komt neer op een totaal van zo'n 2,86 miljoen hectare landbouwgrond nodig uitgaande van 16,7 miljoen Nederlanders. PBL (2013) rapporteert dat anno 2012 circa  $2500 m^2$  per persoon nodig is om te voorzien in onze behoefte. Dit getal is groter omdat hier is uitgegaan van de opbrengsten uit herkomstregio's van de importen. Deze liggen vooral voor vlees een stuk lager dan voor de Nederlandse situatie. Er is meer ruimte nodig omdat de productie buiten Nederland veel extensiever plaatsvindt. In Nederland beslaat het totale landbouwareaal bestemd voor de productie van voedsel (inclusief veevoer) bijna 2 miljoen hectare (CBS, 2012). Dit is inclusief een geschatte 150.000 hectare landbouwgebied dat buiten de landbouwtelling valt (Haag, 2000; Hoogeveen *et al.*, 2005) en inclusief het areaal volkstuin van 3906 hectare (CBS, 2013). Het areaal moestuin is geschat op eenzelfde hoeveelheid.

Het areaal landbouwgebied in Nederland kan dus in theorie in circa 68% in de behoefte voorzien. De rest van het benodigde areaal landbouwgrond ligt buiten Nederland. Daarbij wordt opgemerkt dat er in de werkelijkheid uitruil plaatsvindt tussen in Nederland geproduceerde goederen en goederen uit het buitenland. De kosten of het ruimtegebruik dat met het vervoer van deze goederen gepaard gaat is niet in de berekening betrokken. Indien je zou uitgaan van de 2500 m<sup>2</sup> per persoon, het getal waarbij uit is gegaan van de opbrengsten van uit herkomstregio's van de importen (PBL, 2013), zou het zelfvoorzieningspercentage niet 68% zijn, maar op 48% uitkomen.

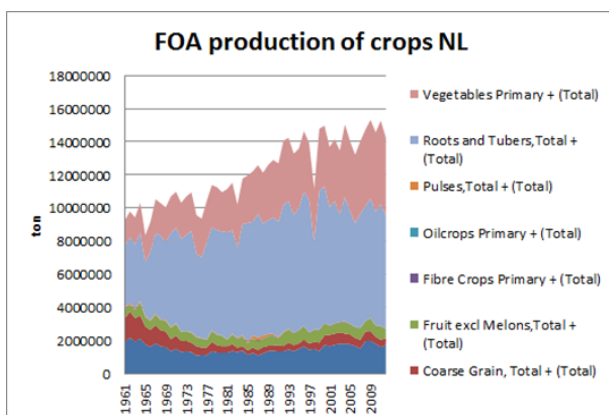
Vis uit aquacultuur is in de bovenstaande berekening meegenomen, maar vis uit het wild niet. Jaarlijks wordt er in de Nederlandse territoriale wateren en viskweek samen tussen de 60 en 80 M ton vis (inclusief schaal- en schelpdieren) geproduceerd (LEI). De consumptie is ruim 55 M ton als uitgegaan wordt van 3,4 kilo visconsumptie per persoon per jaar voor 16,7 miljoen mensen (GfK/ Nederlands Visbureau, 2009). Dat zou betekenen dat Nederland een zelfvoorzieningsgraad heeft van meer dan 100%. Nederland is dus zelfvoorzienend en een netto exporteur. Alhoewel de meeste vis die gevangen wordt in Nederlandse territoriale wateren wordt geëxporteerd en de vis die Nederlanders consumeren wordt geïmporteerd. Het LEI komt voor vis tot een lagere zelfvoorzieningsgraad, maar nog wel een die boven de 100% uitkomt. Het CBS rapporteert een productie van 174 mln kilo, terwijl er 76 mln kilo wordt geconsumeerd. Dit zou neerkomen op een graad van zelfvoorziening van 228%. Het cijfer voor de Nederlandse productie is waarschijnlijk overschat doordat niet is uitgegaan van de vangst in de Nederlandse territoriale wateren, maar ook daarbuiten.

Al met al komt het totaal percentage van 68% dus iets hoger uit als ook in het wild gevangen vis, schaal- en schelpdieren in de berekening worden betrokken. Daarnaast is het nog het overige voedsel uit het wild, zoals zoals wild, bessen, paddestoelen enzovoort. Vis maakt qua calorische waarde ongeveer 1,5% uit van ons Nederlandse dieet (FAO, 2009). Als wordt gewerkt met een zelfvoorzieningsgraad van vis van 100% en het wilde voedsel ook 0,5 tot 1% van ons voedsel uitmaakt, en het percentage van 68% hiervoor wordt opgehoogd komt dit op een zelfvoorzieningsgraad van circa 70% uit. In Nederland is geen gebrek aan voedsel, dus het percentage van de behoefte dat onvervuld is komt uit op 0%. De rest van het voedsel wat in Nederland wordt geconsumeerd, komt neer op 30% en is afkomstig uit het buitenland. Inzet van techniek of substitutie bij voedsel is niet mogelijk; al het voedsel is van biologische oorsprong.

Als verder wordt ingezoomd op vlees, zien we dat Nederland zelfvoorzienend is voor dierlijke producten. Veevoedergrondstoffen zoals soja komen wel weer voor het grootste deel uit het buitenland. Een groot deel van de dierlijke productie wordt vervolgens weer geëxporteerd naar het buitenland. In de berekening is daar rekening mee gehouden, door te kijken naar het totale ruimtebeslag dat nodig is voor het vervullen van de huidige Nederlandse behoefte.

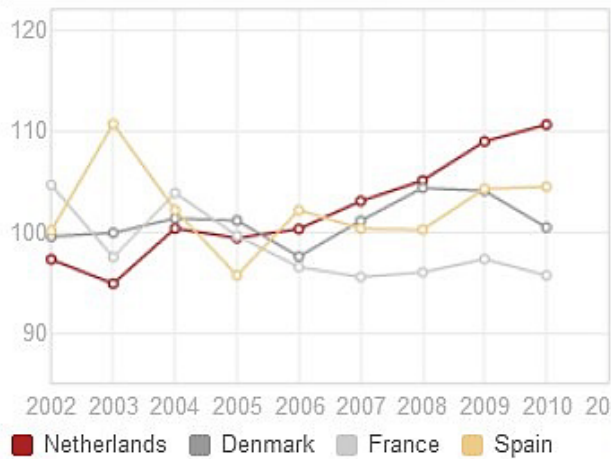
### Trend aanbod

Voedsel komt uit een ecosysteem waarbij de mens het ecosysteem vergaand naar zijn hand heeft gezet. In de loop van de tijd is de productie van voedsel steeds efficiënter geworden. Dit proces is 10.000-14.000 jaar geleden begonnen en gaat nog altijd door. Ook in de afgelopen twintig jaar zijn de gewasopbrengsten toegenomen, wat heeft geleid tot een toename van de voedselproductie (figuur 3.1 en 3.2). In alle sectoren is de standaardopbrengst toegenomen, maar tussen de sectoren zijn er grote verschillen. Bij de hokdierbedrijven is de toename het grootst, gevolgd door de tuinbouwbedrijven en blijvende teeltbedrijven. De akkerbouwbedrijven hebben de kleinste toename.



**Figuur 3.1** Productie van gewassen in Nederland (FAO, 2009)

### Food production index (2004-2006 = 100)



Data from World Bank

**Figuur 3.2** Voedselproductie in Nederland neemt ook in het laatste decennium nog toe.

Deze toename geldt ondanks dat het areaal land- en akkerbouw in Nederland jaarlijks afneemt. In de tachtiger jaren van de vorige eeuw was er nog zo'n 2,4 miljoen hectare. In 2010 is dat nog iets meer dan 2,2 miljoen hectare. Dat komt neer op een afname van zo'n 7% in de afgelopen 20 jaar. Deze voormalige landbouwgronden worden hoofdzakelijk bestemd voor woningbouw, infrastructuur en voor een klein deel voor natuur (CBS, 2012).

De belangrijkste segmenten binnen de Nederlandse visserij zijn de kottervisserij, waaronder de boomkorvisserij, de grote zeevisserij, de mosselkweek en de kokkelvisserij. Van geringere omvang zijn de oesterkweek in Zeeland en de IJsselmeervisserij. De 373 actieve kotters zijn voornamelijk actief op de Noordzee en de Waddenzee. De belangrijkste soorten zijn tong, schol en garnalen. De mosselkweek vindt plaats in de Waddenzee en in de Zeeuwse wateren. Het in de Waddenzee gevangen mosselzaad wordt door de kwekers op hun percelen uitgezet. De visserij op kokkels vindt nog voornamelijk plaats in de Voordelta en de Oosterschelde.

De vangst van veel commerciële vissoorten in de Noordzee is de laatste decennia afgenomen. Door overbevissing zijn veel visbestanden (bijvoorbeeld kabeljauw, schol en tong) geslonken (ICES, 2013a, b, c, d). Als totaal binnen Nederlandse wateren daalde de reële opbrengst van de kottervloot sinds 1990 met 38% (CBS *et al.*, 2014). De opbrengst van de mosselkweek, in 2001 nog 12% hoger dan in 1990, is in 2003 gelijk met de opbrengst in 1990. Over de opbrengst van de kokkelvisserij zijn voor 2003 geen gegevens beschikbaar.

In Nederland groeit de viskweeksector sterk (CBS *et al.*, 2013). De jaarlijkse productie van de vijf belangrijkste vissoorten bedroeg in 2011 meer dan 4000 ton vis. De belangrijkste soorten kweekvis in Nederland zijn paling, meerval, tilapia, tarbot en forel. In Nederland is het aanbod kweekvis ten opzichte van wilde vis klein. De productiewaarde werd in 2003 geschat op 10% van de totale waarde van de aanvoer op de Nederlandse visafslagen.

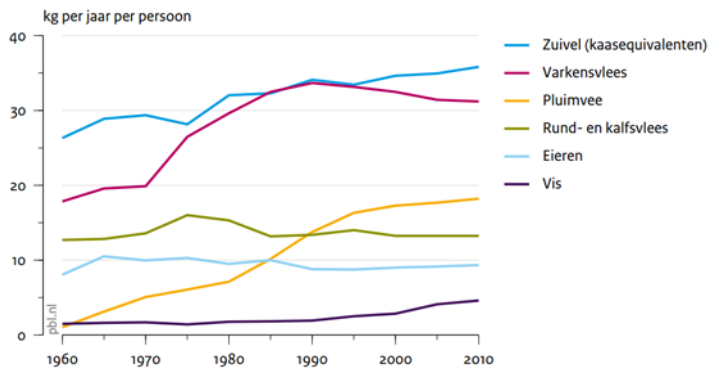
Over de trend van wild voedsel zoals wild, bessen, paddenstoelen en fruit is weinig bekend over de trend. Omdat het aandeel wild voedsel in ons dieet marginaal is, zal dit dan ook weinig invloed hebben op de totale trend.

Kortom, de totale productie van landbouwgewassen in Nederland neemt nog altijd toe, ondanks de afname in het areaal landbouwgrond. De vangst van wilde vis is de afgelopen decennia teruggelopen door teruggelopen visstand en de daaruit voortkomende visserijmaatregelen. Het omgekeerde geldt voor gekweekte vis. Voor wilde bessen, noten en paddenstoelen zijn geen data voorhanden. Omdat vis maar een klein deel van ons dieet vormt (1%-2%) heeft dit weinig invloed op de toename van de trend als geheel.

### Trend vraag

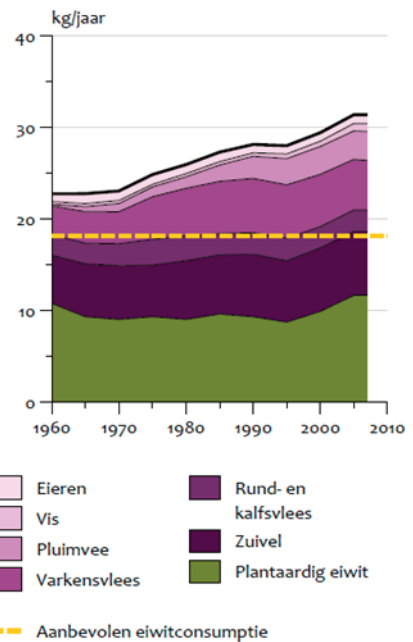
Naast de toegenomen opbrengst per hectare is door toegenomen welvaart het consumptiepatroon in Nederland veranderd. Net als in andere rijke landen, zijn Nederlanders in de periode 1960-1990 meer vlees, vis en zuivel gaan eten. Sinds 1960 is de consumptie van vlees en vis verdubbeld. De consumptie van rundvlees is gelijk gebleven, maar die van varkens- en pluimveevlees is meer dan 2,5 keer zo groot geworden (figuur 3.3). Voor de productie van vlees is naar verhouding veel ruimte nodig.

#### Nederlandse consumptie van dierlijke producten per persoon



Bron: CBS, 2009; LEI, 2008; bewerking PBL

#### Totale eiwitname



**Figuur 3.3** Nederlandse voedselconsumptie per persoon. Bron: CBS, 2009a; CBS, 2009b; LEI en CBS, 2008; Voedingscentrum, 2009a.

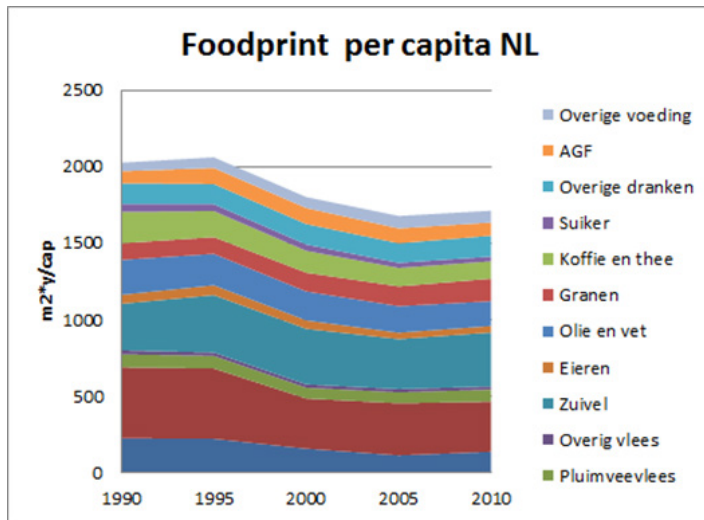
Daarnaast is de totale vraag naar voedsel groter geworden door de toename van de Nederlandse bevolking. De Nederlandse bevolking is gegroeid van 14,9 miljoen in 1990 tot bijna 16,7 miljoen monden in 2010. Kortom, de vraag naar voedsel is toegenomen door toename van de bevolking en door de toename van dierlijke producten in het dieet.

### Trend van aanbod ten opzichte van de vraag

Het aanbod van voedsel uit de Nederlandse landbouw is dus toegenomen door de toename in de productiviteit per hectare. Zelfs ondanks de afname van het landbouwareaal. De vraag naar voedsel is ook toegenomen als gevolg van veranderingen in het dieet en als gevolg van de toename van de bevolking (figuur 3.4). Als gekeken wordt naar het aanbod in relatie tot de vraag zien we dat dit resulteert in een min of meer stabiele trend. In deze berekening is wel rekening gehouden met kweekvis, maar niet met wild voedsel zoals wilde vis, jachtwild en in het wild verzamelde noten en vruchten.

Uit figuur 3.4 blijkt dat de benodigde oppervlakte landbouwgrond voor de Nederlandse voedselconsumptie in de afgelopen twintig jaar is gedaald per persoon. De daling komt vooral door technische vooruitgang: de opbrengsten per hectare zijn hoger en er is minder voer nodig per eenheid vlees. Als het totale benodigde areaal voor Nederland wordt becijferd door deze getallen te vermenigvuldigen met de totale bevolkingsgrootte resulteert dit in een min of meer stabiele trend. Deze resultaten komen overeen met de resultaten van het ruimtegebruik uitgedrukt in duizend km<sup>2</sup> x MSA-verlies zoals becijferd is door het PBL.





**Figuur 3.4** Benodigde oppervlakte landbouwgrond voor Nederlandse voedselconsumptie (met Nederlandse opbrengsten).

### Belang van ecosystemen

Voor elke ecosystemedienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied.

Een klein deel van ons voedsel komt uit het wild. Het gaat dan voornamelijk om vis, schaal- en schelpdieren, wild vlees, bessen, noten, paddenstoelen, kastanjes en dergelijke. Vis, schaal-, en schelpdieren maken nog het grootste deel uit van ons dieet. Volgens de FAO (2013) maakt in Nederland vis 1,5% van de calorische waarde uit van ons dieet. Ongeveer een kwart is afkomstig van viskweek, zodat ongeveer drie kwart van de door ons geproduceerde vis van wilde herkomst is (Diemen en Dongen, 2008).

Wilde pluk van hazelnoten, bramen, bosbessen, kastanjes en paddenstoelen en dergelijke zijn welbekend en hier en daar zelfs courant (tabel 3.1). Exacte cijfers over de verspreiding en de frequentie ervan bestaan echter niet. Wel kunnen cijfers uit de ons omringende landen een idee geven. Zo verzamelt volgens recente peilingen ruim een kwart van de Schotse bevolking wilde natuurproducten. In een klein en sterk verstedelijkt gebied als Nederland zal dit wellicht niet zo'n vaart lopen. Het verzamelen van natuurproducten voor eigen gebruik is in Nederland toegestaan.

Het is minder goed bekend hoe groot het aandeel in het dieet is van jachtwild. Wel is bekend dat in 2012 het de totale vleesconsumptie circa 42 kilo per persoon bedroeg (Productschappen Vee, Vlees en Eieren, 2013), daarvan was circa 0,6 kilo wild (Misset Horeca, 1999). Dat is ongeveer één procent van de totale vleesconsumptie. Slechts vijf procent hiervan komt uit eigen land. Het gaat dan om duif, eend, fazant, gans, haas, damhert, edelhert, konijn, moeflon en ree. Ongeveer een derde deel van het wild is afkomstig uit Europa. Naast het Nederlandse wild gaat het om eland, gems, fazant, houtsnip, patrijs, wilde gans. De rest (60 procent) is afkomstig uit landen als Argentinië en Chili, Zuid- Afrika en Nieuw-Zeeland. Buitenlands wild komt over het algemeen diepgevroren naar Nederland. Wild is daarnaast een relatief begrip: kangoeroevlees is daadwerkelijk afkomstig van wilde kangoeroes uit Australië, maar de struisvogels uit Afrika leven vaak op grote boerderijen en ook het bizonvlees is afkomstig van fokprogramma's in de Verenigde Staten en Canada (Milieucentraal, 2012).

Al met al komt het percentage van ons voedsel dat afkomstig is uit het wild uit op circa 1%-2%. Alles wijst erop dat het verzamelen en oogsten van natuurproducten in bos en natuur in Nederland beperkt is tot hobbyisme, hoewel hierover geen officiële gegevens bestaan. Het aandeel van het Nederlandse menu dat bestaat uit planten en dieren die uit het wild komen is dan ook marginaal. De hoeveelheid jachtwild maakt slechts enkele tienden van een procent uit van ons dieet. De hoeveelheid vis, schelp- en schaaldieren is wel substantieel, iets meer dan 1% is afkomstig uit het wild.

Tabel 3.1

Overzicht van de meest voorkomende natuurproducten in Nederland voor culinair gebruik zoals vermeld in de literatuur (Bron: Meiresonne & Turkelboom, 2012).

Algemeen	Gebruikswijze	Plantendeel	Plantensoort	
Voedsel	Noten (zowel rauw als verwerkt)	Vrucht	Hazelaar, tamme kastanje, beuk, okkernoot, eik	
	Paddenstoelen (hoofdzakelijk bereid)	Vruchtlichaam	Weidechampignon, oesterzwam, eekhoortjesbrood, de meeste boleten, cantharel, geschubde inktzwam, reuzenbovist, sponszwam, gele stekelzwam, paarse schijnridder, grote parasolzwam, stobbezwammetje, hoorn des overvloeds	
	Wortelgroente	Wortel	Paardenbloem, pastinaak, kleine klis	
	Salade (doorgaans enkel rauw geserveerd)	Blad	Look-zonder-look, witte klaverzuring, veldsla, paardenbloem, daslook, waterkers, herderstasje	
	Bladgroente (doorgaans geblancheerd, gekookt of gestoofd)	Blad	Strandbiet, melganzevoet, zevenblad, adderwortel, veldzuring, grote brandnetel, smeerwortel, schapenzuring, klein hoefblad, hondsdrif, duizendblad	
	Zeegroente (soms rauw, meestal bereid)	Stengel, blad	Zeekraal, lamsoor	
	Specerij (om gerechten of dranken te kruiden of eerder als culinaire decoratie)	Bloemen		Hop, vlier, viooltje, kaasjeskruid, gagel
			Wortel	Mierikwortel, engelwortel
		Bladeren		Gagel, akkermunt, watermunt, wilde marjolein, wilde tijm, lielevrouwbedstro, vogelmuur, grote brandnetel, daslook
			Vruchten	Sleedoorn, meidoorn
Thee	Bloemen, knoppen en bloesems	Egelantier, bottelroos, kamille, linde		
Fruit (zowel rauw als in jam)	Vruchten	Zuurbes, framboos, braam, bosaardbei, bottelroos, lijsterbes, wilde appel, rode en witte aalbes, kruisbes, bosbes, vlier		

Stadslandbouw wordt tegenwoordig steeds populairder, maar vormt op dit moment een marginaal deel van de totale voedselproductie. Het areaal volkstuin is 3906 (CBS, 2013). Daar komt naar schatting nog eens zo veel areaal aan moestuin bij. Al met al wordt geschat dat de bijdrage van stadslandbouw 1 tot 2% is.

Veruit het grootste aandeel van het voedsel dat we eten is geproduceerd door de landbouw. FAO geeft een overzicht voor verschillende consumptiegoederen wat het aandeel is van het totale dieet in Nederland naar calorische waarde (tabel 3.2). Vrijwel zonder uitzondering worden deze consumptiegoederen door de landbouw geproduceerd.

Tabel 3.2

Aandeel van verschillende consumptiegoederen in het Nederlandse dieet.

Consumptiegoed	Aandeel in NL dieet (kcal)
Rundvlees	3.1%
Varkensvlees	5.3%
Pluimveevlees	2.3%
Overig vlees	0.8%
Zuivel	15.3%
Eieren	1.6%
Vis	1.5%
Olie en vet	17.1%
Granen excl veevoer en biergerst	18.7%
Koffie	0.0%
Suiker	13.9%
Bier (gerst voor bier)	3.1%
Wijn (druiven)	1.2%
Cacao	0.1%
Fruit en vruchtensap	4.7%
Aardappelen	5.2%
Groenten	2.8%
Rijst	0.9%
Thee	0.0%
Noten	1.5%
Peulvruchten	0.4%
Kruiden	0.3%
Totaal	100%

### **Kader 3.1. Zou Nederland voldoende voedsel kunnen produceren om in de behoefte te voorzien?**

LEI Wageningen UR heeft een onderzoek gedaan naar de vraag of de Nederlandse landbouw in buitengewone crisissituaties voldoende voedsel kan produceren voor 17 mln. Nederlanders. (Kamphuis *et al.*, 2013, Terluin *et al.*, 2013). De crisis is voorgesteld als een autarkiesituatie, waarbij geen import en export meer mogelijk is. Er zijn een aantal scenario's doorgerekend. Het scenario dat de meeste ruimte vraagt doordat uit wordt gegaan van een lage productie per hectare en voor de grootste energie inname, geeft aan dat we slechts 45-90% van de huidige landbouwgrond in hoeven zetten om in onze behoefte te voorzien. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat als gekeken wordt naar de calorische waarde van de productie versus de consumptie dat de mate van zelfvoorziening groter is dan 100%.

De conclusie is derhalve dat de Nederlandse landbouw in een autarkiesituatie in staat is om 17 mln. Nederlanders een gevarieerd menu van zowel plantaardig als dierlijk voedsel aan te bieden van ruim 2.000 calorieën per dag. Wel wijken de samenstelling van de landbouwproductie en het voedselpakket dan sterk af van de huidige situatie. Het meest in het oog springen de geringe consumptie van graanproducten (bv. brood), het ontbreken van varkensvlees, en de vrij hoge consumptie van aardappelen, kippenvlees en eieren. Deze afwijkende samenstelling komt doordat in het autarkiemodel wordt uitgegaan van een sterk vereenvoudigde inrichting van de Nederlandse landbouw en minimalisatie van het grondgebruik. Als twee producten dezelfde voedingsstoffen leveren, dan kiest het model dat product dat de minste inzet van landbouwareaal vergt. Dit verklaart waarom er geen varkensvlees in het menu zit: het kost minder areaal om eenzelfde hoeveelheid kippenvlees - met een vergelijkbare voedingswaarde - te produceren. In alle zes doorgerekende scenario's is de hoeveelheid landbouwareaal in Nederland ruimschoots voldoende om in de voedselbehoefte van de bevolking te voorzien. Afhankelijk van veronderstellingen over de opbrengst per ha en per dier, bedraagt het benodigde landbouwareaal ongeveer 45-90% van het beschikbare landbouwareaal in Nederland.

Deze studie van het LEI gaat om een hypothetische situatie. Het menu van de gemiddelde Nederlander bestaat voor een groot gedeelte uit producten die buiten Nederland worden geproduceerd of waarbij basisgrondstoffen worden gebruikt die afkomstig zijn uit het buitenland. Daarom is er hier voor gekozen om de graadmeter weer te geven als ruimtegebruik per productiecategorie.

#### **Betrouwbaarheid**

*Categorie C (voldoende) - D (matig):* schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

De mate waarin de Nederlandse landbouw kan voorzien in de behoefte aan voedsel in Nederland kan op verschillende manieren worden berekend. De keuze voor de gebruikte methode heeft flinke invloed op de uitkomsten. Enerzijds kan er worden uitgegaan van de totale calorische waarde van al het geproduceerde voedsel versus de behoefte aan calorieën. Hierbij zijn alle voedselcategorieën onderling uitwisselbaar. Het is niet bekend wat de mate van zelfvoorziening van Nederland dan zou zijn, maar verwacht wordt dat dat getal rond de 100% zal liggen (zie ook Kader 3.1). Een alternatieve methode is om te werken met de oppervlakte die nodig is om al het geconsumeerde voedsel te produceren. Dat er dan bijvoorbeeld uitruil (import en export) plaatsvindt van de in Nederland geproduceerde appels tegen de in Spanje geproduceerde sinaasappels wordt in deze methode toegelaten. De mate van zelfvoorziening van Nederland komt dan neer op 68%. Nog een andere methode zou zijn om enkel te kijken in hoeverre de in Nederland geproduceerde producten ook daadwerkelijk in Nederland geconsumeerd worden. In deze methode laat je geen enkele uitruil (import en export) toe tussen landen en is het zelfvoorzieningspercentage veel lager. De mate van zelfvoorziening van Nederland komt dan neer op 32%. Deze resultaten van elke van de gebruikte methodes geven elk een ander getal met een eigen betekenis.

In deze studie is er voor gekozen om de mate van zelfvoorziening uit te werken als behoefte en aanbod uitgedrukt in het areaal. Werken met de calorische waarde geeft een overschatting van de mate van zelfvoorziening. Omdat je in deze benadering je geen rekening houdt met het feit dat mensen niet alleen behoefte hebben aan calorieën, maar ook aan een gevarieerd dieet met voldoende

---

vitaminen, mineralen enzovoort. Anderzijds geeft een benadering die geen enkele uitwisseling toelaat en alleen kijkt in hoeverre hetgeen geconsumeerd wordt, ook daadwerkelijk binnen de landsgrenzen wordt geproduceerd een te eenzijdige blik. Alle producten die voor de export worden geproduceerd tellen dan niet mee in de zelfvoorzieningsgraad terwijl die wel op Nederlandse bodem worden geproduceerd. Daarom is gekozen voor een middenweg waarin gewerkt is met de behoefte aan het areaal en deze wordt afgezet tegen de beschikbare hoeveelheid areaal voor het produceren van voedsel. Er vindt dan uitruil (import en export) tussen voedsel plaats. Nederland exporteert dan vooral peren en appels en importeert andere fruitsoorten zoals bananen en sinaasappels. Wat dan niet in de berekening is meegenomen zijn de kosten en transacties die nodig zijn om het voedsel te vervoeren.

Data over de benodigde arealen zijn gebaseerd op de LEI-voorzieningsbalansen, aangevuld met data van CBS Statline. Opbrengsten zijn afkomstig van FOAstat. Deze data zijn dus gebaseerd op richtgetallen (geen integrale metingen). Data over visconsumptie zijn wel gebaseerd op integrale tellingen, maar dienen te worden bijgeschat voor de consumptie buitenshuis (geen data bekend). Data over de visproductie zijn ook omgeven door een aantal onzekerheden waardoor deze cijfers op het Compendium van de Leefomgeving vaak een 'D' als betrouwbaarheidsscore krijgen. Gegevens over overige wilde voeding is gebaseerd op diverse literatuurbronnen en expert judgement.

### **Volledigheid en relatie met CICES**

*Categorie A:* (volledig): bevat alle aspecten en is volledig.

Voedsel is de eerste dienst die wordt opgevoerd in de CICES 4.3-classificatie. De hoofdgroep wordt verdeeld in twee onderdelen: biomassa en drinkwater. De dienst drinkwater wordt apart behandeld in hoofdstuk 4. Op het vierde niveau van de CICES-classificatie wat betreft biomassa als voedsel worden zes verschillende categorieën onderscheiden. Het gaat om landbouwgewassen, vee, planten uit het wild, dieren uit het wild, planten en algen uit aquacultuur en ten slotte om dieren uit aquacultuur. De graadmeter bevat de belangrijkste landbouwgewassen, vee en dieren uit aquacultuur. De overige categorieën (planten en dieren uit het wild en planten en algen uit aquacultuur) worden kort besproken, maar zijn door hun marginale bijdrage aan het voedselpallet in Nederland geen onderdeel van de graadmeter. De volledigheid van de graadmeter is daarmee nagenoeg compleet.

## **3.4 Literatuur**

- Berkhout, P. & P. Roza (2012), Landbouw Economisch Bericht 2012, Den Haag: LEI Wageningen UR.
- CBS (2009). <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/natuur-milieu/publicaties/artikelen/archief/2009/2009-2889-wm.htm>
- CBS (2012). Statline 2014.
- CBS (2013). Landbouwtelling 2013. CBS. Voorburg/Heerlen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2013). Productie kweekvis, 1984-2011 (indicator 1538, versie 03, 26 juni 2013). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Ontwikkeling opbrengst Nederlandse visserij, 2000 - 2012 (indicator 1266, versie 04, 11 februari 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, DEN HAAG; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Diemen, E.A.R. en Dongen, B.M. (2008). Stroom van kweekvis en gekweekte garnalen. InnoTact Consulting B.V.
- D'Haene, K., G. Laurijssens, B. van Gils, G. de Blust en F. Turkelboom (2010). Agrobiodiversiteit. Een steunpilaar voor de 3de generatie agromilieumaatregelen? Rapport INBO.R.2010.38. INBO, ILVO. Brussel, Vlaanderen.
- FAO (2009). FAOSTAT2014. <http://faostat.fao.org/>
- GfK (2009) Ontwikkelingen vis, schaal- en schelpdieren Nederland. Presentatie 16-3-2009.

- 
- Haag, D. (2000). Schatting areaal landbouwgrond op kleine bedrijven. Voorburg, CBS, Interne notitie ten behoeve van Milieubalans in opdracht van RIVM.
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003
- MEA (2005). Ecosystems and Human Well-being; Synthesis. Washington DC, Island Press.
- Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, L.J. Mokveld en J.H. Wisman (2005). Uitgangspunten en berekeningen voor de Milieubalans 2005. Interne notitie, LEI, Den Haag.
- ICES (2013a). Herring in Subarea IV and Divisions IIIa and VIIId (North Sea autumn spawners). 19 p. Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee, Kopenhagen.
- ICES (2013b). Cod in Subarea IV (North Sea) and Divisions VIIId (Eastern Channel) and IIIa West (Skagerrak). 20 p. Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee, Kopenhagen.
- ICES (2013c). Plaice in Subarea IV (North Sea). 13 p. Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee, Kopenhagen.
- ICES (2013d). Sole in Subarea IV (North Sea). 11 p. Internationale Raad voor het Onderzoek van de Zee, Kopenhagen.
- Kamphuis, B., M. van Leeuwen, I. Terluin en P. Berkhout (2013). Kan de Nederlandse landbouw 17 miljoen Nederlanders voeden?; Een voorstudie. LEI-nota 13-020
- Meiresonne L. & Turkelboom F. (2012). Biodiversiteit als basis voor ecosysteemdiensten in regio Vlaanderen. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012 (1). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Milieucentraal (2012). <http://archive-nl.com/page/39521/2012-06-05/http://www.milieucentraal.nl/themas/milieubewust-eten/wild?print=true>
- Misset Horeca (1999). <http://retro.nrc.nl/W2/Lab/Profiel/Jacht/consumptie.html>
- PBL (2013). De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel. Planbureau voor de Leefomgeving. Den Haag. PBL-publicatienummer: 792.
- Productschappen Vee, Vlees en Eieren (2013). Vee, vlees en eieren in Nederland. Kentallen 2012.
- Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Sciences* 144, 31-43. Cambridge University Press.
- Terluin, I.J., B.M. Kamphuis, D.A. Oudendag en M.G.A. van Leeuwen (2013). Voedselvoorziening in Nederland onder buitengewone crisismomstandigheden. LEI-rapport 2013-012
- The World Bank. <http://www.worldbank.org/>



---

# 4 Drinkwater

*Ans Versteegh (RIVM), Harald Dik (RIVM), Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 49%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 51%
- Levering onvervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: afname
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 100%, agrarisch gebied 0%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: A (volledig)

## 4.1 Werking van de dienst

Drinkwater is door CICES (Haines-Young & Potschin 2013) geclassificeerd binnen het cluster voedsel, het gaat hier dan ook om het water dat gebruikt wordt door mensen om te drinken. Water dat gebruikt wordt om te wassen, schoon te maken, te irrigeren, als drinkwater voor vee, of voor de industrie wordt door CICES gedefinieerd als 'niet-drinkwater' in het cluster materialen onder 'water' geschaard (zie hoofdstuk 6).

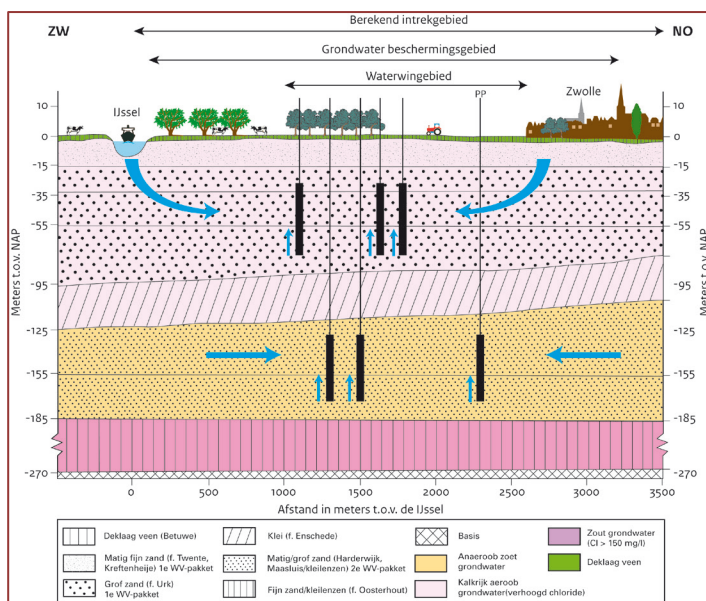
In dit hoofdstuk wordt de ecosysteemdienst gedefinieerd in termen van kwantiteit (hoeveelheid water) als in kwaliteit (zuiveringscapaciteit) wat nodig is om het water tot drinkwater kwaliteit te brengen. Al het water dat we gebruiken is afkomstig uit ecosystemen, of het nu uit de grond komt, in de vorm van neerslag valt of via rivieren wordt aangevoerd. Als zodanig is het al een ecosysteemdienst, zij het in brede zin. De vegetatie/landgebruik speelt een essentiële rol in het invangen, vasthouden en infiltreren van water in de bodem. Bij gebruik als drinkwater ondergaat het water voordat het via het leidingnet wordt getransporteerd minder of meer ingrijpende technologische ingrepen om het fysisch-chemisch te zuiveren en bacteriologisch veilig te maken. Bij het zuiveren van water kunnen ecosystemen ook een rol spelen, bijvoorbeeld de ondergrond van de duinen. Dan zouden we van een ecosysteemdienst in engere zin kunnen spreken (de duingrond zuivert het water) (Melman en Van der Heide, 2011). Het is overigens lang niet altijd duidelijk te scheiden wat de biotische en de abiotische component is van het ecosysteem in het zuiveren van water. Meestal is het een samenspel van abiotische en biotische processen die voor de waterzuivering zorgen. Ondanks dat ecosysteemdiensten strikt gezien gaan over het biotische gedeelte is de ecosysteemdienst hier opgevat als het geheel van geochemische en biologische processen die op ingewikkelde wijze in elkaar grijpen.

De zuivering van water gebeurt in Nederland deels met behulp van ecosystemen en deels met fysisch-chemische processen in zuiveringsinstallaties. Voor de productie van drinkwater wordt gebruik gemaakt van grondwater en zoet oppervlaktewater. Natuurlijk duinwater en water afkomstig uit het grondwater zijn soms al zo zuiver dat er bijna geen voor- of nabewerking van het water nodig is om het op drinkwaterkwaliteit te krijgen. Productielocaties waar oppervlaktewater wordt gezuiverd tot drinkwater zijn in het algemeen grootschalig in zowel de hoeveelheden geproduceerd drinkwater als de inrichting van het zuiveringsproces. Hier is de bijdrage van het ecosysteem veel geringer in vergelijking met duin- of grondwater. Het oppervlaktewater is afkomstig uit de Rijn (incl. IJsselmeer) en Maas en voor een klein deel uit de Drentsche Aa. Ecosystemen die hierbij een rol spelen zijn de duinen in het westen van het land waar voorgezuiverd rivierwater wordt geïnfilteerd. Deze duininfiltratie zorgt ervoor dat micro-organismen worden verwijderd, dat er afvlakking van piekconcentraties van vervuilende stoffen plaatsvindt. Verlaging van de concentratie van organische

microverontreinigingen kan in principe plaatsvinden maar is afhankelijk van vele factoren. Nutriënten uit rivierwater worden voordat infiltratie plaatsvindt grotendeels verwijderd. In artificiële voorraadbekkens (bijvoorbeeld Biesboschbekkens) vindt afvlakking van de kwaliteit plaats deels door omzetting van stoffen en menging van het rivierwater. Verder is een belangrijke rol van de duinen de voorraadvorming voor calamiteiten. In tijden van nood, zoals een verminderde rivierafvoer, een grote lekkage of uitval van een zuiveringsinstallatie, kan hier een beroep op worden gedaan.

Grondwater en ook oevergrondwater wordt onttrokken aan de watervoerende pakketten in de bodem (zie figuur 4.1). Deze bodem speelt een belangrijke rol bij de kwaliteitsverbetering tot drinkwaterkwaliteit en kan worden gezien als een essentiële ecosysteemdienst. Het reinigend vermogen van de ondergrond draagt bij aan de afbraak van chemische en microbiologische verontreinigingen. Grondwater is door het gebruik van deze ecosysteemdienst zo'n betrouwbare en constante bron van drinkwater. Om microbiologisch veilig water te kunnen onttrekken gelden minimale eisen voor de duur van de bodempassage. Voor bijvoorbeeld virussen bedraagt deze 1 tot 2 jaar. Ook voor de chemische waterkwaliteit heeft de ondergrond en de biotische componenten in de bodem een belangrijke reinigende functie. Nitraat is hiervan een duidelijk voorbeeld. Tijdens bodempassage kan het nitraat worden gedenitrificeerd. De mate waarin dit plaatsvindt, wordt bepaald door de geochemische omstandigheden, zoals de aanwezigheid van pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) of organische stof. Grondwater is in het algemeen microbiologisch betrouwbaar; grondwater kan wel stoffen bevatten gerelateerd aan de geochemische samenstelling van het gepasseerde grondwater. Stoffen zoals bijvoorbeeld ijzer, mangaan, calcium, sulfaat, arseen en organische stof (waaronder humuszuren) kunnen aan het water worden toegevoegd. Deze stoffen dienen eruit gefilterd te worden om aan de drinkwaterkwaliteitsnormen te kunnen voldoen.

Steeds meer grondwaterwinningen (nu ca. 50%; Wuijts en Versteegh, 2013) zijn beïnvloed door menselijk handelen. Zowel voor de stoffen die van nature aanwezig zijn als antropogene stoffen zijn technische zuiveringsprocessen nodig. Klassieke processen als beluchting en zandfiltratie zijn veelal voldoende om de anorganische stoffen voldoende te verwijderen. Inmiddels zijn op veel productie-locaties onthardingsinstallaties (pelletreactoren) gebouwd om calcium te verwijderen. Op een aantal locaties waar het water van nature humusrijk is wordt ook 'kleur' verwijderd. Voor een combinatie van hardheidverlaging en kleurverwijdering wordt ook wel membraanfiltratie gebruikt. Bij oevergrondwaterwinningen en ook een sommige grondwaterwinningen zorgt de actiefkoolfiltratie ervoor dat microverontreinigingen (bv bestrijdingsmiddelenresten) worden verwijderd. Grondwater is ook een aantrekkelijke bron voor drinkwater omdat het een constante en relatief lage temperatuur heeft waarbij nagroei van micro-organismen in het leidingnet beperkt blijft.



**Figuur 4.1** Schaal en interactie activiteiten aan maaiveld en winning met in oplopende grootte een indicatie van het waterwingebied, het grondwaterbeschermingsgebied en het berekend intrekgebied (Tiebosch et al., 2011). De winning pompt uit twee verschillende watervoerende pakketten die zijn gescheiden door een slecht doorlatende laag.



Productie van drinkwater uit oppervlaktewater vergt naast deze op ecosysteemdiensten gebaseerde zuivering vaak nog een voor- en na zuivering met fysische en chemische technieken in zuiveringsinstallaties. Op deze manier worden microverontreinigingen, nutriënten, zware metalen, ijzer en mangaan, calcium (hardheid) en micro-organismen die niet door het ecosysteem worden verwijderd op technische wijze verwijderd. Zuiveringstechnieken zijn coagulatie (verwijdering van deeltjes en bv fosfaat), oxidatie en desinfectie (ozon of UV/peroxide) voor de verwijdering van microverontreinigingen en micro-organismen), membraanfiltratie en actieve kool (verwijdering microverontreinigingen, en snelle en langzame zandfiltratie in combinatie met beluchting (deeltjes, ijzer en mangaan) en ontharding (verwijdering calcium). Alhoewel er in zuiveringsinstallaties ook gebruikt wordt gemaakt van organismen om het water te zuiveren, wordt dit niet als ecosysteemdienst beschouwd. Elke stap in dit proces wordt namelijk volledig gecontroleerd door de mens en zondig bijgestuurd. Ook bij de infiltratie, oppompen en transport van water komt er techniek kijken. Ondanks dat dit kunstmatige ingrepen zijn, wordt de levering en zuivering van water toch tot de ecosysteemdienst gerekend omdat gebruik wordt gemaakt van min of meer natuurlijke ecosystemen. Maar dit is in zekere zin een gradueel verschil met het gebruik van zuiveringsinstallaties.

## 4.2 Methode

### Vraag

Het gebruik en trend van drinkwater is verkregen uit de cijfers van Vewin en TNS NIPO (2012). Vewin onderscheidt een aantal gebruiksmogelijkheden van het huishoudelijk water dat uit de kraan komt. Het grootste aandeel van het watergebruik wordt toegepast voor wassen, toiletspoeling en overig gebruik. Een klein deel heeft betrekking op het daadwerkelijke gebruik als drinkwater. Het gaat hier om de categorieën 'voedselbereiding' en 'koffie, thee en water drinken', zie tabel 4.1. De vraag naar producten waarin schoon drinkwater is gebruikt (bijvoorbeeld bier en frisdrank), is hier buiten beschouwing gelaten. Een deel van dit water komt uit hetzelfde leidingnet als waar huis-houdens op zijn aangesloten. Daarmee is het op dezelfde manier tot stand gekomen als het water om te drinken in huishoudens en zijn de gebruikte rekenregels dus ook van toepassing. Daarnaast zijn er industriële winningen en op beperkte schaal 'eigen winningen' van grondwater bestemd voor humane consumptie (bijvoorbeeld campings en voedselverwerkende bedrijven). Deze zijn buiten beschouwing gelaten.

Tabel 4.1

*Drinkwater in huis naar toepassing 1995-2010.*

	1995	2001	2004	2007	2010
	<i>liter/persoon, dag</i>				
bad	9,0	3,7	2,8	2,5	2,8
douche	38,3	42,0	43,7	49,8	48,6
wastafel	4,2	5,2	5,1	5,3	5,0
toiletspoeling	42,0	39,3	35,8	37,1	33,7
kleding wassen, hand	2,1	1,8	1,5	1,7	1,1
kleding wassen, machine	25,5	22,8	18,0	15,5	14,3
afwassen, hand	4,9	3,6	3,9	3,8	3,1
afwassen, machine	0,9	2,4	3,0	3,0	3,0
voedselbereiding	2,0	1,6	1,8	1,7	1,4
koffie, thee en water drinken	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8
overig	6,7	6,7	6,4	5,3	5,3
<b>totaal</b>	<b>137,1</b>	<b>130,7</b>	<b>123,8</b>	<b>127,5</b>	<b>120,1</b>

### Aanbod

De hoeveelheden beschikbaar water zijn voldoende om in de binnenlandse vraag te voldoen. Er is een overvloed aan water, maar dit water is meestal niet van voldoende kwaliteit om direct in het leiding-waternet te pompen. Bovendien dient er met de extractie van water uit de bodem rekening te worden gehouden met andere ecosysteemdiensten. Zo is de onttrekking van water uit de duinen sterk afgenomen om de vochtafhankelijke natuurwaarden te herstellen. Ook is de diepe grondwater-

---

onttrekking aan een maximum gebonden om binnen de grondwatervraag van natuur en landbouw te blijven. Aan oppervlaktewater is geen gebrek, maar deze is vaak van minder goede kwaliteit in vergelijking met de overige watersoorten. De vraag is dan ook niet of er voldoende water beschikbaar is, maar wat de bijdrage is van natuurlijke ecosystemen in het verkrijgen van voldoende schoon drinkwater.

Het is niet eenvoudig om te bepalen wat de bijdrage van het ecosysteem is in deze zuivering. Als je weet hoe vervuild het water het systeem ingaat en vervolgens meet hoe schoon het water is dat er weer uitkomt, kun je de bijdrage van het ecosysteem aan de zuivering van het water bepalen. Deze gegevens zijn echter lang niet voor alle ecosystemen eenvoudig beschikbaar. Wel is beschikbaar welke zuiveringsstappen worden uitgevoerd door zuiveringsinstallaties om het water op drinkwaterkwaliteit te krijgen. Voor natuurlijk duinwater worden slechts zeer beperkt maatregelen getroffen alvorens het water op drinkwater kwaliteit is. Het duinecosysteem heeft dus een grote bijdrage in het zuiveringsproces. Voor oppervlaktewater moeten veel meer maatregelen getroffen voordat het water drinkwaterkwaliteit heeft. Hier is de bijdrage van het ecosysteem veel kleiner.

Ten eerste is daarom geschat hoe groot de zuiveringscapaciteit is van verschillende ecosystemen. De basis voor deze schatting zijn de zuiveringsstappen die moeten worden genomen in de voor- en nabehandeling van zuiveringsinstallaties om tot drinkwaterkwaliteit te komen. Uitgangspunt is hoe minder technische zuiveringsstappen nodig zijn hoe groter de bijdrage van het ecosysteem is. Andersom geldt dat hoe meer maatregelen (zuiveringsstappen) moeten worden getroffen, hoe kleiner de bijdrage van het ecosysteem is.

Per productielocatie is bekend om welk winningstype het gaat. Er zijn vier verschillende winningstypen voor de drinkwaterproductie te onderscheiden. Dit zijn: oppervlaktewater, oevergrondwater, freatisch (relatief kwetsbaar) grondwater en spanningswater (grondwater pakket onder beschermende laag). Ook is per productielocatie bekend welke zuiveringsstappen worden genomen. De zuiveringstappen die worden gebruikt zijn op basis van expert judgment onderverdeeld in vijf categorieën.

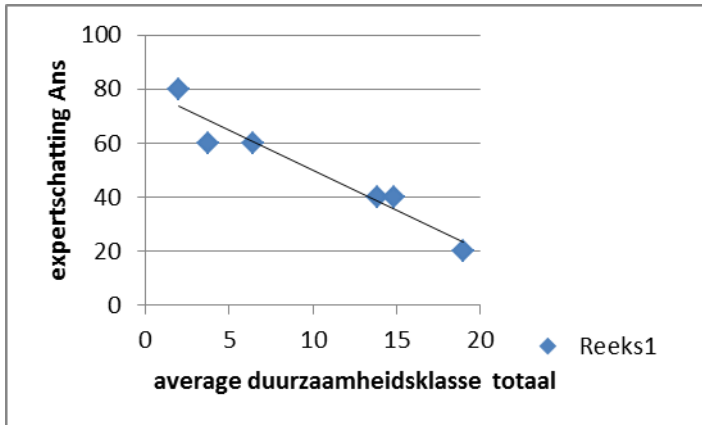
1. Basis: zandfiltratie, beluchting, voorraadbekken bijvoorbeeld Biesboschbekkens).
2. Eenvoudige verwijdering stoffen en micro-organismen: coagulatie, sedimentatie, dosering zuurstof en pH correctie.
3. Ontharding en ontgassing.
4. Geavanceerde oxidatie en desinfectie ozon, UV, UV/perioxide, chloorverbindingen.
5. Geavanceerde verwijdering : actiefkoolfiltratie en membraanfiltratie.

De vijf categorieën zijn opgebouwd van welke technieken er minimaal nodig zijn voor de drinkwaterproductie van grond- en oppervlaktewater (categorie 1) tot geavanceerdere technieken om microverontreinigingen te verwijderen (categorie 5). In categorie 3 (ontharding en ontgassing) is als aparte categorie gekozen omdat deze technieken vooral bijdragen aan het comfort van drinkwater voor de klant en het distributienet beschermen.

De zuiveringsschema's zijn per productielocatie gescoord volgens bovenstaande vijf klassen. Per productielocatie zijn alle waarden van elke zuiveringsstap opgeteld. Dit levert per productielocatie een getal op. Deze getallen per zijn vervolgens opgeteld en geclusterd per winningstypen. Dit resulteert uiteindelijk in vier getallen welke lager zijn naarmate de zuivering door het ecosysteem groter is. De zuiveringsschema's zijn afkomstig uit de database REWAB (REgistratie WAterkwaliteits-gegevens Bedrijven) waarin de kwaliteitsgegevens die de drinkwaterbedrijven jaarlijks aanleveren worden opgeslagen. RIVM beheert de database en maakt hiervan gebruik voor diverse rapportages.

Op basis van de zuiveringsstappen is het niet goed mogelijk om één getal te geven voor de zuivering van een ecosysteem. Niet alle duinen hebben dezelfde zuiveringscapaciteit en de zuivering varieert per stof. De verschillende stofgroepen als nutriënten, microverontreinigingen en micro-organismen zijn niet eenvoudig te vergelijken. Kwalitatief is de bijdrage van bijvoorbeeld de duinen aan de microbiologische kwaliteit zodanig dat desinfectie van het gezuiverde drinkwater niet nodig is. De duinen leveren een belangrijke bijdrage in de verdere verwijdering van microverontreinigingen en de voorraadvorming. In de nazuivering wordt wel nog calcium verwijderd en de laatste resten microverontreinigingen.

Resultaat is dat voor winningen van freatisch grondwater, semi-spanningswater, geïnfiltrerd oppervlaktewater, oevergrondwater en directe oppervlaktewater gemiddeld 3,8, 6,4, 13,9, 14,9 en 19,0 gesommeerde zuiveringsstappen worden genomen. Voor de winning van natuurlijk grondwater uit de duinen zijn de cijfers niet beschikbaar. Het aantal zuiveringsstappen is daar ingeschat als 2,0 (beluchting, snelfiltratie). Vervolgens is op basis van expert judgement geschat wat de mate van zuivering is door het ecosysteem zelf. Deze komen voor de bovengenoemde winningen respectievelijk uit op 60%, 60%, 40%, 40%, 20%. De mate waarin de duinen water zuiveren is geschat op 80%. Het gesommeerde aantal zuiveringsstappen per type grondwaterwinning is vervolgens gecorrigeerd met de schattingen van bijdrage van het ecosysteem. Het resultaat staat in figuur 4.2. Uit de figuur blijkt dat de inschatting van de zuiveringscapaciteit per ecosysteem omgekeerd evenredig afhangt van het gesommeerde aantal zuiveringsstappen.



**Figuur 4.2** Er is een goede correlatie tussen de schatting van de expert van de bijdrage van het ecosysteem in de zuivering tot drinkwaterkwaliteit met het gemiddeld aantal zuiveringsstappen wat genomen is.

Het is bekend welke hoeveelheden water er per watertype (grondwater, natuurlijk duinwater etc.) worden gewonnen (Vewin, 2012). Vervolgens kan door de vermenigvuldiging van de mate van zuivering met de totale hoeveelheden gewonnen water per watertype de totale bijdrage van alle ecosystemen in Nederland worden bepaald in het op drinkwaterkwaliteit krijgen van het water.

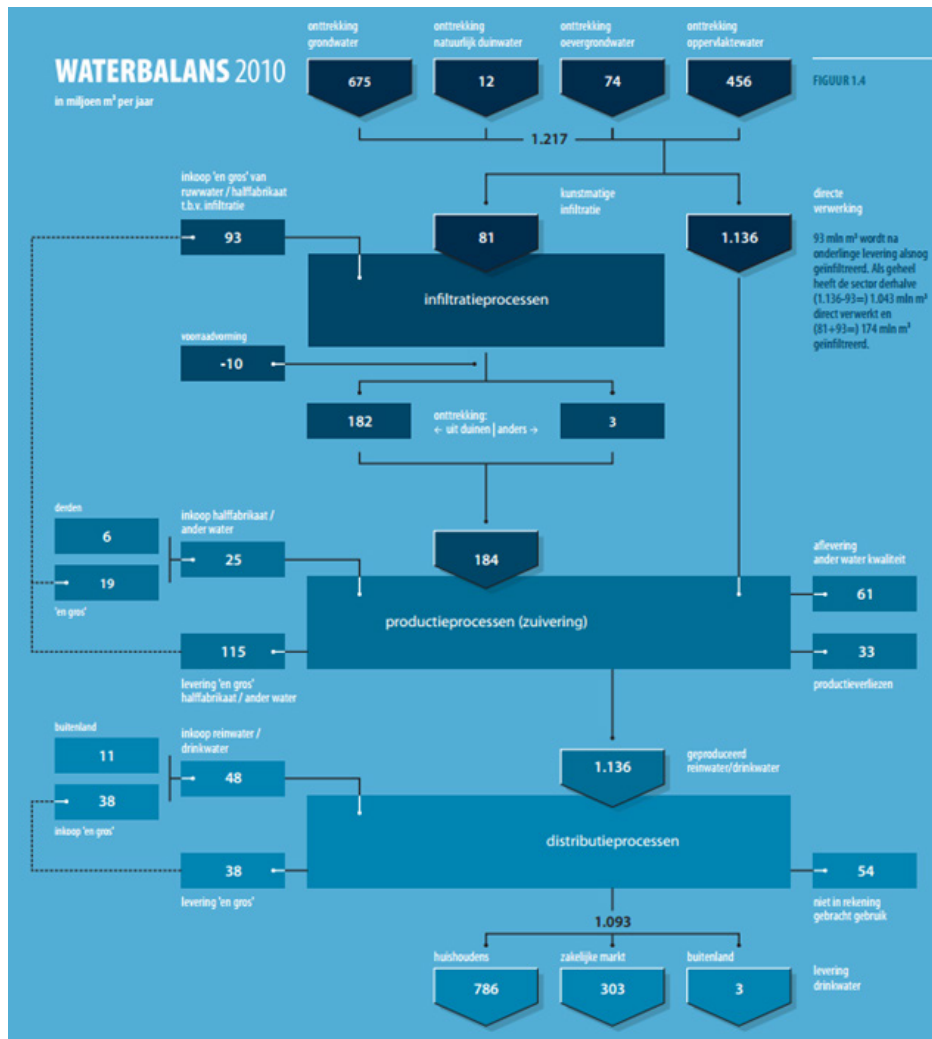
De trends in het gebruik zijn verkregen uit de tijdsreeksen van Vewin (2012). De zuiveringscapaciteit van ecosystemen is constant verondersteld.

## 4.3 Resultaten

In Nederland is er geen tekort aan drinkwater. Jaarlijks komt, via rivieren en neerslag, tussen de circa 90 miljard m<sup>3</sup> ons land binnen (Vewin, 2012). Met name de Rijn is daarin belangrijk. In Nederland wordt jaarlijks circa 1200 miljoen m<sup>3</sup> drinkwater voor humane consumptie geproduceerd voor de openbare drinkwatervoorziening (zie figuur 4.3). Voor het leidingwater gebruiken we dus ongeveer 1% van wat er aan water binnenkomt. Dit is dus ruim voldoende om in onze vraag naar water te voorzien. De productie wordt dus afgestemd op de vraag van water. Ook als naar de totale aanvoer en onttrekking van water in Nederland wordt gekeken zien we een zelfde beeld. De Water Exploitatie Index (WEI) kwantificeert de hoeveelheid hernieuwbare zoetwaterbronnen en het percentage onttrekking daaraan. Hernieuwbaar zoetwater is water dat elk jaar opnieuw beschikbaar komt via bijvoorbeeld de rivieraanvoer en het neerslagoverschot. De totale zoetwateronttrekking bedroeg 2,4 miljard m<sup>3</sup>, wat neerkomt op een WEI-index van 2,5%. Inclusief gebruik voor koelwater is de jaarlijkse onttrekking 10,6 miljard m<sup>3</sup> en bedraagt de WEI-index 11,8%. In Europa bedraagt de WEI-index gemiddeld 6,3%. Inclusief gebruik voor koeling bedraagt de index in Europa 10,6%.

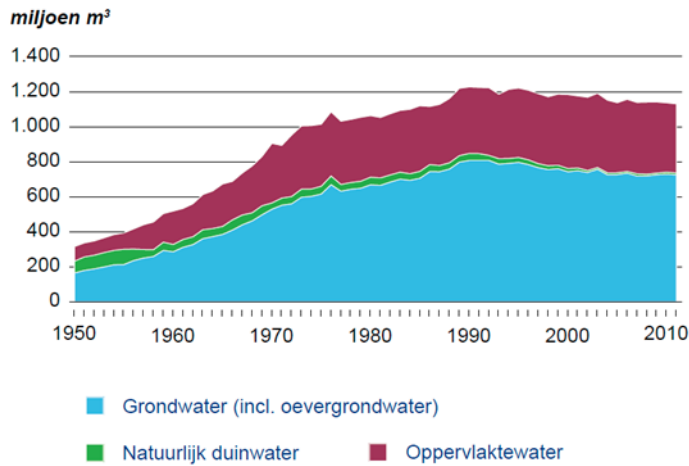
Het in Nederland geproduceerde water wordt voor het grootste deel gebruikt voor huishoudens en vervolgens door de klein en groot zakelijke markt. De consumptie van huishoudens ten opzichte van de totale consumptie van drinkwater in Nederland is bijna 75%. Van het water dat in huishoudens wordt gebruikt, wordt een klein deel gebruikt om te drinken (koffie, thee, water en om te koken). In 2010 werd per persoon, per dag ongeveer 120 liter in het huishouden gebruikt. Daarvan was 1,4 liter bestemd voor de voedselbereiding en 1,8 liter om op te drinken. De indicator voor deze ecosysteemdienst heeft alleen betrekking op de gegevens van het hier genoemde drinkwater, alhoewel drinkwaterbedrijven ook water produceren voor niet-drinkwaterdoeleinden (hoofdstuk 6).

In figuur 4.3 staat de waterbalans van het jaar 2010, in figuur 4.4 wordt de trendmatige verdeling van grond-, oppervlakte- en duinwater voor de drinkwaterproductie weergegeven. In figuur 4.5 worden de productielocaties in Nederland weergegeven.



**Figuur 4.3** Waterbalans van het jaar 2010. In de balans staan voor de sector als geheel de gewonnen, de geproduceerde en de geleverde hoeveelheden water. De waterwinning is weergegeven per type ruwwaterbron en naar verwerkingsmethode (directe verwerking en infiltratie). De leveringen zijn onderverdeeld in eindleveringen aan huishoudens en zakelijke markt en onderlinge leveringen tussen waterbedrijven (levering en gros). Bron: Vewin (2012).

## Productie drinkwater naar bron 1950 - 2011

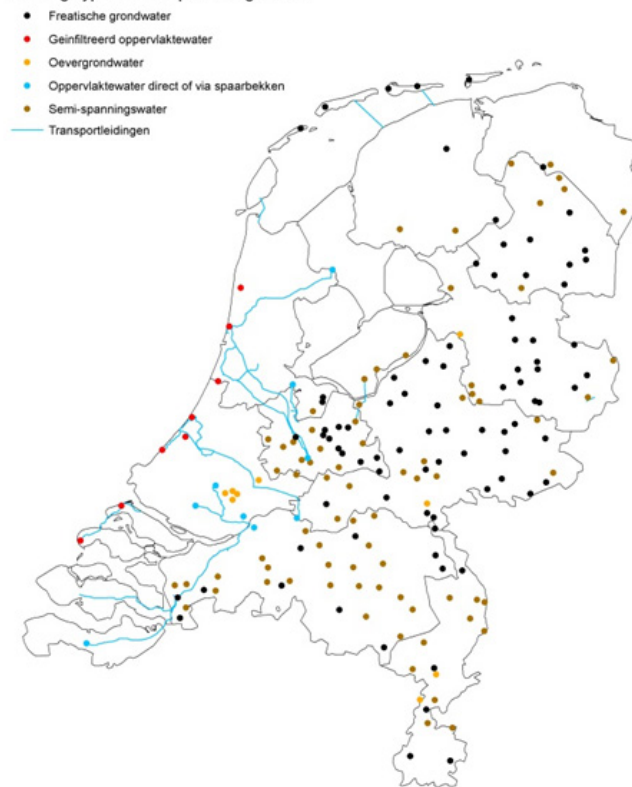


**Figuur 4.4** De productie van leidingwater in Nederland. Bron data: Vewin (2012).

Gebaseerd op de gegevens van de Vewin (drinkwaterbalans 2012) worden de volgende hoeveelheden water gewonnen voor de drinkwaterproductie:

- Natuurlijk duinwater 12 mm<sup>3</sup>
- Grondwater 672 mm<sup>3</sup>
- Oevergrondwater 70 mm<sup>3</sup>
- Oppervlaktewater 394 mm<sup>3</sup> ; van deze hoeveelheid oppervlaktewater wordt 175 mm<sup>3</sup> in de duinen geïnfiltreerd na voorzuivering.

**Figuur 2.1** Hoofdinfrastructuur drinkwatervoorziening  
Winningsstypen en transportleidingen 2012



Bron RIVM/Vewin

**Figuur 4.5** Winningsstypen openbare drinkwatervoorzieningen.

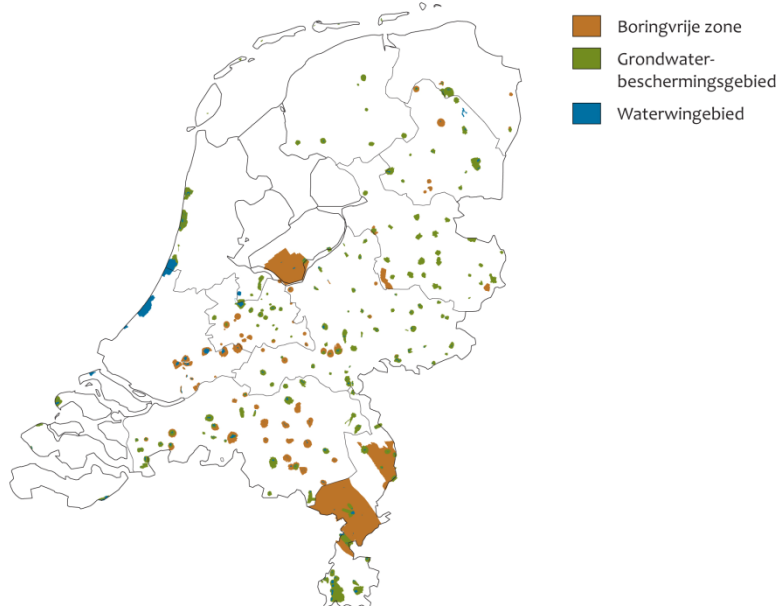
Alhoewel er geen gebrek is aan schoon water om te drinken, is de bijdrage van het ecosysteem om het water op drinkwater kwaliteit te krijgen nooit 100%. Voordat het water geïnfiltererd wordt vindt er voorzuivering plaats en voordat het in het leidingnet wordt gepompt wordt het nog na gezuiverd. De mate waarin het ecosysteem een bijdrage levert in de productie van schoon drinkwater varieert per watersoort. Natuurlijk duinwater zuivert naar schatting voor 80%. Dit gaat echter om een zeer kleine hoeveelheid van het totaal. Het grootste aandeel binnen de totale waterproductie is het grondwater. De zuivering hiervan is geschat op 60%. Oppervlaktewater dat direct gebruikt wordt en niet eerst het bodemecosysteem passeert kent de kleinste zuiverende werking van het ecosysteem; deze is geschat op 20%. De rest van de zuivering wordt op technische wijze in zuiveringsinstallaties gerealiseerd. Als de hoeveelheden en de bijdrage van de zuivering door het ecosysteem worden vermenigvuldigd, komt dit neer op een getal van 49%. Kortom, Nederlandse ecosystemen zorgen voor bijna de helft van de zuivering van ons drinkwater. De andere helft (51%) betreft het aandeel water waarbij drinkwater op technische wijze is gezuiverd. Import en export van leidingwater spelen een marginale rol in Nederland (Vewin, 2012).

Het diepere grondwater is lang geleden vanuit bovenliggende lagen aangevoerd. Dit water kan duizenden jaren oud zijn (fossiel). Er wordt beleid gevoerd om niet in te teren op deze voorraad water (IenM,2014).

### Belang van ecosystemen

Voor elke ecosystemedienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Voor de waterwingebieden en de grondwaterbeschermingsgebieden (figuur 4.6) kan in beeld worden gebracht wat de verdeling is van het type landgebruik. Het landgebruik is echter in beperkte mate van invloed op de zuiverende werking van de bodem. Een groot deel van de zuivering vindt namelijk in diepere bodemlagen plaats. Het is eerder zo dat landbouwgebieden juist een bedreiging vormen voor de drinkwaterwinning doordat mest uitspoelt en er allerlei vervuilende stoffen (zoals pesticiden) in het water terecht komen. Inmiddels zijn er daarom zware restricties aan het grondgebruik van waterwingebieden (Van Tweel, 2007). Zo mogen er geen meststoffen of bestrijdingsmiddelen gebruikt worden en als afgeleide daarvan geldt dat er ook niet begraasd mag worden. Natuur is juist een goede leverancier van schoon water en biedt langdurige bescherming tegen allerlei invloeden van buiten, immers als het grondwater niet vervuild raakt, hoeft het ook niet gezuiverd te worden. Er wordt daarom vanuit gegaan dat de levering van water voor het grootste deel door natuur wordt veroorzaakt en dat agrarisch of stedelijk landgebruik een bedreiging kan zijn voor het zuiveren van water.

Ruimtegebruik openbare watervoorziening, 2008



Bron: Provincies.

PBL/deco8/0065  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

**Figuur 4.6** Grondwaterbeschermingsgebieden 2008. Bron: CBS et al. (2005).

---

### **Trend vraag**

Als gekeken wordt naar de hoeveelheid water dat gebruikt wordt om te drinken zien we een min of meer stabiele trend tot een lichte daling in de periode 1995 tot 2010 (Vewin, 2012). Ook als gekeken wordt naar de totale productie van water door waterleidingbedrijven zien we een min of meer stabiele trend in de afgelopen 20-25 jaar. Naar de toekomst toe (tot 2040) varieert de drinkwatervraag tussen een daling van 15% tot een stijging van 30% afhankelijk van economische groei en demografische verschuivingen (Wuijts *et al.*, 2011). De load van nitraat en fosfaat in het water is de afgelopen periode wel afgenomen. Anderzijds wordt het drinkwater tegenwoordig ook getest op specifieke verontreinigingen, zoals residuen van medicijnen. Door de toename in de kennis over deze stoffen is het zuiveringsproces in de afgelopen decennia geïntensifieerd. Kortom, als enkel gekeken wordt naar de ontwikkeling van de gevraagde hoeveelheden water zijn er geen grote veranderingen. Als gekeken wordt naar de vraag in waterkwaliteit is deze toegenomen doordat we hogere eisen aan de drinkwaterkwaliteit stellen. Dit resulteert in een toename van de vraag.

### **Trend aanbod**

Het aanbod heeft zich de afgelopen periode vooral ontwikkeld als een toenemende zuiveringsinspanning voor wat betreft de verwijdering van microverontreinigingen en het toenemend aantal locaties waar ontharding is gerealiseerd en er dus meer techniek is ingezet en minder van de ecosysteemdienst. Dit geldt voor vrijwel alle watertypen behalve natuurlijk duinwater. Daarnaast is het aandeel oppervlaktewater ten opzichte van het grondwater sinds 1950 gestaag toegenomen (figuur 4.4). De afgelopen 20 tot 25 jaar is er weinig verandering in de verhouding grond- en oppervlaktewater, alhoewel het aandeel duinwater gestaag is afgenomen. Het oppervlaktewater heeft in een hogere graad van vervuiling. Hierdoor is er een grotere zuiveringsinspanning nodig om de totale gevraagde hoeveelheid water op drinkwaterkwaliteit te krijgen. Ten slotte zijn er een aantal waterwinputten onbruikbaar geworden vanwege vervuiling van het grondwater (bijvoorbeeld door bemesting) of uitputting van de voorraad. De hiervoor genoemde zaken ontwikkelen zich alle in de richting van een afname van het aanbod van de zuivering door ecosystemen.

### **Betrouwbaarheid**

*D*: schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

De resultaten wat betreft de waterkwantiteit zijn vrij precies bekend en hebben een hoge betrouwbaarheid. De resultaten met betrekking tot het aandeel zuivering per winningstype zijn gebaseerd op een expert inschatting. De expertinschatting is wel sterk gecorreleerd met de hoeveelheid en intensiteit van de werkelijk uitgevoerde zuiveringsstappen. Verder heeft de trend betrekking op het waterverbruik van huishoudens. Er is geen zicht op het verloop in de tijd van de vraag naar drinkwater van niet-huishoudens. Dit aandeel maakt ongeveer een kwart uit van de totale humane watervraag. Ook is er geen zicht op of er veranderingen zijn in de zuiveringscapaciteit van ecosystemen.

### **Volledigheid**

*Categorie A*: bevat alle aspecten en is volledig.

Ten opzichte van de genoemde onderdelen van de CICES-classificatie bevat de indicator de belangrijkste onderdelen en is daarmee volledig te noemen.

## **4.4 Literatuur**

CBS, PBL, Wageningen UR (2005). Ruimtegebruik openbare watervoorziening, 1995 (indicator 0065, versie 04, 28 oktober 2005). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, DEN HAAG; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003

IenM (2014). Beleidsnota Drinkwater Schoon drinkwater voor nu en later. [www.rijksoverheid.nl/ienm](http://www.rijksoverheid.nl/ienm)

- 
- Melman, T.C.P. en C.M. van der Heide (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenningen 2011. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 111.
- TNS NIPO (2011). Watergebruik thuis 2010. [www.vewin.nl](http://www.vewin.nl)
- Wuijts S. *et al* (2011). Toekomstverkenning drinkwatervoorziening. RIVM rapport 609716001/2011
- Wuijts S. en Versteegh J.F.M. (2013). Bescherming drinkwaterbronnen in het nationaal beleid. RIVM rapport 609715005/2013.
- Tiebosch, T., C. vanden Brink, S. Wuijts (2011). Verkenning early warning bij grondwaterwinningen voor drinkwater. RIVM rapport 609452001.
- Vewin en TNS NIPO (2012). Drinkwaterstatistieken 2012. De watercyclus van bron tot kraan. Vewinnr. 2012/110/6259.
- Van Tweel, M.J. (2007). Ingezaaide plantensoorten in waterwingebieden: zegen of floravervalsing? Vakblad Natuur, Bos en Landschap (maart, p18-21).



---

# 5 Hout

*Mark van Oorschot (PBL), Bart de Knegt (Alterra)*

## **Samenvatting**

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 8%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 92%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 0%
- Levering onvervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: afname
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: toename
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 100%, agrarisch gebied 0%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: B (hoog)
- Volledigheid: C (bevat enkele aspecten)

## 5.1 Werking van de dienst

Voorziening van hout als hernieuwbare natuurlijke hulpbron uit bosbouwproductie is een bevoorradende ecosysteemdienst, voor bouw, constructie, meubelen, verpakkingen, papier en energie (primaire baten) en het levert werk en inkomen op (secundaire baten).

Het areaal bos in Nederland beslaat ca. 360.000 hectare en is in beheer van natuurorganisaties, gemeenten, particulieren e.d. Staatsbosbeheer oogst jaarlijks in ca. 10% van haar areaal.

### **Belastende biodiversiteit**

De twee belangrijkste groepen organismen die kunnen leiden tot een vermindering van de groei of vitaliteit, of zelfs de dood van bomen, zijn insecten en schimmels. Zelfs wanneer ze weinig invloed hebben op de primaire productie kunnen ze nog zorgen voor een belangrijk kwaliteitsverlies (door verkleuring of beschadiging), met verminderde marktwaarde of reductie van de toepassingsmogelijkheden (Bron: INBO, 2012).

## 5.2 Methode

### **Gebruik, aanbod, trend**

De gegevens zijn berekend door Probos op basis van gegevens uit de statistiek voor de buitenlandse handel van het CBS.

Om de verschillende houtproducten te kunnen optellen, zijn alle hoeveelheden omgerekend naar m<sup>3</sup> rondhoutequivalent zonder schors. Een rondhoutequivalent is de hoeveelheid rondhout die nodig is om een bepaald product te maken. Rondhout bestaat uit stammen of delen hiervan die niet verder bewerkt zijn dan gesnoeid, gekort en eventueel ontschorst.

Voor de omrekening van de oorspronkelijke eenheid (bijvoorbeeld m<sup>3</sup> gezaagd hout of ton houtpulp) naar m<sup>3</sup> rondhoutequivalent worden de waarden vermenigvuldigd met een productspecifieke conversiefactor. De waarden staan dan uitgedrukt als m<sup>3</sup> rondhoutequivalent zonder schors.

Import van hout in de vorm van eindproducten, zoals meubels, maken (circa 40%) van de import uit, maar zijn door gebrek aan gegevens over de afkomst van het hout, niet in de berekening betrokken (ETTF, 2011).

## 5.3 Resultaat

### Gebruik en aanbod

Het bosoppervlak in Nederland bedraagt ongeveer 360.000 hectare. Dat is 10,6% van het landoppervlak. Hiervan is 3.000 hectare strikt bosreservaat, 31.400 hectare gelegen in een nationaal park en 56.400 overig beschermd.

De totale staande voorraad hout bedroeg in 2005 61,7 miljoen m<sup>3</sup> spilhout met schors. Dat komt neer op een dichtheid van 194 m<sup>3</sup> per hectare. Dit houtvolume bestaat voor 46% uit loofboomsoorten en 54% uit naaldboomsoorten (figuur 5.1). Jaarlijks wordt ruim 1 miljoen m<sup>3</sup> hout geogst. Dat is iets meer dan de helft van de jaarlijkse bijgroei. De voorraad hout neemt hierdoor nog verder toe.

De Nederlandse bossen zijn in 48% van de oppervlakte in eigendom van de overheid, terwijl 47% in eigendom is van particulieren. Van 5% van het oppervlakte is niet bekend wie de eigenaar is. In 2011 bedraagt het verbruik van hout en houtproducten 12,2 miljoen m<sup>3</sup> (rondhoutequivalent). Hiervan is 48 procent toegepast bij de productie van papier en karton en 32% als gezaagd hout. Van het verbruik komt circa 8% uit Nederlandse bossen.

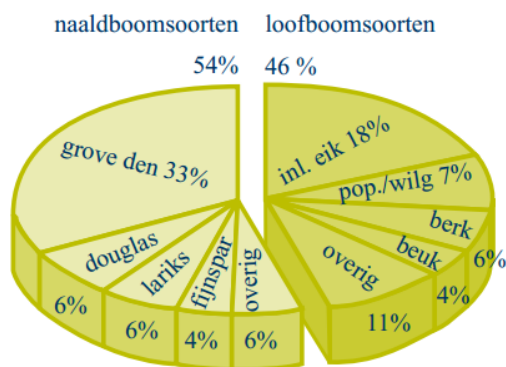
#### Oppervlakteverdeling Nederlands bos naar hoofdboomsoort

x 1000 ha (2005)

naaldboomsoorten		loofboomsoorten	
grove den	120	inl. eik	66
lariks	21	populier/wilg	25
douglas	20	berk	22
fijnspar	14	beuk	14
overig	21	overig	38
<b>totaal</b>	<b>196</b>	<b>totaal</b>	<b>165</b>

bron: MFV<sub>bos</sub>

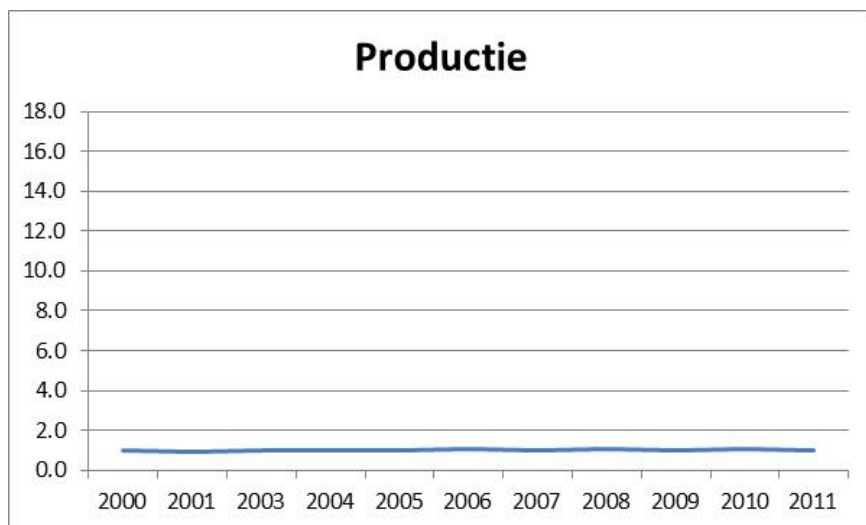
#### Boomsoortenverdeling (naar hoofdboomsoort)



**Figuur 5.1** Aandeel van boomsoorten in het Nederlandse bos (Probos, 2012).

### Trend aanbod

De totale Nederlandse houtproductie is al jaren min of meer stabiel en schommelt rond de 1 miljoen m<sup>3</sup> rondhoutequivalenten zonder schors (figuur 5.2).



**Figuur 5.2** Trend houtproductie in het Nederlandse bos. Op de y-as staat het aantal rondhoutequivalenten zonder schors. Bron: Probos (2012).

De productie van hout in Nederland blijft min of meer stabiel en houdt geen gelijke tred met de staande voorraad hout in Nederlandse bossen (tabel 5.1).

Tabel 5.1

Staande voorraad, bijgroei, houtkap van 1990-2005.

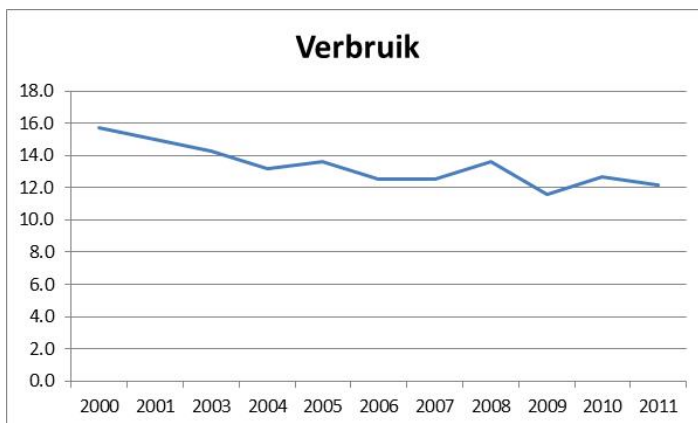
	Staande voorraad	Bijgroei	Houtkap	Houtkap als % van bijgroei
	<i>miljoen m<sup>3</sup> spilhout met schors</i>			%
1990 <sup>1)</sup>	48,7	2,4	1,5	61
1995 <sup>1)</sup>	52,8	2,4	1,6	65
1996 <sup>1)</sup>	53,6	2,4	1,6	66
1997 <sup>1)</sup>	54,8	2,4	1,7	69
1998 <sup>1)</sup>	56,4	2,4	1,6	65
1999 <sup>1)</sup>	57,4	2,4	1,5	64
2002 <sup>2)</sup>	57,6	2,2	1,2	55
2005 <sup>2)</sup>	61,7	2,2	1,2	55

Bron: Schoonderwoerd, H. en W.P. Daamen (1999, 2000), Dirkse, G.M. et al. (2006), Probos (2006). CBS/MNC/mei07/0069

1) Gegevens komen uit het project Houtoogststatistiek en prognose oogstbaar hout.  
 2) Gegevens over staande voorraad komen uit het Meetnet Functievulling bos; de cijfers over bijgroei en houtkap zijn schattingen door Probos.

### Trend gebruik

Het verbruik van hout is afgenomen (figuur 5.3) en daarmee ook het gat tussen gebruik en aanbod van hout (figuur 5.4).



**Figuur 5.3** Trend van het jaarlijkse houtverbruik in Nederland. Op de y-as staat het aantal rondhoutequivalenten zonder schors. Bron: Probos (2012).



**Figuur 5.4** Zelfvoorzieningsgraad van hout uit het Nederlandse bos. Op de y-as staat het aantal rondhoutequivalenten zonder schors. Bron: Probos (2012).

---

### **Betrouwbaarheid**

*B*: (schatting gebaseerd op een groot aantal (zeer accurate) metingen, waarbij representativiteit van de gegevens vrijwel volledig is) (Bron: CBS *et al.*, 2013).

### **Volledigheid**

*Categorie C*: bevat enkele aspecten en is daarmee onvolledig.

CICES (Haines-Young en Potschin, 2013) definiëren binnen de productiediensten biomassa. Biomassa bestaat uit drie onderdelen. Ten eerste gaat het om vezels en andere materialen van planten, algen en dieren voor direct gebruik. Het gaat dan bijvoorbeeld om hout, vezels, bloemen, huiden, katoen, rubber, olie, was, zeep en verf. Ten tweede gaat het om biomassa voor agrarisch gebruik, bijv. veevoer en mest. Ten derde gaat het om genetisch materiaal, bijv. voor medicijnen, fermentatieprocessen of wilde dieren in fokprogramma's.

## 5.4 Literatuur

CBS, PBL, Wageningen UR (2013). Balans voor hout en houtproducten voor Nederland, 2000 -2011 (indicator 0070, versie 13, 2 april 2013). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

ETTF (2011). 2011 Statistics – Netherlands. Timber trade monitoring in support of effective, efficient and equitable operation of the EU Timber Regulation (EUTR). DFID.

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.

Probos (2012). Kerngegevens bos en hout in Nederland. Probos, Wageningen.

---

# 6 Niet drinkwater

*Gert Jan van den Born (PBL), Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 59%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door technisch alternatief: 40%
- Levering onervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: afname
- Trend vraag sinds ca. 1990: stabiel
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 86%, agrarisch gebied 14%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: A (volledig)

## 6.1 Werking van de dienst

### Vraag naar water

'Niet drinkwater' is door CICES (Haines-Young & Potschin, 2013) als ecosysteemdienst geclassificeerd binnen het cluster 'materialen', het gaat hier dan ook om het water dat gebruikt wordt door mensen om te wassen, schoon te maken, te irrigeren, als drinkwater voor vee of voor de industrie. Het gaat dan zowel om oppervlakte- als grondwater. Water om te drinken door de mens wordt door CICES gedefinieerd als 'drinkwater' in het cluster voedsel (zie hoofdstuk 4). Voldoende schoon water als randvoorwaarde voor verdrogingsgevoelige natuur valt niet onder deze ecosysteemdienst. Een deel van het hier besproken 'niet-drinkwater' ondergaat de zelfde behandeling als drinkwater en in die zin is er enige overlap tussen beiden.

In dit hoofdstuk wordt de ecosysteemdienst gedefinieerd in termen van zowel de kwantiteit van water (hoeveelheid water) als in kwaliteit ervan (de graad van zuiverheid). De benodigde graad van zuiverheid hangt af van de toepassing. Er worden bijvoorbeeld hogere eisen gesteld aan water om te wassen, te drinken of sommige industriële toepassingen dan om landbouwgewassen te irrigeren.

### Aanbod van water

'Al het water dat we gebruiken is afkomstig uit ecosystemen, of het nu uit de grond komt, in de vorm van neerslag valt of via rivieren wordt aangevoerd. Als zodanig is het al een ecosysteemdienst, zij het in brede zin. De vegetatie/landgebruik speelt een essentiële rol in het invangen, vasthouden en infiltreren van water in de bodem. Bij gebruik als niet-drinkwater ondergaat het water voordat het via het leidingnet wordt getransporteerd of voor een andere toepassing wordt gebruikt minder of meer ingrijpende technologische ingrepen om het fysisch-chemisch te zuiveren en bacteriologisch veilig te maken. Bij het zuiveren van water kunnen ecosystemen ook een rol spelen. Voorbeelden ervan zijn duingebieden waar geïnfiltreerd rivierwater tijdens een verblijf van minimaal twee maanden in de ondergrond wordt gezuiverd. In dit geval spreken we van een ecosysteemdienst in engere zin.' (uit: Melman en Van der Heide, 2011).

### Natuurlijke zuivering

Tijdens bodempassage wordt het zoetwaterwater fysisch-chemisch en bacterieel gezuiverd en op een bepaalde constante temperatuur gebracht. Deze ecosysteemdienst wordt door de bodem en daarin voorkomende micro-organismen geleverd en heeft daarmee een biotische en een abiotische component. In de definitie van ecosysteemdiensten gaat het om de bijdrage van biota in het leveren van goederen en diensten. Het is lang niet altijd duidelijk te scheiden wat de biotische en de abiotische component is van het ecosysteem in het leveren en zuiveren van water. Meestal is het een

---

samenspel van abiotische (fysisch chemische) en biotische (organismen in ecosystemen en de bodem) processen die voor voldoende schoon water zorgen. Ondanks dat ecosysteemdiensten strikt gezien gaan over het biotische gedeelte, is de ecosysteemdienst in dit hoofdstuk opgevat als het onlosmakelijk geheel van geochemische en biologische processen die op ingewikkelde wijze in elkaar grijpen.

### **Betekenis grond- of landgebruik**

Het grond- of landgebruik is van invloed om de chemische en biologische kwaliteit van de bodem en mede bepalend voor de mate waarin de bodem in staat is om het aanwezige water te zuiveren. Ook bij de bescherming van de gezuiverde water speelt het landgebruik een grote rol. Landbouw heeft zowel invloed op de waterkwaliteit als waterkwantiteit. De invloed van de waterkwaliteit loopt via bemesting en het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen. Bemesting beïnvloedt de hoeveelheid nitraat in het bovenste grondwater. Met name in gebieden met intensieve veehouderij en een fors regionaal mestoverschot worden hoge concentraties aangetroffen. (Melman en Van der Heide, 2011). Inmiddels zijn er daarom zware restricties aan het grondgebruik in waterwingebieden. Zo mogen er geen meststoffen of bestrijdingsmiddelen gebruikt worden en als afgeleide daarvan geldt dat er ook niet begrast mag worden. Er is dan ook een trend gaande waarin de focus voor waterwinning meer op natuur is komen te liggen en minder op winningen in landbouwgebieden.

### **Oppervlaktewater**

Oppervlaktewater dat uiteindelijk gebruikt wordt voor de hierboven beschreven toepassingen wordt gewonnen uit de Rijn (incl. IJsselmeer) en Maas, maar ook uit bijvoorbeeld het Haringvliet en voor een klein deel uit de Drentsche Aa. Ecosystemen die hierbij een rol spelen zijn de duinen langs de Nederlandse kust waar het voorgezuiverd rivierwater wordt geïnfiltrerd. Deze duininfiltratie zorgt ervoor dat micro-organismen worden verwijderd, dat er afvlakking van piekconcentraties van vervuilende stoffen plaatsvindt. Verlaging van de concentratie van organische microverontreinigingen kan door ecosystemen worden gerealiseerd maar is afhankelijk van vele factoren. Nutriënten in het rivierwater worden voordat infiltratie plaatsvindt grotendeels verwijderd. In artificiële, veelal strategische zoetwatervoorraadbekkens (bijvoorbeeld in de Biesbosch) vindt afvlakking van de kwaliteit plaats deels door omzetting van stoffen en menging van het rivierwater.

### **Grond- en oeverwater**

Grondwater en oevergrondwater wordt onttrokken aan de watervoerende pakketten in de bodem. Deze bodem speelt een belangrijke rol bij de kwaliteitsverbetering tot de gewenste waterkwaliteit en kan worden gezien als een essentiële ecosysteemdienst. Het reinigend vermogen van de ondergrond draagt bij aan de afbraak van chemische en microbiologische verontreinigingen. Om microbiologisch veilig water te kunnen onttrekken gelden minimale eisen voor de duur van de bodempassage. Voor bijvoorbeeld virussen bedraagt deze 1 tot 2 jaar. Ook voor de chemische waterkwaliteit heeft de ondergrond en de biotische componenten in de bodem een belangrijke reinigende functie. Nitraat is hiervan een duidelijk voorbeeld. Tijdens bodempassage kan het nitraat worden gedenitrificeerd. De mate waarin dit plaatsvindt, wordt bepaald door de geochemische omstandigheden, zoals de aanwezigheid van pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) of organische stof. Grondwater is in het algemeen microbiologisch betrouwbaar; grondwater kan wel stoffen bevatten gerelateerd aan de geochemische samenstelling van het gepasseerde grondwater. Stoffen zoals ijzer, mangaan, calcium, sulfaat, arseen en organische stof kunnen aan het water worden toegevoegd.

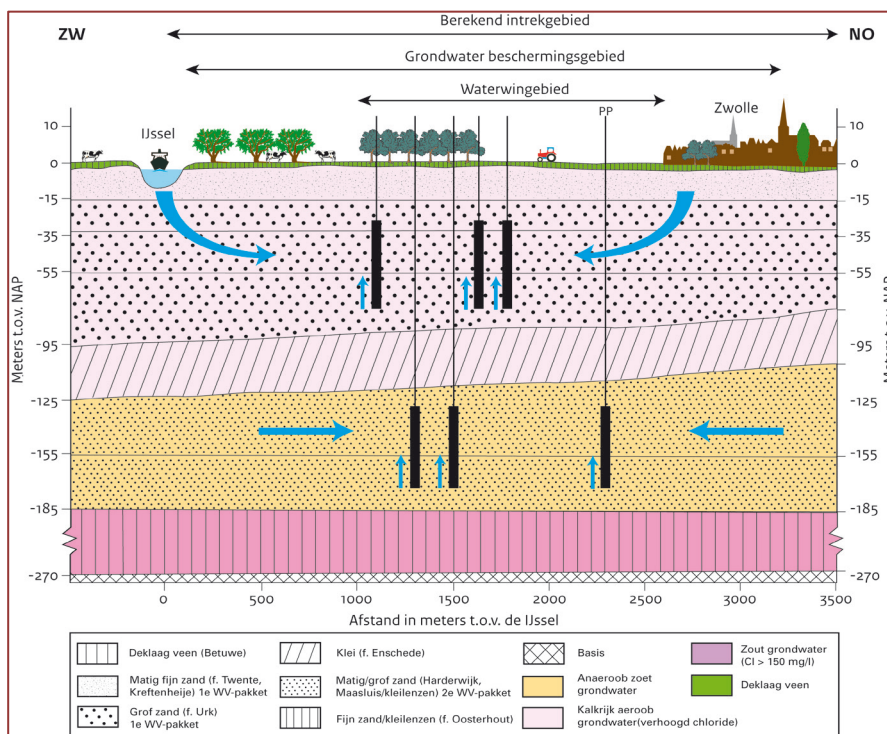
### **Ecosysteemdienst versus techniek**

De zuivering en voorzuivering van water gebeurt in Nederland dus voor een deel met behulp van ecosystemen en deels op technische wijze door gebruikmaking van fysisch-chemische en biologische processen in zuiveringsinstallaties. Voor de productie van niet-drinkwater wordt vooral gebruik gemaakt van grondwater en oppervlaktewater. Natuurlijk duinwater en water afkomstig uit dieper gelegen grondwaterlagen zijn al zo zuiver dat er bijna geen voor- of nabewerking van het water nodig is om het voor als leidingwater te gebruiken. Productielocaties waar oppervlaktewater wordt gezuiverd zijn in het algemeen grootschalig in zowel de hoeveelheden geproduceerd water als de inrichting van het zuiveringsproces. Hier is de bijdrage van het ecosysteem in het zuiveren van water veel geringer in vergelijking met duin- of grondwater. In het geval van beregening van landbouwpercelen is de zuiverheid van het water veel minder van belang. Het gaat dan vooral om de kwantiteit om te

voorkomen dat de droogteschade zoveel mogelijk beperkt blijft. Wel wordt, met name in gebieden met zoute kwel, erop gelet dat het zoutgehalte beneden de gestelde norm blijft.

Voor het zuiveren van water tot drinkwaterkwaliteit, voor die stoffen die van nature in het water aanwezig zijn als antropogene stoffen, zijn vaak nog technische zuiveringsprocessen nodig. Klassieke processen als beluchting en zandfiltratie zijn veelal voldoende om de anorganische stoffen voldoende te verwijderen. Inmiddels zijn op veel productielocaties van drinkwaterbedrijven onthardingsinstallaties (zgn. pelletreactoren) gebouwd om calcium te verwijderen. Op een aantal locaties waar het water van nature humusrijk is wordt ook 'kleur' verwijderd. Voor een combinatie van hardheidverlaging en kleurverwijdering wordt ook wel membraanfiltratie gebruikt. Bij oevergrondwaterwinningen en ook een sommige grondwaterwinningen zorgt de actiefkoolfiltratie ervoor dat microverontreinigingen (bv bestrijdingsmiddelenresten) worden verwijderd. Verder worden zuiveringstechnieken zoals coagulatie (verwijdering van deeltjes en bv fosfaat), oxidatie en desinfectie (ozon of UV/peroxide) voor de verwijdering van microverontreinigingen en micro-organismen), membraanfiltratie en actieve kool (verwijdering microverontreinigingen, en snelle en langzame zandfiltratie en ontharding (verwijdering calcium) ingezet.

De zuivering van water door zuiveringsinstallaties wordt niet tot de ecosystemedienst gerekend. Waar gebruik wordt gemaakt van min of meer natuurlijke ecosystemen, wordt het wel tot de dienst gerekend. Het gaat hier dan om grondwater, rivieren, maar ook infiltraties en bescherming van grondwaterwingebieden. Alhoewel er in zuiveringsinstallaties ook gebruikt wordt gemaakt van organismen om het water te zuiveren, wordt dit niet als ecosystemedienst beschouwd. Elke stap in dit proces wordt namelijk volledig gecontroleerd door de mens en waar nodig bijgestuurd. Ook bij de infiltratie, oppompen en transport van water is de techniek bepalend. Om de verschillende bronnen, het aanbod en de vraag in zowel ruimte als tijd goed af te stemmen is er inmiddels een omvangrijk waterleidingnet aangelegd voor huishoudens, industrie en landbouw. Ondanks dat dit kunstmatige ingrepen zijn, wordt de levering en zuivering van water toch tot de ecosystemedienst gerekend omdat gebruik wordt gemaakt van min of meer natuurlijke ecosystemen. Maar dit is in zekere zin een gradueel verschil met het gebruik van zuiveringsinstallaties.



**Figuur 6.1** Schaal en interactie activiteiten aan maaiveld en winning met in oplopende grootte een indicatie van het waterwingebied, het grondwaterbeschermingsgebied en het berekend intrekgebied (Tiebosch et al., 2011). De winning pompt uit twee verschillende watervoerende pakketten die zijn gescheiden door een slecht doorlatende laag.

## 6.2 Methode

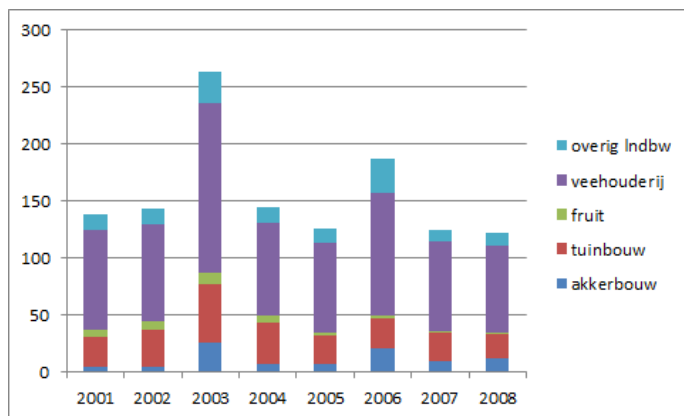
De vraag naar niet-drinkwater is divers. Het gaat naast het gebruik van leidingwater in het huishoudelijk gebruik om te wassen, schoonmaken en toiletspoeling, ook om water in de landbouw dat gebruikt wordt voor irrigatie en als drinkwater voor vee, en water voor industriële toepassingen. Gegevens over de zuiveringscapaciteit staan beschreven in hoofdstuk 4.

### Huishoudens

Om te beginnen is er een vraag naar niet-drinkwater voor huishoudelijk gebruik. Dit water is afkomstig van waterleidingbedrijven en voldoet in 100% van deze toepassingen aan de drinkwaterkwaliteit. Cijfers zijn verkregen uit Vewin (2012). Vewin onderscheidt een aantal gebruiksmogelijkheden van het huishoudelijk water voor niet-drink doeleinden dat uit de kraan komt. Het grootste aandeel van het watergebruik wordt toegepast voor wassen, toiletspoeling en overig gebruik. Trendgegevens zijn beschikbaar voor de periode 1995-2010.

### Landbouw

Cijfers over waterverbruik voor de landbouw zijn verkregen uit Van der Veen *et al.* (2010). Zij hebben voor de periode 2001 – 2008 gekeken naar het verbruik van water in de verschillende landbouwsectoren (figuur 6.2). Zij maken ook onderscheidt naar de herkomst van het water (leidingwater, gietwater, grondwater of oppervlaktewater).



**Figuur 6.2** Verbruik van water naar landbouwsector (in miljoen m<sup>3</sup>).

### Industrie

Cijfers van industriële winningen zijn verkregen van het CBS (Statline). De industrie gebruikt zowel leidingwater als water uit eigen winningen. Dit water is deels bestemd voor humane consumptie (bijvoorbeeld campings en voedselverwerkende bedrijven zoals brouwerijen). Trendgegevens over industrieel gebruik zijn beschikbaar vanaf 1975 en in de recente periode per jaar beschikbaar. Koelwater is buiten beschouwing gelaten omdat het geen ecosystemedienst is in de strikte zin. De hoeveelheden gebruikt koelwater zijn enorm. In de industrie is 90% van het gebruikte water bestemd om te koelen. Het gaat dan om circa 3 miljard m<sup>3</sup>. Energiebedrijven gebruiken het meeste koelwater, zo'n 10 miljard m<sup>3</sup>. De categorie overige waterwinningen zijn ook buiten beschouwing gelaten omdat deze groep te divers is om mee te nemen. Het gaat om ongeveer 432 miljoen m<sup>3</sup> water, waarvan bijna alles wordt gewonnen uit oppervlaktewater.

### Totaalberekening huishoudens, landbouw, industrie

Het ecosysteemgoed 'niet-drinkwater' is voor het totaal van huishoudelijk water, landbouw water en industrieel water bepaald. De ecosystemedienst is gedefinieerd in termen van zowel de kwantiteit (hoeveelheid water) als in kwaliteit (zuiveringscapaciteit) wat nodig is om het water tot de graad van zuiverheid te brengen als nodig voor de specifieke toepassing. Het totaalgetal is berekend naar rato van de grootte van de winning van water voor huishoudelijk, landbouwkundig en industrieel gebruik en de bijdrage van ecosystemen. In praktijk komt het er op neer dat er in kwantitatieve zin voldoende water beschikbaar is, maar dat de bijdrage van ecosystemen in het zuiveren van water (kwaliteit) niet altijd tot de gewenste 100% zuiverheid leidt. Daarom wordt vaak ook nog techniek ingezet om het water tot de gevraagde graad van zuiverheid te maken.



Het belang van ecosystemen natuur, agrarisch gebied en urbaan gebied is bepaald door van elke toepassing en per bron na te gaan welke fractie van welke bron afkomstig is. Dezelfde bronnen hiervoor zijn gebruikt als hierboven beschreven voor huishoudens, landbouw en industrie.

## 6.3 Resultaten

### Aanbod en vraag

De resultaten hebben betrekking op de hoeveelheden water en de mate waarin ecosystemen een bijdrage leveren in de zuivering van het water om het geschikt te maken voor de toepassing. Als enkel gekeken wordt naar de hoeveelheid beschikbaar water, valt op dat er in Nederland voldoende water beschikbaar is (tabel 6.1). De instroom uit de grote rivieren is de belangrijkste post op de nationale balans van inkomend water. Deze is in een gemiddeld jaar ongeveer driekwart van het totaal en in een extreem droog jaar ruim twee derde. Een groot deel van de beschikbare hoeveelheid zoetwater stroomt rechtstreeks naar de zee. In een gemiddeld jaar bijna 80% en in een extreem droog jaar ongeveer 60%. Van het totale water dat niet afstroomt naar de zee, verdampt in een gemiddeld jaar ongeveer 90% en in een extreem droog jaar ongeveer 75%. In de landbouw worden gewassen waarbij de droogte gevolgen gaat krijgen voor de gewasgroei berekend (Polman *et al.*, 2012), althans door die bedrijven die geïnvesteerd hebben in beregeningssystemen en daarvoor toestemming hebben van het waterschap.

Tabel 6.1

*Gemiddelde waterbalans voor Nederland (1971-2000) en voor een extreem droog jaar (1976). Bron: Polman et al. (2012).*

		Gemiddeld		Extreem droog jaar	
		mm	procenten	mm	procenten
In	Neerslag	795	26	535	30
	Rijn	1.915	64	1.130	63
	Maas	200	7	95	5
	Overige rivieren en beken	90	3	40	2
	<b>Totaal</b>	<b>3.000</b>	<b>100</b>	<b>1.800</b>	<b>100</b>
Uit	Verdamping	565	19	528	29
	Verbruik	60	2	163	9
	Uitstroom naar zee	2.375	79	1.109	62
	<b>Totaal</b>	<b>3.000</b>	<b>100</b>	<b>1.800</b>	<b>100</b>

Bron: Klijn et al. (2011).

### Huishoudens

Verschillende sectoren gebruiken water voor niet-drink doeleinden. In de eerste plaats gaat het om huishoudens. In totaal werd in 2008 788 miljoen (M) m<sup>3</sup> verbruikt (Van der Veen *et al.*, 2010). De verschillende bronnen waaruit dit water wordt onttrokken verschillen in de bijdrage van het ecosysteem in de zuivering. Zo is de bijdrage van het ecosysteem voor duin- en grondwater groter dan voor oppervlaktewater of oevergrondwater. Samenvattend komt de bijdrage in de zuivering van het water door het ecosysteem voor dit deel uit op 49%. Zie voor de onderbouwing van de bijdrage van ecosystemen in het zuiveren van water tot drinkwaterkwaliteit hoofdstuk 4.

### Landbouw

Naast huishoudens onttrekt ook de landbouw water. Het gaat hier om circa 156 M m<sup>3</sup> (Van der Veen *et al.*, 2010). Deze hoeveelheid is afhankelijk van de weersomstandigheden. In droge jaren wordt er meer onttrokken dan in natte jaren. Er is daarom een gemiddelde genomen van de jaren 2001 tot en met 2008 om de fluctuaties van natte en droge jaren uit te middelen. Zelfs in de droogste jaren is er voldoende water beschikbaar om de landbouwgewassen te beregenen. Dit water is afkomstig van verschillende bronnen. Circa 47 M m<sup>3</sup> is afkomstig van de waterwinbedrijven (Vewin, 2012), waarvan de bijdrage van het ecosysteem in de zuivering 49% bedraagt (zie hoofdstuk 4). De rest (circa 101 M m<sup>3</sup>; Van der Veen *et al.*, 2010) wordt onttrokken door de landbouw zelf. Circa 76% van dit water wordt onttrokken uit het grondwater, terwijl 24% hiervan door eigen winningen direct uit het oppervlaktewater wordt onttrokken. Van een kleine fractie (ca. 12 M m<sup>3</sup>) is niet bekend wat de precieze herkomst van het water is (grond- of oppervlaktewater). Er vindt voor deze 101 M m<sup>3</sup>

---

winning geen extra zuivering meer plaats. Voor de berekening (ca. 63 M m<sup>3</sup>) of drenking van vee (ca. 37 M m<sup>3</sup>) is het van voldoende van kwaliteit. Het water dat afkomstig is van de waterwinbedrijven heeft een hogere graad van zuiverheid. Het water is duurder en wordt gebruikt voor de teelten met de hoogste opbrengst. In glastuinbouw wordt het regenwater opgevangen in reservoirs of in de ondergrond. Vaak vindt nog een zuivering plaats om de juiste gietwaterkwaliteit te verkrijgen.

### **Industrie**

De industrie gebruikt jaarlijks 143 M m<sup>3</sup> leidingwater (cijfers 2011), dat afkomstig is van de waterwinbedrijven (CBS *et al.*, 2014), waarvan de bijdrage van ecosystemen in het zuiveren van dit leidingwater circa 49% is. Voor sommige toepassingen is zelfs leidingwater niet schoon genoeg. Voor een klein aantal toepassingen wordt het leidingwater nog verder gezuiverd tot bijvoorbeeld demi-water. Daarnaast wordt nog 141 M m<sup>3</sup> grondwater (cijfers 2011) onttrokken (CBS Statline). Hiervoor worden, naast een aantal basale maatregelen, geen extra zuiveringsstappen meer uitgevoerd. Ten slotte wordt nog 3.308 M m<sup>3</sup> water (cijfers 2008) onttrokken als koelwater. Dit werd voor het grootste deel onttrokken uit oppervlaktewater (2.989 M m<sup>3</sup>) en voor een klein deel uit zout water (319 M m<sup>3</sup>) (Vewin, 2012). Deze laatste onttrekking maakt dus zo'n 90-95% uit van de totale hoeveelheid gebruikte water voor niet-drinkdoeleinden. Met het water om het peilbeheer te regelen en om tegendruk te genereren tegen zoutwater, vormt dit zelfs circa 70% van de totale watervoorraad (PBL, Delta in beweging). Deze flux valt buiten de definitie van deze ecosysteemdienst (Haines-Young en Potschin, 2013) en is niet verder in de berekening opgenomen.

### **Totaalberekening huishoudens, landbouw, industrie**

De hoeveelheden voor huishoudelijk, landbouwkundig en industrieel gebruik kunnen op grond van bovenstaande resultaten worden gewogen naar de mate van zuivering door het ecosysteem. Dit resulteert in een totale bijdrage van het ecosysteem van 59%. Dit percentage is gebaseerd op: huishoudens: 788 M m<sup>3</sup> x 49% bijdrage van ecosystemen; landbouw: 55 M m<sup>3</sup> x 49% bijdrage van ecosystemen en 101 M m<sup>3</sup> zonder zuivering; en industrie: 184 M m<sup>3</sup> x 49% bijdrage van ecosystemen en 155 zonder zuivering.

### **Trend vraag**

Door waterbesparende maatregelen begon halverwege de jaren negentig het huishoudelijke gebruik van leidingwater per hoofd van de bevolking te dalen als gevolg van bijvoorbeeld waterzuinige toiletten en douchekoppen. Als gevolg van de bevolkingsgroei heeft de besparing uiteindelijk niet tot een substantiële daling van het gebruik geleid.

De trend in het waterverbruik in de landbouw laat geen grote stijging of daling zien in de periode 2001-2011 (figuur 6.2). Het leidingwatergebruik is door de tijd heen veel constanter dan bijvoorbeeld het gebruik van grondwater. Grond- en oppervlaktewater wordt onder andere gebruikt voor irrigatie. Bij hogere neerslagsommen is er vanzelfsprekend ook minder irrigatiewater nodig.

Het leidingwaterverbruik voor industriële toepassingen is min of meer stabiel in de afgelopen decennia (CBS *et al.*, 2014). Het grondwaterverbruik is wel afgenomen. Deze afname heeft vooral plaatsgevonden in de periode voor 2001. In de periode 1990 tot 2011 is het verbruik van grondwater ook nog gedaald, maar niet zo sterk als daarvoor.

Concluderend is de vraag naar water voor niet-drinkwater doeleinden over de periode 1990-heden voor huishoudens en landbouw min of meer stabiel gebleven en voor industrie licht gedaald. In kwantitatieve zin gebruiken huishoudens het meeste water voor niet-drink doeleinden. Deze bijdrage telt dus het zwaarst mee in het bepalen van de overall trend. Kortom, als enkel gekeken wordt naar de ontwikkeling van de gevraagde hoeveelheden water in kwantitatieve zin zijn er geen grote veranderingen. De trend is dus min of meer stabiel.

### **Trend aanbod**

Het aanbod heeft zich de afgelopen periode vooral ontwikkeld als een toenemende zuiveringsinspanning wat betreft de verwijdering van microverontreinigingen en het toenemend aantal locaties waar ontharding is gerealiseerd en er dus meer techniek is ingezet en minder van de ecosysteemdienst. Dit geldt voor vrijwel alle watertypen behalve natuurlijk duinwater. Daarnaast is het aandeel

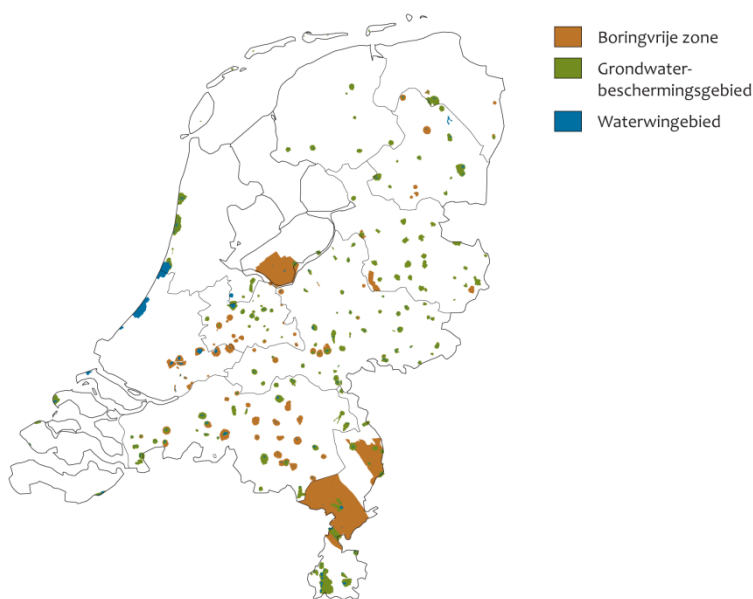
oppervlaktewater ten opzichte van het grondwater sinds 1950 gestaag toegenomen (zie figuur 4.4). De afgelopen 20 tot 25 jaar is er weinig verandering in de verhouding grond- en oppervlaktewater, alhoewel het aandeel duinwater gestaag is afgenomen. Het oppervlaktewater heeft een hogere graad van vervuiling. Hierdoor is er een grotere zuiveringsinspanning nodig om de totale gevraagde hoeveelheid water op drinkwaterkwaliteit te krijgen. Ten slotte zijn er een aantal waterwinputten onbruikbaar geworden vanwege vervuiling van het grondwater (bijvoorbeeld door bemesting) of uitputting van de voorraad. De hiervoor genoemde zaken ontwikkelen zich alle in de richting van een afname van het aanbod van de zuivering door ecosystemen, kwantificering hiervan is lastig.

### Belang van ecosystemen

Voor elke ecosystemedienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Voor de waterwingebieden en de grondwaterbeschermingsgebieden (figuur 6.3) kan in beeld worden gebracht wat de verdeling is van het type landgebruik. Het landgebruik is echter in beperkte mate van invloed op de zuiverende werking van de bodem omdat een groot deel van de zuivering voornamelijk in diepere bodemlagen plaats vindt. Als het gaat over water van drinkwaterkwaliteit zijn de landbouwgebieden juist een bedreiging vormen voor de drinkwaterwinning doordat nitraat uitspoelt en er allerlei vervuilende stoffen (zoals bewasbeschermingsmiddelen en antibiotica) in het water terecht komen. Inmiddels zijn er daarom zware restricties aan het grondgebruik in waterwingebieden (Van Tweel, 2010). Zo mogen er geen meststoffen of bestrijdingsmiddelen gebruikt worden en als afgeleide daarvan geldt dat er ook niet begraasd mag worden. Natuur is juist een goede leverancier van schoon water en biedt langdurige bescherming tegen allerlei invloeden van buiten, immers als het grondwater niet vervuild raakt, hoeft het ook niet gezuiverd te worden. Er wordt daarom vanuit gegaan dat de levering van water voor huishoudelijk gebruik voor het grootste deel op het conto van natuur kan worden geschreven en dat agrarisch of stedelijk landgebruik juist een bedreiging kan zijn voor het zuiveren van water. Het gaat hier in totaal om 788 M m<sup>3</sup>.

Lang niet al het water dat gebruikt wordt voor niet-drink doeleinden hoeft van drinkwater kwaliteit te zijn. Voor de winningen in de landbouw geldt dat er zo'n 14-25 M m<sup>3</sup> wordt gewonnen uit oppervlaktewater en direct toegepast. We nemen aan dat dit water uit kanalen en sloten in het agrarisch gebied afkomstig is en direct wordt gebruikt voor de beregening van landbouwgewassen. Voorts is 55 M m<sup>3</sup> afkomstig van waterwinbedrijven. Dan rest nog 76 M m<sup>3</sup> wat door eigen winningen uit grondwater wordt onttrokken. Kortom, er wordt aangenomen dat 25 M m<sup>3</sup> van de in totaal 156 M m<sup>3</sup> water wordt gewonnen uit het agrarisch gebied. De rest is afkomstig van de waterleidingbedrijven of wordt gewonnen uit grondwater.

Ruimtegebruik openbare watervoorziening, 2008



Bron: Provincies.

PBL/deco8/0065  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

**Figuur 6.3** Grondwaterbeschermingsgebieden 2008. Bron: CBS et al. (2008)

---

Als we uitgaan dat de 141 M m<sup>3</sup> winningen voor industrieel gebruik uit oppevlaktewater wordt gewonnen, brengt dat het totaal op 166 M m<sup>3</sup> (25+141) gewonnen in het agrarisch gebied. De totale hoeveelheid gewonnen water is 1.228 M m<sup>3</sup>, wat resulteert in de volgende verdeling: 86% afkomstig uit de natuur, maximaal 14% uit het agrarisch gebied (minimaal 2%) en 0% uit stedelijke winningen.

### **Betrouwbaarheid**

*D*: schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen.

De resultaten wat betreft de waterkwantiteit zijn vrij precies bekend en hebben een hoge betrouwbaarheid. De resultaten voor het aandeel zuivering per winningstype zijn gebaseerd op een expert inschatting. Verder zijn er forse onzekerheden uit welke ecosystemen de verschillende winningen vandaan komen. Ook is er geen zicht op of er veranderingen zijn in de zuiveringscapaciteit van ecosystemen.

### **Volledigheid**

**Categorie A**: bevat alle aspecten en is volledig.

Ten opzichte van de genoemde onderdelen van de CICES-classificatie bevat de indicator de belangrijkste onderdelen en is daarmee volledig te noemen. De hoeveelheden koelwater zijn buiten beschouwing gelaten omdat het geen ecosysteemdienst is in stricte zin.

## 6.4 Literatuur

- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Waterwinning en watergebruik door de industrie, 1976-2011 (indicator 0018, versie 10, 28 januari 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2008). Ruimtegebruik openbare watervoorziening (indicator 0065). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS. Statline. <http://statline.cbs.nl/statweb/>
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- Melman, T.C.P. en C.M. van der Heide (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenningen 2011. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 111.
- Polman, N., V. Linderhof, R. Michels, K. van der Sandt, T. Vogelenzang (2012). Landbouw in een veranderde delta. Toekomstscenario's voor zoetwatergebruik. LEI-rapport 2012-2013. LEI, Den Haag.
- Van der Veen, H., C. Daatselaar, M. Dolman (2010). Watergebruik in de agrarische sector 2001-2008, naar stroomgebied. LEI. Den Haag, p. 27.
- Vewin & TNS NIPO (2012). Drinkwaterstatistieken 2012. De watercyclus van bron tot kraan. Vewinnr. 2012/110/6259.
- Tiebosch, T., C. vanden Brink, S. Wuijts (2011). Verkenning early warning bij grondwaterwinningen voor drinkwater. RIVM rapport 609452001.
- Van Tweel, M.J. (2007). Ingezaaide plantensoorten in waterwingebieden: zegen of floravervalsing? Vakblad Natuur, Bos en Landschap (maart).

---

# 7 Energie

*Bart de Knegt (Alterra) en Jan Ros (PBL)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: circa 1%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: circa 2%
- Levering door technisch alternatief: 97%
- Levering onervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: toename
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: toename
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 8%, agrarisch gebied 92%, urbaan gebied -% (onbekend)
- Betrouwbaarheid: A-E (zeer hoog - laag)
- Volledigheid: A (volledig)

## 7.1 Werking van de dienst

Op dit moment heeft energie uit biomassa het grootste aandeel in de in Nederland geproduceerde hernieuwbare energie. We noemen dat bio-energie. Biomassa bestaat uit biologisch afbreekbaar materiaal. Dat kunnen zijn plantaardige en dierlijke producten, zoals snoeihout, groente-, fruit- en tuinafval (gft) en agrarische restproducten. Ook is er zogenoemde energieteelt (maïs, wilgen en populieren), primair om grondstoffen voor energie te produceren. Daarnaast zijn er stromen als rioolwaterzuiverings-slib en reststoffen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie beschikbaar voor de opwekking van energie.

Bijna alle biomassa is afkomstig uit de landbouw of uit bossen. Landbouwproducten worden grotendeels voor voeding benut, maar een deel komt via restafval van de landbouw, meststromen, afval van verwerkende industrieën en huishoudelijk afval voor energie opwekking beschikbaar. Ook het ecosysteem bos is een belangrijke producent van biomassa waaruit energie wordt opgewekt. Houtstromen kunnen nog onderverdeeld worden: sloophout, bewerkt hout, oud hout, reststof uit de papierverwerking of snoeihout direct afkomstig uit het bos. Een verwaarloosbaar klein percentage is afkomstig uit overige natuur (riet, gras, hout; Koppejan *et al.*, 2009).

De drie belangrijkste grootschalige bronnen van bio-energie zijn: afvalverbrandingsinstallaties, het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales en het gebruik van biobrandstoffen in het wegverkeer (zoals biodiesel en bio-ethanol). Daarnaast dragen houtketels en -kachels voor warmte bij bedrijven en bij huishoudens ook flink bij. Op stortplaatsen breekt biomassa-afval af en wordt methaangas gevormd die kan worden verbrand. Natte organische afvalstromen zijn vaak geschikt om te worden omgezet in biogas via vergisting. Ook wordt veel biogas gemaakt uit vergisting van mest samen met ander organisch materiaal (co-vergisting van mest). Tot slot is er nog een categorie overige biomassaverbranding. Bij vrijwel alle vormen van bio-energie wordt de fossiele grond- of brandstof gedeeltelijk vervangen door een bio-product.

Bio-energie heeft als belangrijk voordeel dat de grondstof (biomassa) binnen afzienbare termijnen weer aangroeit en dus hernieuwbaar is. Planten halen bij hun groei CO<sub>2</sub> uit de lucht, wat vervolgens bij de omzetting van biomassa in elektriciteit en warmte weer vrijkomt: een gesloten cyclus. In tegenstelling tot kolen, olie en gas. Overigens kan deze termijn voor bomen vele tientallen jaren bedragen, mede een reden waarom de duurzaamheid van houtteelt voor energie een belangrijk discussiepunt vormt. Het jaarlijkse aanbod op aarde is echter wel begrensd, omdat het daarvoor noodzakelijk te reserveren land begrensd is.

---

## **Belasting voor biodiversiteit**

Voor de productie van biomassa voor energieopwekking is dus land nodig en daarbij kan concurrentie ontstaan met natuur. Voor zover er een vermindering van broeikasgasemissies wordt gerealiseerd – en dat is niet zonder meer voor alle vormen van bio-energie vanzelfsprekend – leidt vermindering van de klimaatverandering die op lange termijn doorweegt in de effecten op biodiversiteit en die moet worden afgewogen tegen de lokale effecten op de korte termijn als gevolg van de (directe of indirecte) omzetting van natuur in landbouwgebied.

## **7.2 Methode**

### **Gebruik, aanbod en trend**

De berekeningswijze verschilt per combinatie van bron en techniek. De basisinformatie is afkomstig uit enquêtes van het CBS, uit de registratie van hernieuwbare stroomcertificaten van CertiQ, registraties van Agentschap NL en gegevensverzamelingen van brancheverenigingen.

De berekeningswijze is per techniek vastgelegd in het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie; update 2010 (Agentschap NL, 2010). In dit Protocol staat een methodebeschrijving voor zowel de bruto eindverbruik methode (gebruikt voor de berekening van de gegevens in deze versie van de indicator) als de substitutiemethode (gebruikt voor de berekening van de gegevens in de vorige versies van deze indicator). Op StatLine zijn cijfers volgens beide methoden beschikbaar.

Het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie beschrijft drie methodes om het aandeel hernieuwbare energie uit te rekenen. De resultaten worden uitgedrukt als bruto eindverbruik. Er zijn drie alternatieve methoden waarop het verbruik kan worden weergegeven:

- bruto eindverbruik-methode;
- substitutiemethode;
- primaire energiemethode.

### **Bruto eindverbruik-methode**

In de EU-richtlijn voor Hernieuwbare Energie uit 2009 hebben Europese regeringen en het Europees Parlement gezamenlijk afgesproken om in 2020 20% van het energetisch eindverbruik van energie uit hernieuwbare bronnen te laten komen.

In de richtlijn is het eindverbruik opgebouwd uit drie componenten: elektriciteit, verwarming en vervoer. Voor elektriciteit is het eindverbruik van hernieuwbare energie gelijk gesteld aan de bruto binnenlandse productie. Voor verwarming is het eindverbruik van hernieuwbare energie gelijk aan het eindverbruik van hernieuwbare energie (bijvoorbeeld de inzet van hout in kachels) plus de verkochte warmte uit hernieuwbare bronnen. Voor vervoer gaat het om de biobrandstoffen die geleverd zijn op de nationale markt, al dan niet gemengd in gewone benzine en diesel. Leveringen aan vliegtuigen tellen wel mee, leveringen aan internationale scheepvaart niet.

Voor het totale eindverbruik van energie (de noemer) gaat het bij de EU-richtlijn om het eindverbruik van energie in de industrie (exclusief raffinaderijen), de dienstensector, de landbouw, huishoudens en vervoer. Daar komt dan nog bij een kleine bijdrage van de transportverliezen van elektriciteit en warmte en het eigen verbruik van elektriciteit en warmte voor elektriciteitsproductie. Het andere eigen verbruik van de energiesector, zoals de ondervuring bij de raffinaderijen, telt niet mee. Het gaat alleen om het energetisch verbruik van energie. Het niet-energetisch verbruik van energie, bijv. olie of biomassa voor het maken van plastics, telt niet mee.

### **Substitutiemethode**

De substitutiemethode berekent hoeveel verbruik van fossiele energie wordt vermeden door het verbruik van hernieuwbare energie. Deze methode werd sinds de jaren negentig gebruikt voor nationale beleidsdoelstellingen.

Uitgangspunten bij de substitutiemethode zijn de productie van hernieuwbare elektriciteit, de productie van hernieuwbare nuttige warmte en het verbruik van biobrandstoffen. Daarna wordt

---

bepaald hoeveel fossiele energie nodig geweest zou zijn om dezelfde hoeveelheid elektriciteit, warmte of transportbrandstoffen te maken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van referentietechnologieën die zijn gedefinieerd in het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie. Voor elektriciteit is de referentie het centrale park, exclusief de centrales die veel warmte produceren en waarvan wordt aangenomen dat het gebruik vooral wordt bepaald door de warmtevraag. De keuze voor deze referentie is afgestemd met het Protocol Monitoring Energiebesparing (Agentschap NL, 2010).

### **Primaire energiemethode**

De primaire energiemethode wordt traditioneel gebruikt in internationale energiestatistieken van het Internationaal Energieagentschap (IEA) en Eurostat. Net als IEA en Eurostat gebruikt het CBS deze methode in de Energiebalans. Bij de primaire energiemethode is de eerst meetbare en bruikbare vorm van energie het uitgangspunt. Bij windenergie gaat het om de elektriciteitsproductie. Bij biomassa om de energie-inhoud en niet om de elektriciteit of warmte die uit de biomassa wordt gemaakt. Biomassa komt pas binnen het systeem van de energiestatistieken (als winning) op het moment dat het geschikt en bestemd is voor gebruik als energiedrager. Koolzaad is dus nog geen biomassa, biodiesel wel. Mest nog niet, biogas uit mest wel.

Er zijn een paar verschillen tussen de energiebalansen van het CBS en van het IEA en van Eurostat. In de internationale energiebalansen zijn bijgemengde biobrandstoffen meegenomen als onderdeel van biomassa, in de Energiebalans van het CBS zijn de bijgemengde biobrandstoffen onderdeel van aardolieproducten. Na het bijmengen, zijn biobrandstoffen in de Energiebalans niet meer 'aanwezig'. Het bijmengen telt daarom als primair verbruik. In de IEA/Eurostat-balansen is het primair verbruik van biobrandstoffen gelijk aan de leveringen op de binnenlandse markt van bijgemengde en eventueel ook pure biobrandstoffen. Bijgemengde biobrandstoffen worden geïmporteerd en geëxporteerd. Daardoor is het bijmengen niet gelijk aan de leveringen op de markt.

Een tweede verschil is dat het CBS afgefakkeld biogas meeneemt, terwijl het IEA en Eurostat afgefakkeld biogas uitsluiten. Een derde verschil is dat het CBS houtskool niet meeneemt. Ten slotte is er een verschil voor het houtverbruik bij huishoudens. Dit komt voort uit de revisie voor dit cijfer in 2010 (Segers, 2010) voor de statistiek hernieuwbare energie. Deze revisie is overgenomen in de rapportages van CBS aan IEA en Eurostat, maar nog niet in de nationale Energiebalans.

### **Vergelijking tussen methoden**

De drie methoden verschillen dus sterk van elkaar. Voor alle drie methoden is wat te zeggen en ze worden ook alle drie gebruikt. Daarom is voor alle drie methoden het aandeel hernieuwbare energie uitgerekend.

De resulterende percentages voor het aandeel hernieuwbare energie zijn nagenoeg gelijk, maar de bijdrage van de verschillende componenten verschilt veel. Zo telt in de substitutiemethode hernieuwbare elektriciteit veel zwaarder mee. Dat komt, omdat in de twee andere methoden alleen de geproduceerde elektriciteit telt, terwijl het in de substitutiemethode gaat om de fossiele energie die een gemiddelde centrale nodig zou hebben om dezelfde hoeveelheid elektriciteit te produceren. Dat is twee á tweeënhalve keer zoveel. Daar staat tegenover dat in de substitutiemethode het houtverbruik bij huishoudens veel minder zwaar meetelt, omdat het gemiddeld lage rendement van de houtkachels wordt verdisconteerd.

Bij de primaire energiemethode is afvalverbranding de belangrijkste bron. Dat komt omdat hier de energie-inhoud van het verbrande afval telt en niet de geproduceerde elektriciteit en warmte. Van belang is verder dat de noemer bij de bruto eindverbruik-methode aanzienlijk kleiner is. Dat komt vooral omdat hierin de omzettingsverliezen bij elektriciteitsproductie en het niet-energetisch verbruik van energie niet zijn meegenomen.

Nadeel van de substitutiemethode is dat deze wat ingewikkelder is. Voordeel is dat deze de beste benadering geeft van het vermeden verbruik van fossiele energie en vermeden emissies van CO<sub>2</sub>: belangrijke redenen voor het stimuleren van hernieuwbare energie (Segers, 2009, CBS, 2010). (Uit: CBS 2013).

## Inzet import, technische alternatieven en onvervuld

Energie uit biomassa komt deels uit Nederlandse ecosystemen en wordt deels geïmporteerd uit het buitenland. Cijfers van import zijn ontleent aan Koppejan *et al.* (2009). Gegevens over import van landbouwproducten en hout is ontleent uit hoofdstuk 3 en 5 van dit rapport. Naast biomassa afkomstig uit ecosystemen zijn er ook technische alternatieven om in de Nederlandse energiebehoefte te voorzien. Het gaat hier dan bijvoorbeeld om inzet van kernenergie, zonne- en windenergie en allerlei vormen van fossiele energiebronnen zoals aardgas en steenkool. Deze gegevens zijn ontleent aan CBS *et al.* (2014a). Er wordt aangenomen dat er geen tekort is aan energie in Nederland (het aanbod wordt op de vraag aangepast), zodat het percentage onvervuld op 0% is gezet.

## Belang van ecosystemen

Voor elke ecosystemedienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Uit figuur 7.1 kunnen de categorieën bij elkaar opgeteld worden die afkomstig zijn uit bovenstaande gebieden. Aangenomen is dat hout vooral afkomstig is uit bos en dus uit natuurgebieden komt. Het gaat hier specifiek om het belang van Nederlandse ecosystemen, de herkomst van geïmporteerde biomassa wordt niet in beschouwing genomen. Aangezien Nederland slechts deels zelfvoorzienend is voor hout (hoofdstuk 5) en voedsel (hoofdstuk 3), worden deze graden van zelfvoorziening vermenigvuldigd met de getallen energielevering uit figuur 7.1. Het gaat immers om de verdeling in het belang van natuur, agrarisch en urbaan gebied in Nederland.

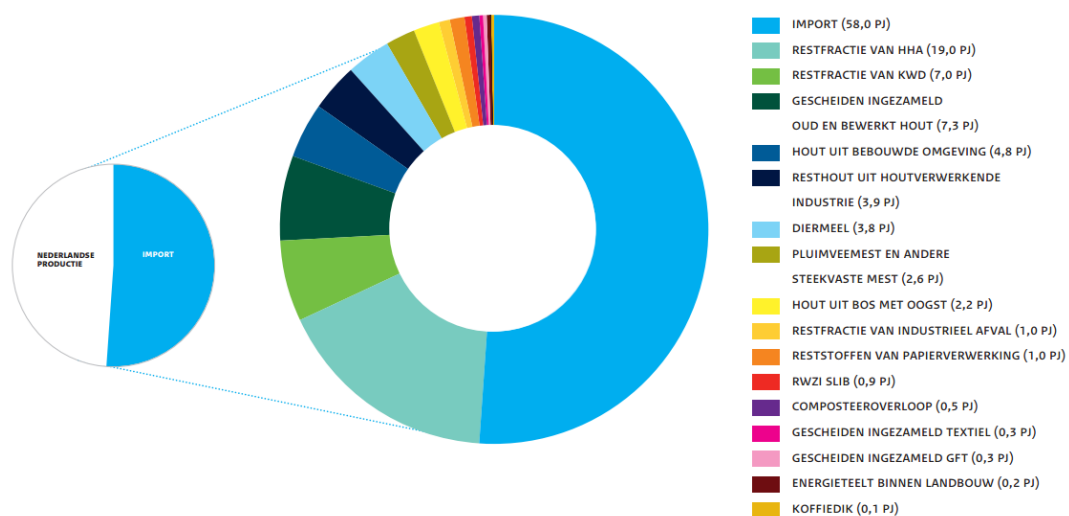
## 7.3 Resultaat

### Vraag en aanbod

In 2011 werd ca. 117 petajoule (PJ) biomassa ingezet in Nederland. Dit is 3,6% van het primaire energieverbruik IEA Eurostat (CBS *et al.*, 2014b). Het betreft 3,4% van het primaire energieverbruik CBS-Energiebalans, 2,7% van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie (substitutie-methode) en 3,2% van het totale bruto energetisch eindverbruik (volgens EU-richtlijn hernieuwbare energie).

Figuur 7.1 geeft een overzicht van de verschillende typen biomassastromen die in Nederland zijn ingezet voor energiedoeleinden. In lijn met het grote aandeel hernieuwbare energie geproduceerd door AVI's, is de biogene fractie uit huishoudelijk en bedrijfsafval de belangrijkste biomassastroom, gevolgd door resthout, dat in bio-energiecentrales wordt gestookt.

FIGUUR 9 HERKOMST BIOMASSA ENERGIEDOELEINDEN 2009 (PJ)



**Figuur 7.1** Typen biomassastromen die in 2009 in Nederland ingezet worden voor energiedoeleinden.



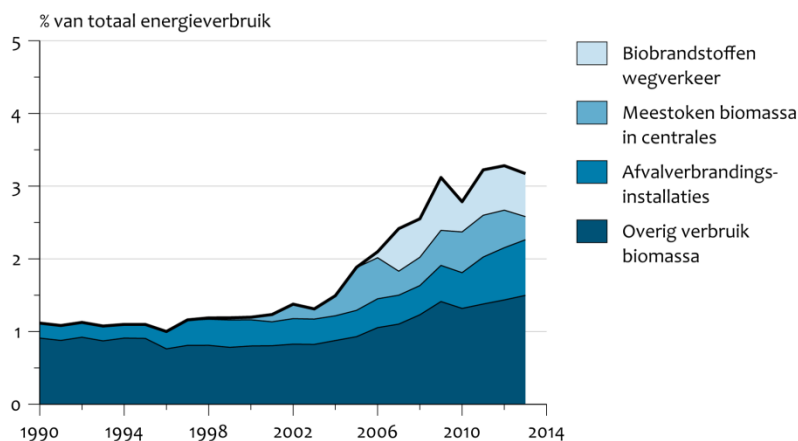
Diermeel wordt bijgestookt in kolencentrales. Verder wordt een brede mix aan plantaardige en dierlijke restfracties ingezet, bijvoorbeeld in vergistings-installaties. Slechts een zeer klein percentage van de in Nederland geproduceerde stromen betref de productie van 'energiegewassen' zoals koolzaad en maïs. Een verwaarloosbaar klein percentage is afkomstig uit de natuur (riet, gras, hout; Koppejan *et al.*, 2009).

Een deel van de biomassa die in Nederland wordt ingezet voor de productie van bio-energie komt uit Nederland zelf. Een ander deel wordt geïmporteerd. In 2009 werd in Nederland 113 PJ (verbruik primaire energie IEA) aan biomassa ingezet voor energiedoeleinden (CBS Statline, 2010). Ongeveer 55 PJ (hierbij is bij afvalverbranding in AVI's uitgegaan van een biogene fractie van 51% (Agentschap NL, 2011) van de ingezette biomassa betref in Nederland geproduceerde biomassastromen (Koppejan *et al.*, 2009), het overige deel betref import van biomassastromen, vooral voor het meestoken in elektriciteitscentrales en voor de productie van biobrandstoffen. Dit komt neer op een percentage van 48,7% van de biomassa die in Nederland is geproduceerd. Grofweg komt het erop neer dat 1,75% van het totale Nederlandse energieverbruik van biomassa afkomstig is. Echter, Nederland is niet geheel zelfvoorzienend met betrekking tot voedselproductie en hout en dus is de bron van deze 1,75% voor een deel afkomstig uit het buitenland. De mate van zelfvoorziening van voedselproductie komt uit op 70% (hoofdstuk 3) en van hout op 8% (hoofdstuk 5). Het overige gedeelte wordt geïmporteerd om in de gehele vraag te voldoen. Anders gezegd komt 30% van onze landbouwproducten en 92% van het hout dat we consumeren uit het buitenland. De reststromen van landbouwproducten en hout zijn dus daarmee ook deels afkomstig uit het buitenland. Daarom wordt het percentage van 1,75% vermenigvuldigd met het aandeel biomassa dat werkelijk uit Nederlandse ecosystemen afkomstig is. Dit resulteert in een geschat percentage van circa 0,76% (afgerond 1%) van het totale energieverbruik dat van biomassa afkomstig is dat geproduceerd is op Nederlandse bodem.

### Trend aanbod

De hoeveelheid hernieuwbare energie als percentage van het eindverbruik neemt toe (figuur 7.2). Weliswaar was er in 2011 een abrupte daling van het energiegebruik (met name bij huishoudens) maar dit had vooral te maken met de relatief warme herfst en winter van 2010/2011. Het aandeel hernieuwbare energie groeide in de periode 2003 tot en met 2009 met 0,4 procentpunt per jaar. Daarna daalde het groeitempo naar gemiddeld 0,1 procentpunt per jaar. De sterke groei in de periode tot en met 2009 hangt samen met een aantrekkelijke subsidieregeling voor hernieuwbare elektriciteit en met de introductie van de verplichting tot het gebruik van biobrandstoffen voor vervoer.

#### Eindverbruik biomassa



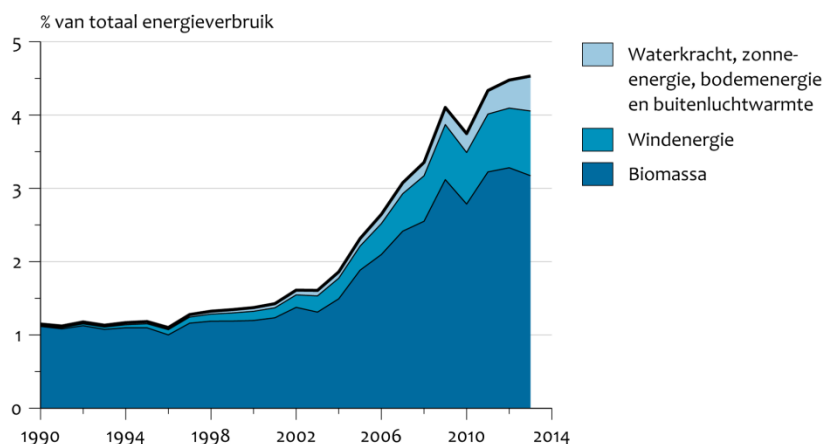
Bron: CBS.

CBS/jul14  
www.clo.nl/nl038530

**Figuur 7.2** Eindverbruik biomassa.

Bijna driekwart van alle hernieuwbare energie komt uit biomassa (figuur 7.3). Hernieuwbare energie wordt verbruikt in de vorm van elektriciteit, warmte en biobrandstoffen voor vervoer.

## Eindverbruik hernieuwbare energie naar bron



Bron: CBS.

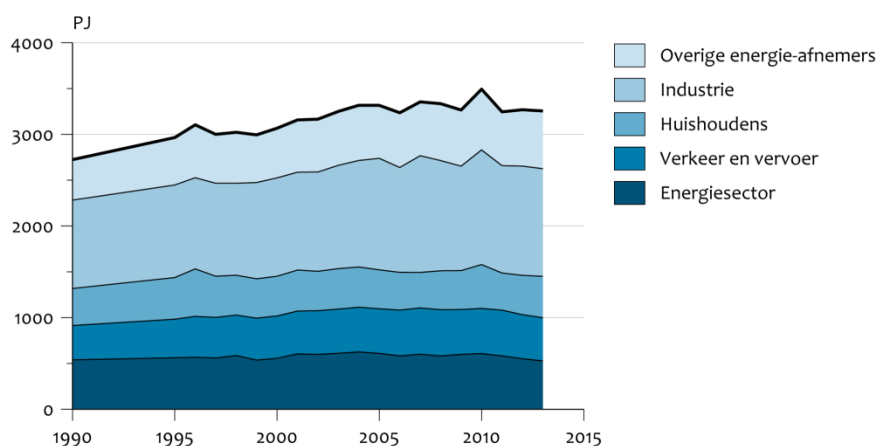
CBS/jul14  
www.clo.nl/nl038530

**Figuur 7.3** Eindverbruik hernieuwbare energie naar bron. Bron: CBS et al., 2014b.

## Trend gebruik

De groei van het energiegebruik in Nederland is sinds 1990 jaren toegenomen (figuur 7.4). De grootste stijging vond plaats in huishoudens.

## Energieverbruik naar sector



Bron: CBS.

CBS/sep14  
www.clo.nl/nl005219

**Figuur 7.4** Energieverbruik naar sector. Bron: CBS et al. (2014c)

## Beleidsdoelstelling

In de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009 is vastgelegd dat 14% van het bruto energetisch eindverbruik van energie in 2020 afkomstig moet zijn van hernieuwbare energiebronnen. Deze richtlijn is een gezamenlijk besluit van de regeringen van de EU-landen en het Europees Parlement. In het nationaal Energieakkoord op hoofdlijnen is deze 14% overgenomen en voor 2023 16% als doel gesteld (SER, juli 2013).

## Belang van ecosystemen

In totaal is 26.6 PJ direct of indirect uit landbouwgebieden afkomstig, 20.3 PJ direct of indirect uit natuurgebieden (vooral hout). Het is niet bekend welk deel van de biomassa productie afkomstig is uit urbane gebieden (bv. snoei- en tuinafval). Als deze getallen worden vermenigvuldigd met de zelfvoorzieningsgraden resulteert dit in een verdeling van 92% van de in Nederland geproduceerde biomassa voor energie opwekking direct of indirect afkomstig uit de landbouw en 8% afkomstig uit de natuur (vooral bos).

---

### **Inzet import, technische alternatieven en onvervuld**

Als gekeken wordt naar de verdeling van het totale Nederlandse energieverbruik over energiedragers, valt op dat het grootste deel (97%) een fossiele oorsprong heeft. Het gaat hier vooral om aardgas, aardoliegrondstoffen en – producten en steenkool en steenkoolproducten. In mindere mate zijn kernenergie en hernieuwbare energie (zonnestroom en windenergie) van belang. Slechts een klein deel van het totale energieverbruik is afkomstig van biomassa dat in Nederland wordt geproduceerd (circa 1%), de rest van de biomassa voor energieopwekking is geïmporteerd (circa 2%). Omdat wordt aangenomen dat er geen tekort is aan energie in Nederland (het aanbod wordt op de vraag aangepast), staat dit getal op 0%.

### **Betrouwbaarheid**

- A. (integrale enquête) voor hernieuwbare energie uit meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales, en overige biomassaverbranding.
- B. (schatting gebaseerd op een groot aantal (zeer accurate) metingen, waarbij representativiteit van de gegevens vrijwel volledig is) voor biogas.
- C. (schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd) voor biomassa in afvalverbrandingsinstallaties.
- D. (schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake) voor hernieuwbare energie uit biobrandstoffen voor het wegverkeer en houtkachels voor warmte bij bedrijven.
- E. (schatting gebaseerd op een enkele meting, expert judgement, relevante feiten of extrapolatie van andere metingen) voor hernieuwbare energie uit buitenluchtwarmte, warmte uit koeling van net gemolken melk en huishoudelijke houtkachels.

Per onderdeel wordt in het rapport *Hernieuwbare energie in Nederland 2011* (CBS, 2013) ingegaan op de betrouwbaarheid.

### **Volledigheid**

*Categorie A*: bevat alle aspecten en is volledig. De CICES-indeling onderscheidt op het derde niveau twee vormen van energie. Ten eerste gaat het om energie uit biomassa, ten tweede gaat het om mechanische energie van dieren (paarden, ezels enzovoort). Deze laatste categorie is voor de Nederlandse situatie nauwelijks van toepassing. Bij energie uit biomassa gaat het zowel om biomassa van plantaardig materiaal als dierlijk materiaal. De hier gebruikte indicator bevat de alle hierboven geschetste vormen van energie en is daarmee volledig.

## **7.4 Literatuur**

Agentschap NL (2010). Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie; update 2010. Methodiek voor het Registreren en berekenen van de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen (update 2010). Agentschap NL, Utrecht / Sittard.

Agentschap NL (2011). Statusdocument bio-energie 2011.

CBS (2010). Statline. <http://statline.cbs.nl/statweb/>

CBS (2013). *Hernieuwbare energie in Nederland 2012*. CBS, Den Haag.

CBS, PBL, Wageningen UR (2014a). *Inzet energiedragers en bruto elektriciteitsproductie, 1990-2012* (indicator 0019, versie 18, 7 januari 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

CBS, PBL, Wageningen UR (2014b). *Verbruik van hernieuwbare energie 1990-2013* (indicator 0385, versie 30, 17 juli 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

CBS, PBL, Wageningen UR (2014c). *Energieverbruik per sector, 1990-2012* (indicator 0052, versie 19, 29 september 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Koppejan, J. H.W. Elbersen, M. Meeusen en P. Bindraban (2009). *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020*. Rapport voor SenterNovem.

---

Segers, R. (2009), Windex op basis van productiedata van het CBS afgeleid uit registratie van CertiQ, CBS website, april 2009.

Segers, R. (2010), Revisie hernieuwbare energie, juli 2010, CBS.

---

# 8 Luchtzuivering

Jan Matthijsen (PBL), Bart de Knegt (Alterra)

## 8.1 Samenvatting

Het verbeteren van de luchtkwaliteit door vegetatie is niet opgenomen in de graadmeter omdat het veel grote onzekerheden bevat die niet gekwantificeerd zijn. Vegetatie kan fijn stof afvangen (sink) maar is zelf ook een bron (source) van fijn stof op een aantal manieren. Netto kan vegetatie daardoor geen regelbare dienst vervullen die de luchtkwaliteit verbetert als je er meer van inzet.

## 8.2 Vraag

In geïndustrialiseerde landen als Nederland komen vervuilende stoffen in de lucht voor die een bedreiging voor de volksgezondheid vormen. Diverse stoffen spelen een rol. Eén van de belangrijkste vervuilende stoffen is fijn stof. Belangrijke antropogene bronnen van fijn stof zijn verkeer, industrie en landbouw. Er worden verschillende gezondheids effecten bij mensen geassocieerd met de blootstelling aan fijn stof waar onder problemen met de luchtwegen. Voor een uitgebreide beschrijving en uitleg van verschillende aspecten rond fijn stof zie RIVM (2013).

De gezondheidsimpact van fijn stof kan worden vertaald in de zogenaamde 'disability adjusted life years (DALY's)' wat weergeeft hoeveel gezonde levensjaren een populatie verliest als gevolg van ziekte en sterfte door milieufactoren. Een schatting in 2005 was dat elke inwoner in Nederland een kwart gezond levensjaar (3 maanden) verliest door fijn stof. Dit is afgeleid onder de aanname dat de bevolking gedurende de volledige levensduur wordt blootgesteld aan de niveau's van fijn stof zoals die waren in 2005 ten opzichte van een volledige levensduur zonder enige gezondheidseffecten van fijn stof. Volgens deze berekening komt de gezondheidsimpact van fijn stof overeen met ongeveer 2% van de totale ziektelast in Nederland.

### Fijn stof

Er zijn normen opgesteld voor de concentratie die fijn stof mag hebben. De Europese Commissie heeft daggrenswaarden voor fijn stof ( $PM_{10}$  en  $PM_{2.5}$ ). "Voor fijn stof ( $PM_{10}$ ):

- Er is een grenswaarde voor het jaargemiddelde:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde mag niet worden overschreden.
- Er is een grenswaarde voor het daggemiddelde:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als daggemiddelde mag op niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden.

Voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2.5}$ ):

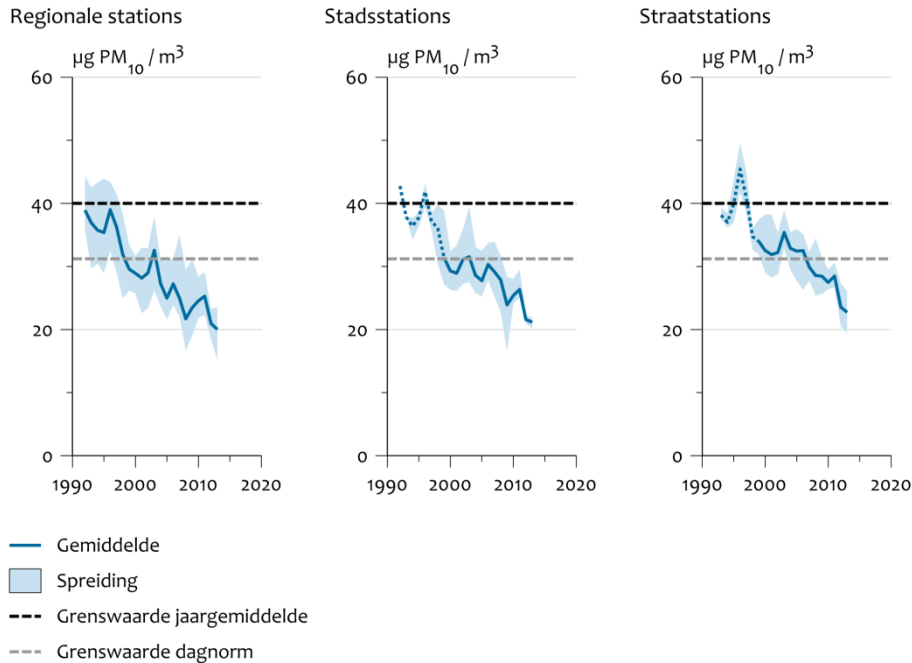
- Een blootstellingsconcentratieverplichting (BCV). Een grenswaarde voor de jaargemiddelde stedelijke achtergrondconcentratie:  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties. Aan deze grenswaarde moet uiterlijk in 2015 zijn voldaan.
- Een vermindering van de gemiddelde blootstellingsindex (BVD) met 15-20%. De vermindering geldt ten opzichte van het jaar 2010. Deze doelstelling is een streefwaarde en dient in 2020 te zijn gerealiseerd.
- Een luchtkwaliteitsdoelstelling voor het jaargemiddelde die geldt voor het gehele grondgebied van een lidstaat: vanaf 2010 een streefwaarde van  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vanaf 1 januari 2015 een grenswaarde van  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en vanaf 2020 een indicatieve grenswaarde van  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ " Uit: RIVM (2013).

Knelpunten (waar de norm dus vaak wordt overschreden) zijn locaties langs drukke snelwegen, voornamelijk daar waar veel vrachtverkeer is, locaties langs drukke wegen binnen stedelijk gebied,

locaties in de nabijheid van industrie, locaties rond het uiteinde van een verkeerstunnel, locaties langs drukke vaarwegen.

De concentratie van fijn stof ( $PM_{10}$ ) vertoont een dalende trend (figuur 8.1), wat voor een groot deel komt door de reductie van de uitstoot in het verkeer. Mede door de EU-regelgeving, zoals de richtlijn voor emissiebeperkingen met nationale emissieplafonds (NECD-referentie) en de strengere eisen aan emissies door motorvoertuigen, is al jaren een daling in de concentraties voor verontreinigende stoffen in de lucht zichtbaar.

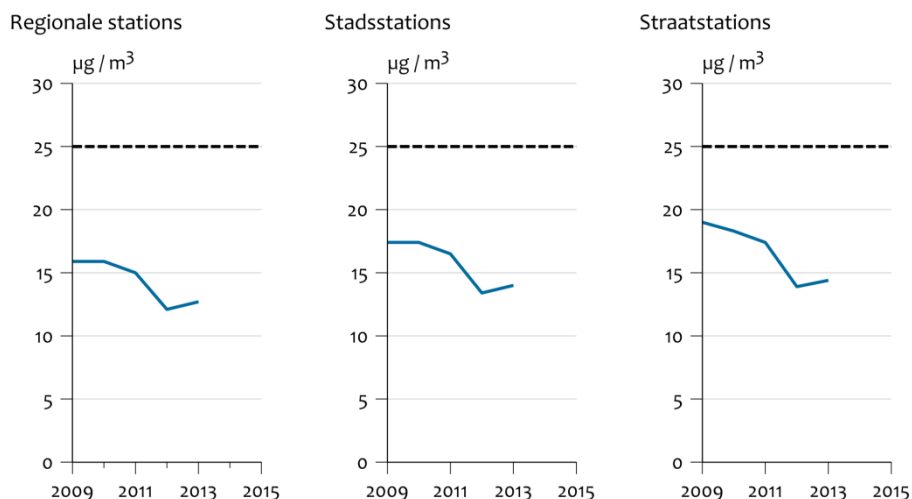
### Concentratie fijn stof in lucht



Bron: RIVM/DCMR/GGD Amsterdam, 2014.

RIVM/mei14  
www.clo.nl/nlo24314

### Fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) in lucht



Bron: RIVM/DCMR/GGD Amsterdam, 2014.

RIVM/sep14  
www.clo.nl/nlo24306

**Figuur 8.1** Trend van fijn stof  $PM_{10}$  (Bron: CBS et al., 2014a) en  $PM_{2,5}$  (Bron: CBS et al., 2014b).

---

De meetresultaten van fijn stof (PM<sub>10</sub>) van respectievelijk straat-, stad- en regionale locaties geven geen overschrijdingen van de grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> voor de jaargemiddelde fijn stofconcentratie na 1997. De metingen in de periode 1992-2013 laten een afname op de regionale en stedelijke stations (zie afbeelding 'Trend 1992-2013').

Een onderzoek naar de emissie van fijn stof uit verbrandingsprocessen - dat tegenwoordig als gezondheidsrelevant geldt - laat zien dat de daling door de invoering van schonere motoren grotendeels te niet wordt gedaan door de stijging van het aantal gereden kilometers en het zwaarder worden van de voertuigen (Matthijsen & Koelemeijer, 2010; Hoogerbrugge *et al.*, 2014).

Een recente trendanalyse laat een langjarige, statistisch significante afname van gemiddeld 0,7 µg/m<sup>3</sup> per jaar zien. Er kunnen echter forse jaarlijkse verschillen optreden zoals verhogingen in 1996 en in 2003 en verlagingen zoals in 2008 en 2012. Deze verschillen komen grotendeels door verschillen in weersomstandigheden (Hoogerbrugge *et al.*, 2014).

## 8.3 Aanbod

Vegetatie als sink van fijn stof:

- De mate waarin vegetatie een sink vormt voor fijn stof blijkt klein en met de huidige meetapparatuur niet tot nauwelijks kwantificeerbaar in het veld vast te stellen (Vermeulen *et al.*, 2009).
- Zonder vegetatie vangt de leefomgeving ook fijn stof in. Dat is van de zelfde orde van grootte zijn als de ingevangen hoeveelheid fijn stof vegetatie. Toevoegen van vegetatie met het doel om fijn stof in te vangen heeft dan maar zeer beperkt effect.

Vegetatie als bron van fijn stof:

- Vegetatie stoot vluchtige organische stoffen uit die in de lucht tot de vorming van fijn stof leidt. De vaak langzame snelheid waarmee dit secundaire fijn stof gevormd wordt zorgt er voor dat het effect niet lokaal zal zijn, maar wordt uitgesmeerd over een groter gebied. Lokaal inzet van vegetatie kan zo elders tot verslechterde luchtkwaliteit leiden (Calfapietra *et al.*, 2013).
- In de bloeiperiode zorgt de aanwezigheid van vegetatie voor pollen die onderdeel uitmaken van fijn stof en dus de gedurende die tijd de hoeveelheid fijn stof juist vergroten. Bepaalde boomsoorten (plataan, eik, valse acacia, wilg, populier en coniferen) emitteren relatief veel vluchtige organische stoffen (VOS) die tot de vorming van organische deeltjes in de lucht kunnen leiden. Bij berk, es, iep en linde doet deze problematiek zich niet of minder voor. Pollen leiden bij gevoelige mensen overigens direct tot sterke gezondheidsklachten.
- Ook vormt vegetatie een bron van fijn stof doordat er dood materiaal via mechanische werking als fijn stof los komt. Dit vindt gedurende het gehele jaar plaats en heeft een piek rond de bloeiperiode, rond de vruchtdragende periode en - bij blad dragende vegetatie - in de herfst. Dit blijkt uit bepaling van planten resten in fijn stofmetingen (Hildemann *et al.*, 1996).

## 8.4 Conclusie

Het netto zal het effect van vegetatie eerder een verslechtering van de luchtkwaliteit zijn dan dat het de luchtkwaliteit kan verbeteren. Op kleinere afstand van wegen met bomen is doorgaans zelfs sprake van een verslechtering van de luchtkwaliteit vanwege, de verminderde windinvloed in de luwte tussen de bomen. Het is daarom geen regelbare dienst om de luchtkwaliteit te verbeteren.

### **Betrouwbaarheid**

*Categorie B* (hoog): schatting gebaseerd op een groot aantal (zeer accurate) metingen, waarbij representativiteit van de gegevens vrijwel volledig is.

### **Volledigheid**

*Categorie C* (bevat enkele aspecten): bevat enkele aspecten en is daarmee onvolledig.

---

De CICES-indeling onderscheidt op het derde niveau twee vormen van mediatie: door biota en door ecosystemen. In het geval van ecosystemen gaat het om het filteren, vastleggen en opslaan door ecosystemen. Daarnaast gaat het om het verdunnen in lucht en water. Ten slotte gaat het over het tegengaan van stank, lawaai en visuele verstoreng. Aangezien hier enkel gekeken is naar fijn stof komt de volledigheid daarom uit op categorie C: bevat enkele aspecten en is daarmee niet volledig.

## 8.5 Literatuur

- Calfapietra, C., S. Fares, F. Manes, A. Morani, G. Sgrigna, F. Loreto (2013). Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review. *Environmental Pollution* 04/2013; DOI: 10.1016/j.envpol.2013.03.012
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014a). Fijn stof (PM10) in lucht, 1992-2013 (indicator 0243, versie 14, 1 augustus 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014b). Concentraties van de fijnere fractie van fijn stof (PM2,5), 2009-2013 (indicator 0532, versie 06, 9 oktober 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, DEN HAAG; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- Hildemann, L. M., W. F. Rogge, G. R. Cass, M. A. Mazurek, and B. R. T. Simoneit (1996), Contribution of primary aerosol emissions from vegetation-derived sources to fine particle concentrations in Los Angeles, *J. Geophys. Res.*, 101(D14), 19541–19549, doi:10.1029/95JD02136.
- Hoogerbrugge, R., Nguyen, L., Zee, S. van der & Snijder, A. (2014) Concentraties in 2013: PM10 en NO2 lager dan in voorgaande jaren. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Matthijsen, J, en Koelemeijer, R.B.A. (2010) Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen en beleidsconsequenties, Rapport 500099013, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- RIVM (2013). 'Dossier fijn stof'.  
[http://www.rivm.nl/Documenten\\_en\\_publicaties/Algemeen\\_Actueel/Uitgaven/Milieu\\_Leefomgeving/Dossier\\_Fijn\\_stof](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Dossier_Fijn_stof)
- Vermeulen, A.T., A. Kraai, J.H. Duyzer, E.J. Klok, A.A. Pronk (2009). Vegetatie langs wegen en Luchtkwaliteit. Perceel I A50 Vaassen. ECN-0-09-16.



---

# 9 Erosiebestijding

*Rudi Hessel, Folkert de Vries en Michel Riksen (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 6%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 47%
- Levering onervuld: 47%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 100%, agrarisch gebied 0%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: A (volledig)

## 9.1 Beschrijving van de dienst

### Begripsbepaling

Dit hoofdstuk beschrijft erosiebestrijding als een ecosysteemdienst. Omdat erosiebestrijding lastig rechtstreeks te vangen is in de begrippen vraag en aanbod is het nodig eerst te omschrijven wat er in dit hoofdstuk bedoeld wordt met vraag en aanbod. Vraag is de behoefte aan erosiebestrijding, waarbij die behoefte aanwezig is op die plaatsen waar erosie een probleem is. Aanbod is het huidige aanbod aan maatregelen die genomen kunnen worden om erosie te bestrijden. Voor de begripsbepaling is het verder van belang om te vermelden dat we ons beperken tot akkerland, en dat we dus erosie in natuurgebieden, zoals winderosie in duinen en zandverstuivingen, buiten beschouwing laten. In natuurgebieden is erosie namelijk vaak geen probleem, maar wordt het zelfs met opzet in stand gehouden of gestimuleerd. Ook behandelen we alleen erosie en kijken we niet naar andere vormen van bodemdegradatie, zoals oxidatie van veengronden, verlies van organische stof, verdichting en afdekking.

In landbouwgebieden beschouwen we erosiebestrijding als een ecosysteemdienst wanneer het levende ecosysteem of de organismen in het ecosysteem voorkomen dat de grond wegspoelt of wegwaait. Het gaat er dus om dat het ecosysteem of soorten in het ecosysteem (het levende deel dus), de bodem kunnen vasthouden of beschermen en zo erosie kunnen tegengaan. Vegetatie, houtwallen die luwte geven of slim zaaien zodat de plantenwortels de bodem vasthouden leveren dus een ecosysteemdienst, maar bijvoorbeeld het opbrengen van papierpulp of plastic zijn technische oplossingen en geen ecosysteemdiensten omdat het levende ecosysteem/organismen geen rol spelen. Dit type maatregelen noemen we substitutie.

Hierbij willen we enkele kanttekeningen maken:

- Sommige maatregelen tegen bodemerosie zijn duidelijk een ecosysteemdienst volgens onze definitie, terwijl anderen dat niet zijn. Er is echter ook een grijs gebied, waarbinnen er discussie mogelijk is over of een maatregel nu een ecosysteemdienst is of niet. Te denken valt bijvoorbeeld aan mulching met stro. De bescherming tegen erosie wordt hier geleverd door dood plant materiaal, en zou dus substitutie zijn. Echter, een mulch kan wel positieve effecten op het bodemleven hebben en daarmee de bodem meer resistent tegen erosie maken. Indirect is er dus wel sprake van een ecosysteemdienst.
- Het is ook nuttig om er op te wijzen dat we het hebben over diensten geleverd door het ecosysteem, en niet over diensten geleverd aan het ecosysteem. Wij kijken naar de erosiebestrijding die geleverd

---

wordt door het ecosysteem, en kijken niet zozeer naar het effect wat maatregelen tegen erosie hebben op het ecosysteem, tenzij dat effect tevens erosiebestrijding bevordert.

- Wij willen ook een onderscheid maken tussen ecosysteemdienst en maatschappelijke dienst. Boeren die maatregelen tegen erosie treffen leveren daarmee een maatschappelijke dienst, ongeacht of die dienst nu geclassificeerd wordt als ecosysteemdienst of als substitutie.

### **Soorten erosie in Nederland**

Op Europese schaal is bodemerosie aangemerkt als één van de belangrijkste bodembedreigingen (Europese Bodemstrategie), wat ook zijn weerslag vindt in het voorstel voor een Kaderrichtlijn Bodem. In Nederland zijn vooral erosie veroorzaakt door water en wind van belang (Maring *et al.*, 2008). Andere vormen van erosie die in Nederland voorkomen op akkerland zijn: bewerkingserosie en oogsterosie. Bewerkingserosie is het gevolg van het feit dat bij grondbewerking op een helling er meer bodem hellingafwaarts beweegt dan hellingopwaarts, terwijl oogsterosie het bodemverlies is dat optreedt doordat er bij het oogsten grond blijft hangen aan bijvoorbeeld aardappels en suikerbieten. In dit hoofdstuk beperken we ons tot watererosie en winderosie.

### **Schade on-site en off-site**

Watererosie heeft on-site gevolgen zoals het verlies van vruchtbare grond en schade aan gewassen, maar in de Nederlandse context worden de off-site effecten van erosie vaak als ernstiger ervaren dan de on-site gevolgen. De off-site gevolgen bestaan vooral uit wateroverlast, modderstromen en sedimentatie en kunnen tot aanzienlijke schade leiden.

Winderosie kan ook een veelheid van gevolgen hebben, zoals afname van het organisch stofgehalte, bodemstructuur, vochthoudendheid en vruchtbaarheid. Fijne bodemdeeltjes en daar aan gebonden meststoffen, bestrijdingsmiddelen, ziekten en onkruiden kunnen zich door de wind verspreiden, en kunnen zorgen voor onder andere vervuiling en gezondheidsproblemen. Tijdens het transport door de lucht kan het meegevoerde sediment zowel on-site- als off-siteschade veroorzaken, bijvoorbeeld aan gewassen, machines en gebouwen.

Hoewel erosie in het grootste deel van Nederland niet zo'n probleem is, zijn er toch gebieden waar watererosie en winderosie wel degelijk van belang zijn.

### **Ecosystemen en maatregelen**

We beperken ons tot agrarische ecosystemen, en in het bijzonder tot akkerbouw, aangezien erosieproblemen zich vooral in akkerbouw voordoen. De kans op erosie is met name groot in perioden waarin de bodem onvoldoende beschermd wordt door een gewas. Voor watererosie wordt het potentiële risico met name bepaald door neerslagklimaat (erosieve kracht), bodemtype (gevoeligheid voor erosie) en helling (steilheid en lengte van de helling). Bij winderosie wordt het potentiële risico bepaald door het bodemtype (erosiegevoeligheid), strijklengte en windklimaat (erosieve kracht).

Er bestaat een veelheid van biofysische maatregelen die genomen kunnen worden om erosie door water en wind te bestrijden. Deze maatregelen richten zich over het algemeen op het verkleinen van de erosieve kracht van water en wind, of op het verhogen van de weerstand van de bodem tegen erosie. Voor watererosie gaat het dan om maatregelen die de hoeveelheid afvoer verlagen, de stroomsnelheid verlagen, de bodembedekking verhogen of het water op een veilige manier opvangen en afvoeren. Bij winderosie gaat het om maatregelen die de windsnelheid aan het bodemoppervlak verlagen, de bodem ruwer maken of de bodembedekking groter. Welke maatregel het best toepasbaar is hangt af van de specifieke lokale situatie, en wordt bepaald door zowel biofysische als socio-economische aspecten. Vaak zijn het de socio-economische factoren, waaronder kosten versus baten, die de doorslag geven wat betreft het wel of niet toepassen van maatregelen.

---

## 9.2 Methode

### Methode voor bepalen vraag

Voor watererosie combineerden Hack-ten Broeke *et al.* (2009) bodemgebruik en hellingshoek om tot een kaart te komen van gebieden die gevoelig zijn voor watererosie. In dit rapport is aangenomen dat erosie alleen optreedt op akkerland met hellingshoeken van meer dan 2%. Op lagere hellingshoeken heeft afstromend water onvoldoende eroderend vermogen om erosie te veroorzaken, terwijl voor andere landgebruiken de bodembedekking vaak zo hoog is dat erosie geen probleem is. Bodemtype is niet meegenomen.

Hack- ten Broeke *et al.* (2009) maakten een kaart van stuifgevoeligheid volgens de methode van Ten Cate *et al.* (1995). Deze methode bepaalt stuifgevoeligheid als functie van bodemsoort en grondwater-trap. Gronden met lage leem- en lutumgehalten in de bouwvoor en diepe grondwaterstanden zijn het meest gevoelig voor verstuiwen. Hack-ten Broeke *et al.* (2009) combineerden die kaart met bodemgebruik. Landschapsfactoren zoals de openheid van het landschap zijn niet meegenomen.

### Methode voor bepalen aanbod

Het bepalen van het aanbod is het lastigste onderdeel van deze inventarisatie. Er zijn wel veel literatuurgegevens over welke maatregelen toegepast zouden kunnen worden, en ook wel over welke maatregelen in de praktijk toegepast worden, maar er zijn weinig gegevens over welke maatregelen op welk areaal toegepast worden, en in hoeverre die maatregelen er inderdaad in slagen erosie te verminderen. Aanbod is daarom geschat op basis van 'expert opinion'.

### Methode voor bepalen trends

De trend in zowel vraag als aanbod is geschat aan de hand van literatuurgegevens en 'expert opinion'.

## 9.3 Resultaten

### Vraag

#### *Watererosie*

Figuur 9.1 laat zien welke delen van Nederland gevoelig zijn voor watererosie. Het gaat dan vooral om het heuvellandschap van Zuid-Limburg en het heuvelgebied rond Groesbeek. Daarnaast zijn er in figuur 9.1 enkele verspreide locaties waar ook akkerland is op een helling van meer dan 2%, zoals op de flanken van de stuwwallen en op de oostelijke flank van de Hondsrug. Het totaal areaal dat volgens figuur 9.1 gevoelig is beslaat 38.000 hectare. Hiervan ligt ca. 20.000 ha akkerland in de lössgebieden van Zuid-Limburg en Groesbeek. Zuid-Limburg en Groesbeek zijn ook de gebieden waarvoor eerdere studies (zoals Eppink en Spaan, 1982, Kwaad *et al.*, 1998, Stolte *et al.*, 2005 en Kwaad *et al.*, 2006) aangaven dat watererosie er een probleem is. De lössgronden zijn erg gevoelig voor bodemerosie vanwege hun textuur, hun lage organisch stofgehalte en hun zwakke structuur (Spaan *et al.*, 2010). Ook zijn ze erg gevoelig voor verslemping, waardoor afvoer wordt vergroot en het risico op erosie toeneemt. Vanwege de vruchtbare lössgronden wordt er echter wel op grote schaal landbouw bedreven, waarbij mais, granen, suikerbieten en aardappelen de meest voorkomende gewassen zijn (Winteraeken en Spaan, 2010).

Daarnaast zijn de hellingen in Zuid-Limburg aanzienlijk en kunnen er heftige buien voorkomen vooral in de lente en de zomer. Omdat de dorpen veelal in de dalen liggen treden er regelmatig overstromingen op, waarbij tevens veel modder wordt afgezet (zogenaamde 'muddy floods'). Naast deze muddy floods treden ook rilerosie en geulerosie op, wat ook in het aangrenzende Belgische Lössgebied belangrijke erosieprocessen zijn (Verstraeten *et al.*, 2006). Het totale bodemverlies per bui kan in Zuid-Limburg oplopen tot 1,3 ton/ha. Langetermijnstudies hebben aangetoond dat het jaarlijkse bodemverlies ongeveer 14 ton/ha is (De Roo, 1991). Een inventarisatie in het zuidelijk lössgebied leverde in totaal

meer dan 300 locaties op waar mogelijke schade door watererosie kan optreden (Schouten *et al.*, 1985), maar de auteurs zelf melden dat er bij een meer gedetailleerde inventarisatie waarschijnlijk nog honderden punten toegevoegd moeten worden aan deze lijst.

In deze studie hebben lokale gemeenten een schatting gemaakt van hun jaarlijkse kosten als gevolg van erosie die konden oplopen op tot bijna € 500.000 per gemeente. Kosten van voorziene investeringen om schade te voorkomen liepen op tot meer dan € 10 miljoen voor de hele regio. Van Eck *et al.* (1995) concludeerden op basis van hun inventarisatie dat de jaarlijkse kosten voor lokale gemeenten ongeveer € 800.000 bedragen, terwijl Geelen (2006) een ruwe schatting noemt van € 950.000 per jaar, gebaseerd op data uit de jaren tachtig van de 20<sup>e</sup> eeuw. Evrard *et al.* (2007) schatten dat de totale kosten als gevolg van overstromingen in de Belgische lössgebieden 16 - 172 miljoen euro per jaar bedragen, terwijl Verstraeten *et al.* (2006) tot een schatting van 60 - 95 miljoen euro per jaar komen voor de gecombineerde kosten van gewasschade, muddy floods en uitbaggeren van rivieren en opvangbekkens.



**Figuur 9.1** Verspreiding van hellingen in Nederland volgens hoogtekaart AHN, gecombineerd met bodemgebruik (Hack- ten Broeke *et al.*, 2009).

### Winderosie

In Nederland zijn vooral de Veenkoloniën in Groningen en Drenthe gevoelig voor winderosie (Maring *et al.*, 2008), als ook de zandgebieden, vooral in Noord-Brabant, Limburg en Drenthe. Kleinere gebieden die ook gevoelig zijn voor winderosie zijn bloembolpercelen langs de duinen en akkers in enkele polders (Figuur 9.2), zoals in de Noordoostpolder, Wieringermeer en op Texel. De totale oppervlakte akkerland die in Nederland matig of sterk gevoelig is voor winderosie bedraagt volgens de gegevens in figuur 9.2 195.000 ha, waarvan 4500 ha sterk gevoelig is. Winderosie treedt daarmee potentieel in een aanzienlijk groter gebied op dan watererosie, aangezien watererosie vooral optreedt op lössgrond in Zuid-Limburg (Kwaad *et al.*, 2006). Omdat verstuiving optreedt bij kale bodem is het alleen een probleem op akkerland, en vooral in de periode maart-april, wanneer de velden net bewerkt zijn (Riksen en De Graaff, 2001; Goossens, 2004), en vooral bij oostenwind omdat die vaak droger is dan wind uit andere richtingen (Eppink, 1982). Ook de landbouwbewerkingen zelf, zoals ploegen en oogsten, kunnen een bijdrage leveren aan winderosie als ze worden uitgevoerd onder droge en winderige omstandigheden (Van Kerckhoven *et al.*, 2009). In Drenthe treedt er vooral winderosie op in aardappelvelden en bietenvelden (Riksen en De Graaff, 2001; Wagelmans, 2002).



**Figuur 9.2** Stuijgevoeligheid, bepaald op basis van de bodemkaart 1:50.000, gecombineerd met bodemgebruik (Hack-ten Broeke *et al.*, 2009).

---

Totale areaal akkerbouwgronden met een matige gevoeligheid voor verstuiven bedraagt 190 500 ha. Hiervan ligt 90.000 ha in grote aaneengesloten gebieden in de Drents-Groningse en Overijsselse Veenkoloniale gebieden. Elders betreft het versnipperde terreinen in met name Brabant, Gelderland en Overijssel. Door de openheid en uitgestrektheid treedt er in de veenkoloniale gebieden meer verstuiving op dan in de meer beschutte terreinen elders in Nederland. De sterk gevoelige gronden beslaan een areaal van 4.500 ha, het betreft vooral de bollengronden met weinig lutum, leem en humus langs de kuststrook in Noord- en Zuid-Holland en verder verspreid liggende terreinen met droge leemarme zandgronden in Brabant, Gelderland en Overijssel. Figuur 9.3 geeft een voorbeeld van verstuiving in de Veenkoloniale gebieden.



**Figuur 9.3** *Winderosie in de Veenkoloniën tijdens het voorjaar van 2013 (foto's Allard Hans Roest en Lidy Roest)*

---

Schattingen van de mate van winderosie geven aan dat winderosie van enige omvang (vijf tot tien dagen per jaar) één keer per drie tot vier jaar optreedt en ernstige winderosie met meer dan tien stofdagen per jaar een keer in de vijftien jaar (Eppink en Spaan, 1989). Eppink (1982) schatte dat voor die periode de directe korte termijn winderosieschade ongeveer negen miljoen euro per jaar bedroeg. Op basis van een inventarisatie bij boerenbedrijven in Exloërmond concludeerden Riksen en De Graaff (2001) dat winderosie significante schade berokkent als gevolg van afsnijden van gewas, verlies van zaailingen en het opvullen van sloten met zand. Zij concludeerden dat voor de suikerbieten- en koolzaadteelt de kosten per hectare ongeveer € 500 per vijf jaar bedragen.

Van alle gebieden in Nederland waar winderosie een probleem is, is het probleem het grootst in de Veenkoloniën. De gronden van het veenkoloniale gebied bestaan uit zand met een lutumarme bouwvoor. Weliswaar is het organisch stofgehalte tussen 5 en 15%, maar dit betreft veenresten die inert zijn en weinig binding geven aan het zand (Wagelmans, 2002; K.H. Wijnholds, Nieuw-Weerdinge; pers.med. 2011). Hierdoor vallen de kluiten snel uiteen onder invloed van regen en wind. Het percentage organische stof in de loop van de tijd afgenomen doordat mest vervangen is door kunstmest (Spaan *et al.*, 2006) en door een intensief bouwplan. Vanwege de bodemeigenschappen komen aardappels en suikerbieten veel voor. De grond-bewerking die voor deze gewassen nodig is, verhoogt de kans op winderosie, en ook de gewassen zelf bieden weinig bescherming tegen winderosie (Wagelmans, 2002). Vijftig jaar geleden werden er meer verschillende gewassen verbouwd, vooral granen en wintergewassen, en was er ook meer grasland, zodat het erosiegevaar geringer was (Boersema en Procé, 1986).

Naast het type gewas zijn ook de grootte van de velden en het open karakter van het landschap factoren die het gebied gevoelig maken voor winderosie. Ernstige verstuiwing treedt in Drenthe ongeveer eens in de 3-5 jaar op (Boersema en Procé, 1986; Wagelmans, 2002), waarbij de hoeveelheid verplaatste grond in zeer ernstige stuifjaren op kan lopen tot 50 ton/ha (Boersema en Procé, 1986). Zij schatten dat de jaarlijkse kosten voor opbrengstderving, herinzaai, onderhoud van sloten en wegen en verlies van bodemvruchtbaarheid voor de Veenkoloniën bij elkaar zo'n 7,5 miljoen euro per jaar bedragen. Deze schatting is exclusief eventuele kosten die gepaard gaan met bv. vervuiling en gezondheidsproblemen die het gevolg zijn van winderosie.

### **Ontwikkeling vraag over afgelopen 20 tot 25 jaar**

Voor watererosie zijn verschillende ontwikkelingen die resulteren in een toenemende gevoeligheid voor overstromingen ('muddy floods'). Evrard *et al.* (2007) noemen bijvoorbeeld voor de lössgebieden in België: schaalvergroting, mechanisatie, omzetting van grasland in akkerland en de uitbreiding van zomergewassen ten koste van wintergranen. Deze ontwikkelingen zijn ook van toepassing op Nederland, zoals onder meer beschreven door Winterraeken en Spaan (2010), die daarnaast nog het verwijderen van graften en heggen noemen. In Zuid-Limburg neemt de laatste jaren het areaal grasland af, en het areaal akkerland toe (H. Winterraeken, Waterschap Roer en Overmaas; pers.med. 2013). Aan de andere kant is het areaal landbouwgrond dat gevoelig is voor watererosie afgenomen doordat er op steile hellingen geen akkerbouw meer is toegestaan. Andere factoren die van invloed zijn op de vraag zijn bijvoorbeeld compactie en klimaatverandering. Door compactie is de bodemstructuur verslechterd en het waterbergend vermogen van de bodem afgenomen (Spaan *et al.*, 2010). Klimaatverandering zou ook kunnen leiden tot hogere piekafvoeren (Spaan *et al.*, 2010). Deze ontwikkelingen hebben geresulteerd in het vaker voorkomen van overstromingen. Bovendien is er steeds meer infrastructuur en bebouwing gekomen, waardoor meer schade optreedt (H. Winterraeken, Waterschap Roer en Overmaas; pers.med. 2013), maar waardoor ook het areaal akkerland is afgenomen. Ook door realisatie van nieuwe natuur neemt het areaal landbouwgrond af, omdat de meest erosiegevoelige plekken vaak ook het meest interessant zijn voor natuurontwikkeling en het minst interessant voor landbouw (P. Geelen, Provincie Limburg; pers.med, 2013).

Volgens Riksen *et al.* (2003) is het gevaar van winderosie in Noordwest-Europa, en daarmee ook in Nederland, sinds de jaren vijftig van de 20<sup>e</sup> eeuw toegenomen door veranderingen in management, zoals intensivering, grotere percelen, intensiever gebruik van machines en het verwijderen van heggen. Sinds

---

de jaren negentig is het probleem in Nederland echter afgenomen door zowel erosiebestrijdingsmaatregelen als door veranderd landgebruik, al dan niet onder invloed van regionale verordeningen. Het uitrijden van drijfmest was in de jaren negentig een zeer effectieve maatregel die boeren snel konden toepassen wanneer de weersvoorzichten een verhoogde kans op winderosie liet zien. Met het aanscherpen van de mestwet in 2010 is deze maatregel niet langer toegestaan. Omdat alternatieve maatregelen onvoldoende effectief zijn is er de laatste jaren daarom een toename van winderosieschade in met name de Veenkoloniën.

### **Aanbod**

In dit hoofdstuk van het rapport beperken we ons tot erosie op akkerland (vraag), en daarmee ook tot erosiebestrijding op akkerland (aanbod). Het is waarschijnlijk dat een deel van het aanbod dat bestaat voor akkerland zijn oorsprong heeft in andere landgebruiken. Zo zal bijvoorbeeld een bos luwte kunnen geven voor naastgelegen akkers, zodat winderosie daar minder zal zijn. Ook kan de aanwezigheid van bossen regionaal de gemiddelde windsnelheid verlagen. Dit type aanbod kunnen we echter in het huidige rapport niet meenemen omdat hiervoor een ruimtelijke analyse nodig is. Daarom richten we ons op aanbod dat geleverd wordt door het agrarische ecosysteem. Er bestaat een groot aantal mogelijke maatregelen om erosie door water en wind tegen te gaan in akkerland. Welke het meest toepasbaar zijn hangt af van de specifieke situatie, en wordt bepaald door biofysische factoren in combinatie met socio-economische factoren. Voor de Nederlandse situatie is er al een aanzienlijke hoeveelheid werk verricht wat betreft het beschrijven van maatregelen die vanuit technisch oogpunt geschikt zijn om erosie door water en wind tegen te gaan. Deze maatregelen worden vaak onderverdeeld in teeltmaatregelen en inrichtingsmaatregelen. Tabel 9.1 geeft een overzicht van de belangrijkste maatregelen en laat tevens zien welke maatregelen wij als ecosysteemdienst beschouwen, welke als substitutie en welke moeilijk zijn in te delen.

Het bestrijden van watererosie richt zich op (i) het verlagen van de snelheid van afstromend water en (ii) het vasthouden van water in het gebied. Het bestrijden van overlast van watererosie wordt bereikt door het aanleggen van retentiebekkens. Door een combinatie van beheers- en inrichtingsmaatregelen zijn de oorzaken en gevolgen van watererosie in Nederland voor een groot deel te beperken (De Roo *et al.*, 1995, Stolte *et al.*, 1999). Overlastbestrijding wordt als een belangrijker reden gezien om maatregelen te treffen dan aantasting van de productiefunctie van de bodem (Maring *et al.*, 2008) en off-site-effecten zijn meestal groter dan on-site-effecten (Spaan *et al.*, 2010). Geelen (2006) beschreef een aantal maatregelen die getroffen zouden kunnen worden in Zuid-Limburg en in de Vlaamse Lössgebieden. Deze maatregelen betreffen zowel teeltmaatregelen (gewaskeuze, aanvullende bodembedekking, grondbewerking en bemesting) als inrichtingsmaatregelen (beperken snelheid afstroming, watergeleiding en tijdelijke opvang) (zie tabel 9.1).

Maatregelen ter preventie van winderosie zijn gericht om de grond bedekt te houden, de cohesie van de grond te verhogen of om de windsnelheid te verlagen. Maatregelen zoals windsingels zijn tevens bedoeld zijn om het eventueel geërodeerde zand in te vangen. Er bestaan verschillende maatregelen die gebruikt kunnen worden om winderosie tegen te gaan, zoals minimaal ploegen, gewasrotatie, heggen, windsingels en het bedekken van de kale bodem (Riksen *et al.*, 2003). Het bedekt houden van de grond in de winterperiode is mogelijk door het toepassen van een wintergewas of groenbemester. Een praktisch probleem dat hierbij optreedt, is dat de oogst van sommige gewassen dusdanig laat in het seizoen is, dat een goede opkomst van een nagewas niet meer mogelijk is. Hierdoor zullen deze percelen gedurende de winterperiode kaal blijven. Een ander systeem is het opbrengen van een beschermingslaag ter voorkoming van winderosie (b.v. papierpulp) of de cohesie van de grond te vergroten door het verhogen van het organisch stofgehalte (Wagelmans, 2002). Voor de lange termijn is het verkleinen van de percelen, het aanbrengen van windsingels en het omzetten van akkerland in grasland een oplossing. Al deze maatregelen hebben een effect op de bedrijfsvoering en zijn niet altijd gewenst of mogelijk.



Tabel 9.1

Besproken maatregelen tegen erosie. De maatregelen tegen watererosie zijn samengevat uit Geelen (2006). Winderosiemaatregelen zijn onder andere gebaseerd op Wagelmans (2002) en Maring et al. (2008).

		Water of wind <sup>1</sup>	Oorzaak of gevolg <sup>2</sup>	Ecosysteem	Mengvorm <sup>3</sup>	Substitutie	Reden/Opmerking
<b>Teeltmaatregelen</b>							
Gewaskeuze	Ander landgebruik met permanente bodembedekking	Water, wind	Oorzaak	X			Mits minder erosie
	Ander voedergewas	Water, wind	Oorzaak	X			Mits minder erosie
	Ander akkerbouwgewas	Water, wind	Oorzaak	X			Mits minder erosie
	Vervroegen oogst en daarna groenbedekker	Water	Oorzaak	X			Vergroot de kans dat groenbedekker na oogst aanslaat
	Nauwere rijafstand	Water	Oorzaak	X			Betere bedekking
Bodembedekking	Groenbedekker/groenbemester	Water, wind	Oorzaak	X			Zorgt voor bodem bedekking in perioden waarin er geen hoofdgewas op het veld staat en heeft positief effect op bodem leven en structuur
	Beperken zwartstrook	Water	Oorzaak	X			Betere bedekking
	Gewasresten op veld laten	Water, wind	Oorzaak		X		Indirect door positief effect op bodemleven en structuur
	Stro opbrengen	Water, wind	Oorzaak		X		Indirect door positief effect op bodemleven en structuur
	Verankeren stro	wind	Oorzaak			X	Geen effect leven
	Inzaaien gerst in combinatie met langzaam opkomend hoofdgewas	Wind	Oorzaak	X			Betere bedekking in periode dat hoofdgewas geen of onvoldoende bodembescherming bied
	Papiercellulose	Wind	Oorzaak			X	Geen effect leven
	Drijfmest	Wind	Oorzaak			X	Geen effect leven, niet meer toegestaan vanwege ammoniak
	Veld afdekken met plastic of kiemdoek	Wind	Oorzaak			X	Geen effect leven
	Grondbewerking	Niet kerende bewerking	Water	Oorzaak	X		
Direct zaai		Water, wind	Oorzaak	X			positief effect op bodemleven en structuur, stabielere bodem
Geen bewerking		Water, wind	Oorzaak	X			positief effect op bodemleven en structuur, stabielere bodem
Bodembewerking dwars op meest erosieve windrichting		Wind	Oorzaak			X	Alleen effect op de windsnelheid aan de bodem
Bodem ruw bewerken		Wind	Oorzaak			X	Ploegen al dan niet in combinatie met aandrukken waarbij een hoge oppervlakte ruwheid wordt gecreëerd die de windsnelheid aan de bodem vermindert
Drempeltjes		Water	Gevolg			X	Geen effect leven
Wielsporen lostrekken		Water	Oorzaak/Gevolg			X	Geen effect van leven, mogelijk wel op leven
Losmaken na oogst		Water	Oorzaak			X	Geen effect van leven, mogelijk wel op leven

		Water of wind <sup>1</sup>	Oorzaak of gevolg <sup>2</sup>	Ecosysteem	Mengvorm <sup>3</sup>	Substitutie	Reden/Opmerking
Bemesting	Bodemstabilisatoren	Wind	Oorzaak			X	Toxisch bij hoge dosering
	Beheer pH	Water	Oorzaak		X		Hangt van methode af
	Beheer humus	Water, wind	Oorzaak	X			Bevordert bodemleven en structuur
<b>Inrichtingsmaatregelen</b>							
Beperken snelheid afstroming/ wind	Contourbewerking	Water	Oorzaak			X	Geen effect van leven
	Hellingopwaarts ploegen	Water	Oorzaak			X	Geen effect van leven
	Fruit aanplanten dwars op helling	Water	Oorzaak	X			Betere bedekking, verkorten hellinglengte
	Duidelijke perceelsgrens	Water	Oorzaak		X		Hangt af van type grens
	Groenstrook	Water, wind	Oorzaak	X			Betere bedekking, verkorten hellinglengte
	Aanleg terrassen	Water	Oorzaak			X	Aanpassen helling (lengte en hoek)
	Progressieve terrasserings door aanleg aarden ruggen en/of grasstroken op de contour	Water	Oorzaak		X		De ruggen en gras remmen het water af waardoor het sediment afgezet wordt en in 7 a 10 jaar een terras gevormd wordt
	Beheer randen	Water, wind	Oorzaak	X			Betere bedekking
	Opvang uitstroom	Water	Gevolg			X	Geen effect van leven
	Windsingels	Wind	Oorzaak	X			Verlaagt snelheid wind en vangt sediment en stof in
	Windschermen	Wind	Oorzaak			X	Geen effect van leven
	Verkleinen percelen	Wind	Oorzaak		X		Verkleinen strijklengte, effect mede afh van perceelsscheiding
	Watergeleiding	Grasbaan	Water	Gevolg	X		
Strobalen of hout		Water	Gevolg			X	Geen effect van leven
Dubbele inzaai in stroombaan		Water	Gevolg	X			Betere bedekking
Stro in stroombaan		Water	Gevolg		X		Indirect door positief effect op bodemleven en structuur
Snoeihout later ruimen		Water	Oorzaak	X			Bevordert ontwikkeling grasstrook tussen bomen
Cut-off drain		Water	Oorzaak/gevolg			X	Wegleiden overtollig water naar veilige waterbaan
Drainage stroombaan		Water	Gevolg			X	Geen effect van leven
Tijdelijke opvang	Buffers/Retentiebekkens	Water	Gevolg			X	Geen effect van leven
	Dammen in stroombaan	Water	Gevolg			X	Geen effect van leven

1. Of de maatregel werkt tegen watererosie, winderosie, of beide.
2. Of de maatregel de oorzaak van erosie bestrijdt of het gevolg beperkt.
3. Maatregelen moeilijk in te delen als Ecosysteemdienst of substitutie, bv doordat de maatregel zelf geen biologisch effect heeft, maar mogelijk wel bodemleven bevordert, wat weer zou kunnen leiden tot bv betere bodemstructuur. I.e. de maatregel heeft positieve invloed op het ecosysteem, maar het is in eerste instantie niet dat ecoysteem wat voor de werking van de maatregel zorgt.

Riksen *et al.* (2001) geven een overzicht van maatregelen tegen winderosie die binnen Europa gebruikt worden, van het effect van die maatregelen en van de mate van adoptie. Zij maken een onderscheid in vier typen maatregelen:

1. Beperken windsnelheid, bv. door strokenverbouw, windsingels en groenbemesters.
2. Bodemstabilisatie en bodemruwheid, bv. door grondbewerking op een andere manier uit te voeren.
3. Bodembescherming door bv. mulch of plastic.
4. Risico mislukken oogst verkleinen door bv. gewaskeuze en landgebruiksverandering.

Er is veel informatie beschikbaar over maatregelen die toegepast zouden kunnen worden, en er is ook informatie over welke maatregelen daadwerkelijk worden toegepast, en in mindere mate over de arealen waarop die maatregelen worden toegepast. De meest onzekere factor is vooral in welke mate de toegepaste maatregelen erosie daadwerkelijk beperken, met andere woorden: hoe effectief zijn de maatregelen. De effectiviteit van verschillende maatregelen is voor watererosie in Zuid-Limburg wel modelmatig geschat (bv in De Roo *et al.*, 1995), maar in hoeverre die schattingen betrouwbaar zijn, is niet duidelijk.

Wat de arealen betreft kan er voor watererosie in Zuid-Limburg het een en ander afgeleid worden uit landgebruiksgegevens. Dit omdat er bepaalde verplichtingen tot het nemen van maatregelen gelden. Vier maatregelen worden algemeen erkend als goed tegen erosie: Niet kerende grondbewerking, wintergraan, buffer en aardappeldrempels (J.Tobben, LLTB; pers med 2014). Als een boer geen van deze maatregelen neemt, is hij verplicht zich te houden aan de erosieverordening. Niet kerende grondbewerking wordt algemeen toegepast op hellingen van meer dan 2% bij de teelt van akkerbouwgewassen, met uitzondering van wintertarwe. Daardoor wordt eigenlijk het hele Zuid-Limburgse akkerbouwareaal inclusief mais, maar exclusief wintergranen niet-kerend bewerkt. Daarnaast wordt op het areaal mais en granen een bodembedekker geteeld (P.Geelen, Provincie Limburg; pers med 2013).

De Roo *et al.* (1995) presenteren metingen die laten zien dat verschillende manieren van bodembewerking kunnen leiden tot erosiereducties tot 90% ten opzichte van de huidige praktijk. Ook geven ze uitkomsten van het LISEM-model, die aangeven dat door middel van (combinaties van) maatregelen bodemverlies ten opzichte van de huidige praktijk af zou kunnen nemen met 0-96%. Geelen (2006) laat zien dat het toepassen van erosiebeperkende maatregelen in snijmais hebben geleid tot reducties van 44-91%, en voor bieten tot reducties van 69-92%. Ook geeft Geelen (2006) informatie over erosiebeschermingspunten, die op basis van eerder onderzoek variëren voor verschillende beschermingsmaatregelen (tabel 9.2). Erosiebeschermingspunten dienen vergeleken te worden met erosiegevoeligheidspunten (zie Geelen, 2006) om te bepalen of bescherming voldoende is.

## Tabel 9.2

*Erosiebeschermingspunten voor verschillende maatregelen. Hogere waardes duiden betere bescherming aan (Geelen, 2006).*

Maatregel	Punten
Zaaian bij nauwere rijafstand	10
Groenbedekker in de winter	25
Groenbedekker als onderzaai in gewas	25
Gewasresten achterlaten na oogst	10-15 (afh gewas)
Strodek in voorjaar	75
Niet kerende grondbewerking	25
Niet kerende grondbewerking met bodembedekker	25 (& punten voor bodembedekker)
Direct zaai in bodembedekker	50 (& punten voor bodembedekker)
Geen grondbewerking	60
Drempeltjes bij ruggenteelt	25
Wielsporen lostrekken in voorjaar	10
Bodemverdichting ongedaan maken na oogst	10

Wat de effectiviteit betreft is het belangrijk te beseffen dat erosiebestrijding erosie nooit helemaal kan voorkomen. Met name als er zich extreme omstandigheden voordoen zal er erosie op blijven treden, waarbij de effectiviteit van maatregelen over het algemeen geringer is naarmate de omstandigheden

extremer zijn. Voorkomende erosiegebeurtenissen zijn moeilijk vergelijkbaar, en de variatie per jaar is ook groot. Daarnaast hangt de effectiviteit van maatregelen ook in sterke mate af van of ze goed zijn toegepast, wat afhangt van motivatie, kennis en materieel (P.Geelen, Provincie Limburg; pers med, 2013). Zoals eerder aangegeven beïnvloeden ook het type maatregel en het gewas het mogelijke effect.

Voor winderosie geldt min of meer hetzelfde als voor watererosie, behalve dat er geen regelgeving is die bepaalde maatregelen voorschrijft. Wel worden bijvoorbeeld alle stuifgevoelige gronden in de Veenkoloniën ingezaaid met een groenbemester. Ook voor winderosie is het effect van verschillende maatregelen verschillend, en is er grote variatie van jaar tot jaar.

Tabel 9.3 geeft schattingen gebaseerd op expert opinion. Zoals tabel 9.3 laat zien is het van belang om onderscheid te maken tussen het areaal waar maatregelen worden toegepast, en de effectiviteit van maatregelen. Met name vanwege het feit dat het opbrengen van dierlijke mest ter bestrijding van winderosie niet langer is toegestaan, wordt de effectiviteit van maatregelen tegen winderosie lager ingeschat die de effectiviteit van maatregelen tegen watererosie.

**Tabel 9.3**

*Maatregelen tegen erosie.*

	Percentage erosiegevoelige gronden waarop maatregelen worden toegepast	Percentage reductie in erosie door toepassen van maatregelen	Belangrijkste maatregelen met areaal waarop toegepast
Watererosie	100% want indirect verplicht in Zuid-Limburg (verreweg het grootste areaal erosiegevoelige gronden met 16000 ha akkerbouw)	0-95%, gemiddelde geschat op 75%, maar met grote onzekerheid	Niet kerende groundbewerking 60% (alle gewassen behalve wintergraan), wat minder bodembedekking in de winter (voor mais en wintergranen)
Winderosie	100% (groenbemester)	50% (grote onzekerheid)	Groenbemester (100%), inzaaien gerst (onbekend %), papiercellulose (onbekend %)

### **Ontwikkeling aanbod in afgelopen 20-25 jaar**

Sinds de jaren tachtig van de 20<sup>e</sup> eeuw krijgt watererosiebestrijding in Nederland meer aandacht, vooral in Zuid-Limburg. Het initiatief om erosie te bestrijden kwam van de boeren zelf (Spaan *et al.*, 2010), en vanaf 1987 (streekplan Zuid-Limburg) neemt erosiebestrijding ook een belangrijke plaats in binnen het beleid van de provincie Limburg. Spaan *et al.* (2010) beschrijven de ontwikkeling van beleid om erosie in Zuid-Limburg te bestrijden. Erosie wordt gezien als een proces dat bij de streek hoort en dus niet volledig voorkomen kan worden. Het doel van beleid is om wateroverlast en erosie te beperken tot maatschappelijk aanvaardbare proporties (H. Winterraeken, Waterschap Roer en Overmaas; pers.med. 2011). Als norm wordt gehanteerd dat er maximaal eens in de 25 jaar overlast mag zijn (P. Geelen, Provincie Limburg; pers.med. 2011). Voor watererosie zijn er ook diverse relevante wetten en verordeningen, zoals beschreven in Hessel *et al.* (2011).

Daarnaast worden er in Zuid-Limburg ook maatregelen genomen op specifieke locaties (knelpuntgerichte aanpak). Waterschap en gemeentes zijn verantwoordelijk voor (Kwaad *et al.*, 2006): a) lijnvormige elementen in het landschap, zoals grasstroken en bermen, b) grassed waterways (met gras beplante afvoerkanalen), c) grasstroken langs wegen en retentiebekkens. Het waterschap Roer en Overmaas heeft ongeveer 350 retentiebekkens gebouwd (H. Winterraeken, pers.med. 2011), al zijn er nog wel veel toevoer-voorzieningen nodig. Het belangrijkste doel van deze bekkens is om schade aan bebouwing en infra-structuur te voorkomen (Winterraeken en Spaan, 2010). Erosiebestrijding krijgt dus veel aandacht in Limburg, waar maatregelen zijn geformuleerd op basis van samenwerking tussen provincie, waterschappen, gemeenten en LLTB. Er worden dus meer erosiebeschermende maatregelen gebruikt dan 20-25 jaar geleden. Het toepassen van meer bodemconserveringsmaatregelen is het gevolg van het maatschappelijk bewustzijn van de sector; boeren zien in dat erosie een probleem is en dat iedereen een bijdrage moet leveren aan het oplossen van het probleem. Daarnaast zijn deze maatregelen goed toepasbaar in de landbouwpraktijk en bedrijfsvoering (kosteneffectief, opbrengsten voldoende), al vergen ze aanzienlijke inspanningen en

---

investeringen vanuit de sector met stimulering van provincie en waterschap. De toegepaste maatregelen hebben er voor gezorgd dat het erosieprobleem in Zuid-Limburg meer en meer verworden is tot een wateroverlast probleem. Hevige buien zorgen nog steeds voor overlast, maar door afgenomen sedimentgehalten is dit nu meer wateroverlast dan modderoverlast (P. Geelen, Provincie Limburg; pers.med. 2013). Ook in het gebied rond Groesbeek worden maatregelen toegepast. De genomen maatregelen in deze gebieden lijken, mits volledig geïmplementeerd, voldoende, al kunnen ze erosie niet helemaal voorkomen. Door een afname in off-site-overlast lijkt de aandacht voor on-site-degradatie echter te verslappen (P. Geelen, pers.med. 2013).

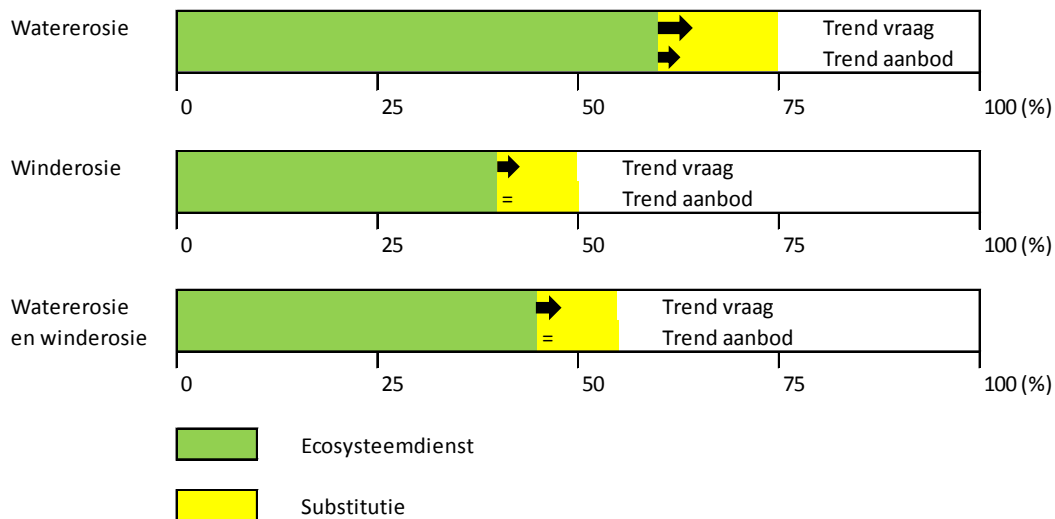
Er worden ook maatregelen tegen winderosie getroffen, maar dit wordt meer aan de boeren zelf overgelaten dan het geval is voor watererosie. Omdat deze maatregelen veelal niet opgelegd worden en omdat de maatregelen zelf vaak economisch niet uit kunnen voor gewassen die relatief weinig opbrengen, is deze toepassing van maatregelen minder structureel dan voor watererosie. Voor het gebruik van sommige middelen tegen winderosie is een ontheffing nodig. Er bestond bijvoorbeeld tot 2010 een uitzondering die het mogelijk maakte om dierlijke mest op te brengen om winderosie tegen te gaan. Deze uitzonderingspositie is echter in 2010 vervallen voor gebieden met een veenkoloniaal bouwplan, met de redenering dat er inmiddels verschillende alternatieve bestrijdingsmethoden beschikbaar zijn, zoals het afdekken met cellulose en het inzaaien van zomergerst (Bakker *et al.*, 2010). Uit de ervaringen sinds 2010 blijkt echter dat deze alternatieve maatregelen het opbrengen van dierlijke mest niet volledig kunnen vervangen.

Uit verschillende onderzoeken (bv. Eppink en Spaan, 1989; Wagelmans, 2002) blijkt dat windsingels in de Veenkoloniën weinig tot geen draagvlak hebben, terwijl deze maatregel wel effectief is tegen winderosie. In Nedersachsen (Duitsland) bijvoorbeeld (Riksen en de Graaff, 2001) en op de zandgronden in Noord-Brabant en Limburg (Eppink en Spaan, 1982) is winderosie tot acceptabele proporties teruggebracht door de aanleg van windsingels. De nadruk die in de Veenkoloniën wordt gelegd op het belang van het handhaven van een open landschap is dan ook vanuit het oogpunt van winderosiebestrijding ongunstig. Hetzelfde geldt voor het verbod op het gebruik van dierlijke mest om winderosie te bestrijden. De huidige maatregelen tegen winderosie zijn dan ook niet voldoende om verstuiving effectief tegen te gaan.

### **Samenvatting vraag, aanbod en trends**

In de voorgaande secties zijn vraag, aanbod trend in vraag en trend in aanbod apart besproken. Figuur 9.4 vat de informatie uit die secties samen en laat zien hoe de verhouding tussen vraag en aanbod is. Het in figuur 9.4 getoonde aanbod houdt rekening met zowel het areaal waar maatregelen toegepast zijn als met de effectiviteit van die maatregelen. Tabel 9.3 laat zien dat we effectiviteit van maatregelen tegen winderosie anders inschatten dan die van maatregelen tegen watererosie, als gevolg hiervan is het aanbod voor winderosie geringer. Het aanbod is tevens op basis van 'expert opinion' onderverdeeld in aanbod door ecosysteemdiensten, en aanbod door substitutie. Onze inschatting is dat het grootste deel van het aanbod door ecosysteemdiensten wordt geleverd. Dit vooral omdat de meest algemeen toegepaste maatregelen (zoals vermeld in tabel 9.3) voor het grootste deel als ecosysteemdienst worden geclassificeerd in tabel 9.1. Figuur 9.4 geeft tevens door middel van pijlen en '=' tekens informatie over de trend in vraag en aanbod.

Voor winderosie zien wij, vooral omdat het opbrengen van dierlijke mest om winderosie te bestrijden niet langer is toegestaan, een afname in het totale aanbod. Omdat het opbrengen van dierlijke mest onder substitutie valt (tabel 9.1) schatten wij echter in dat erosiebescherming door ecosysteemdiensten voor winderosie redelijk constant is, terwijl erosiebescherming door substitutie een afname laat zien. Wat voor trend er gevonden wordt voor de vraag hangt met name ook af van de tijdschaal waar we naar kijken, en naar hoe we onderscheid maken tussen een toename in vraag en een afname in aanbod. Zo kunnen bijvoorbeeld de in sectie '*Ontwikkeling vraag over afgelopen 20 tot 25 jaar*' genoemde factoren zoals intensivering, mechanisatie en grotere percelen gezien worden als een toename in vraag, maar tevens als een afname in aanbod. Daarnaast is het ook de vraag in hoeverre die ontwikkelingen nog steeds doorgaan. Klimaatveranderingen zouden ook kunnen leiden tot meer winderosie, vooral als die veranderingen leiden tot langere droge periodes en/of harder wind. Echter, de huidige klimaatscenario's laten weinig tot geen effect zien op winderosie. Daarom schatten wij het aanbod voor winderosie in als licht stijgend.



**Figuur 9.4** Trend in vraag en aanbod voor erosiebestrijding.

Voor watererosie verwachten we een toename in vraag, mede als gevolg van klimaatverandering die naar verwachting zal leiden tot heftiger buien. Net als voor winderosie zijn er ook andere factoren die over een langere tijdschaal hebben gezorgd voor een toename in de vraag, zoals schaalvergroting, mechanisatie, landgebruiksverandering en verdichting. We verwachten echter ook een toename in het totale aanbod. Er worden al veel maatregelen toegepast die vallen in de categorie ecosysteemdienst, zoals bodembedekker en niet kerende grondbewerking, zodat we voor dit type maatregelen inschatten dat het aanbod gelijk blijft. Zoals beschreven in sectie over vraag en aanbod in de afgelopen 20 tot 25 jaar zijn er echter ook trends die erosiebestrijding door ecosysteemdiensten vergroten, zoals het niet langer voor akkerbouw gebruiken van de steilste hellingen. Daarom verwachten we een lichte toename in het aanbod door ecosysteemdiensten, maar een sterkere toename in het aanbod door substitutie (bv opvangbekkens). De onzekerheid in deze schattingen is echter groot. Aangezien het areaal dat gevoelig is voor winderosie zo'n vijfmaal groter is dan het areaal gevoelig voor watererosie (200.000 ha versus 40.000 ha), wordt het aanbod voor watererosie en winderosie gecombineerd vooral bepaald door de waarden voor winderosie.

### Betrouwbaarheid

Categorie D (matig): schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

Resultaten beschreven in dit hoofdstuk zijn een schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, en een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake. Exacte gegevens zijn heel moeilijk te verkrijgen en men kan zelfs in twijfel trekken of die wel bestaan aangezien erosie een zeer variabel proces is, zowel in ruimte als in tijd. Dit bepaalt niet alleen de effectiviteit van maatregelen, maar ook deels de mate waarin maatregelen worden genomen. Zo zullen boeren in de Veenkoloniën minder geneigd zijn om preventieve maatregelen te nemen als er een aantal jaren achtereen geen of weinig erosie is opgetreden. Daarnaast hangt de effectiviteit van maatregelen af van vele factoren, waaronder weersomstandigheden maar ook van de manier waarop bepaalde maatregelen zijn toegepast.

### Volledigheid

Categorie A (volledig): bevat alle aspecten en is volledig.

Volgens CICES gaat het om het tegen gaan van erosie door vegetatie van terrestrische ecosystemen, kust- en zee ecosystemen. In dit hoofdstuk is vooral gefocused op landbouw ecosystemen. Kustbescherming wordt als een aparte dienst beschreven in hoofdstuk 11. In die zin worden alle voor Nederlandse situatie relevante gebieden waar wind- en water erosie optreed meegenomen.

---

Kanttekening is wel dat in Nederland in natuurgebieden juist te weinig natuurlijke processen zoals erosie en sedimentatie optreden. Het areaal stuifzanden en duinen is in de loop van de tijd daardoor afgenomen en ook de biodiversiteit is daardoor achteruit gegaan.

### **Dankwoord**

Wij bedanken Harrie Winteraeken (Waterschap Roer en Overmaas), Paul Geelen (Provincie Limburg) en John Tobben (Limburgse Land- en Tuinbouwbond, LLTB) voor de informatie over watererosie in Zuid-Limburg, en Aike Maarsingh (Land- en Tuinbouw Organisatie Nederland, LTO) & Jasper Roest voor informatie over winderosie in het Veenkoloniale gebied. Vanzelfsprekend zijn wij zelf verantwoordelijk voor de interpretatie van de geleverde gegevens.

## **9.4 Literatuur**

- Bakker, G., M.J.D. Hack-ten Broeke, F. de Vries en J.J.H. Van den Akker (2010). Basismateriaal voor eventuele prioritaire gebieden - Quick Scan voor Drenthe. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1964.
- Boersema, J. en C. Procé (1986). Wind-erosie, een onderschat probleem. Noorderbreedte, themanummer 'Grond', pp. 252/253.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Technisch document 19D.
- Eck, W. van, D. Slothouwer, J.B. Sprik en G.F.P. IJkelstam (1995). Erosienormeringsonderzoek Zuid-Limburg: Kosten en baten van erosiebestrijdingsmaatregelen in Zuid-Limburg. DLO-Staring Centrum, Wageningen. Rapport 364.2.
- Eppink, L.A.A.J. (1982). A survey of wind and water erosion in the Netherlands and an inventory of Dutch erosion research. Report Dept. of Land and Water Use 59. Agricultural University Wageningen, the Netherlands.
- Eppink L.A.A.J. en W.P. Spaan, 1989. Agricultural wind erosion control measures in the Netherlands. Soil Technology Series 1: pp. 1-13
- Evrard, O., C.L. Bielders, K. Vandaele en B. van Wesemael (2007). Spatial and temporal variation of muddy floods in central Belgium, off-site impacts and potential control measures. *Catena* 70, pp. 443-454.
- Geelen, P.M.T.M (2006). Handboek Erosiebestrijding. Interregproject Erosiebestrijding. Provincie Limburg (B), Hasselt, 100 pp.
- Goossens, D. (2004). Wind erosion and tillage as a dust production mechanism on North Europe farmland. In: Goossens en Riksen (Eds.). Wind erosion and dust dynamics: observation, simulations, modelling. ESW Publictaions, Wageningen, the Netherlands.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., C.L. van Beek, T.Hoogland, M.Knotters, J.P. Mol-Dijkstra, R.L.M. Schils, A. Smit en F. de Vries (2009). Kaderrichtlijn Bodem; Basismateriaal voor eventuele prioritaire gebieden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2007.
- Hessel, R., Stolte, J. en Riksen, M. (2011). Huidige maatregelen tegen water- en winderosie in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2131.
- Kerckhoven, S. van, M. Riksen en W. Cornelis (2009). Afbakening van gebieden gevoelig aan winderosie in Vlaanderen. Faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, 79 pp.
- Kwaad, F.J.P.M., M. van der Zijp en P.M. van Dijk (1998). Soil conservation and maize cropping systems on sloping loess soils in the Netherlands. *Soil & Tillage Research* 46, pp. 13-21.
- Kwaad, F.J.P.M., A.P.J. de Roo en V.G. Jetten (2006). The Netherlands. Ch 1.31 in: Boardman, J., J.Poesen (Eds) *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons, Chichester, England, pp. 413-426.
- Maring, L., P. van Gaans en A. Niessen (eds) (2008). Prioritaire gebieden bodembeheer in Nederland – waar hebben we het over in de Europese Richtlijn Bodem. Intiatiefgroep prioritaire gebieden Europese Richtlijn Bodem, Utrecht, 63 pp.

- 
- Riksen, M.J.P.M. en J. de Graaff (2001). On-site and off-site effects of wind erosion on European light soils. *Land Degrad. Develop.* 12: pp. 1-11.
- Riksen, M., F.Brouwer en J. de Graaff (2003). Soil conservation policy measures to control wind erosion in Northwestern Europe. *Catena* 52, pp. 309-326.
- Roo, A.P.J. de (1991). The use of <sup>137</sup>Cs as a tracer in an erosion study in South Limburg (the Netherlands) and the influence of Chernobyl fallout. *Hydr. Processes* 5: pp. 215-227
- Roo, A.P.J. de, P.M. van Dijk, C.J. Ritsema, N.H.D.T. Cremers, J. Stolte, K. Oostindie, R.J.E. Offermans, F.J.P.M. Kwaad en M.A. Verzandvoort (1995). Erosienormeringsonderzoek Zuid-Limburg, veld- en simulatiestudie. DLO-Staring Centrum rapport 364.1. Vakgroep Fysische Geografie, Universiteit Utrecht / Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, Universiteit van Amsterdam / DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Roo, A.P.J. de, R.J.E. Offermans en N.H.D.T. Cremers (1996). LISEM: A single-event physically-based hydrological and soil erosion model for drainage basins. II: Sensitivity analysis, validation and application. *Hydr. Processes* 10: pp. 1119-1126.
- Schouten, C.J., M.C. Rang en P.M.J. Huigen (1985). Erosie en wateroverlast in Zuid-Limburg. *Landschap* 2: pp. 118-132.
- Spaan, W.P., H.J. Winterraeken en M.J.P.M. Riksen (2006). Dutch policy and practices on erosion control: Then and now. *Archives of Agronomy and Soil Science* 52, pp. 233-241.
- Spaan, W., H. Winterraeken en P. Geelen (2010). Adoption of SWC measures in South Limburg (The Netherlands): Experiences of a water manager. *Land Use Policy* 27, pp. 78-85.
- Stolte, J., C.J. Ritsema en T. Li (1999). Invloed van verschillende landinrichtingsscenario's op de bodem- en waterafvoer in het zuidelijk deel van de ruilverkaveling Groesbeek. DLO-Staring Centrum, Wageningen. Rapport 644.
- Stolte, J., R. Hessel en C.J. Ritsema (2005). Bodemerosie. Leidraad Bodemsanering 5200, afl 64, juni 2005. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiene, Directie Bodem, Water, Stoffen.
- Verstraeten, G., J. Poesen, D. Goossens, K. Gillijns, C. Bielders, D. Gabriels, G. Ruyschaert, M. van den Eeckhout, T. Vanwalleghem en G. Govers (2006). Belgium. Ch 1.30 in: Boardman, J., J. Poesen (Eds) *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons, Chichester, England, pp. 385-411.
- Wagelmans, M. (2002). Ontwikkeling van beleid ter bestrijding van winderosie. Bioclear BV, 32 pp.
- Winterraeken, H.J. en W.P. Spaan (2010). A new approach to soil erosion and runoff in South Limburg - the Netherlands. *Land Degradation and Development* 21, pp. 1-7.



---

# 10 Waterberging

*Piet F.M. Verdonschot, Anna A. Besse-Lototskaya, Hanneke Keizer-Vlek (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 33%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 8%
- Levering onervuld: 59%\*
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: toename
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: ?
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 25%, agrarisch gebied 75%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: A (volledig)

## 10.1 Werking van de dienst

### Inleiding

De ecosysteemdienst Waterberging is een regulerende dienst. Bij waterregulatie gaat het om de beschikbaarheid van de juiste hoeveelheid water op de juiste plek door het seizoen heen (voorkomen van zowel droogte als wateroverlast). Essentieel hiervoor zijn de gelijkmatigheid in de wateraanvoer (bevorderd, bijvoorbeeld, door aanwezigheid van begroeiing en door meanderende afvoer) en een voldoende capaciteit in de afvoer door een goede bodemstructuur (bevorderd, bijvoorbeeld, door wormen).

Bij de uitwerking van de ecosysteemdienst Waterberging wordt onderzocht in hoeverre een beter, actief en duurzaam gebruik van ons landschap in drie dimensies een aanvulling kan zijn op de technologische middelen bij het realiseren van de maatschappelijke wateropgaven. De keuze wordt bepaald door beschikbaarheid technologische middelen en de kosten die benutting van ecosysteemdiensten met zich meebrengt. Het gaat dus niet om de inzet van louter natuurlijke oplossingen. Een zekere menselijke inbreng is onvermijdelijk.

De doelstelling van dit hoofdstuk is het geven van een overzicht van de mogelijkheden en perspectieven voor toepassing van de ecosysteemdienst waterberging in het Nederlandse omgevingsbeleid.

### Ecosysteemdienst Waterberging

De ecosysteemdienst Waterberging houdt in het benutten van het watervasthoudend en waterbergend vermogen van het Nederlandse landschap. Het waterbergend vermogen van een gebied alsmede de spreiding van de waterafvoer in de tijd wordt voor een belangrijk deel bepaald door de fysieke bodemtoestand, de begroeiingsstructuur en door de weerstand van het afvoersysteem tegen uitstroming (die kan worden versterkt door bijvoorbeeld meandering). Er zijn belangrijke verschillen tussen het bergen van water, het vasthouden van water en het vertraagd doen afstromen van water (figuur 10.1). Alle drie de activiteiten zijn bedoeld enerzijds om te voorkomen dat we natte voeten krijgen in steden of landbouwgebieden onder water komen te staan en dragen anderzijds bij aan het tegengaan van verdroging.



**Figuur 10.1** Er zijn belangrijke verschillen tussen het bergen van water, het vasthouden van water en het vertraagd doen afstromen van water.

Het vasthouden en bergen van water als ecosysteemdienst is vooral in de hoger gelegen delen van Nederland voor de hand liggend (beekdallandschappen). De cultuurtechnische ingrepen uit het verleden hebben het waterbergend vermogen van het landschap sterk aangetast. De positieve effecten van de versnelde waterafvoer zijn in de loop der tijd overschaduw door de negatieve kanten ervan. Het veranderende klimaat, het veranderde agrarische gebruik en de toegenomen bebouwing (verharding) zijn hier debet aan. Daarnaast is recuperatie van de waterbergingsfunctie (sponswerking) van landbouwgrond in het lager gelegen, vlakke Nederland belangrijk om piekafvoeren af te vlakken. Deze sponswerking is afhankelijk van het organisch stofgehalte van de bodem, en ondersteunt op haar beurt andere bodemfuncties (stapeling). In de lager gelegen delen van Nederland is waterberging (als bescherming tegen het overstromen van bebouwd gebied) nu veelal aangewezen op landbouwpolders die voor tijdelijke opslag kunnen worden gebruikt. Lokaal worden ecosysteemdiensten dan tijdelijk tegen elkaar uitgeruild (voedselproductie-waterberging). Het voornaamste doel van deze voorziening is minimalisering van de economische schade (landbouwproductie versus stedelijk gebied).

In beekdalen wordt het vertraagd doen afstromen van water bevorderd door middel van minder diepe insnijding van de beken, meer meandering en toename van hoog opgaande begroeiing in de beekdalen. Water wordt dan (a) minder water uit een gebied afgevoerd, (b) tijdelijke geborgen en is daardoor langer in een gebied beschikbaar. Tegelijk is er minder erosie en kan de kwaliteit van het water worden verbeterd.

Waterberging is goed stapelbaar met andere ecosysteemdiensten. Waterberging betekent geen exclusieve beslaglegging op ruimte in de zin dat daar geen andere functies mogelijk zijn. Met waterconservering, bijvoorbeeld, wordt een dubbel doel gerealiseerd: het levert een retentiecapaciteit op waarmee in het natuur verdroging kan worden tegengegaan en voor de landbouw water beschikbaar is in droge perioden. De natuur- en landbouwfunctie worden dus beide versterkt met deze waterretentie. De belangrijkste baten van waterberging zijn de vermeden schade aan woningen, bedrijven, landbouw en infrastructuur (in de randstad oplopend tot 300 miljard euro). Bovendien kan waterberging recreatieve baten opleveren, waardevolle natte natuur mogelijk maken, en het gevoel van veiligheid doen toenemen. Hier tegenover staat kosten vergroten van het waterbergend vermogen, voornamelijk voor het ongedaan maken van eerder aangelegde cultuurtechnische werken. Voor het beekdallandschap in Limburg, bijvoorbeeld, worden de kosten geraamd op 900 miljoen euro. Cultuurtechnische ingrepen die in het verleden zijn uitgevoerd, hebben het waterbergend vermogen van het landschap sterk aangetast. De beoogde positieve effecten van de versnelde waterafvoer zijn in de loop der tijd overschaduw door de negatieve kanten ervan. Het veranderende klimaat, het veranderde agrarische gebruik en de toegenomen bebouwing (verharding) zijn hier debet aan. Het voorbeeld uit Limburg laat zien dat waterberging als ecosysteemdienst in het bekenlandschap een aantrekkelijke oplossing kan bieden voor problemen met water.

#### *Vasthouden*

Met vasthouden wordt hier bedoeld water vasthouden in de bodem. Een bodem heeft het vermogen en de mogelijkheden om water onder het maaiveld te bergen. Water moet kunnen infiltreren in de bodem en de bodem heeft tussen de poriën voldoende ruimte om water vast te houden. Dit laatste noemen we de sponsfunctie van de bodem: ontelbare grote en kleine poriën kunnen water vasthouden. De bodem bestaat uit organisch materiaal, kwarts (zand) en klei, met daartussen lucht en water. Een

---

bodem kan tot ruim 30% water opnemen. Het landgebruik bepaalt in sterke mate het vermogen van de bodem om water te bergen. Groene en blauwe functies versterken het watervasthoudend vermogen. Infrastructuur en bebouwing verzwakken dit vermogen door de druk die zij uitoefenen op de bodem en door afdekking van het bodemoppervlak infiltreert het water minder goed en kan de fysische, biologische en chemische bodemkwaliteit veranderen wat nadelig kan zijn voor de waterbergende functie van de bodem.

Vegetatie bevordert het watervasthoudend vermogen van de bodem en een gezond bodemleven (zie levende bodem) en daarmee de structuur (openheid) van de bodem. Het organisch materiaal in de bodem houdt vocht beter vast en vergroot het watervasthoudend vermogen. Een zandige bodem heeft een lagere watervasthoudende capaciteit dan een bodem met meer klei en organisch materiaal. Een veenbodem is hét voorbeeld van een watervasthoudende bodem. Echter, deze bodems 'zitten al vol' en kunnen niet verder bijdragen aan de bufferfunctie van de watervasthoudende bodem. De sponsfunctie is deels afhankelijk van het bodemtype, maar kan door menselijk ingrijpen veranderen.

#### *Bergen*

Water bergen in open water maakt gebruik van de bergingscapaciteit op het land- of wateroppervlak. Dit om de regen die in de winter valt in het gebied vast te houden voor de zomer. Gebieden die in aanmerking komen voor berging zijn behalve het permanent open water ook de plas-/dras gebieden. Vanuit ecologische eisen is een peilverschil van 0,3 m boven en onder het gemiddelde verantwoord. Bij de uitvoering van de retentiegebieden kan ook gekeken worden naar een natuurvriendelijke aanleg.

## 10.2 Methode

### **Vraag**

In deze studie is de watervraag op een simpele manier berekend en deze dient voornamelijk om inzicht te krijgen in de procentuele bijdrage van de verschillende diensten: bergen, vasthouden en vertraagd afvoeren. Het netto neerslagoverschot in 2013 is geschat op basis van de neerslag en verdamping (zie uitleg onder neerslag en verdamping). De neerslag bedraagt 35.423 miljoen m<sup>3</sup> en de verdamping 24.211 miljoen m<sup>3</sup> resulterend in een netto neerslagoverschot van 11.213 miljoen m<sup>3</sup>.

### *Neerslag*

De totale hoeveelheid neerslag in een jaar, de neerslagsom, varieert sterk van jaar op jaar. Zo bedroeg de neerslagsom 425 mm in 1921 en 1109 mm in 1998. Deze cijfers zijn gemiddeld over 13 stations met een goede spreiding over Nederland. Trendmatig gezien vertonen de jaarlijkse neerslagsommen een zeer geleidelijke (lineaire) toename over de hele periode 1906-2011. In 1911 bedroeg de trendwaarde 691mm en in het eindjaar 2011 was dat 850 mm. De toename over 100 jaar is 23% en is statistisch significant. (bron: CBS, 2012a).

Op basis van het bovenstaande is de trend doorgetrokken tot 2013 en is de hoeveelheid neerslag in een jaar toegenomen van 817 mm in 1990 naar 853 mm in 2013. Door de neerslagsom in 2013 te vermenigvuldigen met het landoppervlak (41.528 km<sup>2</sup>) is berekend dat de gemiddelde neerslagsom in de huidige situatie 35.423 miljoen m<sup>3</sup> bedraagt.

**Let op!** De cijfers zijn gebaseerd op de trend en niet op de daadwerkelijke neerslag in de betreffende jaren. In totaal valt in 2013 dus 36 mm meer neerslag dan in 1990.

### *Verdamping*

De verdamping is gebaseerd de verdamping (mm) volgens Makkink voor weerstation de Bilt gedurende de periode 2004-2013. De verdamping is vervolgens vermenigvuldigd met het landoppervlak.

### **Aanbod**

We hebben Nederland onderverdeeld in drie regio's: Laagveengebied, Kleigebied en Zandgebied (de hoge zandgronden).

Voor deze indeling is gebruik gemaakt van een indeling van Nederland in fysisch-geografische regio's (GIS-bestand 'Fysisch-geografische regio's, SC-DLO, 1998). De totale oppervlakte op basis van deze kaart is 40.590 km<sup>2</sup> (tabel 10.1). Hiervan bleek 1169 km<sup>2</sup> niet ingedeeld te zijn. Onder de afgesloten zee-armen vallen grofweg het IJsselmeer, Haringvliet, Veerse Meer en de Grevelingen, onder het getijdengebied de Ooster- en Westerschelde en de Waddenzee. Voor de regio laagveengebied is de categorie laagveen van de kaart met FGR's gebruikt. Voor de regio hoge zandgronden is gebruik gemaakt van de categorie hoge zandgrond, en voor de regio kleigebied zijn de categorieën rivierenland en zeeklei samengevoegd.

**Tabel 10.1**

*Overzicht van de klassen gehanteerd op de kaart met fysisch-geografische regio's (FGR).*

Fysisch-geografische regio	Oppervlakte (km <sup>2</sup> )
Hoge zandgrond	16.336
Niet ingedeeld	1.169
Rivierenland	3.609
Duinen	.917
Laagveen	2.578
Zeeklei	9.572
Heuvelland	.509
Afgesloten zee-armen	2.557
Getijdgebied	3.338
<b>Totaal</b>	<b>40.590</b>

#### *Vasthouden*

De Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 met grondwatertrappen (Gt) is gebruikt om te bepalen hoeveel water rond 1990 werd vastgehouden in de bodem. De gegevens van de Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 zijn verzameld tussen 1958 en 1999. Tussen de zoute grondwaterlaag en de freatische zone bevindt zich het zoete grondwater, in totaal 800 miljard m<sup>3</sup> (de Bosatlas). Omdat in de huidige situatie afhankelijk van de regio/het landgebruik wordt gestuurd op het grondwaterpeil, bepaalt het verschil tussen de gemiddeld laagste grondwaterstand en de gemiddeld hoogst grondwaterstand het volume aan water dat wordt vastgehouden.

$$\text{Vasthouden} = (\text{GHG} - \text{GLG}) * \text{oppervlak} * \text{porositeit}.$$

De kaart met de FGR's is gecombineerd met de Bodemkaart van Nederland. Op deze wijze is het oppervlak per grondwatertrap berekend voor de drie verschillende regio's. De grondwatertrap bestaat uit een waarde voor de GHG en de GLG, dit zijn echter ranges. Om een verschil te kunnen bepalen tussen de GHG en GLG zijn kleiner en groter dan tekens genegeerd en is in geval van een range het gemiddelde berekend. Om te bepalen hoeveel water een gemiddelde zandgrond, kleigrond of veengrond kan vasthouden is gebruik gemaakt van de effectieve porositeit. Voor zandgrond is een effectieve porositeit gehanteerd van 0,3 en voor kleigrond van 0,05 (De Smedt, 2013). Voor de porositeit van veen is een waarde van 0,5 gehanteerd.

Na het bepalen van de hoeveelheid water die in 1990 werd vastgehouden in de bodem, is aan de hand van studies in het Maasstroomgebied en het beheergebied van waterschap Rijn en IJssel bepaald in hoeverre de grondwaterstand is gestegen/gedaald tussen 1990 en 2014 in het zandgebied. Het klei- en veengebied zijn buiten beschouwing gelaten, aangenomen is dat in deze gebieden tussen 1990 en 2014 geen veranderingen hebben plaatsgevonden in de hoeveelheid vastgehouden water in de bodem.

**Kritische noot:** De gegevens van de Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 zijn verzameld tussen 1958 en 1999. Uit onderzoek naar de actualiteit van de Gt-informatie uitgevoerd door Finke (1998) en Heidema (2001) is gebleken dat voor een groot deel van de kaartbladen actualisering noodzakelijk is. Van der Gaast *et al.* (2010) hebben een Gt-kaart op basis van karteerbare kenmerken ontwikkeld (KK-kaart). Uit onderzoek is verband gelegd tussen grondwaterstandgegevens en bodemkundige kenmerken die in het veld uit onder andere handboringen afgeleid kunnen worden (Van der Gaast *et al.*, 2010). Door dit aangetoonde verband is in de kaart uit 2010 een gedetailleerder

---

beeld van de grondwatertrappen ontstaan. Het verdient de aanbeveling om in een vervolg op deze studie gebruik te maken van deze geactualiseerde kaart.

### *Bergen*

"Vasthouden en bergen zijn centrale begrippen in de aanbevelingen van de Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> Eeuw, maar in de praktijk blijkt er veel onduidelijkheid te zijn over de inhoud van deze begrippen. In rapport is het begrip waterberging gedefinieerd als „een situatie waarbij van elders aangevoerd oppervlaktewater tijdelijk wordt geborgen met als doel om benedenstrooms gelegen gebieden te vrijwaren van wateroverlast". Deze definitie van waterberging sluit aan bij het onderscheid dat door de commissie WB21 wordt gemaakt tussen vasthouden en bergen, en bij de manier waarop de term bergen door de Unie van Waterschappen wordt gebruikt: „Bergen [...] betekent dat het water via het stelsel van watergangen naar een gebied geleid wordt en dat het daar wordt geborgen. Dit is van korte duur (enkele dagen tot enkele weken) en is bedoeld om overbelasting van het afvoersysteem te voorkomen."

In het dagelijks taalgebruik wordt het begrip bergen vaak als verzamelterm gebruikt voor allerlei vormen van bergen én vasthouden. Daarbij kan het zowel gaan om het vasthouden van grond- en regenwater door de afvoer te verminderen, als om het bergen van elders aangevoerd oppervlaktewater. In een aantal opzichten zijn de effecten van berging te vergelijken met de effecten van het vasthouden van water. In beide gevallen is een resultaat dat een gebied of delen van een gebied onder water komen te staan. Een belangrijk verschil is echter dat het bij vasthouden van water geen aanvoer van nutriënten of andere stoffen plaats vindt, en bij berging wel. Ook zal de dynamiek bij berging meestal groter zijn dan bij vasthouden." (bron: Waterberging als ruimtelijke opgave in het Reggedal Position paper als bijlage bij het projectvoorstel 'Waterberging als Ruimtelijke Opgave' versie 2 - Han Runhaar, KWR Watercycle Research Institute).

Bij diverse waterschappen is nagevraagd hoeveel bergingsgebied is aangewezen/aangelegd tussen 1990 en 2014. Het totaal aan beheergebied bij waterschappen in Nederland is 3.377.340 ha. Het totaal aan waterbergingsgebied voor Nederland is berekend door het totaal aan waterbergingsgebied van de vijf waterschappen uit tabel 10.6 te corrigeren voor het totale beheergebied van alle waterschappen in Nederland ( $(3.377.340/792.300)*72,811$ ). Omgerekend is in Nederland tussen 1990 en 2014 ongeveer 310 miljoen m<sup>3</sup> waterbergingsgebied aangelegd. De verhouding zandgebied: laagveengebied: kleigebied is 51:8:41. Deze verhouding is bepaald door het oppervlak te bepalen aan op de kaart met FGR's. Omgerekend zou dit neerkomen op 158 miljoen m<sup>3</sup> in zandgebied, 25 miljoen m<sup>3</sup> in veengebied en 127 miljoen m<sup>3</sup> in kleigebied.

### *Vertraagd afvoeren*

Na hermeanderen neemt de afvoercapaciteit van de beek bij hoogwater af. Een verhoging van de sinuositeit leidt tot een lager verhang en een kleiner profiel (verondieping en verbreding) uit zich in een kleinere natte doorsnede waardoor de stroomsnelheid afneemt. Daarnaast leidt een kleine doorsnede ertoe dat de beek al vanaf een lagere afvoer zal inunderen. Een deel van het inunderende water zal buiten het beekprofiel meestromen en meer weerstand ondervinden waardoor de afvoerpiek vertraagd wordt. Naast dit effect speelt ook het bergingseffect mee dat veroorzaakt wordt doordat water tijdelijk wordt geborgen op het maaiveld. De onregelmatigheid van het oppervlak speelt hierbij een belangrijke rol. Lokale depressies en onregelmatigheden zorgen ervoor dat een deel van het water dat inundeert niet of vertraagd tot afstroming komt met als gevolg dat de afvoerpiek wordt gereduceerd en/of vertraagd. Beekherstel heeft over het geheel een beperkt vertragend en piek verlagend effect op de benedenstrooms afvoer.

Uit Regge-modellering volgde dat er een 6,5% piekverlaging op kan treden en vertragingen in de orde van 9 uur (Medenblik *et al.*, 2008). Uit modelleringen van het Dommelstroomgebied volgde dat modelmatig zeer klein vertragend en piekverlagend effect op het benedenstrooms debiet kan optreden (Entzinger, 2011). Om deze reden hebben we alleen gekeken naar het bergend effect van de inundatiezones.

Bij diverse waterschappen is nagevraagd hoeveel kilometer beek in hun beheergebied hermeandering heeft ondergaan sinds 1990.

## Techniek te nat + te droog

Via het regionale watersysteem wordt 27 m<sup>3</sup>/sec water afgevoerd, bij een Rijnaanvoer van 1200 m<sup>3</sup>/sec (Bosatlas, 2010). Omgerekend betekent dit dat er 851 miljoen m<sup>3</sup> per jaar via gemalen wordt uitgeslagen. Een deel van het water wordt uitgeslagen naar het Noordzeekanaal, rivieren en het IJsselmeer. Deze posten zijn vooralsnog niet meegenomen. Daarnaast geldt dat het gaat om uitgeslagen water bij lage rivieraanvoeren, daarom is 851 miljoen m<sup>3</sup> per jaar waarschijnlijk een onderschatting.

## Huidige waterberging onderverdeeld naar ecosysteemtype

In deze paragraaf worden de eerder beschreven capaciteit voor vasthouden, bergen en vertraagd afvoeren uitgesplitst naar natuur en agrarisch. Per regio is het landgebruik bepaald met behulp van het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6). Het resultaat van de combinatie FGR en LGN6 staat weergegeven in Bijlage 1. Per regio is het totale oppervlak natuur en agrarisch berekend. Voor dit doel zijn de categorieën van de LGN6-kaart samengevoegd (tabel 10.2). De categorieën die niet aan natuur of agrarisch konden worden toegekend, zijn buiten beschouwing gelaten. De capaciteit voor vasthouden, bergen en vertraagd afvoeren is toegekend op basis van de oppervlakteverhouding natuur:agrarisch voor de betreffende regio.

Tabel 10.2

Overzicht van de samengevoegde LGN6 categorieën tot de nieuwe categorieën natuur en agrarisch.

Nieuwe categorie	Omschrijving categorie LGN6	Code categorie LGN6
Agrarisch	agrarisch gras	1
Agrarisch	mais	2
Agrarisch	aardappelen	3
Agrarisch	bieten	4
Agrarisch	granen	5
Agrarisch	overige landbouwgewassen	6
Agrarisch	glastuinbouw	8
Agrarisch	boomgaard	9
Agrarisch	bollen	10
Agrarisch	boomkwekerijen	61
Agrarisch	fruitkwekerijen	62
Natuur	loofbos	11
Natuur	naaldbos	12
Natuur	kwelders	30
Natuur	open zand in kustgebied	31
Natuur	duinen met lage vegetatie (<1m)	32
Natuur	duinen met hoge vegetatie (>1m)	33
Natuur	duinheide	34
Natuur	open stuifzand en/of rivierzand	35
Natuur	heide	36
Natuur	matig vergraste heide	37
Natuur	sterk vergraste heide	38
Natuur	hoogveen	39
Natuur	bos in hoogveengebied	40
Natuur	overige moerasvegetatie	41
Natuur	rietvegetatie	42
Natuur	bos in moerasgebied	43
Natuur	natuurgraslanden	45
niet toegekend	zoet water	16
niet toegekend	zout water	17
niet toegekend	bebouwing in primair bebouwd gebied	18
niet toegekend	bebouwing in secundair bebouwd gebied	19
niet toegekend	bos in primair bebouwd gebied	20
niet toegekend	bos in secundair bebouwd gebied	22
niet toegekend	gras in primair bebouwd gebied	23
niet toegekend	kale grond in bebouwd buitengebied	24
niet toegekend	hoofdwegen & spoorwegen	25
niet toegekend	bebouwing in buitengebied	26
niet toegekend	gras in secundair bebouwd gebied	28

Daarnaast is per regio het volume aan oppervlaktewater berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van verschillende bronnen (CBS *et al.*, 2012b; Top10NL\_watertype\_OWM\_vlak kaart). Ook het volume oppervlaktewater is per regio onderverdeeld naar natuur en agrarisch op basis van de oppervlakteverhouding. Naast het volume oppervlaktewater is tevens het oppervlakte moeras berekend op basis van de kaart met FGR's en LGN6. Voor dit doel zijn de categorieën moerasvegetatie, rietvegetatie en bos in moerasgebied samengevoegd. Het oppervlakte moeras is voor 100% toegekend aan natuur. Omdat geen inzicht bestaat in peilveranderingen in het oppervlaktewater tussen 1990 en 2014 is het momenteel niet mogelijk te berekenen hoeveel extra water op oppervlaktewater is geborgen tussen 1990 en 2014.

## 10.3 Resultaten

### Huidige waterberging

Uit tabel 10.3 blijkt dat zandgronden bijdragen aan de ecosysteemdienst Waterberging. In de zandgebieden wordt veel water vastgehouden in de bodem. De ecosysteemdienst Waterberging in de vorm van peilgestuurde bergingsgebieden en berging in inundatiezones van beken in zandgebieden is laag in verhouding tot vasthouden (in de bodem). In het laagveen- en kleigebied kan relatief weinig water worden vastgehouden in de bodem, waardoor in deze gebieden waterberging in peilgestuurde bergingsgebieden een veel groter aandeel heeft.

Tabel 10.3

*Het aanbod van de ecosysteemdienst Waterberging in 2014 per regio onderverdeeld naar: vasthouden, bergen en vertraagd afvoeren.*

	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (miljoen m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )
Landelijk	3295	386	11
Laagveengebied	363	31	Nvt
Kleigebied	379	158	Nvt
Zandgebied	2553	197	11

### Conclusie

Wanneer we de cijfers uit tabel 10.3 afzetten tegen de watervraag van 11.213 miljoen m<sup>3</sup> berekend in de eerste alinea van paragraaf 10.2 betekent dit dat de ecosysteemdienst Waterberging voor 33% voorziet in de vraag naar water. Het aanbod van de dienst Waterberging bestaat voor 29% uit water vasthouden, voor 3% peilgestuurde bergingsgebieden en voor minder dan 1% uit berging in de inundatiezones van beken. In de paragraaf '*Techniek te nat + te droog*' is vastgesteld dat 851 miljoen m<sup>3</sup> water per jaar wordt geleverd door techniek, wat overeenkomt met 15%. In 59% van de totale watervraag wordt niet voorzien.

### Toelichting op de cijfers

#### Vasthouden

Voor een toelichting op de hoeveelheid water die in 2014 wordt vastgehouden op zand wordt verwezen naar tabel 10.1.

#### Vertraagd afvoeren

In totaal is tussen 1960 en 2008 1.122 kilometer beek hermeanderd (tabel 10.4).

Tabel 10.4

*Het aantal kilometers hermeanderde beek van 1960-2008 (bron: Didderen *et al.*, 2009).*

Periode	tot 1993	1993-1998	1999-2003	2004-2008
Aantal gerealiseerde herstelprojecten	45	59	101	82
Gemiddeld aantal kilometers per project	5.0	3.3	3.1	4.7
Cumulatief aantal kilometers	227	422	736	1122

Naast de getallen uit tabel 10.4 zijn gegevens opgevraagd bij diverse waterschappen voor het aantal kilometers hermeanderde beek sinds 1990. De vier waterschappen weergegeven in tabel 10.5 geven aan dat in hun beheergebieden tezamen 375 kilometer beek is hermeanderd tussen 1990 en 2014. De 1122 kilometer gerapporteerd door Didderen *et al.* (2009) zijn gebaseerd op gegevens van 13 waterschappen. Wanneer we corrigeren voor het aantal waterschappen ( $13/4 \cdot 375$ ) zou tussen 1990 en 2014 1160 kilometer beek zijn hermeanderd. Beken in Nederland liggen hoofdzakelijk in het zandgebied en daarom is alleen een getal voor vertraagd afvoeren opgenomen voor het zandgebied.

**Tabel 10.5**

*Overzicht van het aantal kilometer hermeanderde beek sinds 1990.*

Waterschap	Aantal kilometer
Waterschap Aa en Maas	12
Waterschap De Dommel	151
Waterschap Peel & Maasvallei	150
Waterschap Hunze en Aa's	44

Het bergend effect van de inundatiezones is nog onbekend. Nemen we aan dat de gemiddelde breedte van de inundatiezone aan weerszijden 20 m is, dan is het bergend oppervlak aan herstellende beken over de laatste 25 jaar toegenomen tot circa 45 km<sup>2</sup> ( $0,04 \cdot 1160$ ). Dat betekent een berging van 11 M m<sup>3</sup>.

**Kritische noot:** Wanneer we kijken naar figuur 2 uit Didderen *et al.*, 2009 is te zien dat het overgrote deel van de projecten is uitgevoerd door waterschap Peel en Maasvallei (ongeveer 40%). Dit zou impliceren dat de schatting op basis van tabel 10.4 aan de hoge kant is. Het lijkt er nu op of er sinds 2008 niet veel kilometers beek zijn hermeanderd, wat niet aannemelijk is.

#### Bergen

In tabel 10.6 staat weergegeven hoeveel bergingsgebied is aangelegd tussen 1990 en 2014. In Bijlage 1 worden deze cijfers nader toegelicht. Het gesommeerde oppervlak van de beheergebieden van deze vijf waterschappen vormt slechts 23% van het totale beheergebied van alle waterschappen in Nederland. Het aangelegde waterbergingsgebied is daarom vermenigvuldigd met 4,3.

In tabel 10.6 staat het bergingsgebied uitgesplitst naar de drie regio's. Door de oppervlakteverhouding van de drie verschillende regio's te berekenen op basis van de kaart met FGR's (51% zandgebied, 41% kleigebied en 8% laagveengebied) en dit te vermenigvuldigen met het aangelegde waterbergingsgebied is een getal voor waterberging per regio berekend.

**Tabel 10.6**

*Overzicht van het waterbergingsgebied (miljoen m<sup>3</sup>) aangelegd tussen 1990 en 2014 voor vijf verschillende waterschappen.*

	Waterbergingsgebied (milj. m <sup>3</sup> )	Oppervlakte beheergebied (ha)*
Waterschap Aa en Maas	1,5	163.800
Waterschap De Dommel	13,475	150.000
Waterschap Reest en Wieden	5,336	137.500
Waterschap Hunze en Aa's	51	206.000
Waterschap Regge en Dinkel	19,2	135.000
Totaal	72,811	792.300

Bron: UvW, 2007

**Kritische noot:** de bovenstaande getallen worden sterk bepaald door de grote hoeveelheid waterbergingsgebied aangelegd door waterschap Hunze en Aa's. Dit cijfer ligt mede zo hoog door de grote hoeveelheid water die kan worden geborgen in de Bossche Broek. Hier wordt 1,5 m op het maaiveld geborgen ten opzichte van het landelijk gemiddelde van 0,5 m (Unie van Waterschappen, 2007).



## Belang van ecosystemen

De 'ecosysteemtypen' die de ecosystemedienst 'waterberging' leveren zijn onderverdeeld in natuur en agrarisch. In tabel 10.7 is het aanbod van de ecosystemedienst Waterberging in 2014 per regio onderverdeeld naar natuur en agrarisch.

Tabel 10.7

Het aanbod van de ecosystemedienst Waterberging in 2014 per regio onderverdeeld naar natuur en agrarisch.

Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )		Bergen (miljoen m <sup>3</sup> )		Vertraagd afvoeren (miljoen m <sup>3</sup> )	
	natuur	agrarisch	natuur	agrarisch	natuur	agrarisch
Landelijk	836	2459	77	309	3	8
Laagveengebied	66	297	6	25		
Kleigebeid	36	343	2	23		
Zandgebied	735	1818	15	143	3	8

### Conclusie

De bijdrage van natuur is in totaal 916 miljoen m<sup>3</sup> (836+77+3). De bijdrage van het agrarisch gebied is in totaal 2776 miljoen m<sup>3</sup> (2459+309+8). Dit komt neer op een bijdrage van natuur aan de levering van de dienst van 25% en van 75% van het agrarisch gebied. Het ecosysteemtype urbaan is niet meegenomen in de analyse. Voor vertraagd afvoeren en bergen is het niet aannemelijk dat deze diensten geleverd worden in urbaan gebied, voor vasthouden ligt dit mogelijk anders.

Toelichting op de cijfers: Door de getallen uit paragraaf 10.3 te vermenigvuldigen met het deel natuur en agrarisch oppervlak binnen de drie regio's zijn bovenstaande getallen verkregen.

Tabel 10.8

Overzicht van de ecosystemedienst Waterberging in oppervlaktewater (miljoen m<sup>3</sup>) in gebieden aangemerkt als agrarisch en als natuur.

Regio	Watertype	Natuur	Agrarisch	Waterberging (miljoen m <sup>3</sup> )
Landelijk	Moeras	31	0	31
	Sloten	30	135	165
	Meren en plassen	75	441	516
Laagveengebied	Moeras	13	0	13
	Sloten	11	47	58
	Meren en plassen	21	97	118
Kleigebeid	Moeras	12	0	12
	Sloten	6	54	60
	Meren en plassen	30	287	317
	Rivieren	31	299	330
Zandgebied	Moeras	2	0	2
	Sloten	14	33	47
	Meren en plassen	12	29	41
	Beken	7	18	26
Overig	Moeras	5	0	5
	Sloten	nvt	nvt	nvt
	Meren en plassen	12	28	41

In tabel 10.8 zijn niet de wateren opgenomen die vallen onder de categorieën afgesloten zee-armen en het getijdegebied. In het FGR getijdegebied ligt volgens LGN6 geen zoet water. Het zoetwater in de categorie afgesloten zee-armen bedraagt 2257 km<sup>2</sup>. De oppervlakte van het IJsselmeer en Markermeer samen bedraagt 1829 km<sup>2</sup> (op basis van de Top10NL\_watertype\_OWM\_vlak kaart). De oppervlakte van de randmeren bedraagt ongeveer 366 km<sup>2</sup> op basis van dezelfde kaart. Daarnaast dragen het Lauwersmeer, het Haringvliet, het Grevelingen en het Veerse Meer nog bij aan de categorie afgesloten zee-armen.

---

## Toelichting op de cijfers

### *Sloot*

In totaal ligt er 330.000 km sloot in Nederland (bron: CBS *et al.*, 2012b) met een gemiddelde breedte van 1 m en een oppervlakte van ongeveer 330 miljoen m<sup>2</sup>. De verhouding zandgebied : laagveen-gebied : kleigebied is 51:8:41 (zie paragraaf 10.2). De verhouding slootdichtheid zandgebied:laagveengebied:kleigebied is ingeschat als zijnde 1:10:5. Vervolgens is het oppervlakte omgezet naar kubieke meters door uit te gaan van een gemiddelde slootdiepte van 0,5 m.

**Noot:** Er is bewust voor gekozen om voor de berekening van het oppervlakte aan sloten per gebied geen gebruik te maken van de TOP10-kaart met lijnvormige wateren. Op deze kaart staan namelijk alleen sloten aangegeven, die zijn aangemerkt als KRW-waterlichaam, met als gevolg dat volgens de kaart nauwelijks tot geen sloten liggen in het zandgebied.

### *Moeras*

Het areaal moeras op basis van LGN6 (416 km<sup>2</sup>) komt niet overeen met het areaal moeras per FGR vastgesteld door het CBS voor 1990 (472 km<sup>2</sup>). Dit kan te maken hebben met het al of niet meetellen van het open water. In 1990 was volgens het CBS het areaal moeras 472 km<sup>2</sup>; volgens de LGN6 bedraagt het areaal moeras in totaal 416 km<sup>2</sup> (maar het kan ook zijn dat LGN 6 ook stukken als natuurgrasland heeft aangemerkt). Om er zeker van te zijn dat er niet dubbel wordt geteld rekenen we hier met 416 km<sup>2</sup> moeras. In tabel 10.8 is in de categorie 'overig' tevens aangegeven hoeveel areaal moeras ligt buiten de drie onderscheiden regio's. Om de hoeveelheid water die een moeras bergt te berekenen, is uitgegaan van 15 cm met een correctie voor de porositeit van veen van 0,5.

### *Meer en plas*

Het oppervlakte meren en plassen per regio is berekend door de LGN6-kaart te combineren met de FGR-kaart en het oppervlak van de categorie zoet water te berekenen. De categorieën afgesloten zee-armen en getijdewateren van de FGR-kaart zijn buiten beschouwing gelaten. Per regio is gecorrigeerd voor het oppervlak aan beken, sloten en rivieren (CBS *et al.*, 2012). Het gesommeerde oppervlak aan zoetwater voor de categorie niet ingedeeld en heuvelland zijn opgenomen onder 'overig' in tabel 10.8. De oppervlaktes in tabel 10.9 zijn omgerekend naar kubieke meters door uit te gaan van een gemiddelde waterdiepte van 0,5 m.

---

**Tabel 10.9**

*Oppervlakte zoetwater (km<sup>2</sup>) van de LGN6 kaart per fysisch geografische regio.*

FGR	Zoet water	Rivier	Sloten	Beken	Meren en plassen
Hoge zandgrond	227		94	51	82
Niet ingedeeld	79				79
Rivierenland+zeeklei	752	330	119		633
Laagveen	352		116		236
Heuvelland	2				2

### *Rivier*

In totaal bedraagt het oppervlak aan grote rivieren in Nederland 330 km<sup>2</sup> (bron: CBS *et al.*, 2012b). Bij het berekenen van de hoeveelheid water die de Nederlandse rivieren herbergen is uitgegaan van een gemiddelde diepte van 1 m.

### *Beken*

In totaal bedraagt het oppervlak aan beken in Nederland ongeveer 17.000 km<sup>2</sup>. Volgens het CBS *et al.* (2012) bedraagt de lengte aan beken in Nederland slechts 6200 km, waarschijnlijk gaat het om beken die zijn aangewezen als KRW-waterlichaam. We hebben aangenomen dat de gemiddelde beek een diepte heeft van 0.5 m en een breedte van 3 m. Het oppervlak aan beken is volledig toegekend aan de regio zandgebied.

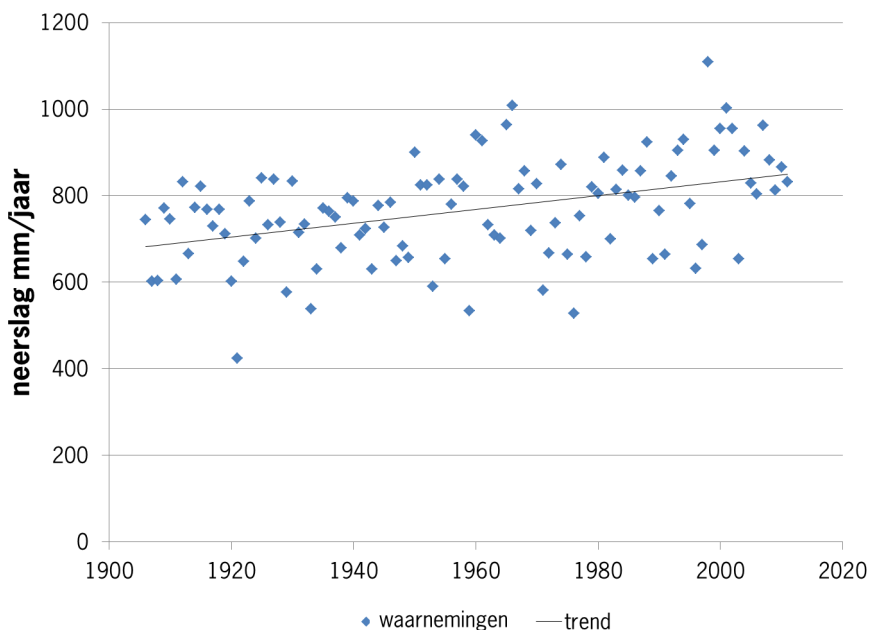
## Samenvatting

Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )		Bergen (miljoen m <sup>3</sup> )		Vertraagd afvoeren (miljoen m <sup>3</sup> )	
	<i>natuur</i>	<i>agrarisch</i>	<i>natuur</i>	<i>agrarisch</i>	<i>natuur</i>	<i>agrarisch</i>
Landelijk	836	2459	77	309	3	8
Laagveengebied	66	297	6	25		
Kleigebeid	36	343	2	23		
Zandgebied	735	1818	15	143	3	8

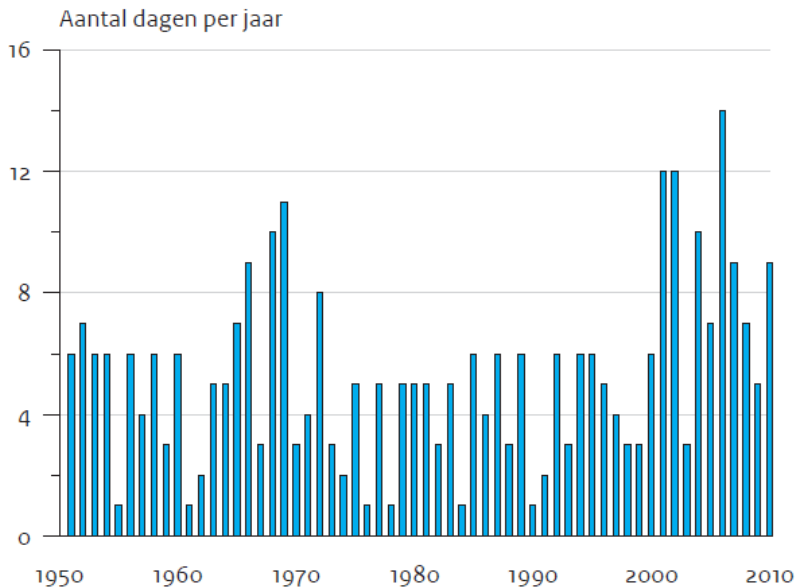
Regio	Vasthouden (%)		Bergen (%)		Vertraagd afvoeren (%)	
	<i>natuur</i>	<i>agrarisch</i>	<i>natuur</i>	<i>agrarisch</i>	<i>natuur</i>	<i>agrarisch</i>
Landelijk	7,46	21,95	0,69	2,76	0,03	0,07
Laagveengebied	0,59	2,65	0,05	0,22		
Kleigebeid	0,32	3,06	0,02	0,21		
Zandgebied	6,56	16,23	0,13	1,28	0,03	0,07

### Trend in de vraag naar waterberging tussen 1990 en 2014.

Het klimaat in Nederland verandert: Zo is de gemiddelde temperatuur in Nederland over de afgelopen eeuw met 1,7 graden Celsius gestegen en nam het aantal jaarlijkse zomerse dagen met bijna 20 toe. De totale hoeveelheid jaarlijkse neerslag steeg met ongeveer 20 procent (figuur 10.2) en ook de frequentie van hevige regenbuien nam sterk toe (figuur 10.3). De gemeten temperatuurstijging in Nederland is circa tweemaal hoger dan die gemiddeld over de wereld en er is in Nederland in de afgelopen 20 jaar geen afzwakking van deze stijgende trend waarneembaar. Volgens de huidige inzichten zal de klimaatverandering in Nederland de komende eeuwen verder doorzetten, al is de omvang en het tempo van deze verandering onzeker. Zo kan de jaarlijkse neerslag in Nederland tot het einde van deze eeuw met 5% afnemen, maar ook met 6% stijgen. Dit bemoeilijkt het inspelen op klimaateffecten (bron: PBL, 2012).



**Figuur 10.2** De jaarlijkse neerslag in Nederland (gemiddelde van 13 stations) tussen 1906 en 2011 (bron: KNMI, 2011; CBS et al., 2012a).



**Figuur 10.3** Dagen in een jaar met zware neerslag (50 mm of meer) tussen 1950 en 2010 (bron: KNMI, 2011).

Om te bepalen in hoeverre het neerslagoverschot is toegenomen tussen 1990 en 2013 jaren zijn de neerslag- en verdampingsgegevens van het KNMI voor weerstation De Bilt gebruikt (tabel 10.10). De jaarlijkse neerslag en verdamping volgens Makkink zijn berekend en gemiddeld over de periode 1981-1989 en de periode 2004-2013 (tabel 10.11).

**Tabel 10.10**

*Hoeveelheid neerslag (mm), de verdamping (mm) volgens Makkink en het berekende neerslagoverschot per jaar voor weerstation De Bilt gedurende de periode 1980-1989 (Bron: CBS statline).*

Jaar	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Neerslagoverschot (mm)
1980	863	635	228
1981	992	599	393
1982	635	669	-34
1983	891	656	235
1984	890	602	288
1985	727	610	117
1986	834	669	165
1987	976	480	496
1988	933	506	427
1989	718	573	145
Gemiddelde 1980 - 1989	846	600	246

**Tabel 10.11**

*Hoeveelheid neerslag (mm), de verdamping (mm) volgens Makkink en het berekende neerslagoverschot per jaar voor weerstation De Bilt gedurende de periode 2004-2013 (Bron: CBS statline).*

Jaar	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Neerslagoverschot (mm)
2004	910	569	341
2005	873	591	282
2006	867	601	266
2007	1033	581	452
2008	943	576	367
2009	833	612	221
2010	901	590	311
2011	962	585	377
2012	973	564	409
2013	934	565	369
Gemiddelde 2004 - 2013	923	583	340

## Conclusie

Een toename van 94 mm neerslagoverschot tussen 1989 en 2013 gebaseerd op tabel 10.10 en tabel 10.11 lijkt aan de hoge kant, aangezien de trend van de totale hoeveelheid neerslag in 2014 36 mm meer was in vergelijking tot 1990. De verwachting is daarom dat de trend in de totale hoeveelheid neerslag betrouwbaarder is, omdat het gaat om data van 1906-2011. Vervolgens hebben we de gemiddelde verdamping bepaald tussen 1980 en 1989 (600 mm) en tussen 2004 en 2013 (583 mm). Op basis hiervan is de verdamping 17 mm afgenomen. Het netto neerslagoverschot is daarmee toegenomen met  $36 + 17 = 53$  mm tussen 1990 en 2014, wat neerkomt op 2200 miljoen m<sup>3</sup> (landoppervlak 41 528 km<sup>2</sup> op basis van LGN 6) en een procentuele toename in de watervraag van 24% ( $2200/(11213-2200)$ ).

## Kritische noot

De daadwerkelijk vraag naar waterberging is veel lastiger vast te stellen, want deze hangt af van een groot aantal factoren, zoals bijvoorbeeld het landgebruik, het neerslagoverschot ten tijde van hevige buien, of sprake is van kwel/wegzijging etc.

Aerts *et al.* (2008) hebben een globale inventarisatie gemaakt van de effecten van klimaatverandering op wateroverlast. De totale wateropgave (het extra volume water dat vastgehouden, geborgen of afgevoerd moet worden wanneer klimaatverandering doorzet) is ongeveer 425 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in 2050 onder het KNMI-middenscenario. Daarnaast hebben Immerzeel & Droogers (2008) de lokale wateroverlast ten gevolge van toenemende extreme neerslag en veranderend landgebruik en een gelimiteerde ontwateringscapaciteit vastgesteld. Immerzeel & Doogers (2008) kwamen tot de conclusie dat voor heel Nederland geldt dat er in 2008 een lokale wateroverlast van 19 miljoen m<sup>3</sup> (alleen dijkringen = 12 miljoen m<sup>3</sup>) was. In 2050 (klimaatscenario W en MNP Trendscenario) wordt dit in totaal 61 miljoen m<sup>3</sup> (alleen dijkringen = 43 miljoen m<sup>3</sup>). In totaal komt de wateropgave voor 2050 daarmee op 486 miljoen m<sup>3</sup>.

## Trend in het aanbod van waterberging tussen 1990 en 2014

Er is een globale inventarisatie gemaakt van de effecten van klimaatverandering op wateroverlast. De totale wateropgave (het extra volume water dat vastgehouden, geborgen of afgevoerd moet worden wanneer klimaatverandering doorzet) is ongeveer 425 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in 2050 onder het KNMI-middenscenario (Aerts *et al.*, 2008). Daarnaast hebben Immerzeel & Droogers (2008) de lokale wateroverlast ten gevolge van toenemende extreme neerslag en veranderend landgebruik en een gelimiteerde ontwateringscapaciteit vastgesteld. Immerzeel & Doogers (2008) kwamen tot de conclusie dat voor heel Nederland geldt dat er in 2050 een lokale wateroverlast is van in totaal 61 miljoen m<sup>3</sup> (alleen dijkringen = 43 miljoen m<sup>3</sup>). In totaal komt de wateropgave voor 2050 daarmee op 486 miljoen m<sup>3</sup>.

De veranderingen in de ecosysteemdienst 'Waterberging' tussen 1990 en 2014 zijn klein afgezet tegen de totale hoeveelheid water die wordt vastgehouden in de bodem. Wanneer de wateropgave wordt vergeleken met de inschatting van de hoeveelheid water die kan worden geborgen in gerealiseerde waterbergingsgebieden, blijkt dat de wateropgave al voor 91% ( $(386+11+43)/425+61$ ) is gerealiseerd (tabel 10.12 en tabel 10.13). Dit is opvallend, omdat de wateropgave geldt voor 2050 en omdat in deze studie een deel van de maatregelen die door de waterschappen zijn getroffen om 'waterberging' te realiseren niet zijn geïnventariseerd. Het gaat daarbij om maatregelen zoals het aanleggen van peilgestuurde drainage, natuurvriendelijke oevers, knijpstuwen, het instellen van flexibel peil, anticiperend peilbeheer, het dempen van sloten enz.

Tabel 10.12

Het aanbod van de ecosysteemdienst "Waterberging" in 1990 per regio onderverdeeld naar: vasthouden, bergen en vertraagd afvoeren.

Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (miljoen m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )
Landelijk	3252	0	0
Laagveengebied	363	0	0
Kleigebied	379	0	0
Zandgebied	2510	0	0

Tabel 10.13

Het aanbod van de ecosysteemdienst "Waterberging" in 2014 per regio onderverdeeld naar: vasthouden, bergen en vertraagd afvoeren.

Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (miljoen m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )
Landelijk	3295	386	11
Laagveengebied	363	31	nvt
Kleigebied	379	158	nvt
Zandgebied	2553	197	11

#### Conclusie

Het aanbod is toegenomen met 440 miljoen m<sup>3</sup> in 24 jaar. Dat betekent een toename van ca 14%.

#### **Toelichting op de cijfers**

##### *Vasthouden*

Om te bepalen in hoeverre de meer of minder water wordt vastgehouden in de bodem tussen 1990 en 2014 is op basis van De Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000 met grondwatertrappen (Gt) bepaald hoeveel water in 1990 werd vastgehouden in de bodem. Vervolgens is aan de hand van studies in het Maasstroomgebied en het beheergebied van waterschap Rijn en IJssel zandgebied bepaald in hoeverre de grondwaterstand is gestegen/gedaald tussen 1990 en 2014 in het zandgebied. Het klei- en veengebied zijn buiten beschouwing gelaten, aangenomen is dat in deze gebieden tussen 1990 en 2014 geen veranderingen hebben plaatsgevonden in de hoeveelheid vastgehouden water in de bodem.

##### Maasstroomgebied

Uit de KRW toetsing 2012 in het Maasstroomgebied (Royal HaskoningDHV, 2012) is gebleken dat alle grondwaterlichamen vanaf 1980 een zelfde beeld laten zien, met relatief weinig veranderingen. Hierbij is onderscheid gemaakt naar vijf grondwaterlichamen:

- Grondwaterlichaam "Zout" 5 meetpunten (een stijging van het gemiddelde residu tussen minder dan 5 cm);
- Grondwaterlichaam "Zand" 30 meetpunten (een stijging van minder dan 5 cm);
- Grondwaterlichaam "Duin" 10 meetpunten (gem residu (variatie in grondwaterstand, die overblijft na correctie voor neerslag en verdamping is ongeveer 5 cm hoger in de periode 2006-2012 in vergelijking tot 1998-1994);
- Grondwaterlichaam "Krijt" 25 meetpunten (stijging gem residu minder dan 5 cm);
- Grondwaterlichaam "Slenk\_Diep" (hier lijkt residue gemiddelde wel met 17 cm te zijn gestegen tov 2006-2012) (stijging van ongeveer 10 cm).

In de trendanalyse per grondwaterlichaam is de grondwaterstand gecorrigeerd voor neerslag en verdamping, met als gevolg dat stijgingen en dalingen in de grondwaterstand als gevolg van klimaatveranderingen niet expliciet worden gemaakt in periodes van zes jaar van 1976 t/m 2012. Uit de gegevens van het gemiddelde residu (neerslag die niet kan worden verklaard door neerslag en verdamping voor de periode 1988-1994 en 2006-2012) lijkt in ieder geval geen sprake te zijn geweest van een daling van de grondwaterstand.

In een vervolg op de studie van Royal HaskoningDHV (2012) is een trendanalyse uitgevoerd op langere tijdreeksen vanaf 1950 (Kanen-Verlinden, 2013). Van peilbuizen met lange meetreeksen zijn vijf peilbuizen geselecteerd, met een representatieve trend in het grondwaterstands- c.q. stijghoogteverloop. De conclusie van deze studie is als volgt: "De tijdreeksen laten allemaal een patroon zien van dalende grondwaterstanden/stijghoogten vanaf 1950. De laagste grondwaterstanden/stijghoogten worden, variërend per peilbuis, in de periode tussen 1982 en 1994 bereikt. De grondwaterstanden/stijghoogten liggen in deze periode in de geselecteerde peilbuizen 50 tot 90 cm lager dan in de jaren '50. De meeste peilbuizen laten vanaf 2000 een herstel van de grondwaterstand/stijghoogte zien. Al zijn er ook peilbuizen waar de grondwaterstand/stijghoogte zich niet herstelt en/of het herstel zich later inzet. Bij peilbuizen waar de grondwaterstand/stijghoogte is hersteld, is de grondwaterstand/stijghoogte in de periode 2006 – 2012 ongeveer gelijk aan de grondwaterstand/stijghoogte eind jaren

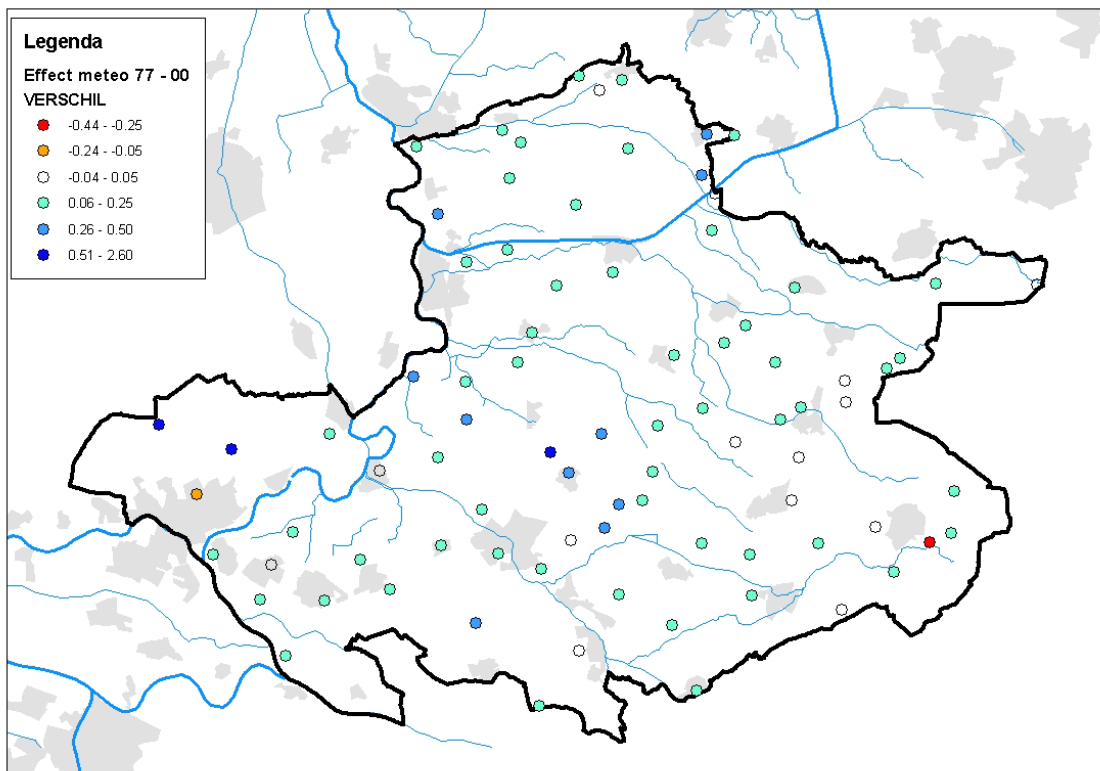
'70 of begin jaren '80. Ten opzichte van de jaren '50 ligt de grondwaterstand/stijghoogte nu ongeveer 10 tot 70 cm lager."

Wanneer we alleen kijken naar de gemiddelde residuen van 1988-1994 en die vergelijken met de gemiddelde residuen van 2006-2012 blijkt in één geval het gemiddelde residu te zijn toegenomen met ca. 20 cm, in geval met 40 cm en is er in twee gevallen geen sprake van een toename of afname. Kortom, de verschillen tussen de individuele peilbuizen zijn groot. Dit geeft aan dat het alleen zin heeft om grote aantallen peilbuizen te werken om inzicht te krijgen in een gebied, om deze reden zijn we hier verder gegaan met de gegevens uit het rapport van 2012.

#### Waterschap Rijn en IJssel

In 2011 heeft KWR een trendanalyse uitgevoerd op peilbuisgegevens in het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel (Leunk & Loon, 2011). Op basis van de in Bijlage 1 vermelde gemiddelde grondwaterstand per decade zijn de jaren tachtig (1990) vergeleken met de jaren 2000-2010 (2014). In 23 van de 49 peilbuizen was sprake van een daling van de gemiddelde grondwaterstand, in de overige buizen was sprake van een stijging. Gemiddeld over alle peilbuizen was sprake van een daling van 1,6 cm. (Overigens is bij vergelijking van de jaren negentig met de jaren 2000-2010 sprake van een stijging van 2,4 cm). Omdat bij deze analyse niet is gecorrigeerd voor neerslag en verdamping, omvat de daling van 1,6 cm ook de effecten als gevolg klimaatverandering.

In hetzelfde rapport zijn is gekeken naar grondwaterstanden in de periode 1970 – 2000 (figuur 10.4). Van de 104 beschikbare reeksen was in 82 gevallen sprake van een stijging van meer dan 5 cm, bij 20 reeksen was de verandering klein (-5 tot 5 cm) en op twee locaties is de grondwaterstand meer dan 5 cm gedaald als gevolg van klimaat. Kortom tussen 1970 en 2000 is de grondwaterstand op de meeste punten met 6 tot 25 cm toegenomen. Als we conservatief zijn en rekenen met een toename van 6 cm over 30 jaar, zou het gemiddelde over 14 jaar neerkomen op 2,8 cm stijging als gevolg van klimaatverandering. Dit zou betekenen dat er 4,6 cm (1,6 + 2,8 cm) aan onttrekkingen is geweest in de periode tussen 1990 en 2010. Waarschijnlijk is dit het gevolg van nog dalende grondwaterstanden in de jaren tachtig door andere oorzaken dan klimaat. Dit wordt bevestigd door de opmerking in het rapport, dat: "...vanaf circa 1995 stoppen de dalende trends (trend op basis van residu, dus gecorrigeerd voor klimaat) nagenoeg overal en zien we vooral stijgende trends".



**Figuur 10.4** Verandering van de grondwaterstand als gevolg van veranderend neerslagoverschot (periode 1970 – 2000) (bron: Leunk & Loon, 2011).

## Conclusie

Wanneer de gegevens van het Maasstroomgebied worden vergeleken met de gegevens van het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel lijkt het aannemelijk om uit te gaan van een stijging van de gemiddelde grondwaterstand tussen 1990 en 2014 van ongeveer 5 cm op zand. In het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel is sprake van een gemiddelde daling van 1,6 cm, terwijl in de Maasstroomgebied op zand de stijging tussen de 0 en 5 cm ligt. De stijging in het Maasstroomgebied houdt echter geen rekening met een stijging van de grondwaterstanden als gevolg van klimaatverandering, die in het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel (conservatief) werden geschat op 2,8 cm. Als we uitgaan van een stijging van 5 cm en corrigeren met 0,30 voor de effectieve porositeit van zandgrond (De Smedt, 2013) en vermenigvuldigen met het oppervlak aan zand in Nederland waar water kan infiltreren (LGN6 gecombineerd met FGR exclusief categorieën zout water, zoet water, glastuinbouw, wegen en bebouwing). Blijft over 14.401 km<sup>2</sup> zandgebied waarop infiltratie mogelijk is. We nemen voor het gemak aan dat op al deze gronden de 70 cm benden maaiveld en doorlatendheid groter dan 0,4 m/dag. In totaal wordt in 2014 2553 miljoen m<sup>3</sup> vastgehouden in de bodem (2510 + 14.401 \* 5 cm \* 0,3).

## Kritische noot

"Het proces van neerslag tot afvoer is een complex proces, waarbij vele factoren een rol spelen. Bovendien varieert de beschikbare bergingscapaciteit over het jaar sterk. Van januari tot en met maart bedraagt de mogelijke berging meestal tussen de 10 tot 40 mm. In de zomer loopt de te bergen hoeveelheid op tot wel 200 mm, maar kan in natte zomers ook aanmerkelijk lager uitvallen (circa 2040 mm). Van augustus naar september neemt de beschikbare berging sterk af en is de kans op wateroverlast groter. Het jaar 1998 was erg nat; door de vele neerslag verspreid over het jaar, was de beschikbare berging gering. De kans op eventueel wateroverlast is in zo'n jaar dan ook groot. Om grondwaterberging zo goed mogelijk te benutten, moet de grondwaterstand in droge perioden laag zijn, daarbij hoort dus een diepe ontwatering. Door de drainage te beperken, zal in natte perioden de grondwaterstand zo hoog mogelijk kunnen stijgen. Een diepere ontwatering alleen heeft een gering effect op de piekafvoeren, maar in combinatie met het dempen van sloten is een afname van 10-15% mogelijk. De sponswerking vergroten is mogelijk, maar rigoureuze maatregelen zijn nodig om piekafvoeren te verminderen." (bron: Querner, 2003).

## Samenvatting

Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (milj. m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )	Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (milj. m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )
Landelijk	3252	0	0	Landelijk	0,2903312		
Laagveen- gebied	363	0	0	Laagveen- gebied	0,0324078		
Kleigebied	379	0	0	Kleigebied	0,0338363		
Zandgebied	2510	0	0	Zandgebied	0,2240871		
Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (milj. m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )	Regio	Vasthouden (miljoen m <sup>3</sup> )	Bergen (milj. m <sup>3</sup> )	Vertraagd afvoeren (berging in inundatiezones, miljoen m <sup>3</sup> )
Landelijk	3295	386	11	Landelijk	0,2941702	0,034461	0,00098
Laagveen- gebied	363	31	nvt	Laagveen- gebied	0,0324078	0,002768	
Kleigebied	379	158	nvt	Kleigebied	0,0338363	0,014106	
Zandgebied	2553	197	11	Zandgebied	0,2279261	0,017588	0,00098



---

### **Aanbod ten opzichte van de vraag**

Wanneer voor het bepalen van de watervraag uit wordt gegaan van het jaarlijkse netto neerslagoverschot is sprake van een toename van 24% tussen 1990 en 2014. Het aanbod van de dienst 'Waterberging' is met slechts 14% toegenomen. Zoals eerder is beschreven vormt het netto neerslagoverschot geen goede indicatie van de vraag naar 'waterberging'.

Wanneer de wateropgave beschreven in paragraaf 10.2 wordt gehanteerd als uitgangspunt voor de vraag naar 'waterberging', is 90% van de opgave voor 2050 in de huidige situatie al gerealiseerd. De aanleg van peilgestuurde waterbergingsgebieden vormt 88% van de geleverde dienst. Hierbij moet worden opgemerkt dat de hoeveelheid kubieke meter bergingsgebied waarschijnlijk een overschatting is van wat in werkelijkheid is aangelegd. De cijfers zijn namelijk gebaseerd op informatie van vijf waterschappen, waarbij één waterschap veel meer waterberging heeft gerealiseerd, dan de overige vier waterschappen (51 versus maximaal 19 miljoen m<sup>3</sup>, zie tabel 10.6). Hierdoor lag het gemiddelde, gebruikt voor extrapolatie, relatief hoog.

Conclusie: er is nog een opgave, maar we zijn niet zeker hoe groot deze is.

### **Betrouwbaarheid**

Categorie D (matig): schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

De analyse heeft plaatsgevonden op basis van kennisregels, beperkte data, een vergelijking met meer geavanceerde modellen zal verschillen geven. Er zijn geen hydrologische modellen gebruikt zoals in het NBW.

### **Volledigheid**

Categorie B: bevat de belangrijkste aspecten.

Niet alle aspecten zijn meegenomen. Droogte door te snelle afstroming van water zijn nog onderbelicht.

## **10.4 Literatuur**

- Aerts, J., T. Spong & B. Bannink (eds) (2008). Aandacht voor veiligheid. Leven met Water, Klimaat voor Ruimte, DG Water, Rapportnummer 009/2008.
- CBS, PBL & Wageningen UR (2012a). Neerslagsom in Nederland, 1906-2011 (indicator 0508,). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL & Wageningen UR (2012b). Oppervlaktewater in Nederland (indicator 1401, versie 01, 5 oktober 2012). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- De Smedt, F. (2013). Grondwatermechanica. Vrije Universiteit Brussel, Brussel.
- De Bosatlas van Nederland Waterland (2010). Noordhoff Uitgeverij bv., Groningen. 104 pp.
- Didderen K., P. Verdonschot, B. Knegt & A. Besse-Lototskaya (2009). Enquête beek(dal) herstelprojecten 2004-2008. Evaluatie van beekherstel over de periode 1960-2008 en analyse van effecten van 9 voorbeeldprojecten. Rapport 1858. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Finke, P.A. (1998). Prioriteiten voor actualisatie van Gt bestanden in Pleistoceen NL. DLO-Staring Centrum, Wageningen. Rapport 631.
- Heidema, A.H. (2001). Kwaliteit Gt-informatie van De Bodemkaart van Nederland. Interne mededeling, Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Immerzeel, W.W. & P. Droogers (2008), Klimaatverandering en lokale wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag in Nederland. Wageningen, FutureWater.
- Kanen-Verlinden, A.J.J. (2013). Lange tijdreeksanalyse in het kader van KRW en RWSR. Royal HaskoningDHV, Maastricht.

- 
- KNMI (2011). De Bosatlas van het klimaat, Noordhoff Uitgeverij, Groningen, [www.klimaatatlas.nl](http://www.klimaatatlas.nl).
- Leunk, I & A. Loon (2011). Trendanalyse rondwaterstanden 1950-2010 Waterschap Rijn en IJssel. KWR, Nieuwegein.
- PBL (2012). Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving.
- Querner, E.P. (2003). Is grondwaterberging beter te benutten om afvoeren te verminderen. *Stromingen* 9(1): 23-32.
- Royal HaskoningDHV (2012). KRW toetsing 2012, Maasstroomgebied.
- UvW (2007). Stand van zaken Waterbeleid 21e eeuw. Unie van Waterschappen, November 2007.
- Van der Gaast, J.W.J., H.R.J. Vroon & H.Th.L. Massop (2010). Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken, publicatie STOWA 2010-41

---

# 11 Kustbescherming

René Henkens (Alterra), Jantsje van Loon-Steensma (Wageningen University), Ron Franken (PBL), Sandy van Tol (PBL), Bart de Knegt (Alterra)

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. de huidige vraag: 21%
- Levering uit ecosystemen buitenland t.o.v. de huidige vraag: 0%
- Levering door technisch alternatief: 79%
- Levering onervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering t.o.v. aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 100%, agrarisch gebied 0%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: B (bevat de belangrijkste aspecten).

## 11.1 Werking van de dienst

Ecosystemen als duinen en kwelders kunnen door water te keren of golven te dempen de kust beschermen. In Nederland vormt vooral het uitgestrekte duinecosysteem (inclusief het strand) een belangrijke natuurlijke waterkering. Daarnaast komen hier en daar stuwwallen en keileembulten voor, zoals de Oudemirdumerklif aan de IJsselmeerkust van Gaasterland. Vegetatiebegroeiing versterkt keringen tegen de eroderende werking van wind en water. Dat geldt ook voor de begroeiing op (onnatuurlijke) dijken. Vegetatie zorgt bovendien voor luwte waardoor stuivend zand kan neerslaan. Dit is vooral van belang bij duinvormende processen, waarbij soorten als Biestarwegras (*Elytrigia juncea*) en Helmgras (*Ammophila arenaria*) via wortelstokken kunnen meegroeien met het duin en zo het zand vasthouden.

Naast ecosystemen met een waterkerende functie zijn er ook natuurlijke systemen met (alleen) een golfdempende functie. Zo hebben de Waddeneilanden een dempende werking op de golven van de Noordzee waardoor ze samen met de wadplaten de vastelandskust van Friesland en Groningen tegen golfaanval beschermen. Hier bedoelen we echter vooral ecosystemen op een kleiner schaalniveau. Golfdemping treedt op bij ondieptes en voorlanden, zoals stranden, kwelders en rietoevers. Deze halen de energie uit de golven, waardoor de golfaanval op de (on)natuurlijke waterkering vermindert. De mate van golfdemping is van verschillende factoren afhankelijk, zoals de hoogte, de hellingshoek, de breedte en de oppervlakteruimte van het voorland. Dat laatste bijvoorbeeld als gevolg van de aanwezigheid van schelpdierbanken, reliëf in het oppervlak en vegetatie. Net zoals bij duinen stimuleert vegetatie op voorlanden de invang en het vasthouden van sediment, zoals Engels slijkgras (*Spartina anglica*) op kwelders/schorren. Daardoor kunnen voorlanden groeien, wat ten goede komt aan de kustbeschermende werking.

### Het spectrum aan kustbeschermende systemen

Ondanks dat ecosysteemdiensten strikt gezien enkel betrekking hebben op het biotische gedeelte is de ecosysteemdienst hier opgevat als het geheel van geomorfologische (erosie en sedimentatie) en biologische processen. Deze processen grijpen op ingewikkelde wijze in elkaar en zijn daarom niet goed los van elkaar te zien.

De kustverdediging kan gerealiseerd worden door natuurlijke ecosystemen zoals duinen. Het is ook mogelijk om kustverdediging op technische wijze te realiseren, bijvoorbeeld door dijken of dammen. De scheiding tussen wat geleverd wordt door het ecosysteem en wat substitutie is (met tussenkomst van de mens), is lang niet altijd helder. Aan de ene kant van het spectrum hebben we de natuurlijke

---

duinen. Als er voldoende zand is, houden ze zichzelf in stand in een dynamisch evenwicht. Op veel plaatsen langs de kust is echter sprake van erosie, en daarom wordt periodiek zand gesuppleerd. Deze zandsuppletie is als een technische maatregel te beschouwen. Omdat er na de ingreep een grote rol voor het natuurlijke ecosysteem is weggelegd in het vasthouden van het zand, en het om een min of meer natuurlijk ecosysteem gaat, beschouwen we deze vorm van kustverdediging als ecosysteemdienst.

Vooroevers, kwelders/schorren, schelpenbanken en ondieptes nemen een tussenvorm in. Ze dempen de golven en verminderen daarmee de golfaanval en golfoploop tegen de dijk, waardoor met een lagere kruinhoogte van de dijk kan worden volstaan. Bovendien kan een brede en ondoorlaatbare vooroever resulteren in een langere kwelweglengte. Daarom worden vooroevers en dergelijke beschouwd als ecosysteemdienst.

Begroeide dijken nemen een tussenvorm in. Het wortelstelsel van de op de dijk aanwezige vegetatie maakt de dijk bestand tegen erosie. Ondanks dat biologische processen een rol spelen, staat een dijk zo ver af van een natuurlijk ecosysteem, dat we dit niet meer als ecosysteemdienst zien. Ook dammen, die volledig technisch van aard zijn, noemen we geen ecosysteemdienst meer.

### **Belastende biodiversiteit**

Niet alle biodiversiteit draagt bij aan een goede kustverdediging. Soorten als Konijnen, Muskratten en Bevers kunnen juist keringen ondergraven. Het betreft dan voornamelijk ondergraving van dijklichamen.

## 11.2 Methode

### **Vraag**

De vraag naar natuurlijke kustbeschermende diensten is afgeleid uit het overstromingsrisico van het achterland. Er is behoefte aan een voldoende bescherming tegen overstroming door zoet en zout water over de gehele lengte van de Nederlandse kust. Hier opgevat als de kust van de Noord- en Waddenzee evenals de wateren van het IJsselmeergebied en de Zeeuwse Delta (zie figuur 11.2).

### **Aanbod**

Voor het bepalen van het aanbod van natuurlijke kustverdediging is een GIS-bewerking uitgevoerd. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende bestanden:

- Contour\_2005\_A1\_PBL: gebruikt voor het maken (selecteren) van de Nederlandse kustlijn.
- Dijkkringlijnen\_2009\_10\_RWS: gebruikt voor het typeren van de kustlijn als dijken, dammen, duin, hoge gronden en kunstwerken.
- BasiskaartNatuur\_2006\_nv25m\_AL: gebruikt voor het bepalen van de plaatsen zonder bebouwing in de buitendijkse gebieden.

Op deze bestanden zijn de volgende bewerkingen uitgevoerd:

- Selectie van de kustlijn langs de Noordzeekust en de grote binnenlandse wateren. De onbewoonde eilandjes in dit bestand, zoals Griend of Tiengemeten, zijn niet meegenomen in de analyse.
- Deze kustlijn is ingedeeld naar de typen: duinen, hoge gronden, dammen en dijken.
- Met behulp van de dijkenringlijnenkaart zijn de voorlanden/buitendijks gebied bepaald.
- Vervolgens is de breedte van de duinen, hoge gronden en de voor de dijken en dammen gelegen voorlanden, bepaald door er buffers langs te leggen. Arbitrair gekozen op 25, 50, 100, 250, 500 en 750 m.

### **Trend vraag**

De trend van de vraag is bepaald op basis van historische gegevens van de hoogte van de zeespiegel en literatuur over de veranderingen van het klimaat.

### **Trend aanbod**

De trend van het aanbod aan kust-beschermende diensten is met name afgeleid uit indicatoren met betrekking tot het voorkomen van duinen, voorlanden, zoals kwelders in het Waddengebied, schorren in de Zeeuwse Delta en de hoogte van slikken en platen in de Oosterschelde.

---

## 11.3 Resultaat

### Vraag

Het huidige waterveiligheidsbeleid is vastgelegd in de Waterwet (2009). Hierin zijn veiligheidsnormen opgenomen voor zogenaamde dijkkringgebieden: overstromingsgevoelige gebieden, die door één dijkkring worden beschermd. Het huidige veiligheidsbeleid richt zich op het voldoen aan deze wettelijke veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen, zoals duinen, dijken en dammen.

Bij de bescherming van de Noordzeekust is het beleid reeds gericht op instandhouding van de vooroever. Rijkswaterstaat onderhoudt de kustlijn van Nederland voortdurend. Door zand op te spuiten wordt het zand op de stranden en zeebodem vlak voor de kust aangevuld. Zo blijft de Basiskustlijn (BKL) in stand en is er zand beschikbaar voor de instandhouding of zelfs aangroei van duinen. Hierdoor is Nederland goed beschermd tegen de zee. Deze ecosysteemdienst wordt derhalve met technische maatregelen (zandsuppleties) in stand gehouden.

Bij de analyse of de dijken langs de binnenwateren (dit is inclusief de Waddenzee, IJsselmeergebied en de Zeeuwse Delta) aan de veiligheidsnorm voldoen, wordt (vooralsnog) geen rekening gehouden met additionele kust-beschermende diensten van de verschillende typen voorlanden. Op dit moment is toetsing van dergelijke natuurlijke ecosystemen op veiligheid nog niet goed mogelijk, vanwege het ontbreken van een geschikt toets-instrumentarium (Fiselier *et al.*, 2011, Van Loon-Steensma, 2012a). Een nieuw toetsinstrumentarium (WTI 2017) is in voorbereiding. Hierbij wordt bezien of het mogelijk is om voorlanden mee te nemen in het toetsinstrumentarium (zie Van Loon-Steensma *et al.*, 2014).

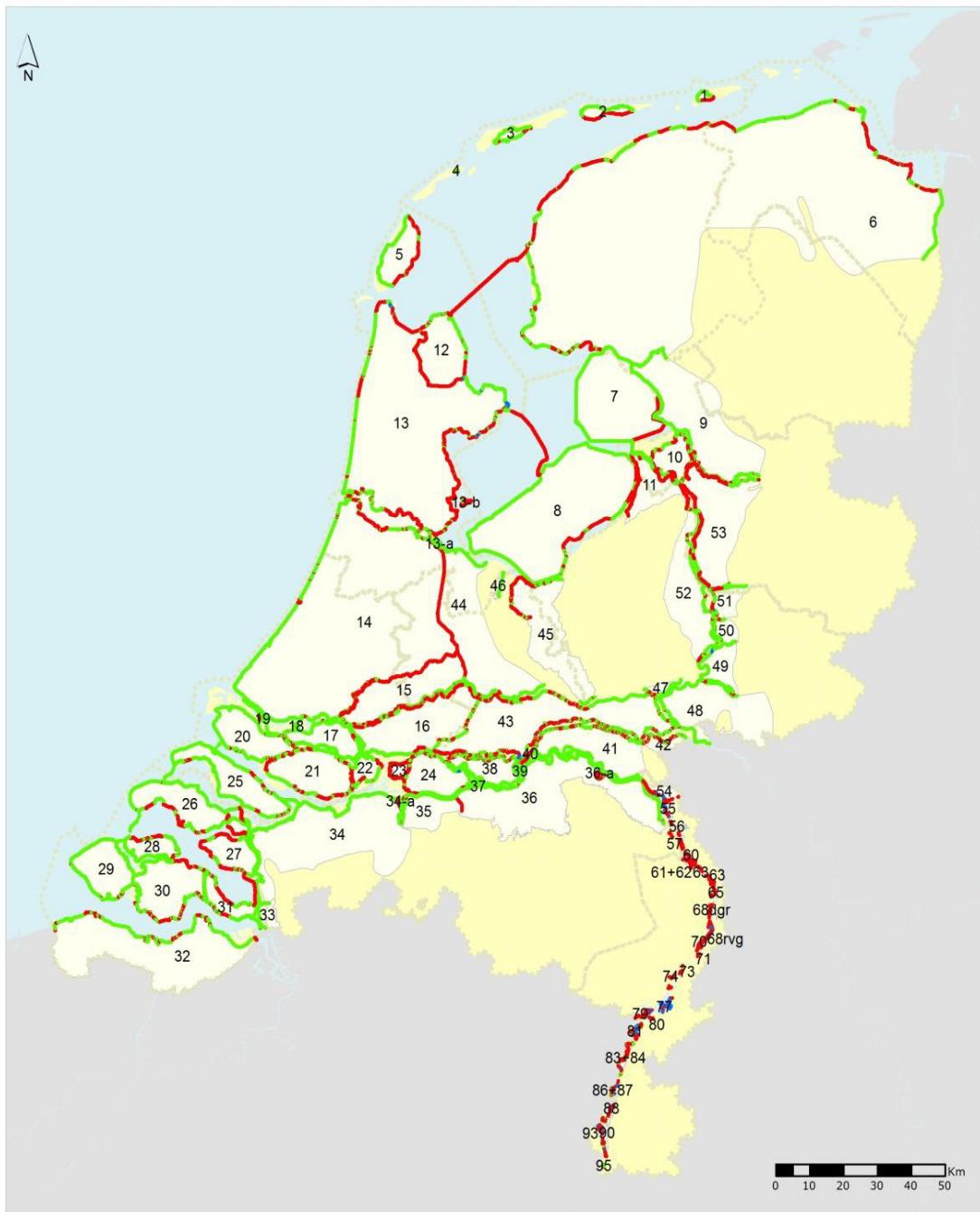
Figuur 11.1 geeft een beeld van de primaire waterkeringen die niet aan de veiligheidsnorm voldoen. Het aantal kilometer kering dat niet voldoet aan de veiligheidsnorm blijkt te zijn toegenomen van 15 % in 2001 tot 19% in 2006 en 33% in 2011 (CBS *et al.*, 2012). Het ruimtelijke beeld over de toestand van primaire waterkeringen laat zien dat dijken die niet aan de veiligheidsnorm voldoen vooral voorkomen in Zeeland, het IJsselmeergebied en het rivierengebied. In het kader van het HoogWater-BeschermingsProgramma (HWBP) kunnen de gesignaleerde gebreken worden aangepakt (CBS, 2012).

Dat betekent nog niet dat het probleem van de 'rood gekleurde' trajecten overal kan worden aangepakt door het creëren van voorlanden. Voorlanden hebben een golfdempende werking, maar ze hebben geen effect op extreme waterstanden. Bovendien zijn sommige locaties ongeschikt voor de ontwikkeling van voorlanden omdat het vlak voor de waterkering te diep is of er teveel stroming is. Ook kan het niet voldoen aan de veiligheidsnorm simpelweg te maken hebben met andere aspecten, zoals een beschadigde dijkbekleding.

Daarnaast zijn deze golfenergie-remmende diensten alleen relevant als de waterveiligheidsopgave mede door golven wordt bepaald. Als het wateroppervlak te gering is voor ontwikkeling van golven door wind (bijvoorbeeld in het rivierengebied) zullen voorlanden weinig effect hebben. De kruinhoogte van de rivierdijken wordt vooral bepaald door verwachte hoge peilniveaus in de rivierafvoer (Fiselier *et al.*, 2011).

Een uitzondering hierop vormen wellicht grote waterbergingsgebieden die worden gerealiseerd in het kader van Het Programma Ruimte voor de Rivier, zoals polder Noordwaard in de Biesbosch. Deze 4450 ha grote polder mag onderlopen in perioden met (te) hoge waterstand in de Merwede. Zogenaamde griendijken zorgen ervoor dat de golven worden gedempt. Hierdoor mag de kruinhoogte van de dijk lager zijn, dan wanneer er geen grienden waren aangelegd.

In het Deltaprogramma bestaat momenteel veel aandacht voor de ontwikkeling van alternatieve, natuurlijke of innovatieve waterkeringen. De mogelijkheden daartoe worden verkend en ook (experimenteel) toegepast (Fiselier *et al.*, 2011; Tangelder en Ysebaert, 2012; Van Loon-Steensma *et al.*, 2012a en 2012b). Een duidelijke vraag naar kustbeschermende ecosysteemdiensten is dan ook nog niet geformuleerd. Naast de vraag naar veiligheid wordt bovendien ook nadrukkelijk gezocht naar functiecombinaties met de vraag naar onder andere natuur en recreatie. De kustbeschermende voorlanden leveren daarmee een stapeling van de gevraagde diensten.



**Rijksoordeel**

- voldoet aan de norm
- voldoet niet aan de norm
- nader onderzoek nodig

**Gecomplementeerd landelijk beeld  
verlengde derde toetsronde**

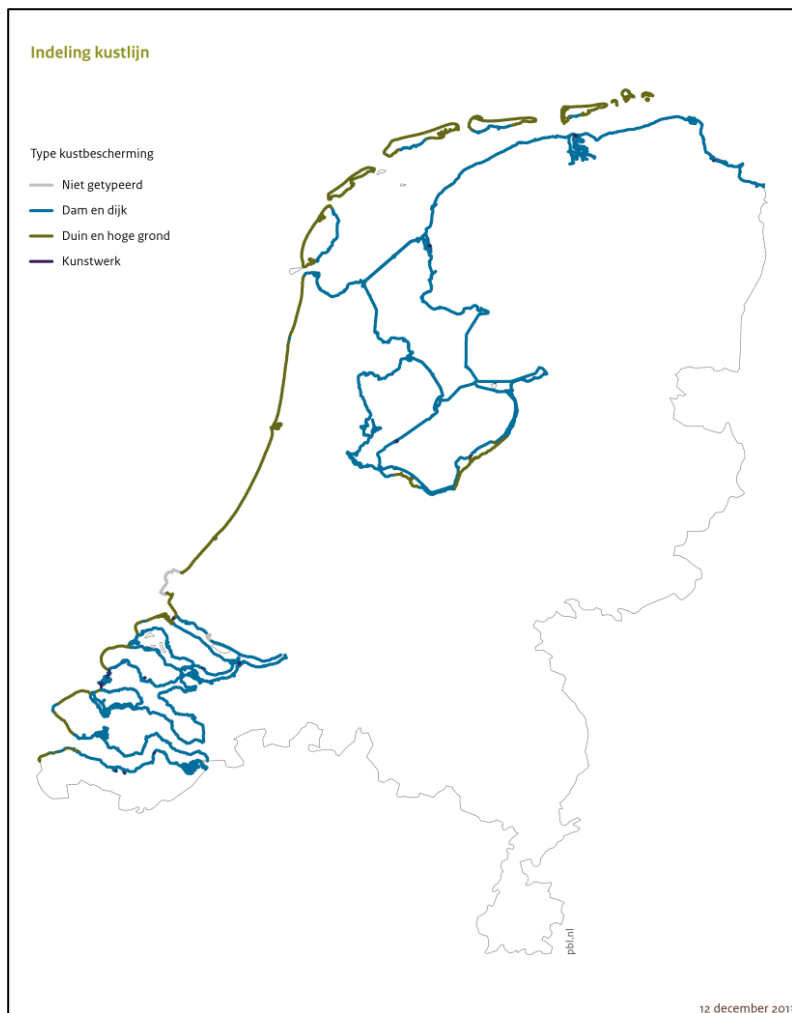
**dijken en duinen**

17 december 2013

**Figuur 11.1** Veiligheid van primaire waterkeringen, 2013 (ILT, 2013).

**Aanbod**

De analyse heeft zich beperkt tot de primaire waterkeringen langs de grote wateren in laag-Nederland (nog exclusief bergingspolders, zoals de Noordwaard), dus exclusief de dijken in het bovenrivierengebied (figuur 11.2). Voor de dienst waterberging: het vasthouden, bergen en vertraagd afstromen van water zie Hoofdstuk 10.



**Figuur 11.2** Het voorkomen van natuurlijke en kunstmatige primaire waterkeringen langs de grote wateren van laag-Nederland.

Uit analyse van deze keringen blijkt dat Nederland in dit gebied beschikt over totaal 1833 kilometer kustlijn (zie tabel 11.1). Daarbij tellen de dammen dubbel, omdat deze aan beide zijden water hebben. Hiervan bestaat 21% uit natuurlijke primaire keringen en 79% van de kustlijn uit dijken en dammen. De duinen vormen over het algemeen een robuuste kering. Liefst 75% is breder dan 500 m (zie tabel 11.1).

**Tabel 11.1**

*Typering en lengteverdeling van de kustlijn langs de grote wateren van laag-Nederland.*

	Lengte kustlijn	
	(km)	(%)
Duin	338,2	19
Hoge grond	44,3	2
Dijk	1344,8	73
Dam	105,6	6
Totaal	1833	100

Bij 39% van de dijken en 56% van de dammen is het voorland of -oever smaller dan 25 m of helemaal afwezig (tabel 11.2). Bij 15% van de dijken is de vooroever breder dan 500 m. Het betreft hier vooral kwelderwerken zoals voor de Groningse en Friese vastelandskust, of het Verdrongen Land van Saeftinge in de Westerschelde. Bij 7% van de dammen is de vooroever breder dan 500 m, maar het betreft hier vooral (buitendijks) land bij de aanhechting van de dam op het vasteland.

De breedte van het voorland alleen is echter onvoldoende maatgevend voor de veiligheid. De golflengte op locatie, maar vooral ook de hoogte speelt een belangrijkere rol. Een hoger voorland leidt immers tot een grotere reductie in golfhoogte dan een lager voorland. In beperktere mate geldt dit ook voor de kustdwarse (breedte) afmeting van het voorland, al is de invloed van deze afmeting minder sterk dan de invloed van de hoogte van het voorland. Daarom kan een smalle maar hoge kwelder al tot relatief grote reducties van de golfhoogte leiden (Van Loon-Steensma *et al.*, 2014).

Tabel 11.2

*Breedte van de voorlanden tegen de dammen en dijken langs de grote wateren van laag-Nederland.*

Breedte vooroever	Dijken %	Dammen %	Duinen %	Hoge gronden %
< 25	39	56	2	38
≥ 25	62	44	98	62
≥ 50	38	24	98	58
≥ 100	31	19	97	54
≥ 250	22	12	90	39
≥ 500	15	7	75	28
≥ 750	11	5	59	21

### Trend vraag

De eerste bewoners van de lage landen bouwden hun nederzettingen vooral op natuurlijke verhogingen in het landschap zoals kust- en rivierduinen, strand-, oever- en stuwwallen. Vloedbossen, kwelders of schorren, gorzen en rietmoeras, zandbanken en andere ondieptes vormden natuurlijke bescherming tegen overstroming. Allemaal geo-morfologische verhogingen die zorgen voor kering van het water, of op zijn minst demping van de golfenergie. Behalve kustduinen en stuwwallen bieden de meeste van deze natuurlijke verhogingen weinig garantie op veiligheid tegen overstromingen tijdens stormvloed of andere extreme omstandigheden. Daarom begon men zich al vroeg te beschermen tegen overstroming. Eerst met de bouw van terpen, en vanaf de Middeleeuwen met de ontwikkeling van dijken. Eeuwenlang zijn dijken een effectieve manier van kustverdediging gebleken en hebben ze een belangrijke rol gespeeld in het uitbreiden en inpolderen van nieuw land.

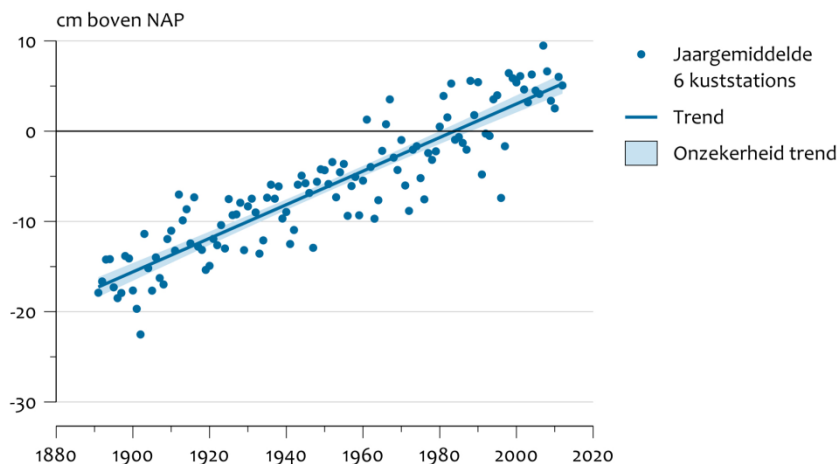
Dijken zijn statisch en kunnen niet met de stijgende zeespiegel meegroeien, dit in tegenstelling tot veel natuurlijke ecosystemen zoals kwelders. Dijken belemmeren bovendien natuurlijke sedimentatieprocessen, waardoor ook het achterland niet kan meegroeien. Daar komt bij dat in dat achterland overwegend daling optreedt, onder andere vanwege drainage met als gevolg inklinking van de bodem. Dit leidt tot een geleidelijk maar toenemend hoogteverschil tussen de stijgende zeespiegel (figuur 11.3) en het dalende achterland. De gevolgen van een eventuele dijkdoorbraak worden daarmee groter. Niet in de laatste plaats omdat er steeds meer mensen achter de dijken zijn gaan wonen en werken, zeker in de Randstad van laag-Nederland. Ten slotte is de kans op extreem weer (zoals stormvloeden) veroorzaakt door klimaatverandering groter geworden. Hierdoor worden de eisen die aan de kustverdediging worden gesteld nog groter. Al deze factoren samen zorgen voor een toename in de vraag naar een goede kustverdediging.

Dit probleem kan op de gebruikelijke, technische wijze worden opgelost door de dijken steeds hoger te maken. Er is echter een groeiende belangstelling voor het principe *building with nature*. Hierbij worden natuurlijke processen zoals sedimentatie gebruikt of gestimuleerd om voorlanden te ontwikkelen die kust-beschermende diensten leveren zoals water keren of het dempen van golven. Ecosysteemdiensten die in combinatie met dijken tot duurzame en kostenbesparende kustbescherming kunnen leiden.

De vraag naar natuurlijke kustbescherming neemt toe, getuige ook de "Ambtelijke beleidsverkenning om te komen tot een Natuurambitie Grote Wateren 2050-2100" (Min. EZ, 2013). In deze ambitie krijgen natuurlijke processen de ruimte om een antwoord te bieden op maatschappelijke problemen zoals zeespiegelstijging en verhoogde waterafvoer. Het betreft hier natuurlijke processen zoals sedimentatie en duin- en kweldervorming.



## Zeespiegel voor kust Nederland



Bron: RWS; PSMSL.

PBL/aug13  
www.clo.nl/nlo22908

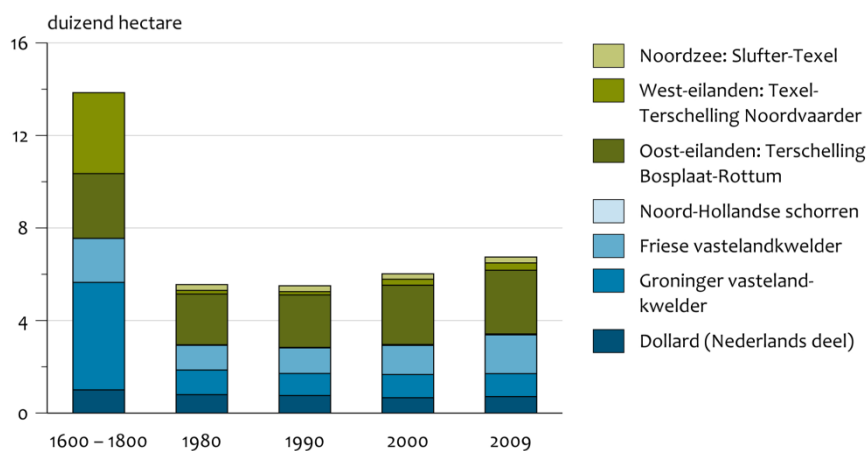
**Figuur 11.3** Stijging van de zeespiegel in Nederland. (Bron: CBS et al., 2013)

### Trend aanbod

Het huidige areaal duin en strand samen bedraagt ongeveer 43.870 ha (1990). Daarvan is zo'n 39.000 ha duingebied. Het totale areaal duingebied is kleiner dan in 1850 als gevolg van zandwinning, aanleg van bollenvelden, woningbouw, aanleg van wegen en industrievestiging. De laatste jaren verandert het areaal vrijwel niet meer (CBS et al., 2008).

Het is niet eenvoudig om een eenduidig antwoord te geven hoe het aandeel in de kust- en oeverbescherming door voorlanden is veranderd in de tijd. Voor zover data voorhanden zijn, is er een wisselend beeld voor de verschillende gebieden. De afgelopen eeuwen is het areaal aan kwelders afgenomen door inpoldering. Maar vanaf 1980 nemen de kwelders toe in de Waddenzee (figuur 11.4). Vanaf 2000 is ook het areaal schorren in de Zuidwestelijke Delta (figuur 11.5) iets toegenomen. Het areaal slikken en platen in de Oosterschelde (figuur 11.6) is echter in dezelfde orde van grootte afgenomen. Dat is vooral het gevolg van de zogenaamde zandhonger, die is ontstaan na aanleg van de stormvloedkering, in combinatie met de zeespiegelstijging. Over veranderingen in het areaal vooroevers langs de grote zoete wateren is weinig bekend. Daarom wordt aangenomen dat het aanbod van natuurlijke kust- en oeverbeschermende ecosystemen min of meer stabiel is.

### Areaal kwelderzones in Waddenzee

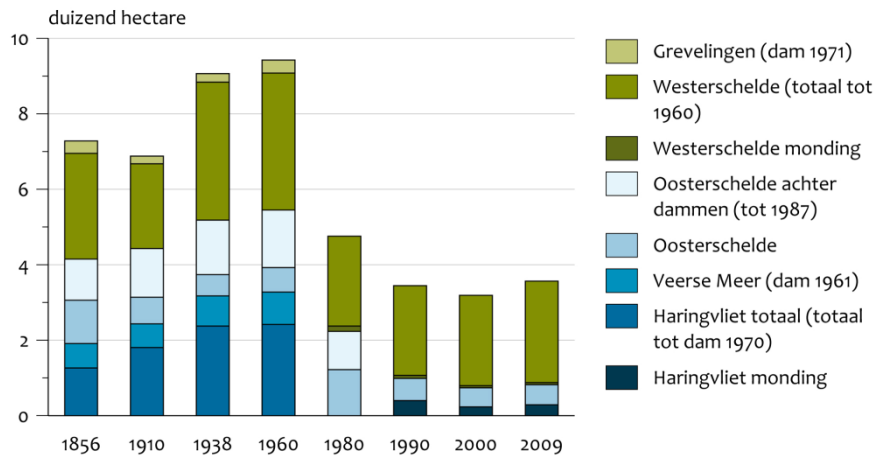


Bron: Data-ICT Dienst van Rijkswaterstaat.

WUR/jun12/1230  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

**Figuur 11.4** Trend van het areaal kwelderzones in de Waddenzee (een deel van de kwelders is omgezet als zomerpolder). (Bron: CBS et al., 2012).

## Areaal schorren in Zuidwestelijke Delta

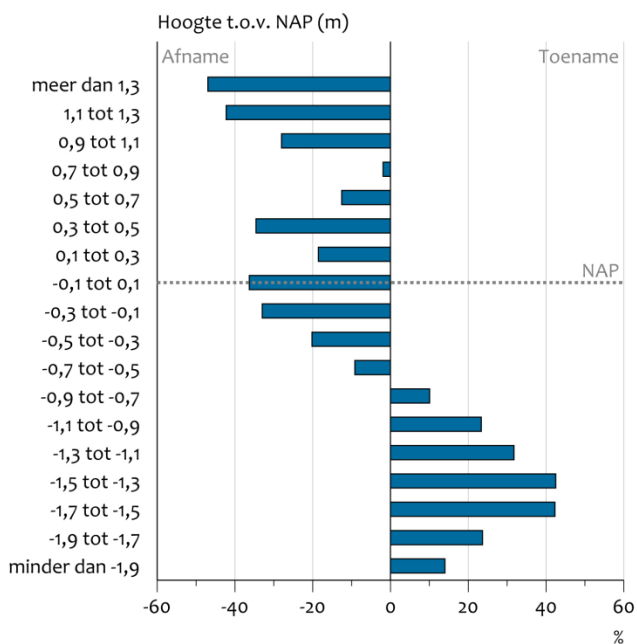


Bron: Data-ICT Dienst van Rijkswaterstaat.

WUR/jun12/1230  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

**Figuur 11.5** Trend van het areaal schorren in de Zuidwestelijke Delta. (Bron: CBS et al., 2012).

## Areaal slikken en platen Oosterschelde, 1983 - 2001



Bron: RIKZ.

CBS/apros/1233  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

**Figuur 11.6** Trend voor de afname en 'verdrinking' van de slikken en platen in de Oosterschelde. (Bron: CBS et al., 2008).

Als gevolg van toenemende eisen aan de kustverdediging is er belangstelling om meer gebruik te maken van natuurlijke processen. Denk daarbij aan de zogenaamde 'Zandmotor' ter versterking van de kust (als alternatief voor zandsuppleties). Zonder deze technische maatregelen is de kans groot dat het aanbod afneemt door afkalving of omdat de voorlanden niet in staat zijn om met de zeespiegelstijging mee te groeien.

### Betrouwbaarheid

D (matig): Schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

---

Gegevens over de lengte van de basiskustlijn en het areaal duin zijn verkregen van kaart en zijn betrouwbaar. Ook de veranderingen in de tijd van dit aandeel zijn betrouwbaar. De vraag in welke mate duinen en vooroevers bijdragen aan een veilige kust en hoe groot de rol is van zandsuppleties is minder zeker.

### **Volledigheid**

Categorie B (bevat belangrijkste aspecten): bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

CICES categoriseert kustverdediging als een regulerende ecosysteemdienst. Binnen de groep 'waterstromen' worden twee aspecten genoemd. De ene heeft er betrekking op dat er geen tekorten of overschotten aan water zijn. De andere heeft betrekking op het overstromingsrisico. Zoals de dienst nu is ingevuld bevat dit nu de belangrijkste aspecten van kust- en oeverbescherming. De voorlandhoogte en de overstroming van bovenstrooms rivieren ontbreekt.

## **11.4 Literatuur**

- CBS, PBL, Wageningen UR (2008). Areaalverandering van duinbiotopen (indicator 1122, versie 02, 24 april 2008). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2012). Kwelders en schorren, circa 1800 - 2009 (indicator 1230, versie 03, 10 juli 2012). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2013). Zeespiegelstand langs de Nederlandse kust en mondiaal, 1891-2012 (indicator 0229, versie 08, 24 september 2013). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2008). Areaal slikken en schorren Oosterschelde, 1983-2001 (indicator 1233, versie 03, 13 mei 2008). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Fiselier, Jasper, Nico Jaarsma, Tessa van der Wijngaart, Mindert de Vries, Maarten van de Wal, Johan Stapel, Martin Baptist (2011). *Perspectief natuurlijke keringen. Een eerste verkenning ten behoeve van het Deltaprogramma*. 60p.
- ILT (2013). *Verlengde derde toets primaire waterkeringen. Landelijke rapportage 2012-2013*. Inspectie Leefomgeving en Transport. Ministerie Leefomgeving en Transport. 23p.
- Min. EZ (2013). *Ambtelijke beleidsverkenning om te komen tot een Natuurambitie Grote Wateren 2050-2100*. Ministerie van Economische Zaken. 98p.
- Tangelder, Marijn en Tom Ysebaert (2012). *Alternatieve waterkeringen. Een verkenning naar nieuwe concepten voor kustverdediging in het kader van beleid ondersteuning Programmabureau Zuidwestelijke Delta*. Imares, Wageningen, rapport C069/12. 51p.
- Van Loon-Steensma, J.M., P.A. Slim, J. Vroom, J. Stapel en A.P. Oost (2012a). *Een Dijk van een Kwelder; Een verkenning naar de golfreducerende werking van kwelders*. Alterra, Alterra-rapport 2267. 74 blz.
- Van Loon-Steensma, J.M., H.A. Schelfhout, N.M.L. Eernink en M.P.C.P. Paulissen (2012b). *Verkenning Innovatieve Dijken in het Waddengebied; Een eerste verkenning naar mogelijkheden voor innovatieve dijken in het Waddengebied*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2294. 104 blz.
- Van Loon-Steensma, Jantsje M., Alfons J. Smale, Alma V. de Groot (2014). *Factsheet DP Waddengebied: Betekenis van voorlanden voor waterveiligheid*. Min. EZ, 2013g. Ambtelijke beleidsverkenning om te komen tot een Natuurambitie Grote Wateren 2050-2100. Ministerie van Economische Zaken. 98p.



---

# 12 Bestuiving

*Eefje den Belder (PRI), Willemien Geertsema (Wageningen University), Inez Woltjer, Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering dienst uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 8%
- Levering dienst uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering dienst door inzet van techniek/substitutie: 92%
- Levering dienst onvervuld: 0%
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 76%, agrarisch gebied -% (niet meegenomen in totaal), urbaan gebied 24%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: afname
- Trend levering tov vraag sinds ca. 1990: toename
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: B (bevat belangrijkste aspecten)

## 12.1 Werking van de dienst

Veel planten in de natuur en ook economische belangrijke gewassen in fruit-, groenten- en zaadteelt – dragen pas vrucht en zetten zaad nadat insecten het stuifmeel van de meeldraden van de ene bloem naar de stamper op de andere bloem hebben overgebracht. Door te zorgen voor bestuiving leveren insecten – met name honingbijen en hommels – een essentiële ecosysteemdienst bij onder andere de teelt van hard- en zachtfruit (zoals appels, peren, kersen, aardbeien), bij de zaadteelt (bijvoorbeeld kool, sla, peen, ui) en ook bij de teelt van kasgroenten (bijvoorbeeld tomaten, aubergine, paprika). Ook lijn-, kool- en raapzaad, als groene bonen zijn afhankelijkheid van bestuivers voor een goede opbrengst. Voor de in Nederland belangrijke gewassen als granen en aardappels speelt insectenbestuiving geen rol. Deze worden door de wind bestoven. In de EU is appel het meest belangrijke gewas dat afhankelijk is van bestuiving door insecten (Leonhardt *et al.*, 2013).

De ecosysteemdienst bestuiving is in dit hoofdstuk gedefinieerd als de bestuiving door niet-gedomesticeerde bestuivers zoals wilde bijen, hommels, vlinders, vliegen, kevers enzovoort. Honingbijen kwamen vroeger in Nederland in het wild voor en zorgden toen voor de bestuiving van landbouwgewassen (Kremen *et al.*, 2007), maar worden nu gehouden door imkers. De honingbij is afhankelijk van imkers om te kunnen overleven en zijn werk te kunnen doen. Dat geldt vooral voor de nesten en de overwintering. Bij het houden van honingbijen voor bestuiving van gewassen komt dan ook de nodige technologie/menselijke activiteit om de hoek kijken. Bijenkasten worden bijvoorbeeld naar gelang de behoefte aan bestuiving ingezet. De inzet van honingbijen door imkers worden daarom in dit hoofdstuk als een technisch alternatief gezien en niet als ecosysteemdienst. Wel is het zo dat honingbijen gebruik maken van (half)natuurlijke vegetaties om in hun eigen nectarbehoefte te voorzien. In die zin zijn natuurlijke vegetaties en groen/blauwe elementen wel van belang voor de overleving van honingbijen. Ook gekweekte bestuivers zoals hommels die worden ingezet in de glastuinbouw worden niet geschaard onder de ecosysteemdienst maar als technische substituten. Hetzelfde geldt voor handmatige bestuiving (vindt niet of nauwelijks plaats in Nederland) of genetische manipulatie van planten waardoor ze onafhankelijk worden van bestuivers (Rotino *et al.*, 2005, Pandolfini, 2009, Molesini *et al.*, 2012). Bij de ecosysteemdienst bestuiving door wilde bijensoorten beperkt de menselijke ingreep zich tot het behoud of het creëren van een geschikt habitat.

Honingbijen zijn tegenwoordig verreweg de belangrijkste bestuivers van cultuurgewassen (Blacquièrre, 2009, Breeze *et al.*, 2011, Klein *et al.*, 2007). Andere bestuivers – zoals wilde bijen, zweefvliegen,

---

hommels en vlinders – lijken een beperktere rol te spelen als bestuivers in de land- en tuinbouw, maar zijn wel van groot belang voor het behoud van de biodiversiteit in zijn totaliteit zowel voor wilde planten als voor openbaar groen (Ollerton *et al.*, 2011). Kennis over de rol van de bestuiverdiversiteit is nog beperkt. Algemeen wordt aangenomen 70% van de bestuiving wordt gedaan door honingbijen (Breeze *et al.*, 2011). Echter sommige recente gegevens suggereren dat diverse natuurlijke bestuivers onder bepaalde omstandigheden frequent een gelijke, grotere of complementaire ecosystemedienst leveren in vergelijking met honingbijen (Rader *et al.*, 2012; Garibaldi *et al.*, 2013). Ander onderzoek laat zien dat slechts een klein deel van de bestuiverssoorten bijdraagt aan de bestuiving van productiegewassen (Kleijn, 2014).

Natuurgebieden en groen-blauwe dooradering kunnen (afhankelijk van het beheer) op verschillende manieren een rol spelen bij de bestuiving: als leefgebied voor in de natuur voorkomende bestuivers, als 'stepping stones' voor honingbijen en additioneel voedsel, en als refugia voor bestuivers van productiegewassen, natuurlijke vegetaties, of planten in perken en plantsoenen.

De economische waarde van insectenbestuiving van voedselgewassen in Europa (dus exclusief voedselgewassen en sierteelt) wordt door Gallai *et al.* (2009) op € 22 miljard geschat, met een kwetsbaarheidsratio van 10%. (dit is de waarde insectenbestuiving van insect-bestoven voedselgewassen: waarde totale productie voedselgewassen), d.w.z. welk deel van de productie valt weg bij verlies van insectenbestuiving. Volgens een ruwe schatting van Blacquière (2009) bedraagt de economische waarde van bestuivende insecten voor voedselgewassen in Nederland € 1.1 miljard (Blacquière, 2009). Naast een effect op gewasopbrengst zijn er ook effecten op productkwaliteit (Garratt *et al.*, 2014).

## 12.2 Methode

Het is niet eenvoudig om te kwantificeren in hoeverre de ecosystemedienst bestuiving door wilde bestuivers voorziet in de huidige vraag naar bestuiving in Nederland. De hier gebruikte methode moet gezien worden als een eerste poging om gegevens boven water te krijgen. In de resultaten wordt onder het onderdeel betrouwbaarheid dan ook de beperkingen van de gebruikte methode geschetst. Alhoewel de analyse voortbouwt op eerder werk, zijn de resultaten gebaseerd op zeer beperkte hoeveelheid gegevens.

Essentie van de gebruikte methode is dat de ecosystemedienst geleverd wordt als daar waar vraag (ligging productie perceel) en aanbod (ligging wilde bestuivers leverende habitat ) dicht genoeg bij elkaar liggen in het landschap.

De huidige vraag wordt bepaald door de gewassen die voor hun zaad- of vruchtzetting in mindere of meerdere mate afhankelijk zijn van bestuivers. Het aanbod wordt gevormd door habitats die geschikt zijn voor wilde bestuivers vanwaar bestuiving binnen een bepaalde afstand (invloedsfeer of bufferafstand) op kan treden. Zowel de gewassen die bestuivingsafhankelijk zijn, als de habitats die als bron fungeren voor wilde bestuivers zijn ruimtelijk op kaart gezet om de match tussen vraag en aanbod in een GIS-analyse te kunnen bepalen.

### **Huidige vraag**

De instandhouding van bestuiving in Nederland is van belang voor zowel voedselproductie, gewassen voor de export, als voor het voortbestaan van in het wild voorkomende plantensoorten. Bestuiving speelt dus een belangrijke rol in de landbouw (Klein *et al.*, 2007) maar is ook belangrijk voor natuurlijke planten, struiken en bomen die op hun beurt weer een bijdrage leveren aan bijvoorbeeld koolstofopslag, klimaatregulatie, tegengaan van erosie en overstromingen of waterzuivering. Er is dus een financiële/monetaire betekenis als wel een maatschappelijke (is ook economie) betekenis. De zorg voor voldoende bestuiving zal langs twee lijnen tot stand moeten komen: ondersteuning van de positie van de gedomesticeerde honingbij en ondersteuning van wilde bestuivers (wilde bijen, hommels, zweefvliegen, vlinders). In het algemeen hebben beide groepen baat bij verbeteren van de hoeveelheid en kwaliteit van (half)natuurlijke vegetaties met bloeiende bloemen die nectar en pollen kunnen leveren. Wilde bijen hebben daarnaast ook voldoende nestgelegenheid nodig.

---

De rol van de wilde bijen als bestuivers lijkt iets minder zichtbaar, maar er is een belangrijke interactie tussen vitaliteit en soortenrijkdom van de wilde flora en het voorkomen van wilde bestuivers (Scheper *et al.*, 2011). Recent onderzoek laat zien dat deze groep zeker ook belangrijk kan zijn in het leveren van de dienst bestuiving (Rader *et al.*, 2012; Garibaldi *et al.*, 2013).

De vraag naar bestuiving in Nederland is als volgt bepaald. Op basis van de LGN6 is van elk landbouwperceel in Nederland vastgesteld welk gewas er staat. In de toekomst kan gekeken worden of de kaart met de Basisregistratie Percelen (EZ, 2013) tot betere resultaten leidt. Vervolgens is een kaart gemaakt van de gewassen die in meer of mindere mate afhankelijk zijn van bestuiving. Daarbij is een indeling gebruikt van vijf klassen variërend van 'essentieel' (productieverlies >90%) tot 'geen' afhankelijkheid (productieverlies 0%) (Klein *et al.*, 2007). Uiteindelijk zijn alle gewassen die in enige mate afhankelijk zijn van bestuivers gesommeerd. In de toekomst kan gekeken worden of en hoe we de mate van afhankelijkheid van bestuiving mee kunnen wegen in de resultaten. Deze vraagkaart geeft dus aan waar de gewassen staan die afhankelijk zijn van bestuiving.

### **Aanbod**

De bijdrage van de ecosystemedienst bestuiving aan de bestuivingsafhankelijke gewassen is bepaald door te berekenen welk deel (oppervlakte) van de gewassen naar verwachting voor bestuivers bereikbaar is. Daarbij nemen we aan dat de natuurlijke hulpbronnen (pollen, nectar, nestplekken) voor bestuivers vooral in natuurreservaten aanwezig zijn. De combinatie van kwaliteit van de vegetatie (bloeiende bloemen, structuurrijkdom) van deze natuurreservaten op het juiste moment, en op de juiste plaats (niet te ver van het te bestuiven gewas) maken dat zij kunnen bijdragen aan de ecosystemedienst bestuiving. Bestuivers vinden voldoende voedsel in de periodes dat landbouw gewassen bloeien. Voor de overleving van wilde bestuivers jaarrond is het echter belangrijk dat er buiten deze periodes ook voldoende voedsel aanwezig is, in de vorm van stuifmeel en/of nectar van bloeiende planten. Zowel lokale gewasdiversiteit als diversiteit in het landschap spelen hierbij een rol (Fahrig *et al.*, 2011).

In de eindresultaten is enkel de bijdrage vanuit natuurreservaten meegenomen. Van natuurreservaten is aangenomen dat de milieucondities en het beheer gericht zijn op de instandhouding van bloemrijke en structuurrijke vegetaties. De milieucondities en het beheer van groenblauwe landschapselementen in het agrarisch gebied is in Nederland dermate variabel dat daar qua ondersteuning van bestuivers grote verschillen zijn en daardoor een grote bron van onzekerheid. Een deel van de groenblauwe dooradering wordt zodanig beheerd, dat er veel nectar en pollen aanwezig is, en er geschikte nestplekken voor bijvoorbeeld solitaire bijen en hommels gevonden worden. Een ander deel heeft ook een grote potentie, maar is momenteel ongeschikt door invloed van bemesting, pesticiden en ongeschikt maaibeheer.

Bij het maken van de aanbodkaart zijn we uitgegaan van:

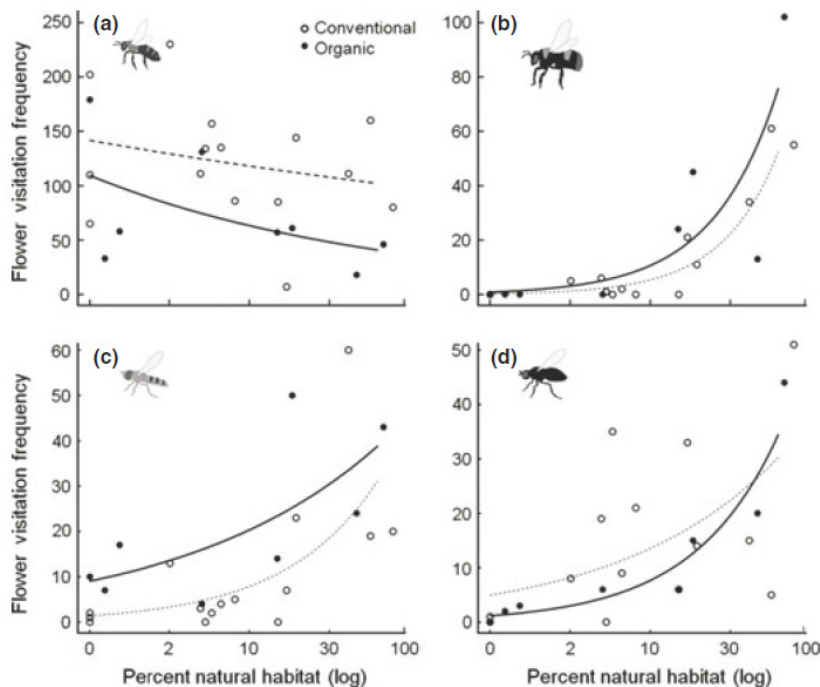
1. De kennistabellen uit Henkens en Geertsema (2013) om de potentiële bijdrage van natuurreservaten te bepalen (via beheertypen van Subsidieregeling Natuur en Landschapsbeheer (IPO, 2012)) aan de bestuiving.
2. Vervolgens zijn deze kennistabellen uitgebreid met een schatting van de bijdrage aan bestuiving van andere natuurtypen zoals erven of groene en blauwe landschapselementen, zoals sloten en houtwallen, in het agrarische gebied. Niet elk landschapselement of natuurtype is geschikt als habitat voor wilde bestuivers.
3. De geschiktheid van het habitat is bepaald door te schatten wat de kwaliteit of bloemrijkdom van het landschapselement/natuurreservaten is, waarbij vooral de aanwezigheid van bloeiende planten (nectar, pollen) en structuur in de vegetatie bepalend is. Deze schatting is gebaseerd op expert judgement. Waar mogelijk zijn relevante literatuur bronnen gebruikt. Het is bijvoorbeeld bekend dat alleen de randen van bossen voor wilde bestuivers van landbouwgewassen aantrekkelijke habitats zijn (Farwig *et al.*, 2009; Garibaldi *et al.*, 2011; Lautenbach *et al.*, 2011).
4. Voor elke legenda-eenheid van de Basiskaart Natuur Elementen (Clement & Cormont, in prep.) is geschat wat hun bijdrage is.
5. Per legenda-eenheid is bepaald op basis van expert judgement wat de potentiële bijdrage is onderverdeeld in drie klassen:
  - Een habitat is ongeschikt als leverancier van natuurlijke bestuivers, bijdrage = 0

- Een habitat is matig geschikt als leverancier van natuurlijke bestuivers, bijdrage = 0,5
- Een habitat is geschikt als leverancier van natuurlijke bestuivers, bijdrage = 1.

Het toekennen van de wegingsfactor heeft een arbitrair karakter, maar het is naar onze mening de beste aanpak die, binnen het beschikbare kader van budget, tijd en aanwezige basisgegevens, mogelijk was. (zie voor de voor-nadelen van deze correctiefactor bijvoorbeeld De Bruyn, 2014). Het overzicht van de wegingsfactor van de bijdrage per element staat in Bijlage 2.

Om te bepalen wat de bijdrage is van het grondgebruik op de levering van deze ecosysteemdienst zijn de verschillende elementen gecategoriseerd naar het hoofdgrondgebruik: natuurgebied, agrarisch gebied of urbaan gebied. Het natuurgebied omvat alle gebieden die in eigendom zijn van terrein-beherende organisaties. Het agrarisch gebied bevat het areaal primair in agrarisch gebruik is, inclusief het agrarisch natuurbeheer. Ten slotte wordt het urbaan gebied onderscheiden. Dit is gedefinieerd als het gebied waarvan het primaire grondgebruik wonen is. Dit omvat naast de stedelijke omgeving ook agrarische erven.

Naast de identificatie welke natuurtypen van belang zijn als leverancier van natuurlijke hulpbronnen van bestuivers, is ook de afstand waarop de natuurelementen effect hebben geschat. In welke mate de bestuiving van landbouwgewassen afneemt met de afstand tot natuurgebieden is nog weinig bekend. Om toch een uitspraak te kunnen doen over de levering van de ecosysteemdienst bestuiving, zijn we genoodzaakt geweest een aantal aannames te doen. De schaal waarop bestuivers zich verplaatsen verschilt enorm (figuur 12.1); honingbijen scannen de omgeving op voedsel in een straal van 3 kilometer rond hun nest. In uitzonderlijke gevallen (bij een hele rijke dracht) kunnen ze ook bronnen op 7 of 8 kilometer afstand benutten. Bij hommels is afhankelijk van de soort de actieradius ongeveer tussen de 500 meter en 1 kilometer. Solitaire bijen gaan meestal niet verder dan enkele tientallen meters van hun nest, soms tot een paar honderd meter (Blacquièrè, 2009). Het voorkomen van solitaire bijen (diversiteit en aantal) blijkt gerelateerd aan de aanwezigheid van geschikte habitats binnen een schaal van enkele kilometers (Steffan-Dewenter *et al.*, 2000).



**Figuur 12.1** Bloembezoek frequentie voor a. honingbijen, b. wilde bijen, c. zweefvliegen, d. alle andere bloembezoekers binnen 80 minuten in conventionele (stippellijn) en biologische (doorgetrokken lijn) amandel boomgaard (Klein *et al.*, 2012).

Uiteindelijk is de afstand waarop er nog een substantieel bestuivend effect is, geschat op 100 meter (zie tabel 12.1). Dit getal is een inschatting die is gebaseerd op de expert kennis van een aantal voor-



aanstaande bijdeskundigen. De bufferafstand is als volgt onderbouwd: veel regressie analyses tonen aan dat natuurlijke elementen of natuurreservaten binnen 100 meter effect hebben op hogere aantallen bestuivers. In de berekening is nu gewerkt met een lineair verband tussen de afstand en het effect. In werkelijkheid is er waarschijnlijk sprake van een niet-lineair verband, minder wordend naarmate de afstand tot het natuurlijke element groter wordt. Op dit moment zijn er geen gegevens voorhanden om deze relatie te kwantificeren.

Het hanteren van een vaste afstand is een simplificatie. In werkelijkheid hebben verschillende soortgroepen en soorten een verschillen afstand dat ze een bestuivende werking hebben. Ook is bekend dat bestuiving dicht bij het natuurreservaat of de groenblauwe dooradering of groter is, dan verder af. Het is ook aannemelijk dat de windrichting en kracht van invloed is. Al dit soort zaken zijn verder niet meegenomen (zie ook het kopje *Betrouwbaarheid* in par. 12.3. De bufferafstand van 100 meter is ook niet afhankelijk gemaakt van de oppervlakte van het element of van de lijnvormigheid omdat die niet in voldoende mate uit de literatuur bekend is. Om het effect van deze aanname te toetsen is de analyse ook uitgevoerd met een bufferafstand van 200 meter en 1000 meter wat een beeld geeft van een minimale en maximale bestuiving

Tabel 12.1

*Schatting van de bufferafstanden van de natuurelementen en de groen-blauwe elementen uit het agrarisch gebied waarop er een effect van bestuiving plaatsvindt.*

Belang	Oppervlakte	Lijnvormig	Bufferafstand
1	< 1ha	0	100
1	niet van belang	1	100
1	> 1 ha	0	100
0.5	< 1ha	0	100
0.5	niet van belang	1	100
0.5	< 1ha	0	100

Kennis over het aandeel van natuurlijke bestuiving ten opzichte van de totale vraag is nog onvoldoende om hier een goede schatting van te maken. De graadmeter wordt daarom uitgedrukt in het areaal van bovenstaande gewassen waarop natuurlijke bestuiving kan plaatsvinden onder invloed van de natuurreservaten/groenblauwe elementen in de omgeving.

### Trend

Het is niet mogelijk om de verandering van de hoeveelheid natuur en landschapselementen in de tijd te meten. Van de huidige situatie (2012) is een goed beeld van de aanwezigheid van landschapselementen en natuurterreinen, maar voor de situatie in het verleden is de beschikbaarheid van kaarten met hetzelfde detailniveau minder groot. Daarom is voor het bepalen van een trend gebruik gemaakt van andere bronnen. Er is met name gekeken in hoeverre er veranderingen zijn in het aantal landschapselementen en in hoeverre er veranderingen zijn waargenomen in de populatieomvang van wilde bestuivers.

## 12.3 Resultaat

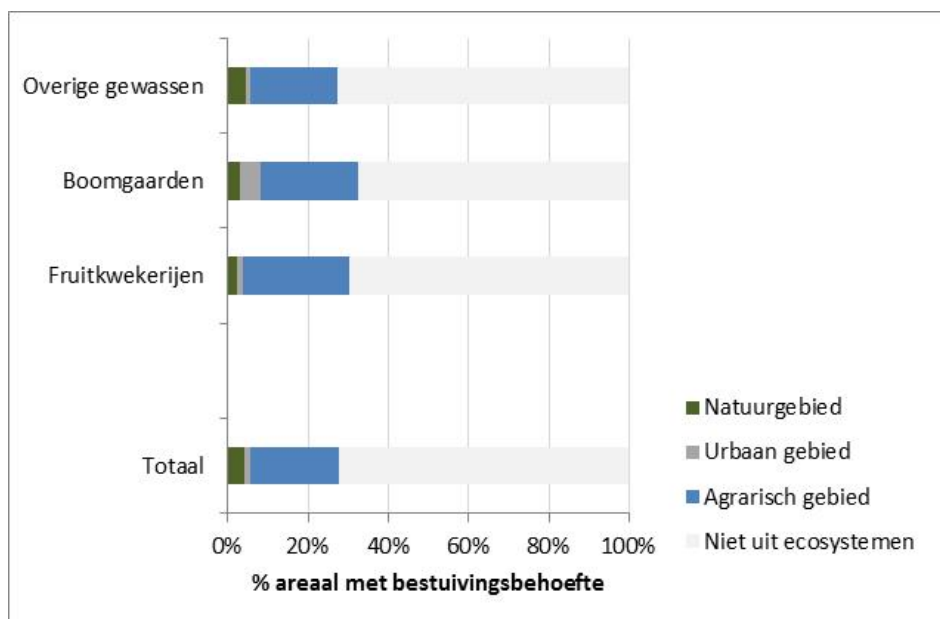
### Huidige vraag en aanbod

Het areaal bestuivingsafhankelijke teelten in Nederland bestaat voor een groot deel uit fruitteelt. Het areaal fruitteelt bedraagt ongeveer 19.000 ha. Het bestaat uit 8.200 ha peren, 7.900 ha appels, 1.000 ha steenvruchten (pruimen en kersen) en 1.600 ha kleinfruitstruiken totaal en overig fruit.

Het percentage van het areaal van de bestuivingsafhankelijke gewassen dat valt onder de invloedssfeer van natuurlijke bestuivers vanuit natuurreservaten staat in figuur 12.2. De ecosysteemdienst bestuiving komt voor heel Nederland (waarbij enkel gekeken is naar de rol van natuurlijke elementen uit natuurreservaten) met afstand van 100 meter neer op 8%. Dit percentage is afhankelijk van de ruimtelijke configuratie van gewassen en de aanwezigheid van geschikt habitat (natuurterreinen) voor natuurlijke bestuivers.

Groenblauwe landschapselementen in het agrarisch gebied, met een voor bestuivers optimaal beheer, resulteert in een toename van 33% van het areaal van bestuivingsbehoefte gewassen. Het totaal zou dan neerkomen op 41%. Groenblauwe elementen in het agrarisch gebied leveren nu een onbekende bijdrage aan de levering van bestuiving. Het is voor nu een te onzekere factor om mee te nemen. Indien het beheer en milieucondities verbeteren zouden deze elementen dus voor een forse bijdrage kunnen leveren aan natuurlijke bestuiving.

Indien wordt uitgegaan van een gemiddelde vliegafstand van een gemiddelde bestuiver van 200 meter in plaats van 100 meter komt levert de groenblauwe dooradering en de natuurreservaten aan 55% de bestuivingsbehoefte gewassen bestuivers uit, waarvan 18% gedekt wordt door natuur en de rest (37%) door de groenblauwe elementen in het agrarisch gebied. Indien wordt uitgegaan van een gemiddelde vliegafstand van een gemiddelde bestuiver van 1000 meter dan resulteert dit in een bijdrage van 92%.



**Figuur 12.2** Percentage van verschillende bestuivingsafhankelijke gewassen dat valt onder de invloedssfeer van bestuivers vanuit natuurreservaten of urbaan gebied (inclusief boeren erven). De levering vanuit het agrarisch gebied is potentieel omdat de kwaliteit van groene en blauwe elementen in het agrarisch gebied nog van onvoldoende kwaliteit zijn voor de levering van de dienst.

### Trend aanbod

Achteruitgang van bestuivers blijkt een complexe zaak, omdat verschillende factoren deze insecten beïnvloeden zoals bloemenaanbod, gebruik van pesticiden, voorkomen van parasieten, enz. Het is niet goed bekend of de ecosysteemdienst bestuiving is afgenomen in de tijd. Er zijn tot op heden geen aanwijzingen dat bestuiving in Nederland een probleem vormt en voor opbrengstderiving in de landbouw zorgt. Cavaleheiro *et al.* (2013) bevestigen een achteruitgang in de soortenrijkdom van wilde inheemse plantensoorten en hun bestuivers vlinders, zweefvliegen en bijen in de periode 1930 tot 1990 in Nederland. Na 1990 was de achteruitgang van de bijen, zweefvliegen en wilde planten echter vertraagd, soms stabiel en soms was er zelfs sprake van herstel. Alleen vlinders gaan nog steeds met dezelfde snelheid achteruit als voor 1990. Vlinders hebben echter een minder grote bijdrage in de bestuiving in vergelijking met wilde bijen en hommels en andere insecten. De trend van het aanbod is daarom stabiel.

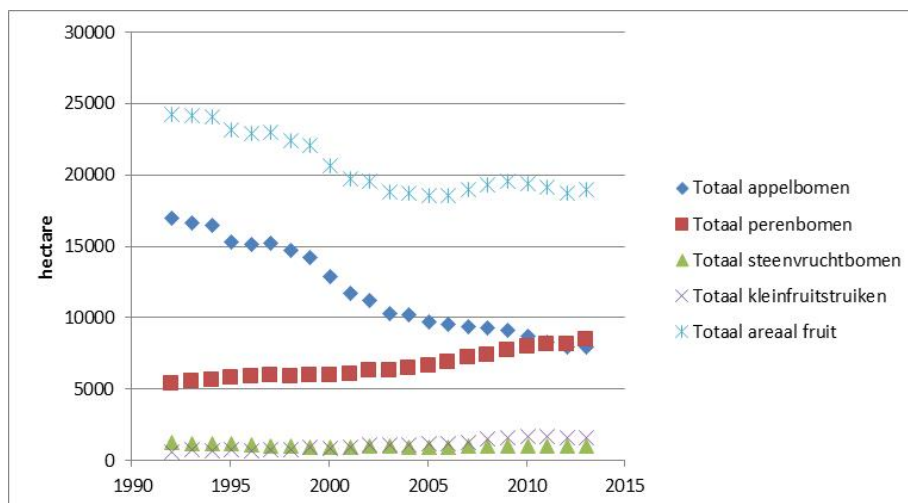
De trends in Europa en wereldwijd wijken af van die in Nederland. De laatste decennia gaan wereldwijd de populaties van vele soorten bestuivers (hommels, bijen, vlinders, etc.) achteruit (National Research Council, 2007; Patiny *et al.*, 2009, Potts *et al.*, 2010a; Biesmeijer *et al.*, 2006; Dijkstra en Kwak, 2007, Keil *et al.*, 2011). Zowel bij de bijen als bij de zweefvliegen waren het vooral de specialisten (in voedselkeuze en/of habitat) en sedentaire soorten die een dalende trend vertoonden. Mobiele generalisten bleken daarentegen toe te nemen. Met hommels gaat het ook slecht.

Dit heeft aanleiding gegeven tot internationale ongerustheid over een mogelijke wereldwijde bestuivingscrisis (Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Potts *et al.*, 2010b).

### Trend vraag

Het totale areaal aan fruit in Nederland is sinds 1990 sterk gedaald (figuur 12.3). Dit komt vooral op het conto van het areaal appelbomen wat sterk is gedaald. Het areaal met perenbomen is toegenomen net zoals het areaal kleinfruitstruiken. De trend in de vraag is daarmee dalend.

Mogelijk neemt het areaal dat bestuiving nodig heeft in Nederland in de toekomst toe onder het nieuwe Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB). Bij de invulling van het nieuwe GLB is het zeer wel mogelijk dat het areaal aan meerjarige eiwitgewassen voor veevoeder toe zal nemen. Belangrijke eiwitgewassen als luzerne, klaver en esparcette zijn alle bestuivingsafhankelijke gewassen. Ook is het mogelijk dat het areaal aan energiegewassen zich zal wijzigen zonnebloem, koolzaad en olievlas zijn alle (deels) afhankelijk van bestuivers.



**Figuur 12.3** Het areaal fruit in Nederland neemt sterk af en daarmee de behoefte aan bestuiving.

Recente gegevens van 41 Europese landen (precieze data voor Nederland missen) laten zien dat het geadviseerde aantal honingbijen nodig voor de bestuiving van gewassen in Europa 4.9 maal sneller groeide dan de werkelijke toename van aantallen honingbijen in de periode 2005-2010 (Breeze *et al.*, 2014). Dit heeft vooral te maken met de toename van het koolzaadareaal. In Nederland is het areaal koolzaad gering en we zien geen sterke stijging van het areaal. Hierdoor gaan deze Europese conclusies niet voor Nederland op. Door verdere toename van de productie van energiegewassen onder invloed van EU-beleid (10% doelstelling in 2020) wordt verwacht dat er in de toekomst een nog groter verschil zal ontstaan tussen vraag en aanbod. Veranderingen in Europees en nationaal beleid zoals bijvoorbeeld de ondersteuning van meer veevoedergewassen als luzerne en klaver (beide hebben bestuivers nodig) zal het verschil tussen vraag en aanbod van bestuivers verder doen toenemen.

### Betrouwbaarheid

Categorie D: schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgements, wetenschappelijke publicaties en rapporten.

Deze analyse bouwt voort op werk dat eerder is uitgevoerd, maar heeft nog steeds geen definitief antwoord van de werkelijke levering van de dienst bestuiving. Zo is deze analyse een simplificatie van de werkelijkheid.

Er is aangenomen dat de vegetaties in natuurgebiedenvoldoende kwaliteit hebben om natuurlijke bestuivers te herbergen.

Er is gewerkt met een vast getal voor de afstand waarover natuurlijke bestuivers effect hebben. Het percentage landbouwareaal dat potentieel bereikt wordt door bestuivers is in de gebruikte aanpak erg

---

gevoelig voor de inschatting van de gemiddelde afstand die een gemiddelde bestuiver aflegt. We vinden hier verschillen van een factor 10 groter. Dan is bijna het gehele areaal gewas waar bestuiving nodig is gedekt. Daarnaast gaat het in werkelijkheid om een grote diversiteit aan natuurlijke bestuivers die per soort verschillen in hun mobiliteit en effectiviteit in bestuiving. Ook is het mogelijk dat er een verdunningseffect optreedt: hoe verder je van de bron komt hoe minder het effect is van natuurlijke bestuivers.

Verder is aangenomen dat natuurlijke bestuivers ook daadwerkelijk vanuit de reservaten het landbouwgebied intrekken om daar gewassen te bestuiven en ook is er aangenomen dat bestuivers zich in alle gewassen hetzelfde gedragen. Onderzoek heeft uitgewezen dat ook de gewasdiversiteit en de ruimtelijke ligging in het landschap van belang is op de effectiviteit van groenblauwe dooradering op de bestuiving (Schulp *et al.*, 2014). Daarnaast is er ook een temporele variatie in de effectiviteit van bestuiving. Het gaat er dan om of populaties van bestuivers zich over een langere periode in het landschap kunnen handhaven of zich kunnen herstellen of herkoloniseren.

Omdat het lastig is om het effect van bestuiving te kwantificeren, wordt in deze analyse het effect van bestuiving gedefinieerd als het aandeel van het areaal waarop natuurlijke bestuivers een bijdrage hebben.

### **Volledigheid**

Categorie B: bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

In de CICES-systematiek wordt naast bestuiving van landbouwgewassen ook de bestuiving van planten/struiken en bomen in de natuur genoemd. Ook wordt zaadverspreiding genoemd in de CICES-indeling, deze is niet meegenomen. In de CICES-indeling staat verder dat het bij deze dienst gaat om het in stand houden van bronpopulaties en habitats ten einde de genetische diversiteit te behouden. Indirect is dat meegenomen in de indicator. Deels komt het ook terug in Hoofdstuk 20, waarin het gaat om het bestaansrecht en nalatenschap van het natuurlijk erfgoed zelf.

## **12.4 Literatuur**

- Biesmeijer, J.C., *et al.* (2006), Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 2006. 313(5785): p. 351-354.
- Blacquire, T. (2009). Wageningen wil bij redden. <http://edepot.wur.nl/175610>
- Breeze, T.D., Baily, A.P., Balcombe, K.G., Potts, S.G. (2011). Pollination services in the UK: how important are honeybees? *Agric. Ecosyst. Environ.* 142:137-143.
- Breeze TD, Vaissière BE, Bommarco R, Petanidou T, Seraphides N, *et al.* (2014) Agricultural Policies Exacerbate Honeybee Pollination Service Supply-Demand Mismatches Across Europe. *PLOS ONE* 9(1): e82996.
- Clement, J. & A. Cormont (in prep.). Kaart NatuurElementen 2013., WOt-publicatie in voorbereiding. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen
- Carvalho L.G., Kunin W.E., Keil P., Aguirre Gutierrez J., Ellis W.N., Fox R., Groom Q., Hennekens S., Landuyt W. van, Maes D., Meutter F. van de, Michez D., Rasmont P., Ode B., Potts S.G., Reemer M., Roberts S.P.M., Schaminee J., Wallis-DeVries M.F., Biesmeijer J.C. 2013. Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *ECOLOGY LETTERS* 16: 870-878.
- De Bruyn L. (2014). Hoofdstuk 16 - Ecosysteemdienst bestuiving. (INBO.R.2014.1994351). In Stevens, M. *et al.* (eds.), Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M. 2014.1988582, Brussel.
- Dijkstra, J.P. & M.M. Kwak. (2007). A meta-analysis on the pollination service of the honey bee (*Apis mellifera* L.) for the Dutch flora. *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.* (18) 79-87.

- 
- Farwig, N., D. Bailey, E. Bochud, J.D. Herrmann, E. Kindler, N. Reusser, C. Schüepp and M.H. Schmidt-Entling (2009) Isolation from forest reduces pollination, seed predation and insect scavenging in Swiss farmland. *Landscape Ecology* 24: 919-927.
- Fahrig L, Baudry J, Brotons L, Burel FG, Crist TO, *et al.* (2011) Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecological Letters* 14: 101-112.
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J., Vaissière, B.E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68, 810-821.
- Garibaldi L.A., Steffan-Dewenter I., Kremen C., Morales J.M., Bommarco R., Cunningham S.A., *et al.* (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14:1062-1072
- Garibaldi *et al.* (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339: 1608-1611.
- Garratt, M.P.D., T.D. Breeze, N. Jenner, C. Polce, J.C. Biesmeijer, S.G. Potts (2014) Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 184: 34-40
- Grandiek, N., J. van Herk, C. Cronenberg (2007). De introductie van de rieteconomie. Een duurzaam perspectief voor de Nederlandse veenweidegebieden. Rapport 07.2.155. Innovatienetwerk, Utrecht.
- Henkens, R.J.H.G. en W. Geertsema (2013). Ecosysteemdiensten van natuur en landschap; Aanpak en kennistabellen voor het opstellen van indicatoren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 351.
- Keil, P., *et al.* (2011). Biodiversity change is scale-dependent: An example from Dutch and UK hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Ecography* 2011. 34(3): p. 392-401.
- Kleijn, D. (2014). Biodiversity conservation, ecosystem service delivery and the role of dominant species. Abstracts of the Netherlands Annual Ecology Meeting 2014., Lunteren, Nederland.
- Klein, A.M., C. Brittain, S.D. Hendrix, R. Thorp, N. Williams en C. Kremen (2012). Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat. *Journal of Applied Ecology* 49, 723-732.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274, 303-313.
- Kremen, C., N. M. Williams, M. A. Aizen, B. Gemmill-Herren, G. LeBuhn, R. Minckley, L. Packer, S.G. Potts, T. a. Roulston, I. Steffan-Dewenter, D. P. Vázquez, R. Winfree, L. Adams, E. E. Crone, S., S. Greenleaf, T. H. Keitt, A.-M. Klein, J. Regetz, and T. H. Ricketts (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of landuse change. *Ecology Letters* 10:299-314.
- Lautenbach S, Kugel C, Lausch A, Seppelt R (2011) Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. *Ecological Indicators* 11: 676-687.
- Leonhardt, S.D., Gallai, N., Garibaldi, L.A., Kuhlmann, M. and Klein, A.M. (2013). Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 14: 461-471.
- Molesini, B., Y. Pii, and T. Pandolfini (2012). Fruit improvement using intragenesis and artificial microRNA. *Trends in Biotechnology* 30:80-88.
- National Research Council (2007). Status of pollinators in North America. National Academies Press, Washington DC.
- Ollerton, J., Tarrant, S. & Winfree, R. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.
- Pandolfini, T. (2009). Seedless Fruit Production by Hormonal Regulation of Fruit Set. *Nutrients* 1:168-177.
- Patiny, S., P. Rasmont, D. Michez (2009). A survey and review of the status of wild bees in the Western Palaearctic region. *Apidologie*. May 2009 , Volume 40 , Issue 3 , pp 313-331.

- 
- Potts, S.G., Roberts, S.P.M., Dean, R., Marris, G., Brown, M.A., Jones, R., Neumann, P., Settele, J. (2010a). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research* (49):15-22.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. (2010b). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25, 345-353.
- Rader R, BG Howlett, SA Cunningham, DA Westcott, LE Edwards W (2012). Spatial and temporal variation in pollinator effectiveness: do unmanaged insects provide consistent pollination services to mass flowering crops? *Journal of Applied Ecology* 49: 126-134.
- Rotino, G., N. Acciarri, E. Sabatini, G. Mennella, R. Lo Scalzo, A. Maestrelli, B. Molesini, T. Pandolfini, J. Scalzo, B. Mezzetti, and A. Spena (2005). Open field trial of genetically modified parthenocarpic tomato: seedlessness and fruit quality. *BMC Biotechnology* 5:32.
- Schulp, C.J.E., S. Lautenbach & P.H. Verburg (2014). Quantifying and mapping ecosystem services: Demand and supply of pollination in the European Union. *Ecol Ind* 36: 131-141.
- Steffan-Dewenter, I. and T. Tscharntke (2000). Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia* 122:288-296.
- Steffan-Dewenter I, Potts S.G, Packer L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends Ecol. Evol.* 2005;20:651–652. doi:10.1016/j.tree.2005.09.004

---

# 13 Plaagonderdrukking

*Eefje den Belder (PRI) en Willemien Geertsema (Wageningen University), Inez Woltjer, Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 15%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van techniek/substitutie: 65%
- Levering onvervuld: 20%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: afname
- Trend vraag sinds ca. 1990: stabiel
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 72%, agrarisch gebied -% (niet meegenomen in totaal), urbaan gebied 28%
- Betrouwbaarheid: D (matig)
- Volledigheid: C (bevat enkele aspecten)

## 13.1 Werking van de dienst

Het beheersen/reguleren van ziekten en plagen is van groot belang in de akkerbouw (maar ook in de veeteelt en de bosbouw) Het gaat om plagen zoals insecten, mijten en aaltjes en ziektes als schimmels, bacteriën, en virussen.

Natuurlijke plaag- en ziekteregulatie is het vermogen waarover ecosystemen beschikken om plagen en ziektes te onderdrukken. Hierbij spelen natuurlijke vijanden (predatoren en parasieten) en natuurlijke infecties (schimmels, bacterien, virussen) van voor de gewassen schadelijke organismen een centrale rol. Voorbeelden van natuurlijke plaagregulatie zijn: oorwormen die appelbloedluizen eten, huisspitsmuizen en spreeuwen die larven van emelten eten en parasieten van koolrupsen of graanluizen. Natuurlijke plaagregulatie valt samen met de ecosysteemdienst bestuiving onder de regulerende ecosysteemdiensten (Den Belder *et al.*, 2002, Haines-Young & Potschin, 2013).

Ook ondergronds maken vele soorten zich nuttig als onderdrukkers van plagen en ziektes: zoals mijten en springstaarten en antagonistische schimmels en bacteriën. Door de vele interacties tussen de nuttige en schadelijke soorten (onderdeel van een voedselweb) en bijvoorbeeld intraspecifieke predatie is de precieze werking en sturing complex.

Natuurlijke plaagregulatie gebeurt via verschillende wegen door een grote diverse groep aan organismen. Zo zijn er generalisten (zij belagen veel soorten) die elkaar opvolgen en aanvullen in tijd en ruimte en die in een voldoende grote dichtheid voorkomen. Daarnaast kunnen plaagsoorten onderdrukt worden door één specifieke soort (specialisten), die weinig soorten of slechts één plaagsoort doodt of als gastheer gebruikt. Meestal zijn dit parasitaire sluipwespen.

Voor natuurlijke plaagregulatie zijn met name de generalistische natuurlijke vijanden die in en rond de akkers en boomgaarden overwinteren belangrijk. Hiertoe behoren onder andere loopkevers, kortschildkevers en spinnen. Na de winterperiode herkoloniseren ze het perceel en prederen op plagen. Meer specialistische groepen van potentiële natuurlijke vijanden (larven van zweef- en gaasvliegen, lieveheersbeestjes komen (voor een deel) van buiten de percelen. Net zoals de specialistische parasitaire sluipwespen reageren zij op bepaalde prooisorten zodra de dichtheden ervan toenemen.

---

## Natuurlijke plaagonderdrukking versus technologie

De ecosysteemdienst plaagregulatie is in dit hoofdstuk gedefinieerd als de onderdrukking van plagen in landbouw-ecosystemen door natuurlijke vijanden die van nature in de omgeving (landschap) voorkomen (Melman en Van der Heide, 2011).

Het uitzetten van gekweekte natuurlijke vijanden (commerciële of augmentatieve biologische bestrijding) of steriele mannetjes (zoals we die kennen tegen de uievlieg) wordt buiten beschouwing gelaten. De regulatie van ziektes (bijvoorbeeld het ziektevermogen van bodems) wordt hier ook buiten beschouwing gelaten omdat er nog te weinig over bekend is. Ook worden invasieve soorten, natuurlijke ecosystemen, ziekte- en plaagbestrijding in veeteelt (zoals in CICES v.4.3 staat omschreven) buiten beschouwing gelaten.

De introductie van gekweekte biologische plaagbestrijders (commerciële of augmentatieve biologische gestrijding) worden in dit hoofdstuk ook als technische substitutie beschouwd en niet gezien als een dienst vanuit het ecosysteem zelf. In de kasteelt is toepassing van biologische plaagbestrijding, en de inzet van schimmel- bacterie- en viruspreparaten) inmiddels zeer algemeen in veel teelten in Nederland. In de open teelten bevindt de introductie van biologische bestrijding zich nog in een beginfase.

Momenteel wordt in de opengrondteelt op grote schaal gebruik gemaakt van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Dit wordt ook als een substituut gezien. Bij benutting van natuurlijke plaagregulatie in de landbouw richt de aanpak zich op het creëren van geschikte habitats in de nabijheid van productiepercelen die dan leverancier zijn van hulpbronnen (nectar, pollen, alternatieve prooien en beschutting) voor natuurlijke vijanden. Dit kan zijn door het benutten van natuur in het landschap. De bijdrage van groene en blauwe lijnvormige elementen in het agrarische gebied is lastig te kwantificeren. De ruimte- en milieucondities in het agrarisch gebied zijn vaak nog zo ongunstig dat het de vraag is in hoeverre deze habitats in staat zijn natuurlijke vijanden te leveren.

De tweede nota duurzame gewasbescherming 'Gezonde Groei, Duurzame Oogst' (2013 tot 2023) (EZ, 2013) stelt dat de geïntegreerde gewasbestrijding volgens de Europese regels drie opeenvolgende stappen doorlopen moet, preventie, monitoring en bestrijding met 'inzet van gewasbeschermingsmiddelen' als de laatste stap.

Relatief goedkope chemische middelen, lage tolerantie betreffende beschadiging aan product en (relatief) maar ook onbekendheid met natuurlijke plaagregulatie bij ondernemers, maken dat natuurlijke plaagregulatie nog beperkt gericht wordt toegepast in de bedrijfsvoering.

Beperking van het middelenpakket door strengere wetgeving, resistentieontwikkeling tegen gewasbeschermingsmiddelen en succesvolle benutting van natuurlijke plaagregulatie door randenbeheer in samenhang met de permanente natuurelementen in verschillende gebieden (FAB projecten 2005-2007, LTO (2008); H-Wodka, 2014) zijn een aantal factoren die natuurlijke plaagregulatie meer op de kaart hebben gezet.

Het resultaat van de ecosysteemdienst natuurlijke plaagregulatie is een verminderde plaagdruk, verminderde opbrengst-en/of kwaliteitverlies van product, een vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en de daaruit volgende verminderde uitspoeling naar bodem en water (grond- oppervlaktewater, bodem) en een verminderde impact op biodiversiteit in het algemeen.

Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen leidt tot extra zuiveringskosten van drinkwater, verslechtering van de bodemvruchtbaarheid en risico's voor de volksgezondheid doordat schadelijke residuen in ons voedsel terecht kunnen komen. Toch zijn kosten voor gewasbeschermingsmiddelen laag, waardoor die niet leidt tot overschakeling op meer natuurlijke vormen van plaagonderdrukking.



---

## 13.2 Methode

Essentie van de gebruikte methode is dat deze ecosysteemdienst geleverd wordt daar waar vraag (ligging productieperceel) en aanbod (ligging natuurlijke vijand ondersteunende habitat) dicht genoeg bij elkaar liggen in het landschap (Baveco en Bianchi, 2007). De vraag wordt bepaald door de gewassen die potentieel last hebben van plagen. Het aanbod wordt gevormd door habitats die geschikt zijn als leverancier van hulpbronnen voor natuurlijke vijanden en van waaruit plaag- onderdrukking binnen een bepaalde afstand (invloedsfeer of bufferafstand) op kan treden. Dit laatste wordt onder andere bepaald door de afstand die nuttige insecten gemiddeld af zullen leggen bij het zoeken naar hun voedsel/prooi.

Van zowel de gewassen die gevoelig voor plagen zijn, als de habitats die potentieel als bron fungeren voor natuurlijke vijanden zijn ruimtelijk kaarten beschikbaar om de match tussen vraag en aanbod in een GIS-analyse te kunnen bepalen. Omdat veel onderzoek zich vooral gericht heeft op landschaps-niveau en van individuele gewassen de informatie zeer beperkt is (Bianchi *et al.*, 2013) is gekozen voor een globale benadering voor een combinatie van belangrijke gewassen en niet voor individuele gewassen.

### Huidige vraag

In de akkerbouw wordt schade door insecten/mijten vooral waargenomen op aardappelen, granen, suikerbieten en vollegrondsgroente (Zie ook Melman en Van der Heide, 2011). Bladluis vormt vaak het hoofdprobleem, niet alleen vanwege zuigschade, maar met name vanwege het overbrengen van virusziekten. Daarnaast kunnen rupsen, kevers (bv. bladrandkever, graanhaantje, bietenkever), vliegen (bv. graanmineerders, koolvlieg, uienvlieg) en slakken in diverse gewassen schade veroorzaken. De fruitteelt kent een groot aantal plagen veroorzaakt door insecten, waaronder spintmijt, bladrollers, wintervlinder, voorjaarsuil, bladluizen, bloedluis, schildluis, snuitkevers, wantsen en bladmineerders.

Van de volgende gewastypen uit Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN5) is aangenomen dat ze in potentie last hebben van herbivore plagen:

3. Aardappelen
5. Granen
4. Bieten
2. Maïs
62. Fruitkwekerijen
9. Boomgaarden
61. Boomkwekerijen
6. Overige landbouwgewassen
10. Bloembollen

### Aanbod

Of een habitat (natuurreservaat of groenblauwe dooradering) een geschikte leverancier van hulpbronnen is voor natuurlijke vijanden in de landbouw hangt in belangrijke mate af van de oppervlakte en kwaliteit van de habitat, de ruimtelijke ligging van de habitat in het landschap en de mate waarin de habitats met elkaar verbonden zijn. Deze vier factoren bepalen voor allerlei natuurlijke vijanden of ze zich goed kunnen verspreiden, of ze genoeg voedsel, schuil- en rustplaatsen kunnen vinden (zie bijvoorbeeld Geertsema *et al.*, 2004; Tschardtke *et al.*, 2005; Thies *et al.*, 2011). In verschillende reviews komt naar voren dat in het algemeen in complexe landschapsmozaïeken met een hoger percentage aan 'non-crops' er hogere aantallen natuurlijke vijanden worden gevonden en er een lagere plaagdruk is (Bianchi *et al.*, 2006, Melman en Van der Heide, 2011).

De combinatie van kwaliteit van de vegetatie (bloeiende bloemen, structureelrijk) op het juiste moment, en op de juiste plaats (niet te ver van de akker) en de omvang van het gebied, maken dat natuurreservaten en natuurlijke lijnelementen kunnen bijdragen aan de onderdrukking van plagen.

Veel natuurlijke vijanden hebben een voorkeur voor een min of meer natuurlijk habitat, zoals bepaalde loopkevers voor houtwallen en kleine landschapselementen, loopkevers en spinnen voor grasachtige

---

stroken sluipwespen en zweefvliegen voor bloemenrijke habitats. Voor de overwintering van de bodemfauna moet voldoende beschutting aanwezig zijn in akkerranden en slootkanten ter compensatie van de kale akkers. Natuurlijke vijanden van plaaginsecten vinden een groot deel van hun voedsel in de periodes dat de akkerbouwgewassen groeien. Voor de overleving van plaagonderdrukkers jaarrond is het van belang dat er buiten de teeltperiode ook voldoende voedsel is in de vorm van alternatieve prooien of gastheren, dan wel van stuifmeel en/of nectar van bloeiende planten in de nabije omgeving van het gewas. Ten slotte is de grootte van het gebied van belang. Daarbij is aangenomen dat een groter gebied meer natuurlijke plaagregulatie kan leveren in vergelijking met een kleiner gebied (Tschardt *et al.*, 2002).

De natuurtypen uit Henkens en Geertsema (2013) zijn als basis gebruikt bij de bepaling welke beheerareaaltypen (via beheertypen van Subsidieregeling Natuur en Landschapsbeheer (IPO, 2012)) een potentiële bijdrage aan natuurlijke plaagregulatie kunnen hebben.

Daarnaast is voor permanente groenblauwe lijnelementen (houtwallen, heggen, hagen, sloten) bepaald wat de potentiële bijdrage aan natuurlijke plaagregulatie is. De bijdrage van groene en blauwe lijnvormige elementen in het agrarische gebied is nog lastig te kwantificeren. De ruimte- en milieucondities in het agrarisch gebied zijn vaak nog zo ongunstig dat het de vraag is in hoeverre deze habitats in staat zijn natuurlijke vijanden te leveren. Deze lijnelementen zijn afkomstig uit de Basiskaar Natuur Elementen (Clement & Cormont, in prep.).

Benutting van natuurlijke plaagregulatie door middel van perceelrandenbeheer in samenhang met permanente natuurelementen is succesvol in een aantal verschillende gebieden (LTO, 2008; HWodka, 2014). Bijdragen van één- en meerjarige bloemenranden waarvan bekend is dat zij een rol spelen als leverancier van natuurlijke vijanden zijn niet meegenomen omdat deze niet in landsdekkende kaartbestanden zijn vastgelegd (regionaal zijn de kaarten soms wel beschikbaar).

#### Wegingsfactor

Niet elk natuurareaal of groenblauw lijnelement is geschikt als habitat voor natuurlijke vijanden van plagen. Op basis van expert judgements is de geschiktheid van het habitat bepaald. Hierbij is uitgegaan van de te verwachte bloemrijkdom in het natuurreservaat/groenblauwe lijnelement, waarbij vooral de aanwezigheid van bloeiende planten (nectar, pollen) en structuur in de vegetatie bepalend zijn geweest.

De wegingsfactor zijn onderverdeeld in drie klassen:

- Een habitat is ongeschikt als leverancier van natuurlijke vijanden, bijdrage = 0
- Een habitat is matig geschikt als leverancier van natuurlijke vijanden, bijdrage = 0.5
- Een habitat is geschikt als leverancier van natuurlijke vijanden, bijdrage = 1.

Het toekennen van de wegingsfactor door middel van expert-judgement, is een bron van onzekerheid en is een versimpeling van de ecologische processen. Het is naar onze mening de beste aanpak die, binnen het beschikbare kader van budget, tijd en aanwezige basisgegevens, mogelijk is.

Het overzicht van de wegingsfactor per landschapselement staat in Bijlage 3. De consequentie van het gebruik van deze wegingsfactor is dat de bijdrage van de oppervlakte natuur danwel groenblauw lijnelement als leverancier wordt gecorrigeerd.

In de analyse zijn de bijdragen vanuit natuurreservaten en de permanente lijnvormige elementen in het landschap meegenomen bij de bepaling van de bijdrage aan de ecosysteemdienst natuurlijke plaagbeheersing.

Van natuurreservaten is aangenomen dat de milieucondities en het beheer gericht zijn op de instandhouding van bloemrijke en structuurrijke vegetaties.

De milieucondities en het beheer van lijnvormige landschapselementen in het agrarisch gebied in Nederland zijn niet optimaal (smalle spuitvrije zones, drift vanuit landbouwpercelen, eutrofiering). Mogelijk is de schatting vanuit de groenblauwe dooradering een overschatting. Deze lijnvormige elementen hebben wel een potentie als habitat en leverancier van natuurlijke vijanden (LTO, 2008; Scherpenisse-Gutter *et al.*, 2008).

Naast de identificatie van welke natuurtypen en groen-blauwe lijnelementen van belang zijn als leverancier van natuurlijke vijanden, is een schatting gemaakt van de afstanden waarover natuurreservaten en groenblauwe lijnelementen een effect hebben.

In welke mate de natuurlijke plaagregulatie in landbouwgewassen afneemt met de afstand tot natuurgebieden en groenblauwe lijnelementen varieert sterk per publicatie. Melman en Van der Heide (2011) gebruiken de afstand tussen randstructuren (bosrand, wegberm, opgaande begroeiing en slootkant), waarbij afstanden variëren van 25-500 m. In de TEEB-studie voor gebieden (Hendriks *et al.*, 2014) wordt uitgegaan van een afstand van tussen de 100 en 150 m die door natuurlijke vijanden wordt afgelegd. Door Geertsema *et al.* (2006) zijn op basis van studies over de ecologie van de natuurlijke vijanden ontwerprichtlijnen voor groenblauwe landschapselementen ontwikkeld om de effectiviteit van natuurlijke plaagonderdrukking te versterken. Bij aanwezigheid van natuurgebieden (groter dan ca. 5 hectare, binnen 1 kilometer) wordt door hen een afstand van 100 meter aangehouden waarbinnen de invloed merkbaar is. Voor kleinere gebieden of groenblauwe lijnvormige elementen is een bufferafstand van 50 meter gekozen. De grenzen van <1 en >1 ha zijn schattingen van het verschil tussen kleine (< 1 ha: met name wegbermen, slootkanten, enz.) en grote gebieden (> 1-5 ha: bosjes, natuurgebieden). De laatstgenoemde afstanden zijn ook gekozen in onze analyse (tabel 13.1).

Tabel 13.1

Belang	Oppervlakte	Lijnvormig	Bufferafstand
1	< 1ha	0	50
1	niet van belang	1	50
1	1-5 ha	0	100
1	> 5ha	0	100
0.5	< 1ha	0	50
0.5	niet van belang	1	50
0.5	1-5 ha	0	100
0.5	> 5ha	0	100

Om de bijdrage van natuurgebieden in relatie tot de grootte te bepalen, moeten de natuurgebieden worden samengevoegd. Een simpele methode is om alle grids/gebieden met legenda-eenheden die hetzelfde scoren op kwaliteit te fuseren om vervolgens te bepalen wat de invloedsafstand is. Grids die omrekeningen van lijnvormige elementen zijn (bv greppels, sloten, wegbermen, bomenrijen, heggen, etc), hoeven niet omgerekend te worden naar oppervlakte, omdat die altijd een invloedsafstand van 50 meter krijgen.

Natuurlijke plaagregulatie kan sterk variëren in de tijd, ruimte, tussen natuurlijke vijanden en gewassen. Kennis over het aandeel van natuurlijke plaagregulatie in de onderdrukking van plagen in vergelijking met bijvoorbeeld resistentie, sanitatie en chemische bestrijding is nog onvoldoende om hier een goede inschatting van te maken. De graadmeter wordt daarom uitgedrukt in het totaal areaal van de bovenstaande gewassen waarop natuurlijke plaagregulatie kan plaatsvinden onder invloed van de natuurreservaten/groenblauwe elementen in de omgeving. Er kunnen dus wel uitspraken worden gedaan over het areaal waarop plaagonderdrukking plaatsvindt, maar niet over de intensiteit of kwaliteit ervan.

In Kader 13.1 wordt de hier gebruikte methode afgezet tegen een aantal andere eerder ingezette methoden om natuurlijke plaagonderdrukking te kwantificeren.

#### Kader 13.1 Vergelijken methode met andere in Nederland gebruikte methoden om natuurlijke plaagonderdrukking te kwantificeren

*Grashof et al. (2009):*

##### Methode om kansen voor ecosysteemdiensten in het Groene Woud (NB) te bepalen

Voor natuurlijke plaagregulatie wordt aan landschapselementen een score gegeven: 0,1 of 2. Ook afstanden tot akkerland (exclusief maïs) worden gewogen. Via een tussenstap komt er een kaart: 'welke elementen dragen bij?'. Uiteindelijk komt er een kaart met kansen waar 'investeren efficiënt' is. Vrijwel het hele Groene Woud kleurt daarbij groen.

#### Vragen/Conclusies

Wat betekent het dat investeren efficiënt is? Om welke investeringen gaat het, verbetering kwaliteit, aanleg nieuwe elementen enz.? Relatief veel resultaat voor kleine inspanning? Het lijkt erop dat deze methode geen uitspraken doet over welk deel van het agrarisch gebied potentieel onder invloed van natuurlijke plaagonderdrukking ligt. Focus op agrarisch gebied, EHS niet meegenomen, dus ook akkerbouw dat grenst aan EHS telt zo niet mee. Het toekennen van scores aan landschapselementen lijkt op de hier voorgestelde methode, focus op opgaande begroeiing (exclusief bos in EHS). Wij willen juist ook grazige elementen, oeverstroken enzovoorts meenemen.

#### *Melman en Van der Heide (2011):*

Hier wordt voor kleine landschapselementen (sloten, bermen, opgaande begroeiingen en bosranden) berekend welk % van bouwland (inclusief maïs) binnen de invloedssfeer van de elementen ligt. Per type landschapselement en voor het totaal van landschapselementen wordt het totaal berekend. Op verschillende afstanden van de landschapselementen wordt berekend welk % bouwland binnen de bufferafstand tot elementen ligt. Er wordt geen onderscheid in kwaliteit gemaakt. Bijna 90% van het landbouwareaal ligt op minder dan 500 m van de bosrand en 50% binnen 200 m van de bosrand. Een andere analyse gebruikt een meer continue berekening, gebaseerd op een methodologisch verhaal van Bianchi & Baveco (2007). Daar worden oppervlaktes van opgaande begroeiing wel meegewogen. Ook hier worden uitspraken gedaan over % bouwland binnen bufferafstand en wordt er rekening gehouden met het % parasitering als benadering voor % plaagonderdrukking.

#### Conclusie

benadering lijkt op wat wij willen, echter geen onderscheid in bijdrage van landschapselementen op basis van type: alles of niets benadering. Tweede analyse lijkt wel rekening met oppervlakte van landschapselementen te houden maar niet met het begroeiingstype. Daarnaast hebben Melman en Van der Heide geen SNL-kaart gebruikt en een vorige grovere versie (25 x 25 meter) van de BNE-kaart.

Hoewel er aanknopingspunten in de eerdere analyses zitten, missen er ook zaken. Geen van de analyses houdt rekening met het oppervlakte van de elementen en ook niet met het type (dus is het alles of niets).

#### **Trend**

Er is zeer weinig bekend over de veranderingen in de populatietrend van plaagonderdrukkende soorten over langere tijd.

Door gebrek aan gedetailleerde kaarten is het niet mogelijk om de bovenstaande analyse uit te voeren indien we terugkijken in de tijd. Van de huidige situatie (2012) is een goed beeld van de aanwezigheid van landschapselementen en natuur, maar voor de situatie in het verleden zijn er geen kaarten beschikbaar met hetzelfde detailniveau. Daarom zijn er proxys gebruikt om een schatting te geven van de richting van de trend.

De trend van de vraag naar plaagregulatie in landbouwgewassen is op indirecte wijze bepaald door te kijken naar de ontwikkeling van het areaal waarop gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt.

## 13.3 Resultaat

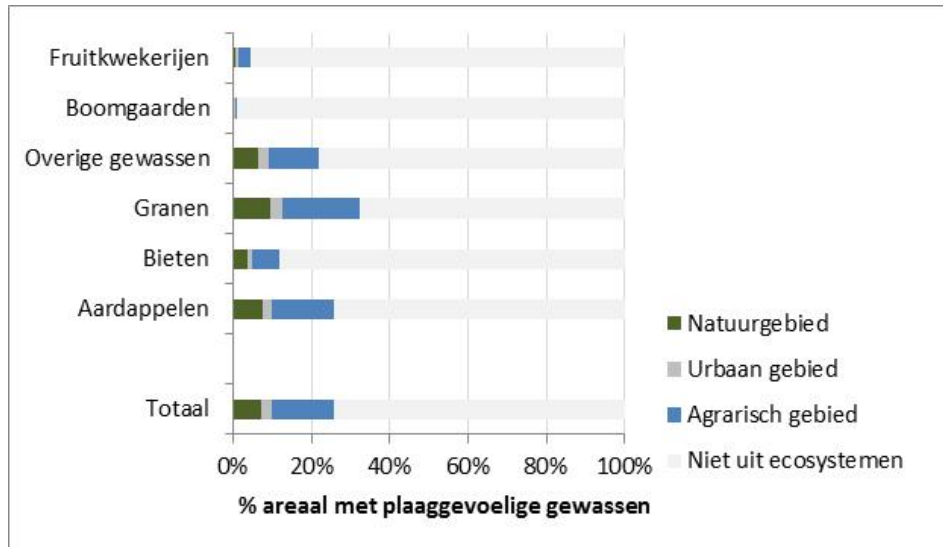
#### **Gebruik en aanbod**

Het percentage van het areaal van de verschillende gewassen dat valt onder de invloedssfeer van natuurlijke plaagregulatie vanuit natuurreservaten en vanuit groen blauwe landschapselementen staat in figuur 13.1. Vijftien procent van het totaal areaal van plaaggevoelige gewassen wordt beïnvloed door natuurlijke plaagregulatie die samenhangt met de aanwezigheid van natuurreservaten in Nederland. Dit percentage varieert (van 1% tot 20%) afhankelijk van de ruimtelijke configuratie van gewassen en de aanwezigheid van geschikte natuur areaal als leverancier van natuurlijke plaagregulatie.

Groenblauwe lijnelementen in het agrarisch gebied (heggen, hagen, houtwallen, sloten) kunnen potentieel bijdragen aan de levering aan de natuurlijke plaagregulatie mits het beheer en milieuecondities gunstig zijn. Deze groenblauwe lijnelementen dekken gemiddeld nog eens 18% van het totaal areaal van plaaggevoelige gewassen. Uiteindelijk resulteert dit in een totaal areaal van

plaaaggevoelige gewassen van 33%, waar de natuurlijke plaagregulatie wordt beïnvloed vanuit de natuurreservaten (areaal) en groenblauwe lijnelementen in het landschap.

Graan en aardappels zijn twee gewassen waarvan in de Hoeksche Waard is aangetoond dat natuurlijke plaagregulatie effectief kan zijn (LTO, 2008, Eindrapportage FAB-2005-2007; H-Wodka, 2014). Deze cijfers percentages voor graan en aardappels komen nagenoeg overeen met de getallen voor alle gewassen totaal.



**Figuur 13.1** Potentiële bijdrage van natuurgebieden, urbaan gebied (zoals erven) en agrarisch gebied in het onderdrukken van plagen.

### Belang van ecosystemen

Er zijn geen data voorhanden over het verlies van gewasopbrengsten door schade door plaaginsecten specifiek voor Nederland, maar wel voor NW Europa. Volgens schattingen is er in Noordwest-Europa potentieel ongeveer 60% (data 2001-2003) van de gewasopbrengsten verloren gegaan aan plagen, ziekten en competitie met onkruiden (Oerke, 2006). Ondanks de inzet van gewasbeschermingsmiddelen gaat nog steeds een 20% verloren. Import van de ecosysteemdienst natuurlijke plaagregulatie uit het buitenland is bij deze dienst niet mogelijk (dus 0%), omdat vraag en aanbod lokaal afgestemd moeten zijn en plaagonderdrukkers een beperkte actieradius hebben. Verder is de redenatie dat dus 15% van het areaal dat potentieel last heeft van plagen afkomstig is uit ecosystemen, dat er 20% verlies is door plagen en dat dus 65% van de plagen wordt onderdrukt op meer technische wijze. We gaan hier uit van een additief model waarbij deze categorieën opgeteld op 100% uitkomen, ook gaan we hierbij uit van dat 20% verlies van opbrengst overeenkomt met 20% areaal.

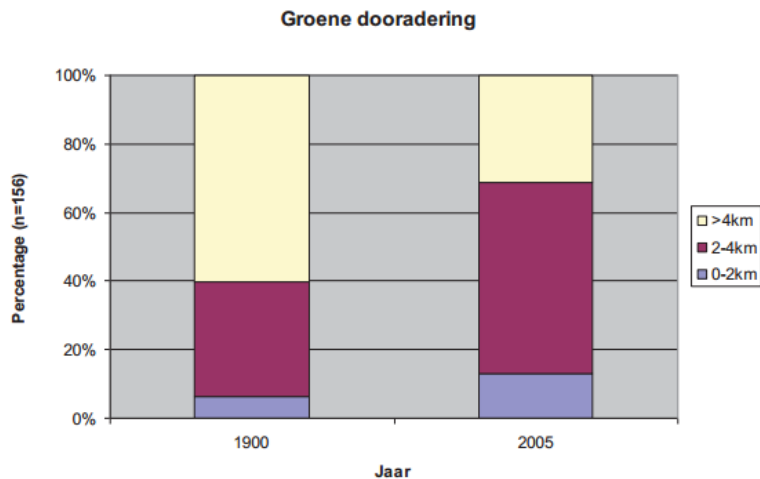
### Trend vraag

Tussen 1995 en 2008 was het totale landbouwareaal waar gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet tegen plagen (insecten en mijten) ongeveer stabiel, respectievelijk 374,6 duizend ha in 1995 en 376,5 duizend ha in 2008 (CBS, 2014). Met het verdwijnen van bepaalde gewasbeschermingsmiddelen van de markt (o.i.v. strengere milieueisen, en eisen t.a.v. humane toxicologie) of beperkingen in de toelating (niet meer tijdens de bloei i.v.m. bijen) is de afhankelijkheid van goede monitoring en goede alternatieve plaagbeheersing waaronder de benutting van de ecosysteemdienst natuurlijke plaagregulatie groter aan het worden.

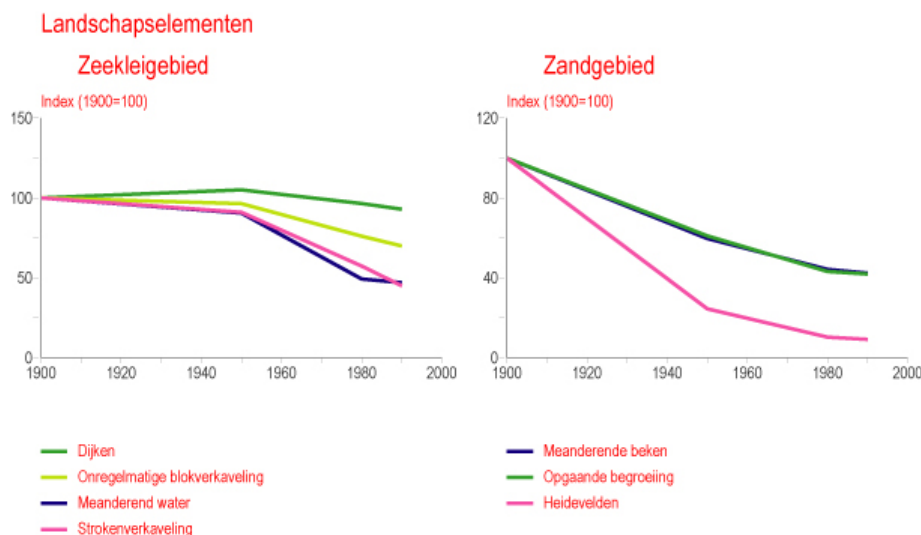
Een belangrijke factor is verder de veranderde houding van de Europese Unie die vanaf 2014 alle lidstaten verplicht tot gebruik van geïntegreerde gewasbescherming. Toelating van middelen in de EU wordt gebaseerd op het substitutieprincipe – alleen de ecologisch beste alternatieven worden geregistreerd. Dit biedt enorme kansen voor augmentatieve biologische bestrijding (Van Lenteren, 2011) maar zal ook de vraag naar natuurlijke plaagregulatie doen toenemen.

## Trend aanbod

Het is niet bekend in hoeverre natuurlijke vijanden in Nederland zijn veranderd. Via veranderingen in de hoeveelheid en kwaliteit van het habitat waarin deze soorten leven is wel indirect iets te zeggen over de veranderingen in de tijd. De hoeveelheid groenblauwe dooradering in het landschap als leverancier van natuurlijke vijanden is in hoog Nederland (Zuidelijk zandgebied, Drenthe, Overijssel) de afgelopen decennia sterk afgenomen. In 1900 bevatte nog circa 60% van het areaal zandgebied in Nederland meer dan vier kilometer lijnvormige beplantingen per vierkante kilometer, in 2005 is dat afgenomen tot ongeveer 25% van het areaal (figuur 13.2). Deze ontwikkelingen gelden ook voor het zeeleigebied en gaan tot op heden door (figuur 13.3). Er wordt aangenomen dat als er minder habitat beschikbaar is voor plaagonderdrukkers in het landschap er daarmee ook een afname is van natuurlijke plaagregulatie.



**Figuur 13.2** In 1900 was in 60% van het door groene dooradering gekenmerkte zandgebied, meer dan vier kilometer lijnvormige beplanting per vierkante kilometer aanwezig. In 2005 was dit afgenomen tot 25% (Bron: Dirkx et al., 2011).



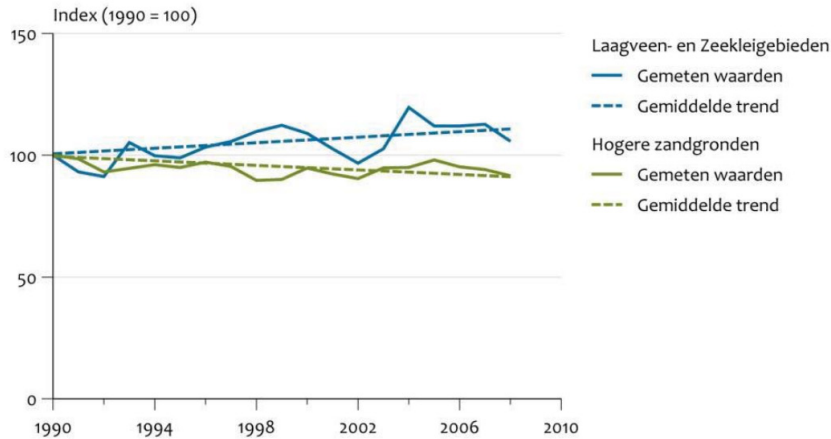
**Figuur 13.3** Landschapselementen in het zeeleigebied en het zandgebied sinds 1900 (Bron: MNP et al., 2006).

Ook in de afgelopen decennia zien we dat de afname van struweelvogels op de hogere zandgronden, als indicator voor het voorkomen van struweel, zich doorzet. Anderzijds zien we dat de van oudsher open landschappen in laagveen- en zeeleigebieden een toename kennen van de populatie struweelvogels (figuur 13.4).

Op basis van een telling van het bloemaanbod langs meer dan 200 transecten van het Landelijk Meetnet Dagvlinders bleek dat in de periode 1994-2008 het totale bloemaanbod met 34% was verminderd (Wallis de Vries *et al.*, 2012).

Samenvattend kan gezegd worden, dat er zowel een kwantitatieve als kwalitatieve afname in het habitat voor plaagonderdrukkers en de daarmee samenhangende ecosysteemdienst natuurlijke plaagregulatie.

#### Populatieomvang struweelvogels



**Figuur 13.4** Het aantal struweelvogels neemt in laagveen- en zeekleigebieden toe, terwijl de struweelvogelpopulatie op de hogere zandgronden nog steeds afneemt (Bron: Dirx *et al.*, 2011).

#### Betrouwbaarheid

Categorie D: de schattingen zijn, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgements, en een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen.

Deze analyse bouwt voort op werk dat eerder is uitgevoerd, en geeft geen definitief antwoord van het effect van natuurlijke plaagregulatie op landelijk schaal. Aannames die een bron van onzekerheid vormen zijn:

1. Er is aangenomen dat de natuurlijke elementen voldoende kwaliteit hebben om natuurlijke vijanden te herbergen. Er dienen dus voldoende voedsel-, schuil- en overwinteringsmogelijkheden te zijn.
2. Er wordt gewerkt met een vast getal voor de afstand waarover plaagonderdrukkers effect hebben. In werkelijkheid gaat het zowel om een groot aantal natuurlijke vijanden en ook om een groot aantal van plagen, die zelfs per soort over verschillende afstanden effect hebben.
3. Ook is het mogelijk dat er een verdunningseffect optreden, en hoe verder je van de rand van de groenblauwe dooradering/natuurreservaat komt hoe minder het effect is van de natuurlijke vijanden .
4. Er is aangenomen dat natuurlijke vijanden zich in alle gewassen hetzelfde gedragen.
5. Daarnaast vindt er interactie plaats tussen predatoren en parasieten, wat leidt tot ingewikkelde relaties en terugkoppelingen in het voedselweb.
6. Onderzoek heeft uitgewezen dat ook de gewasdiversiteit (Den Belder *et al.*, 2002) en de ruimtelijke inbedding in het landschap van belang is op de effectiviteit van groenblauwe dooradering op de plaagonderdrukking. Daarnaast speelt ook dat er temporele variatie is in de effectiviteit van plaagonderdrukking (Menalled *et al.*, 1999). Ten slotte speelt ook de ruimtelijke configuratie van groen-blauwe elementen in het landschap een rol. Het gaat er dan om of populaties van plaagonderdrukkers duurzaam in het landschap kunnen overleven of zich kunnen herstellen of een gebied kunnen herkoloniseren na een lokale extinctie.
7. Uiteindelijk kunnen veel factoren op orde zijn en kan de natuurlijke plaagregulatie functioneren maar wordt dit door de bedrijfsvoering op perceelsniveau beïnvloed (Den Belder *et al.*, 2007).

Het is niet direct duidelijk hoe groot deze onzekerheden in kwantitatieve zin zijn en of ze leiden tot een over- of onderschatting van de resultaten.

---

## Volledigheid

Categorie C (bevat enkele aspecten): bevat enkele aspecten en is daarmee onvolledig.

In de CICES-systematiek wordt natuurlijke plaagregulatie (natural pest control) zeer breed omschreven (Haines-Young & Potschin, 2013). Het gaat dan om plaag-en ziektenregulatie in natuurlijke systemen, agro-ecosystemen (landbouw en veeteelt) en humane populaties. Daarbij wordt ook de onderdrukking van invasieve soorten meegerekend. In de uitwerking van deze ecosysteemdienst in dit hoofdstuk ligt de nadruk natuurlijke plaagregulatie in landbouwgebieden en dan met name bovengronds. Daarmee vat de graadmeter de belangrijkste aspecten, maar is niet volledig.

## 13.4 Literatuur

- Baveco, J. M. & Bianchi, F. J. J. A. (2007) Plaagonderdrukkende landschappen vanuit het perspectief van natuurlijke vijanden. *Entomologische Berichten*, 67, 213-217.
- Baveco, H. & Melman, D. (2011). Natuur voor plaagbestrijding, een uitwerking van de relatie tussen landschapselementen en akkerbouwpercelen. P. 129-144. In WOt-rapport 111.
- Belder E den, Elderson J, Brink WJ van den & Schelling G. (2002). Effect of woodlots on thrips density in leek fields: a landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91: 139-145.
- Belder, E. den, J. Elderson, G. Schelling, J.A. Guldmond (2007). Het functionele landschap: de invloed van landschap en bedrijfsvoering op natuurlijke plaagonderdrukking in spruitkool. *Entomologische Berichten* 67 (6): 209-212.
- Bianchi, F., Booij, C. J. H. & Tschardtke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 273, 1715-1727.
- Bianchi, F.J.J.A., Mikos V., Brussaard, L., Delbaere, B. M.M. Pulleman (2013). Opportunities and limitations for functional agrobiodiversity in the European context. *Environmental Science and Policy*, 27: 223-31.
- CBS (2014). CBS STATLINE. Bestrijdingsmiddelen gebruik. (Geraadpleegd, 10-06-2014).
- Clement, J. & A. Cormont (in prep.). Kaart NatuurElementen 2013. WOt-publicatie in voorbereiding. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- Dirkx, G.H.P., C.J. Grashof-Bokdam en H.A.M. Meeuwsen (2011). Biodiversiteit en landschappelijke variatie. In: Sanders, M.E. & A.L. Gerritsen (red.). *Het biodiversiteitsbeleid in Nederland werkt. Achtergronddocument bij Balans van de Leefomgeving 2010*. WOt-werkdocument 225 (2011): p. 60- 68, <http://edepot.wur.nl/191071>.
- EZ (2013). Gezonde Groei, Duurzame Oogst, (TK 27858 nr. 146).
- Geertsema, W., Steingröver, E., Wingerden, W. van, Alebeek, F. van, Rovers. J (2004). Groen-blauwe dooradering in de Hoeksche Waard. Een schets van de gewenste situatie voor plaagonderdrukking. *Alterra-rapport 1042*. Wageningen, Alterra Wageningen UR.
- Geertsema, W., E. Steingröver, W. van Wingerden, J. Spijker, J. Dirksen (2006). Kwaliteitsimpuls groen-blauwe dooradering voor natuurlijke plaagonderdrukking in de Hoeksche Waard. *Alterra-rapport 1334*, Wageningen, Alterra Wageningen UR.
- Grashof-Bokdam, C.J., J.P. Chardon, C.C. Vos, R.P.B. Foppen, M. Wallis de Vries, M. van der Veen en H.A.M. Meeuwsen (2009). The synergistic effect of combining woodlands and green veining for biodiversity. *Landscape Ecology* 24:1105-1121.
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012*. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- Hendriks, K.; Braat, L.C.; Deerenberg, C.M.; Egmond, P.M. van; Gaaff, A.; Heide, C.M. van der; Jongbloed, R.H.; Klok, C.; Leneman, H.; Melman, T.C.P.; Ruijs, A.J.W.; Tamis, J.E. (2014). *TEEB voor gebieden*. Alterra-rapport 2489. Alterra Wageningen UR, Wageningen.



- 
- Henkens, R.J.H.G. en W. Geertsema (2013). Ecosysteemdiensten van natuur en landschap; Aanpak en kennistabellen voor het opstellen van indicatoren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 351.
- H-WodKa (2014). Akkerbouw in groen en blauw. pp. 23. Stichting de Hoeksche Waard op de Kaart.
- Lenteren, van J. (2011). Geef biologische bestrijding een echte kans. *Bionieuws* 21: 8-9.
- LTO (2008). Eindrapportage FAB-HW 2005-2007. Functionele agrobiodiversiteit. LTO, pp. 47. [www.lto.nl/media/default.aspx/emma/org/1203869/F827053181/FAB-rapport\\_webversie.pdf](http://www.lto.nl/media/default.aspx/emma/org/1203869/F827053181/FAB-rapport_webversie.pdf)
- Melman, T.C.P. en C.M. van der Heide (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenningen 2011. Wageningen, Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 111.
- Menalled, F.D., Marino, P.C., Gage, S., Landis, D.A., 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecol. Appl.* 9, 634-641.
- MNP, CPB, RPB (2006). Welvaart en Leefomgeving. Een scenariostudie voor Nederland in 2040.
- Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Sciences* 144, 31-43. Cambridge University Press.
- Scherpenisse-Gutter, M.C., M. Boonman, H. Cuppen & T. Faasen, 2008. Biodiversiteit in perceelsranden in Noord-Brabant. Monitoring van vegetatie, macrofauna en bodemfauna. Voortgangsverslag 2008. *Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.*
- Thies, K., Haenke, S., et al. (2011). The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecol. Applications* 21: 2187-2196.
- Tscharntke, T., I. Steffan-Dewenter, A. Kruess, and C. Thies (2002). Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. *Ecological Applications* 12:354-363.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8, 857-874.
- Wallis de Vries, M.F. , Swaay, C.A.M. van , Plate, C.L. (2012). Changes in nectar supply: A possible cause of widespread butterfly decline. *Current Zoology* 58 (2012)3. - ISSN 1674-5507 - p. 384 - 391.



---

# 14 Bodemvruchtbaarheid

*Folkert de Vries, Annemieke Smit (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 57%
- Levering uit ecosystemen buitenland t.o.v. de huidige vraag: niet te kwantificeren
- Levering door technisch alternatief: 43%
- Levering onvervuld: 0%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: afname
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering ten opzichte van het aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 0%, agrarisch gebied 100%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheidsklasse: D (matig)
- Volledigheid: B (bevat de belangrijkste aspecten)

## 14.1 Werking van de dienst

Meer dan twee derde deel van de oppervlakte in Nederland wordt benut voor de landbouw. Bij de landbouwkundige productie van voedsel speelt naast het vakmanschap van de boer en het klimaat het producerend vermogen van de bodem een belangrijke rol. Deze zogenaamde bodemvruchtbaarheid is een belangrijke ecosystemedienst (Melman en Van der Heide, 2011). Vruchtbare bodems zijn gronden die geschikt zijn voor landbouw op basis van chemische, biologische en fysische eigenschappen, waarbij het gaat om maximale gewasopbrengst bij minimaal gebruik van hulpmiddelen zoals bemesting, ontwatering (Hack- ten Broeke *et al.*, 2008).

Organische stof in de bodem heeft een positieve invloed op alle belangrijke aspecten van bodemvruchtbaarheid en is daardoor een belangrijke indicator (Schils *et al.*, 2012). Vers aangevoerde organische stof is de motor van het bodemleven, het bevat een breed pallet aan voedingsstoffen, het bindt bodemdeeltjes wat de bodemstructuur ten goede komt, het reguleert de vochtbalans, zorgt voor uitwisseling van kationen, zorgt voor chelatie en is beter in staat de warmte vast te houden (Schils *et al.*, 2012). Het beheer van organisch stof heeft twee tegenovergestelde kanten. Aan de ene kant wil je organisch stof in de bodem opbouwen, aan de andere kant ben je gebaat bij afbraak van organische stof om de daarbij vrijkomende voedingsstoffen te benutten (Schils *et al.*, 2012). Aanvoer van organische stof kan vanuit gewasresten, organische producten of mest plaatsvinden.

De meeste klei- en veengronden hebben gunstige bodemchemische eigenschappen door een gunstige zuurgraad en een hoog potentieel aan voedingsstoffen. Zandgronden zijn van oorsprong zuur en arm aan voedingsstoffen en werden voor de ontdekking van kunstmest beschouwd als de minst goede gronden voor de landbouw. De biologische eigenschappen van klei- en veengronden zijn vaak ook gunstiger dan bij zandgronden door de aanwezigheid van meer bodemorganismen (wormen, bacteriën en schimmels), die zorg dragen voor menging (bioturbatie) en homogenisatie van bodemlagen en voor de afbraak van organische stof. Grondsoort, textuur en profielopbouw, organische-stofgehalte, dichtheid, porositeit, bewortelbaarheid en grondwaterstandsverloop zijn belangrijke fysische bodemeigenschappen die de bodemvruchtbaarheid bepalen. Het grondwaterstandsverloop heeft een sterke invloed op de uiteindelijke productie. Bij te hoge grondwaterstanden in het voorjaar is de bodem te nat om voorjaarswerkzaamheden uit te voeren, zoals bemesten, zaaiklaar maken en inzaaien. Te natte omstandigheden vertragen de voorjaarsgroei van het gewas en bij grasland treden er verliezen op doordat het vee het gras vertrap (zgn. vertrappingsverliezen). In het najaar kunnen hoge grondwaterstanden het oogsten van akkerbouwgewassen bemoeilijken. In perioden met weinig neerslag dient de vochtvoorraad in de bodem voldoende te zijn om de plant van vocht te voorzien. Bij een tekort aan vocht treedt er groeivertraging op.

---

Het totale complex aan groeiplaatsomstandigheden worden direct of indirect beïnvloed door onder- en bovengrondse biodiversiteit. Biologische, chemische en geomorfologische processen grijpen op ingewikkelde wijze in elkaar en zijn daarom niet goed los van elkaar te zien. Daarom wordt hier het gehele complex aan groeiplaatsomstandigheden tot bodemvruchtbaarheid gerekend en als ecosysteemdienst gezien.

De Nederlandse landbouw is een van de meest productieve in de wereld. De gewasproducties per ha behoren tot de hoogste in de wereld. Naast onder andere gewasverdeling, gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, drainage en gunstige weersomstandigheden speelt de hoge bodemvruchtbaarheid en de optimale bemesting een doorslaggevende rol voor deze hoge producties. De hoge bodemvruchtbaarheid is deels te danken aan de zee en de rivieren die vruchtbare klei hebben afgezet in het noorden, midden en westen van het land. De zandgronden in het oosten en zuiden van Nederland zijn oorspronkelijk arm maar door gerichte bemesting en waar nodig beregening wordt op deze gronden tegenwoordig ook een hoge opbrengst gerealiseerd (Reijneveld, 2013).

## 14.2 Methode

Bij de verdere uitwerking van de ecosysteemdienst bodemvruchtbaarheid behandelen we het gebruik en het aanbod en onderscheiden we verschillende gradaties in bodemvruchtbaarheid.

### **Vraag**

De vraag naar een vruchtbare bodem voor de productie van landbouwgewassen stellen we gelijk aan het totale areaal landbouwgrond rond 2010. In praktijk hangt de gevraagde mate van bodemvruchtbaarheid af van het specifieke gewas dat geteeld wordt. Zo verschillen de optimale groeiplaatsomstandigheden voor gras- en akkerbouwgewassen. Deze verschillen zijn hier verder niet beschouwd. Volgens de CBS-gegevens bedroeg het areaal agrarische grond toen 2.247 kha. Dit areaal komt goed overeen met het areaal landbouwgronden volgens het bestand van de Landelijke Grondgebruikskaart van Nederland versie 6 (LGN6).

### **Aanbod**

Het aanbod wordt gevormd door het totale areaal met een vruchtbare bodem. Door stadsuitbreidingen, aanleg van nieuwe industrieterreinen en wegen en het ontwikkelen van nieuwe natuurterreinen is er een geleidelijke afname van het areaal landbouwgrond. Volgens de CBS-gegevens is het areaal agrarische grond in de periode 1996 – 2010 met bijna 100.000 ha afgenomen van 2.346 naar 2.247 kha. Om te weten waar landbouw wordt bedreven en of dit vruchtbare locaties zijn gebruiken we de gegevens van het GIS-bestand LGN3 voor de situatie rond 1996 en LGN6 voor de situatie rond 2010.

### *Gradaties in bodemvruchtbaarheid*

Op basis van de bodemeigenschappen zijn de Nederlandse gronden ingedeeld in vruchtbare bodems en minder vruchtbare bodems. Tot de vruchtbare bodems behoren de meeste kleigronden, de lössgronden en de meeste veengronden door de gunstige bodemchemische en bodembiologische eigenschappen. De zandgronden in de beekdalen en de enkeerdgronden op de escomplexen worden ook tot de vruchtbare gronden gerekend. De overige zandgronden en veengronden met een lage pH (dit zijn de veengronden in de veenkoloniën) zijn bij de minder vruchtbare gronden ingedeeld. De vruchtbare gronden zijn verder onderverdeeld naar gewasopbrengst, volgens de zgn. HELP-methode (Brouwer en Huinink, 2002). Bij deze methode wordt aan de hand van gegevens van de bodem- en grondwatertrappenkaart voor verschillende grondgebruiksvormen opbrengstdepressies bepaald ten opzichte van de optimale situatie. Deze depressies door wateroverlast of vochttekort worden uitgedrukt in % van de optimale opbrengst. Een bodemtype met geen of een geringe depressie (< 20%) beschouwen we als een vruchtbare grond met een hoge gewasopbrengst. Gronden met een hoge opbrengstdepressie (>40%) als vruchtbare gronden met een lage gewasopbrengst. Hoge depressies treden bijvoorbeeld op bij slecht ontwaterde veengronden door wateroverlast en bij leemarme zandgronden met vochttekorten tijdens het groeiseizoen door diepe grondwaterstanden. De opbrengstdepressie door natschade of droogte bedragen bij sommige bodems bijna 50%. De minder vruchtbare gronden zijn alleen onderverdeeld naar landgebruik grasland en akkerbouw.

Uit de combinatie van de gegevens van de bodem en grondwatertrappenkaart met de opbrengst-depressiegegevens van Brouwer en Huinink (2002) hebben we een landsdekkende klassenkaart gemaakt voor zowel akkerbouw als voor grasland. Vervolgens zijn aan de hand van het landgebruiksbestand aan de gebieden met akkerbouw de klassen voor akkerbouw toegekend en aan de gebieden met grasland de klassen voor grasland. Voor het landgebruik is gebruik gemaakt van het LGN6-bestand met gegevens over de situatie in 2010. Voor deze weergave zijn vollegrondstuinbouw en snijmaïs gemakshalve tot de akkerbouwgewassen gerekend (Hazeu *et al.*, 2010).

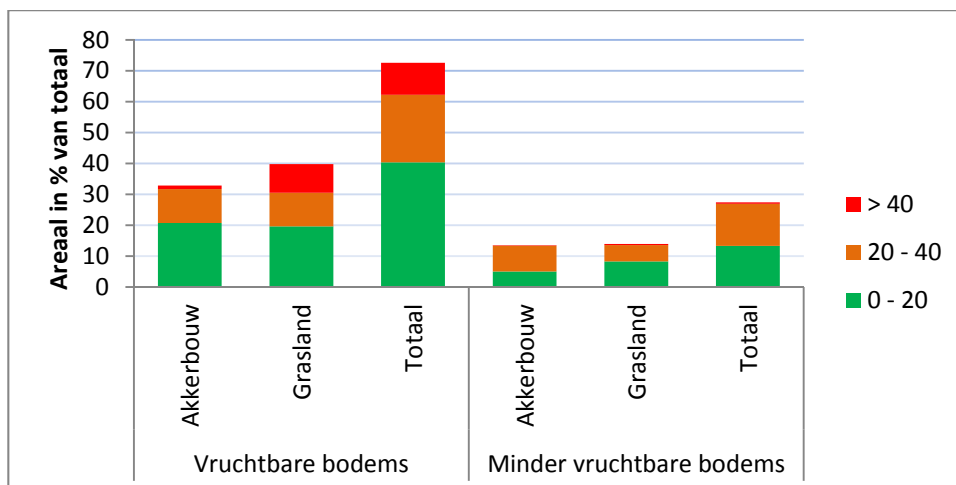
In Nederland wordt de bodemvruchtbaarheid minder van belang onder invloed van menselijk handelen (met name ontwatering/beregening, grondbewerking, bemesting (kunstmest)) die echter nogal eens gepaard gaan met hogere milieubelasting (zoals verdroging, uitspoeling mest). Het zijn ingrepen die alle veel hulpmiddelen vergen (arbeidsinzet, energie en stoffen). Vanuit duurzaamheidsoptiek kan het als een opgave worden gezien om die gronden voor voedselproductie te gebruiken die 'van nature' de meest geschikte bodemvruchtbaarheid hebben en tegelijkertijd dus een relatief lage milieubelasting (Hack-ten Broeke *et al.*, 2008).

### Belang van ecosystemen

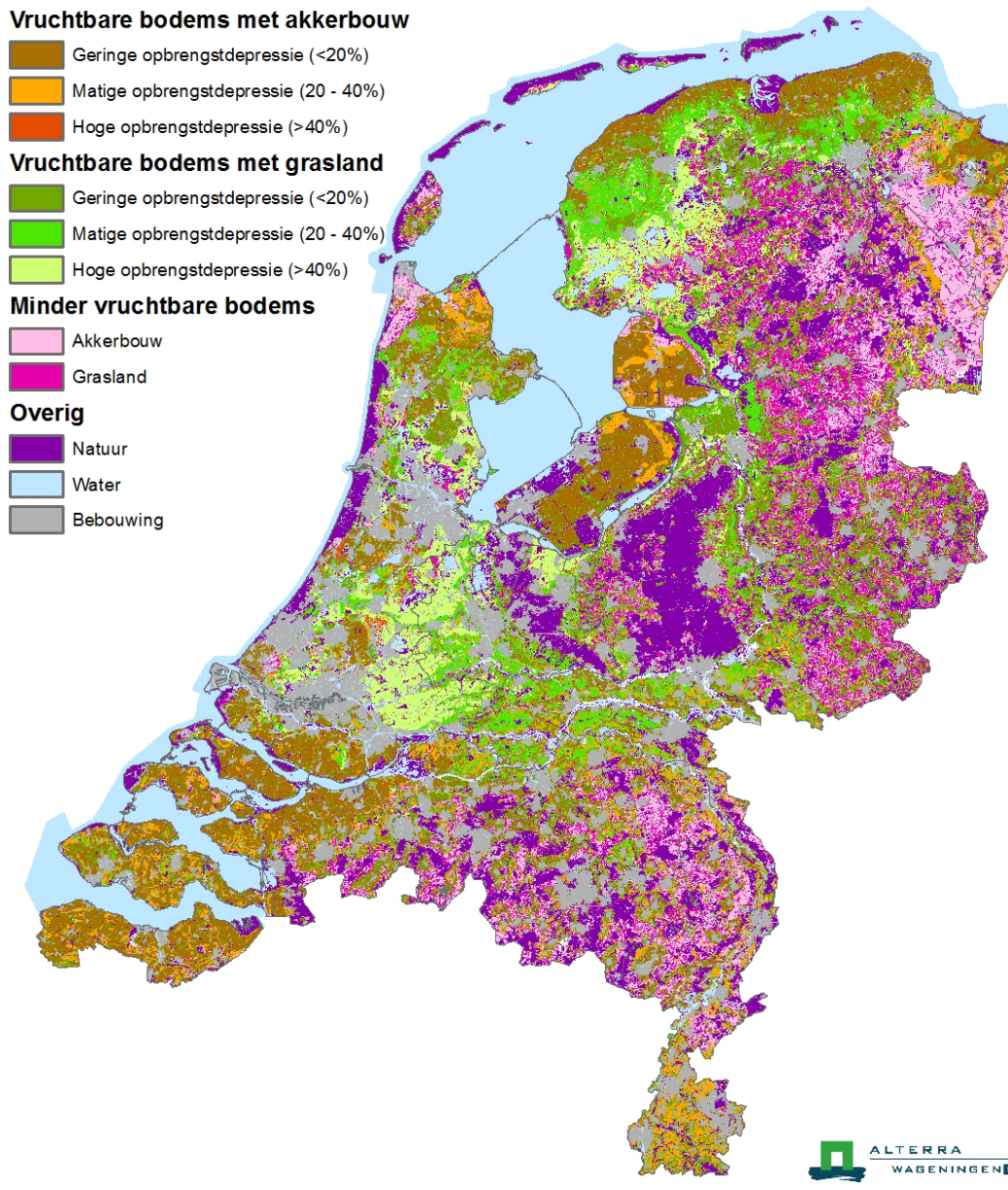
Voor elke ecosysteemdienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Resultaten

### Aanbod en vraag

Nederland heeft een actieve agrarische sector. Figuur 14.2 toont de ligging van de vruchtbare bodems en de variatie in opbrengstdepressies. Figuur 14.1 geeft een overzicht van de arealen. Circa 70 % van het totale landbouwareaal van 2,3 miljoen ha ligt op van oorsprong vruchtbare grond. Er kunnen opbrengstdepressies optreden door wateroverlast en/of vochttekorten. Bij de vruchtbare gronden komt vooral grasland voor met aanzienlijke opbrengstdepressies. Het betreft hier de veenweidegebieden in West- en Noord-Nederland. In het uiteindelijke cijfer van de bodemvruchtbaarheid van de Nederlandse landbouwgrond is rekening gehouden met deze opbrengstdepressies. De arealen zijn vermenigvuldigd met het klassemidden van de inverse van de opbrengstdepressie. Dat levert de volgende berekening op:  $((40\% \times 90\%) + (22\% \times 70\%) + (10\% \times 60\%)) = 57\%$ . De overige 30% van het areaal is minder vruchtbaar, maar dankzij het gebruik van meststoffen, beregening en gewasbeschermingsmiddelen zijn ook deze gebieden goed bruikbaar voor de landbouw.



**Figuur 14.1** Het landbouwareaal ingedeeld naar vruchtbaarheid en opbrengstdepressies.



**Figuur 14.2** Bodemvruchtbaarheid in combinatie met het actuele grondgebruik in 2010. Bron: Hackten Broeke et al., 2008.

Daar waar de bodem onvoldoende geschikt is voor de productie van landbouwgewassen worden in Nederland in meer of mindere mate bemesting, ontwatering en grondbewerking toegepast. Er wordt aangenomen dat daar waar de bodemvruchtbaarheid van nature onvoldoende is, er maatregelen worden getroffen die nodig zijn om de productie te maximaliseren. Er zijn nauwelijks landbouwgronden in Nederland waar geen productie plaatsvindt. Het aandeel van de vraag dat niet vervuld is, is daarom laag en bij gebrek aan exacte gegevens op 0% gezet. Immers, de gebieden die totaal ongeschikt zijn als landbouwgrond zijn vaak in gebruik als natuurgebied. De inzet waarop technische alternatieven plaatsvinden is daarom op 43% gezet (100% - 57%).

Daar waar de bodemvruchtbaarheid te wensen overlaat, worden technische maatregelen ingezet om de bodemvruchtbaarheid voldoende hoog te houden. Daarvoor wordt ook kunstmest gebruikt die geïmporteerd wordt uit het buitenland. Daarnaast wordt veevoer geïmporteerd zoals sojaschroot en mais waar uiteindelijk weer een deel van in de Nederlandse bodem komt en een bijdrage levert aan de vruchtbaarheid van de bodem. Het is dus evident dat we een deel van de bodemvruchtbaarheid te danken hebben aan de import. Het is echter lastig te kwantificeren. Bij gebrek aan gegevens is dit aandeel op 0% gezet.

## Belang van ecosystemen

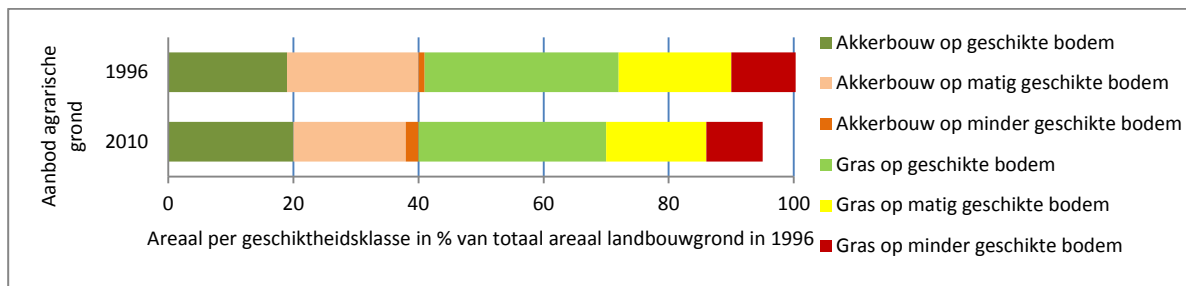
De dienst heeft in Nederland vooral betrekking op gebieden die in gebruik zijn als landbouwgebied. Daarom is aangenomen dat de dienst geleverd wordt in agrarische gebieden en niet in natuurgebieden of het agrarische gebied.

## Trend vraag

De vraag naar vruchtbare bodems is toegenomen. Het is een economische wet dat ondernemers op zoek zijn naar een zo hoog mogelijke winst door een zo hoog mogelijke productie per hectare te realiseren.

## Trend aanbod

Volgens het CBS is het areaal in de periode 1996 - 2010 met bijna 100.000 ha verminderd tot 2.247 kha. Het aanbod van landbouwgrond is dus afgenomen. Figuur 14.3 toont het aanbod aan agrarische gronden in 1996 en 2010 onderverdeeld naar het gebruik voor akkerbouw en weidebouw en de geschiktheid voor dit gebruik. De afname van het agrarisch gebied is al gaande sinds de jaren vijftig van de 20<sup>e</sup> eeuw (CBS *et al.*, 2014).



**Figuur 14.3** Aanbod van agrarische grond in 1996 en 2010, onderverdeeld naar de geschiktheid voor dat gebruik.

In de periode 1996 – 2010 is zowel het areaal akkerbouw als het areaal weidebouw afgenomen. Bij akkerbouw valt het op dat er niet alleen een toename is van enkele procenten voor akkerbouw op geschikte locaties, maar dat akkerbouw op minder geschikte gronden ook is toegenomen. Dit laatste komt vooral door de toename van de teelt van mais voor de veehouderij. In 2010 wordt zelfs in de veenweidegebieden met minder geschikte gronden mais verbouwd (figuur 14.3).

'Naast de afname in het landbouwareaal is er ook een afname in het organisch stof in veengronden. De daaraan gekoppelde maaiveldddaling wordt in vele publicaties genoemd (Schothorst 1977, Nieuwenhuis en Schokking 1997, Dirks *et al.*, 2000, Rienks *et al.*, 2005). In drie provincies is onlangs een studie verricht naar de actuele verspreiding van veen. Van de ca. 52.000 hectare veengrond die opnieuw zijn gekarteerd bleek 26.000 (48%) te zijn verdwenen. Vooral bij de typische veenkoloniale gronden was de afname groot, namelijk 60%. Er lijkt dus een duidelijke trend in het verdwijnen van organische gronden waar te nemen. Vooral in gebieden waar veenpakketten relatief dun zijn leidt ontwatering en bewerking tot omvorming van veengronden en moerige gronden naar zandiger bodemtypen. Kuikman *et al.*, (2003) hebben geschat dat jaarlijks 4.24 Mton CO<sub>2</sub> ofwel 2.2 ton organische stof per hectare verdwijnt in veengronden door oxidatie van veen.' (Uit Smit *et al.*, 2007).

In zowel Europees verband als in Nederland is vastgesteld dat ondergrondverdichting een serieuze bodembedreiging is. De meeste gronden in Nederland lopen een matig tot zeer groot risico op ondergrondverdichting bij huidig landgebruik en gangbare wiellasten (Van den Akker *et al.*, 2012).

Behalve een afname van het areaal landbouwgrond en het verlies van organisch stofgehalte in veenbodems worden er geen duidelijke trends gevonden in het organisch stofgehalte van de bestaande landbouwgebieden. Het mestbeleid heeft geleid tot een licht lagere aanvoer van organische stof uit dierlijke mest naar landbouwgronden, maar het organisch stofgehalte in de bodem is min of meer gelijk gebleven (Schils *et al.*, 2012; CLM *et al.*, 2013).

---

## Betrouwbaarheid

Categorie D (matig): schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

Informatie over de bodemvruchtbaarheid is niet eenvoudig landsdekkend te verkrijgen. Daarom is gewerkt via proxys om toch een landelijk beeld te krijgen. Het is de vraag wat een goede proxy is om de bodemvruchtbaarheid te meten. Rutgers *et al.* (2014) benaderen de bodemvruchtbaarheid via de dichtheid van regenwormen in de bodem.

De gevolgde werkwijze voor het bepalen van de opbrengstdepressies volgens de methode Bouwer en Huinink (2002) is een gedocumenteerde en algemeen toegepaste benadering. Naast de informatie over de bodem is de informatie over de grondwatertrap volgens de Bodem- en Grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 50.000 (Steur en Heijink, 1991), cruciaal om de geschiktheid te bepalen. Met name de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) is doorslaggevend depressies door wateroverlast vast te stellen. Een aantal kaartbladen van de bodemkaart, namelijk de kaartbladen die voor 1975 zijn gepubliceerd, onderscheidt de GHG-klasse 0 – 40 cm-mv. Latere kaarten maken voor dit traject met een extra klasse van 25 – 40 cm-mv. een onderverdeling. Het verschil in opbrengstdepressie door wateroverlast tussen de GHG-klasse 0-25 cm-mv. en 25 – 40 cm-mv. bedraagt bij sommige bodemtypen bijna 20%. Actuele GHG-gegevens zijn dus belangrijk voor deze toepassing.

## Volledigheid

Categorie B (bevat belangrijkste aspecten): bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

CICES classificeert bodemvruchtbaarheid als een regulerende ecosysteemdienst. Het gaat dan naast de bio-geochemische conditie van de bodem om vruchtbaarheid, opslag van nutriënten, bodemstructuur, zowel biologisch, chemisch, fysisch, verwerking en pedogenese. Daarnaast gaat het om decompositie/mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, N-fixatie en andere bio-geochemische processen. De indicator beslaat daarmee de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

## 14.3 Literatuur

- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten (2012). Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409.
- Brouwer, F. en J.T.M. Huinink (2002). Opbrengstdepressies voor combinaties van bodemtypen en grondwatertrappen. Geactualiseerde help-tabellen en opbrengstdepressiekaarten. Wageningen, Alterra. Rapport 429.
- CLM, LBI, Alterra (2013). De uitdaging van meten, monitoren en verwaarden van bodemkoolstof. Achtergrondrapport van het project Credits for Carbon Care.  
<http://www.soilpedia.nl/Bikiwiki%20documenten/SKB%20Projecten/2029%20Credits%20for%20carbon%20care/Achtergrondrapport%201%20def.pdf>
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Land- en tuinbouw: ruimtelijke spreiding, grondgebruik en aantal bedrijven, 1980-2013 (indicator 2119, versie 05, 14 oktober 2014). [www.compendiumvoor-deleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoor-deleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Romkens en F. de Vries (2008). Geschiede of vruchtbare landbouwgronden in Nederland en Europa: een overzicht en synthese van bestaande informatie. Wageningen, Alterra. Alterra-Rapport 1693.
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. van Dorland, J. Oldengarm en H.A. Gijsbertse (2010). Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland, versie 6 (LGN6). Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-Rapport 2012.
- Melman, T.C.P. en C.M. van der Heide (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenningen 2011. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-rapport 111.



---

Reijneveld, J.A. (2013). Unravelling changes in soil fertility of agricultural land in The Netherlands. Wageningen, Wageningen University.

Rutgers, M., A.J. Schouten, J. Bogte, H.J. van Wijnen (2014). Bodem: vitaal onderdeel van het Natuurlijk Kapitaal. Tijdschrift Bodem 24, 2: april 2014.

Schils, R.L.M. (2012). 30 vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid. Wageningen: Alterra Wageningen UR

Smits, A., C. van Beek, T. Hoogland (2007). Risicogebieden voor organisch stof. Ontwerp van een methodologie voor het aanwijzen van 'risk areas' t.b.v. de EU Kaderrichtlijn bodem. Alterra rapport 1582. Alterra, Wageningen.

Steur, G.G.L. en W. Heijink (1991). Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Algemene begrippen en indelingen. 4<sup>e</sup> uitgave. Wageningen, Staring Centrum.



---

# 15 Waterzuivering

*Frank van Gaalen en Frits Kragt (PBL), Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL t.o.v. de huidige vraag: 13%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: niet te kwantificeren
- Levering door technisch alternatief: 80%
- Levering onvervuld: 7%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: afname
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: toename
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 35%, agrarisch gebied 51%, urbaan gebied 14%
- Betrouwbaarheid: categorie C (voldoende)
- Volledigheid: categorie C (bevat enkele aspecten)

## 15.1 Werking van de dienst

### Algemeen

CICES (Haines-Young & Potschin 2013) classificeert waterzuivering als een regulerende dienst. Deze valt uiteen in twee onderdelen: chemische watercondities van zoet water en chemische watercondities van zout water. Het gaat dan om het in stand houden en bufferen van goede chemische samenstelling van de waterkolom inclusief het sediment om gunstige watercondities voor biota te creëren bijvoorbeeld door denitrificatie, re-mobilisatie/re-mineralisatie van fosfor enzovoorts.

Het oppervlaktewater in Nederland wordt belast met nutriënten afkomstig van landbouwkundige exploitatie (bemesting van akkers en graslandpercelen), atmosferische depositie, verhard oppervlak (waaronder erven), rioolwaterzuiveringsinstallaties en van overstorten vanuit het rioleringsstelsel uit bebouwd, stedelijk gebied. Deze stoffen kunnen in meer of mindere mate uit het water worden verwijderd door ecosystemen, in het bijzonder door de bodem, vegetatie en aquatische hulpbronnen. De reinigende werking berust op de filterende werking van de bodem, op omzettingsprocessen door micro-organismen, op het onttrekken van voedingsstoffen door plantenwortels en op sedimentatie (slibvang). Deze eigenschappen kunnen worden benut bij het kwaliteitbeheer van het oppervlaktewater.

Oppervlaktewater bezit een reinigende werking. Afhankelijk van de stroomsnelheid kan een deel van de stikstof en fosfaat worden verwijderd. Het gaat zowel om chemische, fysische als bacteriële processen. De onttrekking door de vegetatie gebeurt met name door soorten die snel groeien en die goed gedijen op de grens van land en water: riet, diverse biezten en andere ruigtesoorten (helofyten). Sommige worden bevorderd door stromend, ondiep water (aërobe omzetting), andere juist door diep stilstaand water (bezinken) (Smit *et al.*, 2006).

Er worden in de praktijk twee vormen van waterzuiverend vermogen onderscheiden. De eerste is de oeverstrook, een zone tussen perceel en watergang. Deze zone is een bufferfunctie toebedacht tussen perceel en watergang, met als doel om uit het van het perceel afstromende water een zo groot mogelijke fractie van de nutriënten weg te vangen. De tweede vorm is die van zuiveringsmoerassen of helofytenfilters. Zuiveringsmoerassen zijn watervegetaties die in een watergang liggen en bedoeld zijn om nutriënten te filteren uit het doorstromend water.

Voor een optimale werking van helofytenfilters is menselijk ingrijpen gewenst. Nutriënten en vervuilende stoffen hopen zich op in de biomassa en dienen dan ook periodiek gemaaid en afgevoerd te

---

worden (éénmaal per 1-2 jaar). Door bezinking en binding aan organische stof hopen nutriënten zich ook in de bodem op. Deze dient daarom periodiek gebaggerd te worden (geschat wordt éénmaal per 6 jaar). Blijft dat achterwege dan kunnen helofytenfilters fosfaat gaan naleveren in plaats van invangen (Van Beek *et al.*, 2003, Clevering *et al.*, 2004, Kragt, 2008).’ (uit: Melman en Van der Heide, 2011).

Bij gebruikmaking van helofytenfilters voor reiniging van oppervlaktewater kunnen de dimensionering, de aan- en afvoercapaciteit, de omvang van het filter en de keuze van filterende soorten worden berekend, en door de mens worden gereguleerd/gecontroleerd. De hoogste effectiviteit van reiniging hebben rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi’s). Daar zijn de omstandigheden geheel onder controle van mensen. Ondanks dat in rwzi’s op grote schaal gebruik gemaakt van activiteiten van micro-organismen wordt dit niet als ecosysteemdienst beschouwd, maar als een technisch alternatief.

### **Nitraatzuivering**

Nitraatzuivering/afname kan via vier verschillende factoren/processen verlopen: vegetatie-opname en -afvoer, denitrificatie en nitraatbegroting.

#### *Vegetatie-opname- en afvoer*

In waterbodems zit stikstof ingebouwd in organisch materiaal (aminostikstof). Als dit organisch materiaal door bacteriën wordt afgebroken, komt het stikstof vrij als ammonium, wat vervolgens door nitrificerende bacteriën worden omgezet tot nitraat. Dit nitraat is voor algen, bacteriën en waterplanten geschikt als stikstofbron. In de aërobe waterfase is deze inbouw van stikstof in organisch materiaal de belangrijkste verwijderingsroute. Maar na afsterven komt het uiteindelijk weer in omloop, zodat van N-verwijdering uiteindelijk geen sprake is. Dit geldt wel voor beheertypen waarin wordt gemaaid en gekapt en waarbij dit ook wordt afgevoerd. Ook begeleide begrazing door schapen, waarbij de dieren ‘s avonds weer op stal staan valt daaronder. De factor *N-opname en afvoer* kan dan ook alleen in de oppervlaktewaterreiniging worden meegenomen indien sprake is van afvoer.

Om stikstof te verwijderen, is denitrificatie een belangrijk proces. Ondanks de vele wetenschappelijke studies naar denitrificatie wordt dit complexe proces nog altijd niet goed begrepen. Voor denitrificatie zijn vier factoren essentieel (Velthof *et al.*, 2004), namelijk:

- De aanwezigheid van nitraat:  
Sloten in landbouwgebied bijvoorbeeld blijken ware denitrificatie ‘hotspots’ te kunnen zijn, waar een aanzienlijk deel van het binnenkomende nitraat uit het water wordt verwijderd (Veraart, 2012).
- De aanwezigheid van organische stof (of andere energierijke verbindingen zoals ijzerverbindingen) die als energiebron voor micro-organismen kunnen dienen;  
Het is bekend dat de wortelzone van grasland meer organische stof bevat dan die van bouwland en dat daardoor ook denitrificatiecapaciteit hoger is (Zwart, 2003). Velthof *et al.* (2004) stelden vast dat de denitrificatie op zandgronden varieerde tussen minder dan 10 kg N ha/jaar voor profielen met een laag organisch stofgehalte in de ondergrond, tot meer dan 100 kg N ha/jaar voor profielen met veen in de ondergrond.
- De afwezigheid van zuurstof:  
Denitrificatie treedt op onder zuurstofarme omstandigheden. Naarmate het zuurstofgehalte toeneemt, neemt de denitrificatie af. Zo denitrificeren snelstromende beken, vanwege een hoger zuurstofgehalte minder per vierkante meter waterbodem dan diepe langzaam stromende vaarten (Smit *et al.*, 2006). Ook beheermaatregelen zoals verdroging en vernatting hebben via de toe- of afname van zuurstof invloed op de omvang van de denitrificatie (Ministerie van LNV, 2006).
- De aanwezigheid van denitrificerende bacteriën en omstandigheden voor die bacteriën om te leven (temperatuur, vocht, nutriënten).  
De omgevingstemperatuur en de aanwezigheid van waterplanten zijn omstandigheden die denitrificatie sterk beïnvloeden. Ze spelen echter pas een rol als aan de basisvoorwaarden van denitrificatie is voldaan (Velthof *et al.*, 2004).

#### *Denitrificatie op het land*

De Nederlandse Delta bestaat grotendeels uit diep doorlatende zandige pleistocene ondergronden met in het westen en noorden en langs de rivieren holocene afzettingen van veen, zee- of rivierklei en in het oosten en zuiden dekzand (windafzetting). De bodemstructuur is in grote mate bepalend voor de afspoeling van regenwater, al of niet met nutriënten. De bodemstructuur bepaald dus in grote mate of

---

dit afstromende water oppervlakkig afstroomt door een natuurlijke bufferstrook en daarbij wordt gezuiverd, of dat het onder deze bufferstrook doorstroomt en niet of minder wordt gezuiverd (Melman en Van der Heide, 2011). Afhankelijk van het bodemtype zal een deel van de neerslag naar het grondwater verdwijnen en een ander deel naar het oppervlaktewater afstromen. De afstand tot het oppervlaktewater speelt daarbij eveneens een grote rol. Gezien de relatief beperkte bijdrage van terrestrische beheertypen in de denitrificatie, vergeleken met aquatische beheertypen, dient een nadere specificatie zich eerst te richten op de aquatische component.

#### *N-begraving*

Door opslibbing en begraving van traag afbreekbaar materiaal bij schorren en slikken wordt N uit het water verwijderd (jaarlijks ca. 148 kg N/ha; Ministerie van LNV, 2006). Als er geen sedimentatie meer plaatsvindt, vindt er ook (nauwelijks) geen verwijdering meer plaats. Zo zijn schorren/kwelders al ca. 20 jaar volwassen.

#### **Fosfaatafvang**

Fosfaatzuivering/afname kan via vier verschillende factoren/processen verlopen: vegetatie-opname en -afvoer, P-fixatie en immobilisatie in de bodem, P-begraving en P-bemestingsafname.

#### *P-opname en afvoer*

Fosfor wordt in de vorm van fosfaat opgenomen in plantaardig materiaal tijdens het groeiseizoen en komt in het najaar weer terug in het oppervlaktewater wanneer sterfte de overhand krijgt. Er is dan ook pas sprake van fosfaatverwijdering door plantopname wanneer de vegetatie afgevoerd wordt en niet meteen teruggebracht wordt in het milieu. De verwijdering van P door te kappen, maaien of plaggen is optimaal wanneer dit in oktober gebeurt.

#### *P-fixatie en immobilisatie in de bodem*

Fosfor wordt vastgelegd als fosfaat aan organisch materiaal dat meestal aanwezig is in de bodem en als zwevend materiaal in oppervlaktewater. Zwevend materiaal kan in langzaam stromend of stilstaand water tot bezinking komen waardoor fosfaat in het watersysteem wordt vastgelegd. Fosfaat absorbeert goed aan amorfe ijzer- en aluminium(hydr)oxiden in de waterbodem. Ook adsorptie aan mangaanoxiden, calcium en magnesium is mogelijk (Gerven *et al.*, 2011). Via fysische, chemische en biotische processen kan fosfaat ook weer vrijkomen uit eutrofe waterbodems (Tonkes, 2006). Dit wordt fosfaatnalevering genoemd. De fysische nalevering kan het gevolg zijn van factoren zoals stroming, wind, golven of bioturbatie (bijvoorbeeld omwoelen door vissen). Biotische nalevering is het gevolg van afbraak van organisch materiaal in de waterbodem. Chemische nalevering hangt af van diverse factoren zoals de fosfaatconcentratie, zuurgraad en temperatuur. In veel watersystemen neemt in de zomerperiode de nalevering van fosfaat vanuit de waterbodem dan ook toe, vanwege de hogere (water)temperaturen en daaraan gekoppeld een hogere mineralisatiesnelheid.

De dikte van de aërobe laag, in combinatie met ijzer, bepaalt de beschikbaarheid van fosfaat. Zolang de aërobe laag ca. 15 tot 18 keer zoveel ijzer bevat dan fosfaat, zal geen nalevering van fosfaat plaatsvinden. Door jarenlange eutrofiering zijn veel waterbodems in Nederland eutroof en is echter sprake van een 'interne fosfaatbelasting' ofwel fosfaat-nalevering (De Bruijne & Van de Weerd, 2009). Als de externe belasting van fosfor wordt gereduceerd, zoals in veel Nederlandse wateren het geval is, gaat de waterbodem dus fosfor naleveren in plaats van vastleggen. Dit kan jaren doorgaan afhankelijk van de lading fosfor die in het verleden is vastgelegd in de bodem die gemobiliseerd kan worden (Schippers *et al.*, 2006). Vanwege dit gegeven wordt de P-fixatie en immobilisatie in de bodem hier verder buiten beschouwing gelaten.

#### *P-begraving*

Door begraving van traag afbreekbaar materiaal bij schorren en slikken wordt P uit het water verwijderd. Dit blijkt 4 à 56 kg P per ha te kunnen bedragen (Ministerie van LNV, 2006). Als er geen sedimentatie meer plaatsvindt, vindt er ook (nauwelijks) geen verwijdering meer plaats. Zo zijn schorren/kwelders al ca. 20 jaar volwassen.' (Uit: Henkens en Geertsema, 2013).

---

## 15.2 Methode

### Vraag

De vraag naar deze dienst is gedefinieerd als een goede chemische toestand van het oppervlaktewater in Nederland. Hiervoor zijn de normen van voor de chemische waterkwaliteit van de Kaderrichtlijn Water (KRW) gebruikt. Bij het bereiken van een goede chemische waterkwaliteit volgens de KRW ontstaan er goede condities voor aquatische levensvormen waardoor er een basis is voor tal van functies. In de KRW-beoordeling zijn twee kwaliteitselementen voor de chemische stoffen: de chemische kwaliteit en de kwaliteit van de 'overig relevante verontreinigende stoffen'. Dit overzicht betreft de chemische kwaliteit. De chemische kwaliteit wordt door 33 prioritaire en Europees vastgestelde stoffen bepaald. De chemische kwaliteit wordt ook in de brede kuststrook beoordeeld. Het kwaliteitselement wordt bepaald met de one out/all out methode: als één stof niet voldoet aan de gestelde norm, is het oordeel van het kwaliteitselement onvoldoende.

Het oppervlaktewater in Nederland wordt belast met vervuild water uit huishoudens, de industrie en de landbouw. Deze vervuiling dient uit dit water gezuiverd te worden. Dat gebeurt in Nederland voor het grootste deel door rwzi's, maar ook ecosystemen spelen een rol. Verder voldoet de waterkwaliteit nog niet overal aan de norm doordat de concentratie vervuilende stoffen te hoog zijn.

### Aanbod

Nederland is gelegen in een delta van grote rivieren met ca. 330.000 km sloten, 6200 km beken, 650 km grote rivieren, 50.000 ha moeras en plas, 215.000 ha grote zoete wateren, 100.000 ha zoute wateren (Zeeuwse Delta) en 270.000 ha Waddenzee. De hoeveelheid oppervlaktewater in Nederland is groot, zo ook de potentiële natuurlijke zuiveringscapaciteit van het oppervlaktewater. De effectiviteit van de zuiverende werking is ontleent aan verschillende bronnen (zie resultaten).

Door rivieren wordt ook vuil water aangeleverd, tevens vindt er zuivering plaats. De gehele buitenlandse component is buiten beschouwing gelaten. Dit betekent dat gekeken wordt naar de waterkwaliteit zoals gemeten binnen de landsgrenzen van Nederland.

### Belang van ecosystemen

Voor elke ecosysteemdienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Het is niet eenvoudig om te bepalen wat het belang is van de verschillende ecosystemen. Het is afhankelijk van het oppervlak en de mate van zuivering. Om toch een eerste schatting te maken, is het areaal water bepaald aanwezig in de drie ecosysteemtypen (natuurgebieden, agrarisch gebied en stad). Hiervoor is de Basiskaart Natuur Elementen gebruikt (Clement & Cormont, in prep.). Op deze kaart staan alle blauwe elementen met een zeer hoog detailniveau (2,5 x 2,5 meter). Er is vervolgens berekend wat de oppervlakte water, inclusief natte typen, is van al deze ecosystemen. Er wordt aangenomen dat deze oppervlakte recht evenredig toeneemt met de bijdrage aan de zuivering.

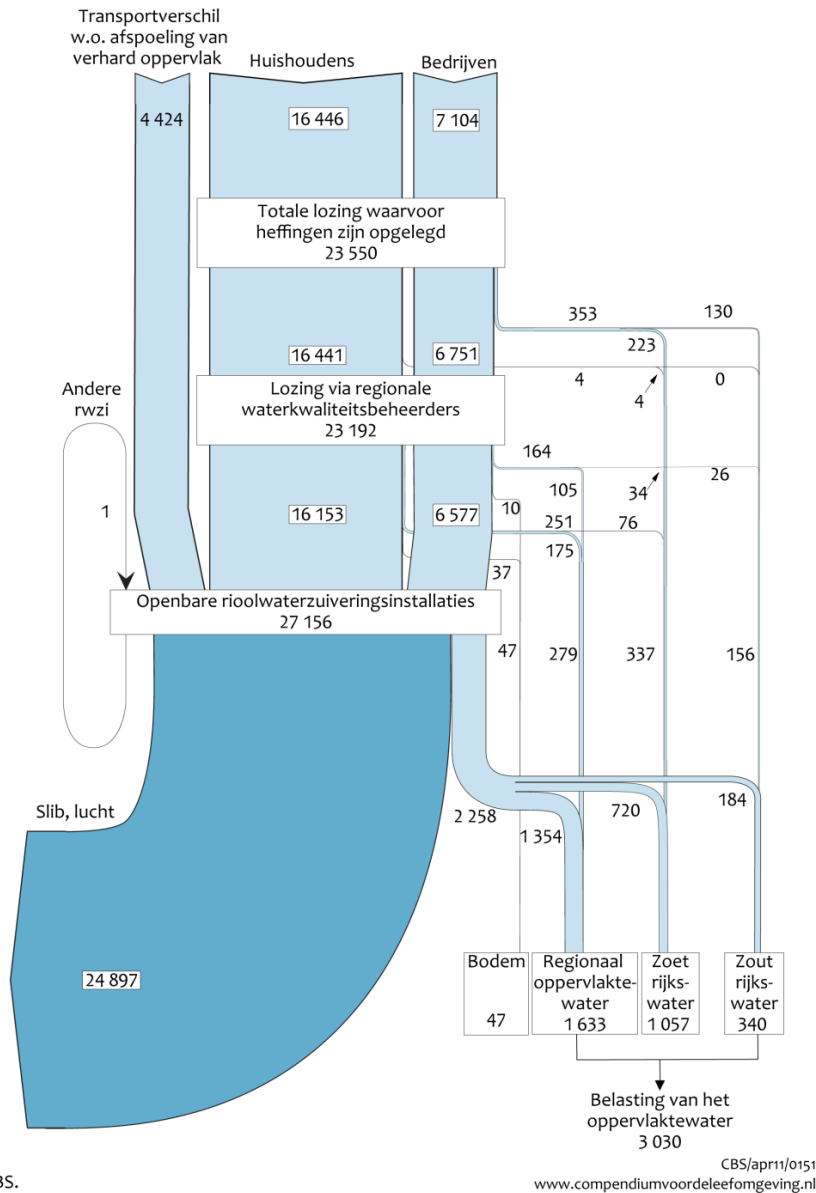
## 15.3 Resultaat

### Vraag

In totaal wordt er zo'n 33 M inwonerequivalenten aan vervuild water in Nederland geproduceerd. Hiervan is zo'n 28 M afkomstig van huishoudens (60%), bedrijven (25%) en afspooling van verhard oppervlak (15%) (figuur 15.1). Bijna al het water, afkomstig van huishoudens, bedrijven en de afspooling van verhard oppervlak wordt door rwzi's gezuiverd tot een vervuilingswaarde die bijna 90 procent lager is dan die van het oorspronkelijke afvalwater voor zuivering. In totaal wordt het oppervlaktewater door het effluent van rwzi's en directe lozingen van een klein aantal woningen en bedrijven die niet zijn aangesloten op een rwzi belast met zo'n 3 M inwonerequivalenten. Daar komt nog iets meer dan 5 M inwonerequivalenten bij door lozingen op het oppervlaktewater door de landbouw. De verhouding van de lozing landbouw ten opzichte van rwzi's is ongeveer 3:1 (figuur 15.2). Hierdoor komt het totaal aan lozing neer op iets meer dan 8 M inwonerequivalenten.

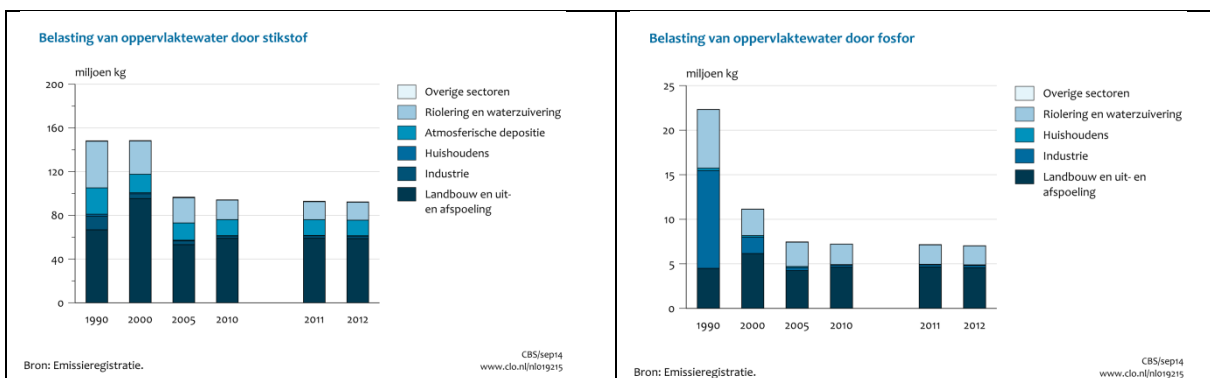
## Lozing van zuurstofbindende stoffen en belasting van het oppervlaktewater 2008

1 000 inwonerequivalent



Bron: CBS.

**Figuur 15.1** Lozing van zuurstofbindende stoffen en belasting van het oppervlaktewater voor verhard oppervlak, huishoudens en bedrijven. In het figuur zijn geen getallen van de lozing van de landbouw opgenomen. (Bron: CBS et al., 2011).



**Figuur 15.2** Belasting van het oppervlaktewater met vermistende stoffen. De landbouw heeft 63% aandeel in de lozing van vermistende stoffen fosfor en stikstof van het oppervlaktewater. (Bron: CBS et al., 2014).

---

## Aanbod

Van deze 8 M inwonerequivalenten wordt 50% van de nutriënten (N en P) door ecosystemen gezuiverd. In totaal is de chemische waterkwaliteit volgens de normen van de KRW nog ca. 50% te hoog. Van het water dat wel aan de KRW-normen van de chemische waterkwaliteit voldoet, is het grootste deel gezuiverd door rwi's: 80 procentpunten. 13 procentpunten zijn toe te schrijven aan de bijdrage van het ecosysteem aan de zuivering van het water. Samen is dus 93 procentpunten gezuiverd door ecosystemen of op technische wijze. De overige 7% is dus nog onvervuld, dat betekent dat het water nog te hoge concentraties bevat van N en P volgens de normen van de KRW.

De retentie van oppervlaktewater voor stikstof en fosfaat in oppervlaktewater bedraagt 50% (Kragt, 2007; Kragt *et al.*, 2007). Ook in de pilot van de KRW-Verkenner uit 2012 blijkt dat de zomerretentie voor N over de jaren 1996-2006 exact 50% is; de gemiddelde zomerretentie voor P was 60%. De voor P berekende retentie was dus hoger dan 50%, maar uit validatie bleek dat de voorspellende waarde van de berekeningen voor P geringer was dan voor N (Van den Roovaart *et al.*, 2012).

### Toekomstbeeld

Ondertussen is het vijfde actieprogramma nitraat van kracht: een generiek programma waarin eisen aan de landbouwsector zijn opgelegd aangaande het mestgebruik. Het effect hiervan op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater is nog niet exact bekend, maar het lijkt er op dat dit, ten opzichte van de aanzienlijke beperking die nodig is om de KRW-doelen te halen, niet zal resulteren in een aanzienlijke verbetering op nationale schaal (Schoumans *et al.*, 2013). Hierin speelt ook een rol dat door nalevering van fosfor vanuit landbouwbodems het effect van generieke bronmaatregelen naar verwachting de komende decennia beperkt zal zijn (PBL, 2008, 2012).

### Kanttekeningen

"Helofytenfilters en rietmoerassen kunnen dus effectief zijn voor nutriëntenverwijdering. De werking is wel sterk afhankelijk van lokale omstandigheden (grondsoort, landschappelijk reliëf, oeverprofiel, ontwateringsdiepte, verblijftijd van het water, mate van fosfaatverzadiging ed) en het beheer (Kragt, 2008). De effectiviteit kan variëren van 25-90% (De Haan *et al.*, 2010; Noij *et al.*, 2008, 2012; Noij, Alterra Wageningen UR - mond meded).

In verschillende onderzoeken is gebleken dat desorptie onder anaërobe omstandigheden zelfs onder beheerste omstandigheden in geconstrueerde zuiveringsmoerassen door nalevering de verwijdering van fosfor geheel teniet kan doen (Schreijer *et al.*, 2003; Kragt, 2008). De Hunze pilot 'Water vasthouden en nutriëntenreductie' laat nalevering zien bij een verblijftijd langer dan 10 dagen in een WB21-waterbergingsgebied (Vegter, 2007; Kragt, 2008). Onder niet-beheerste omstandigheden in natuurlijke moerassen is de verwijdering van fosfor laag of zelfs nihil. In de pilot Beerze blijkt waterberging alleen onder bijzondere hydrologische omstandigheden bij te dragen aan fosforverwijdering. En waarschijnlijk is deze verwijdering tijdelijk vanwege oplading van het bergingsgebied. De variatie gevonden in modelmatige en empirische onderzoek van de werking en effectiviteit is daarom aanzienlijk (25-90% verwijdering; Verhoeven en Meuleman, 1999; Kadlec, 1999; STOWA, 2001; Van Diepen *et al.*, 2002; Schreijer *et al.*, 2003; Van Beek *et al.*, 2003; Klok *et al.*, 2003; Meuleman *et al.*, 2003a,b; Clevering *et al.*, 2004; STOWA, 2005, factsheet Aquafijn Ingreep Vloeiend; Kragt, 2008). Verhoeven en Meuleman (1999) zien 50% verwijdering als bovengrens van kunstmatige zuiveringsmoerassen (Kragt, 2008)." (Uit: Melman en Van der Heide, 2011).

Al met al is het beeld dat helofyten effectief voor nutriëntenverwijdering kunnen zijn, maar dat deze effectiviteit alleen onder gunstige (kunstmatige) condities mag worden verwacht, zoals een (goed gesloten, homogene vegetatie, regelmatige wateraanvoer, geen sterke kwel, goed periodiek beheer etc. Voor de praktijktoepassing zijn de onzekerheden vooralsnog groot, die slechts kunnen worden verkleind met goed doordachte ontwerpen, bij zorgvuldige uitvoering.

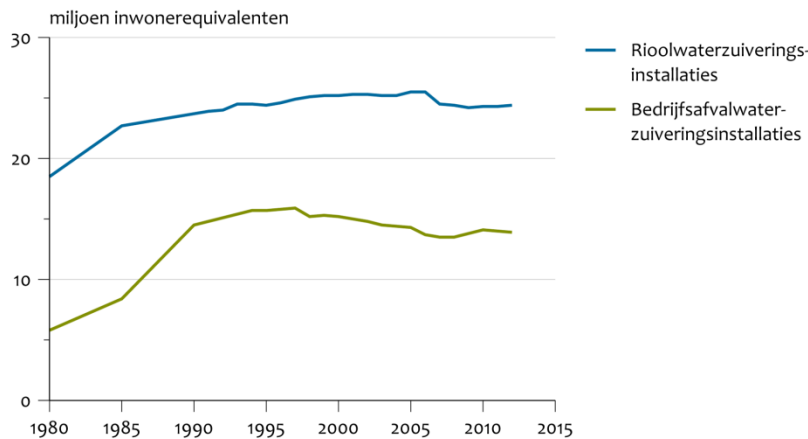
### Trend vraag

Circa twee derde deel van de belasting van oppervlaktewater wordt veroorzaakt door de landbouw. Deze belasting is sinds 1990 gedaald, zie figuur 15.2. Dit is vooral het geval voor stikstof. Het overige een derde deel van de lozing wordt veroorzaakt door huishoudens en bedrijven. Ook deze belasting is gedaald sinds 1990. Dit komt vooral op conto van bedrijven.



De vraag is gedefinieerd als de totale hoeveelheid inwonerequivalenten aan zuurstofbindende stoffen die het oppervlaktewater belasten. In 2012 wordt ruim 99% van het afvalwater van de huishoudens gezuiverd bij één van de 343 RWZI's in Nederland. Ook vrijwel alle bedrijven lozen hun afvalwater via het riool op een RWZI. Een aantal grote industriële bedrijven zuivert het afvalwater zelf. Hierdoor kan de capaciteit van RWZI's beschouwd worden als de load in het oppervlaktewater dat gezuiverd moet worden. Deze capaciteit van RWZI's heeft zich de laatste tien jaar gestabiliseerd rond de 24 miljoen inwonerequivalenten (figuur 15.3). De capaciteit van bedrijfsafvalwaterzuiveringsinstallaties is gedaald.

### Capaciteit van afvalwaterzuiveringsinstallaties



Bron: CBS.

CBS/jun14  
www.clo.nl/nl004415

**Figuur 15.3** Capaciteit van afvalwaterzuiveringsinstallaties. (Bron: CBS et al., 2014).

Gevolg hiervan is dat concentraties van stikstof en fosfor sinds 1990 licht gedaald zijn in alle watertypen. Dit heeft geresulteert in een toename van het percentage meetpunten dat voldoet aan de KRW norm.

### Trend aanbod

De trend in de ontwikkeling van het natuurlijk zuiverend vermogen is niet bekend. Er wordt verwacht dat er geen al te grote veranderingen hebben plaatsgevonden in de zuiverende werking door ecosystemen. De trend wordt derhalve als stabiel veronderstelt.

### Belang van ecosystemen

Uit de resultaten blijkt dat het opgetelde areaal aan water en natte typen verdeeld is naar natuur, landbouw en stad volgens de verdeling 35%, 51%, 15%. Er is geen rekening gehouden met mogelijke verschillen in de samenstelling van het water/natte ecosystemen. Verwacht wordt dat de 15% van de stedelijke omgeving een overschatting is. Ook de 35% door natuurgebieden zal een overschatting zijn doordat de belasting van het oppervlaktewater hier gering zal zijn. Door deze conclusies zal de 51% voor het agrarische gebied waarschijnlijk een onderschatting zijn.

### Betrouwbaarheid

Categorie C (voldoende): schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.

De gegevens over de waterkwantiteit, de mate van vervuiling door landbouw en het effluent van rwzi's heeft een hoge betrouwbaarheid (B). Wat de zuiverende werking van ecosystemen is, is gebaseerd op enkele bronnen en heeft een lagere betrouwbaarheid. Het belang van ecosystemen (natuur, landbouw, stad) in de zuivering van water is een eerste schatting.

### Volledigheid

Categorie C (bevat enkele aspecten): bevat enkele aspecten en is daarmee onvolledig.

---

CICES onderscheidt zowel zoet als zout water. In dit hoofdstuk is alleen gekeken naar zoet water. De chemische waterkwaliteit is ingevuld met stikstof en fosfaat. De KRW beschouwd naast deze stoffen in totaal 33 prioritaire stoffen die niet allemaal afzonderlijk zijn bekeken. Ten slotte stelt de KRW soms de doelen naar beneden bij indien een natuurlijke referentie niet haalbaar is. Per waterlichaam kan een lager doel vastgesteld zijn, het goede ecologisch potentieel (GEP). Voor de kunstmatige wateren is geen natuurlijke referentie opgesteld, maar een maximaal ecologisch potentieel (MEP), waarbij het doel de GEP is. Ook voor de kunstmatige wateren kan per waterlichaam een lagere GEP vastgesteld zijn. In de analyses is gewerkt met de beoordeling zoals vastgesteld door de KRW.

## 15.4 Literatuur

- Beek, C.L. van, O. Clevering, L.J.M. Kater en H. van Reuler (2003). Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 714.
- Bruijne, de, W.J.J. en H. van de Weerd (2009). Overzicht indicatoren fosfaat nalevering vanuit de waterbodem. Arcadis. 43p.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2011). Lozing van zuurstofbindende stoffen en belasting van het oppervlaktewater, stroomschema 2008 (indicator 0151, versie 08, 14 juni 2011). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Belasting van het oppervlaktewater met vermistende stoffen, 1990-2011 (indicator 0192, versie 15, september 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Capaciteit van afvalwaterzuiveringsinstallaties, 1980-2012 (indicator 0044, versie 15, 5 juni 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Clement, J. & A. Cormont (in prep.). Kaart NatuurElementen 2013. WOT-publicatie in voorbereiding. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- Clevering, O., B. Smit, Th. Aendekerk, & N. van Wees (2004). Mogelijkheden voor hergebruik en zuivering van uitgespoelde nutriënten. Deskstudie in het kader van het project Nutriënten Waterproof. LNV- programma's systeeminnovatie open teelten (400-I en 400-III), Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. nr. 530133.
- Diepen, C.A. van, J. Stolte, I. Wolf & H.S.D. Naeff (2002). Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in Noord-Brabant; deelrapport 3: vergelijking belasting oppervlaktewater uit diffuse bronnen en puntbronnen. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 527.3.
- Gerven, L.P.A. van, R.F.A. Hendriks, J. Harmsen, V. Beumer en P.W. Bogaart (2011). Nalevering van fosfor naar het oppervlaktewater vanuit de waterbodem; metingen in een veengebied in de Krimpenerwaard. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 2217.
- Haan, J. de, J.R. van der Schoot, H. Verstegen en O. Clevering (2010). Removal of nitrogen leaching from vegetable crops in constructed wetlands. *Acta Hort.* (ISHS) 852:139-144.
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003
- Henkens, R.J.H.G. en W. Geertsema (2013). Ecosysteemdiensten van natuur en landschap; Aanpak en kennistabellen voor het opstellen van indicatoren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-werkdocument 351.
- Kadlec, R.H. (1999). The limits of phosphorus removal in wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 7, pp. 165-175.
- Klok, C., P.F.A.M. Romkens, H.S.D. Naeff, G.H.P. Arts, J. Runhaar, C.A. van Diepen en I.G.A.M. Noij (2003). Gebiedsgerichte milieumaatregelen voor waterkwaliteit en natuur in Reconstructiegebieden van Noord-Brabant. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 635.

- 
- Kragt, F.J. (2007). Retentie oppervlaktewater werkdocument (intern rapport PBL).
- Kragt, F.J., F.W. van Gaalen, P. Cleij en W. Ligtoet (2007). Audit Waterbeleid 21<sup>e</sup> eeuw. Analyse van de opgaven wateroverlast volgens het Nationaal Bestuursaccorder Water. MNP Rapport 555060002/2006. 67p. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Kragt, F.(2008). Beschrijving toepassing Helofytenfilters/zuiveringsmoerassen Ex-ante KRW Kwaliteit voor later 2008. PBL-LDL Memo.
- Melman, T.C.P. en C.M. van der Heide (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenningen 2011. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 111.
- Meuleman, A.F.M., B. Beltman en R.A. Scheffer (2003a). Water pollution control by aquatic vegetation of treatment wetlands de Meije. *Wetlands Ecology and Management*, 12, pp. 459-471.
- Meuleman, A.F.M., R. van Logtestijn, G.B.J. Rijs en J.T.A. Verhoeven (2003b). Water and mass budgets of a vertical-flow constructed wetland used for wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 20 (1), pp. 31-44.
- Noij, G.J., W. Corre, E.M.P.M. Boekel, H.P. Oosterom, J.C. van Middelkoop, W. van Dijk. O. Clevering, L.V. Renaud, en P.J.T. van Bakel (2008). Kosteneffectiviteit van Alternatieve Maatregelen voor Bufferstroken in Nederland. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 1618.
- Noij, I.G.A.M., M. Heinen, H.I.M. Heesmans, J.T.N.M. Thissen, P. Groenendijk (2012). Effectiveness of unfertilized buffer strips to reduce nitrogen loads from agricultural lowland to surface waters. *J. Env. Qual.* (41), 2: 322-333.
- PBL (2008). Kwaliteit voor Later; Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water. Planbureau voor de Leefomgeving, nr 50014001/2008, juni 2008.
- PBL (2012). Kwaliteit voor later 2. Evaluatie van het waterkwaliteitsbeleid.
- Roovaart, van den R., E. Meijers, R. Smit, P. Cleij, F. van Gaalen, S. Witteveen (2012). Landelijke pilot KRW-Verkenner 2.0; Effecten van beleidsscenario's op de nutriëntenkwaliteit; Rapport 1205716-000, Deltares 2012.
- Schippers, P, H. Van de Weerd, J. de Klein, B. de Jong en M. Scheffer (2006). Impacts of agricultural phosphorus use in catchments on shallow lake water quality: about buffers, time delays and equilibria. *Science of the total environment* 369(2006) 280-294.
- Schoumans O.F. , J.J. Schröder, P. Groenendijk, T.J. de Koeijer, L.V. Renaud, H.H. Luesink en G. Kruseman (2013). Beknopte milieueffectrapportage op planniveau in het kader van het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn, Alterra-rapport 2461. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Schreijer, M., R. Kampf, J.T.A. Verhoeven en S. Toet (2003). Nabehandeling van RWZI-effluent tot Bruikbaar Oppervlaktewater in een Moerassysteem. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Universiteit Utrecht.
- Smit, R.; Klein, J.J.M. de; Walvoort, D.J.J. (2006). Versterking van het zelfreinigend vermogen van oppervlaktewateren. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 1403.
- STOWA (2001). Handboek Zuiveringsmoerassen. STOWA-rapport 2001-09.
- STOWA (2005). Vergaande verwijdering van Fosfaat met Helofytenfilters. Stand van Zaken 2004. STOWA rapport 2005-19.
- Tonkes, M. (2006). Handleiding sanering waterbodems. AKWA rapport 05.006. 63 blz.
- Vegter, U. (2007). Water vasthouden en nutriëntenreductie: Pilot Hunze, Pilotprogramma Waterberging – Natuur.[www.waterberging-natuur.nl](http://www.waterberging-natuur.nl).
- Velthof, G.L., C.L. van Beek, F. Brouwer, S.L.G.E. Burgers, B. Fraters, P. Groenendijk, M.J.D. Hack ten Broeke, A.J. van Kekem, H.P. Oosterom, O.F. Schoumans, F. de Vries, W.J. Willems, K.B. (2004). Denitrificatie in de zone tussen bouwvoor en het bovenste grondwater in zandgronden. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 730.1.
- Veraart, A.J.(2012). Denitrification in ditches, streams and shallow lakes. Dissertation WUR: 208 p
- Verhoeven, J.T.A. en A. F.M. Meuleman (1999). *Wetlands for Wastewater Treatment: Opportunities and Limitations*. Utrecht University/KIWA.
- Zwart, K.B. (2003). Denitrificatie in de bouwvoor en de ondergrond. Resultaten van metingen in 13 profielen tot 2 m diep. Wageningen, Alterra Wageningen UR. Alterra-rapport 724.



---

# 16 Koolstofvastlegging

Peter Kuikman & Bart de Knegt (Alterra)

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 0% (-1.2% extra emissie tov de totale uitstoot)
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door technisch alternatief: 0%
- Levering onvervuld: 100%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: afname
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering ten opzichte van het aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 100%, agrarisch gebied 0%, urbaan gebied 0%
- Betrouwbaarheid: C (voldoende)
- Volledigheid: B (bevat belangrijkste aspecten)

## 16.1 Werking van de dienst

Toename van CO<sub>2</sub> en andere broeikasgassen in de atmosfeer wordt gezien als een belangrijke oorzaak van klimaatverandering. 'De gevolgen van klimaatverandering door het versterkte broeikaseffect kunnen ingrijpend zijn. Stijging van de zeespiegel en veranderingen in de waterhuishouding, zoals verandering van gemiddelde neerslag en extremen, zijn mogelijke effecten van klimaatverandering. Wereldwijde ecologische, economische en sociale veranderingen kunnen daardoor optreden. In de natuur treden al veranderingen in ecosystemen op, die verband lijken te houden met de klimaatverandering. Ook zijn op mondiale schaal gletsjers in lengte afgenomen en is de hoeveelheid zeeijs rond de Noordpool fors verminderd. Het is zeer waarschijnlijk dat de temperatuuroptocht in de 20e eeuw significant heeft bijgedragen aan de waargenomen stijging van de zeespiegel. Dit is een gevolg van de thermische uitzetting van het zeewater en het wegsmelten van landijs.' (Uit: CBS *et al.*, 2009).

Terugdringen van het CO<sub>2</sub>-gehalte door vastlegging in biomassa is één van de mechanismen om het effect van broeikasgassen terug te dringen. 'Planten nemen via fotosynthese CO<sub>2</sub>, op uit de lucht en zetten die met energie uit zonlicht om in suikers (= Bruto Primaire Productie). Een deel van deze suikers wordt gebruikt voor de onderhoudsademhaling, en een deel voor groei van de plantorganen (de laatste = Netto Primaire Productie). Door val en vertering van strooisel, resteert slechts een klein deel van de suikers als werkelijk netto toename van de plant (Netto Ecosysteem Productie). Bij bomen kan dit proces van netto groei zich over langere tijd (decennia tot eeuwen) voltrekken waardoor een grote hoeveelheid biomassa en dus koolstof wordt opgebouwd. Uiteindelijk neemt de bosbiomassa niet meer toe doordat bijgroei en afbraak door sterfte in evenwicht komen [ed. of door kap van hout/hooien]. Behalve in de bomen zelf hoopt zich door strooiselval en humusvorming koolstof op in het organisch materiaal in de bodem.' (uit Nabuurs en Verkaik, 1999). Bossen en venen zijn het meest relevant voor deze ecosysteemdienst. Bossen vanwege de grote hoeveelheid biomassa bovengronds, veen vanwege de biomassa in het veenpakket.

### Bos

In bomen en ook in de bosbodem liggen grote hoeveelheden koolstof opgeslagen. Het kappen van bos, bosbrand of afsterven van bomen leidt tot het vrijkomen van CO<sub>2</sub>. Met name groeiende bossen zorgen voor vermindering van kooldioxide in de lucht. Maar ook een ontwikkeld bos zorgt jaarlijks voor vastlegging van een kleine hoeveelheid koolstof in biomassa. Door het Nederlandse bos wordt gemiddeld 12,2 ton CO<sub>2</sub>/ha.jr vastgelegd (Schelhaas *et al.*, 2002). De netto vastlegging is veel lager, doordat door kap biomassa wordt afgevoerd. Om het CO<sub>2</sub>-gehalte te verminderen, is het dus van belang dat bossen vitaal zijn, niet gekapt worden en dat er nieuw bos aangelegd wordt.

---

Er zit wel enige vertraging in het vrijkomen van CO<sub>2</sub> uit het gekapte hout. Vooral wanneer het hout voor langere tijd wordt 'opgeslagen' in bouwconstructies. De Nederlandse houtproductie bedraagt ongeveer 1 miljoen m<sup>3</sup>. Dat is ongeveer 8% van de eigen houtbehoefte. Het aandeel hiervan in de bouw is (nog) relatief gering vanwege de kwaliteitsbeperkingen van het in Nederland snel groeiende hout<sup>2</sup>. Het aspect 'koolstof-opslag van gekapt hout in bouwconstructies' wordt hier verder dan ook buiten beschouwing gelaten.

### **Veen**

In tegenstelling tot volgroeide bossen kan koolstofopslag in voldoende natte veengebieden duizenden jaren doorgaan. In Nederland waren ooit uitgestrekte veengronden aanwezig, maar deze zijn vanaf de Middeleeuwen ontgonnen. Tegenwoordig bestaat nog ca. 11% van de Nederlandse bodem uit veengrond, waarvan het merendeel in gebruik is als veenweide in de landbouw. Het gebruik van veenweides voor de productie van voedsel vereist echter verlaging van de waterstanden, waardoor veen mineraliseert en als CO<sub>2</sub> vrijkomt (Kuikman *et al.*, 2005). Per jaar gaat zo ca. 2000 ha veengrond verloren (Van den Akker, 2010) en in ruim 75% van de overige veengronden vindt oxidatie van veen met CO<sub>2</sub>-emissies tot gevolg plaats. Veengronden in Nederland zijn zodoende veranderd van gebieden waar CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen in gebieden waar emissie van CO<sub>2</sub> plaatsvindt. Deze emissie staat gelijk aan 4.24 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten (Kuikman *et al.*, 2003) (is ongeveer 2,5% van de totale NL-emissie van broeikasgassen volgens de officiële rapportage in de NIR (National Inventory Report) van Nederland en 3-5% van de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-emissie in Nederland (RVO, 2014).

Innovatieve beheermethoden moeten inzicht geven in de herstelmogelijkheden van het veen. Verhoging van het waterpeil leidt echter tot emissie van methaan (CH<sub>4</sub>) en in bemeste gronden tot emissie van lachgas (N<sub>2</sub>O). Deze gassen zijn respectievelijk 25 tot 298 maal sterkere broeikasgassen dan CO<sub>2</sub>. Deze verhoudingsgetallen voor CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O zijn onlangs door het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) aangepast (IPCC 2014). De broeikasgasbalans van herstelde venen hangt af van het vegetatietype, waterniveau, mate van bemesting en andere factoren wat nog niet goed wordt begrepen. Het is onderwerp van diverse studies (o.a. Hendriks *et al.*, 2009; Kroon *et al.*, 2010; Kwakernaak *et al.*, 2010; Schrier-Uijl *et al.*, 2010), die onder andere zijn gericht op herstel van gedegradeerde veengebieden om de CO<sub>2</sub>-opnamefunctie van het veen te herstellen en tegelijk te vermijden dat er CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O vrijkomt.

### **Andere beheertypen**

Het landbouwgebied kan zowel koolstof vastleggen als emitteren naar gelang het gebruik ervan. Koolstofvastlegging is ook aan de orde bij het exploiteren van minerale bodems, waarbij de bodembewerking (o.a. ploegen) van bepalende betekenis kan zijn voor de hoeveelheid koolstof die in de bodem wordt vastgehouden dan wel als CO<sub>2</sub> in de atmosfeer terecht komt. Ook andere beheertypen dan veen en bos kunnen koolstof vastleggen, zolang er sprake is van netto plantengroei. Veel beheertypen, zoals graslanden, rietlanden, heide, worden beheerd en biomassa wordt afgevoerd. Een voorbeeld hiervan is Riet en ruigte, volgens het kentallenboek (Ministerie van LNV, 2006) heeft dit natuurtype een bijgroei van 6,8 ton C per ha/jaar, echter veel rietlanden worden regelmatig beheerd (riet wordt grotendeels jaarlijks gemaaid (Schipper en Siebel, 2008)) en het riet wordt afgevoerd. Afhankelijk van de snelheid waarmee de biomassa wordt afgebroken, zal er weer CO<sub>2</sub> vrijkomen. Alleen kijken naar de groei per jaar is dus onvoldoende: er moet ook gekeken worden naar mineralisatie, het beheer, afvoer van biomassa en bestemming daarvan om iets zinnigs over de bijdrage van beheertypen aan deze ecosysteemdienst te kunnen zeggen. Daarom beperken we ons hier tot de rol van bossen en venen.

Er wordt verder niet ingegaan op de rol van de zoete en de zoute waterkolom in de emissie en vastlegging van koolstof door te weinig kennis over deze systemen.

---

<sup>2</sup> Bron: Algemene Vereniging Inlands Hout: [www.avih.nl](http://www.avih.nl)

---

## 16.2 Methode

### Huidige vraag

De vraag naar deze ecosysteemdienst klimaat is gedefinieerd als het compenseren van de totale uitstoot van CO<sub>2</sub> door (permanente) vastlegging van C in de vorm van organische stof in biomassa (bomen) of bodem (veen en organische stof in minerale bodems). Algemeen wordt gesteld dat de toekomstige stijging in temperatuur beperkt dient te blijven tot maximum 2°C. De belangrijkste sectoren die CO<sub>2</sub>-uitstoten zijn de industrie en energieproductie en -gebruik voor verkeer en vervoer, de bebouwde omgeving, huishoudens en kleine industrie en de landbouw. Indien de uitstoot van CO<sub>2</sub> groter is dan de vastlegging stijgt de concentratie CO<sub>2</sub> in de atmosfeer waardoor er veranderingen in het klimaat optreden.

Er is ook beleid geformuleerd voor het terugdringen van broeikasgassen. Dit beleid heeft vooralsnog niet tot doel om de totale uitstoot van CO<sub>2</sub> te compenseren. "Volgens het Kyoto Protocol moest Nederland in de periode 2008-2012 de uitstoot van broeikasgassen met gemiddeld 6 procent verlagen ten opzichte van het Kyoto-basisjaar (een optelling van de CO<sub>2</sub>-equivalenten van koolstofdioxide, lachgas en methaan in 1990 en die van de fluorhoudende gassen in 1995). De uitstoot in dit basisjaar is vastgesteld op 213,2 miljard CO<sub>2</sub>-equivalenten." (Uit: CBS *et al.*, 2014).

### Aanbod

Groeiende bossen en veenvorming in venen leggen koolstof vast in biomassa en bodems en leveren zo een bijdrage aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-emissie en concentratie in de atmosfeer. Het belang van de Nederlandse bossen en venen voor CO<sub>2</sub>-vastlegging is relatief beperkt. Toch kunnen ze in potentie bijdragen aan het behalen van de Kyoto-doelstellingen in Nederland. Henkens en Geertsema (2013) geven kentallen voor vastlegging en vrijkomen van koolstof in bossen en venen. 'De eenheid om CO<sub>2</sub>-vastlegging te kwantificeren is ton C per ha/jaar. Van koolstofdioxide naar koolstof is een factor 0,27 (C is 27% van het gewicht van CO<sub>2</sub>, molecuulair gewicht CO<sub>2</sub> = 44, C = 12, 12/44 = 0,27).

De volgende aannamen zijn gehanteerd voor het opstellen van de kennistabe (tabel 16.1):

- Bossen: afgeleid uit Leneman *et al.* (2013) die voor bosnatuurdoeltypen de koolstofvastlegging door bijgroei en voorraad in de bodem hebben geschat.
- De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die bij veengroei wordt vastgelegd is moeilijk te schatten. Bij metingen in het natte Horstermeer is een waarde van ca. 15 ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar (4,05 ton C) gemeten (Woestenburg, 2009; Kwakernaak *et al.*, 2010,). Terwijl het IPCC voor niet gedraineerde veenbodems een waarde van 0,2-0,4 ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar aangeeft. In tabel 16.1 houden we daarom een brede spreiding aan, zodat verder uitgezocht kan worden wat voor natuurgebieden verwacht mag worden aan C-fixatie door bijgroei van veen. Voor overige beheertypen is een inschatting achterwege gelaten. De reden is enerzijds onvoldoende kennis van (netto) CO<sub>2</sub>-vastlegging, anderzijds is de verwachting dat de bijdrage vrij klein is, met name omdat er ook biomassa wordt afgevoerd.
- Het aandeel van veen in de verschillende beheertypen, is geschat op basis van de beschrijvingen in de Index NL door Schipper en Siebel (2008).
- De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die potentieel vrijkomt bij veenoxidatie is gebaseerd op de schatting van Kuikman *et al.*, 2005). In de NIR van Nederland is een berekening gemaakt van 4,24 Mton CO<sub>2</sub> voor 223.000 ha veengrond in landbouwkundig gebruik (veenweide en overig landbouwgebruik) van ongeveer 290.000 ha totaal.
- In de natuurlijk beheerde bossen van N14.03, N15.01 en N15.02 wordt op 80% van de oppervlakte geen hout geoogst of is de oogst minder dan 20% van de bijgroei. Op het overige kan meer hout geoogst worden in het kader van omvorming naar natuurlijk bos. Voor deze bossen geldt de aanname dat 20% van de bijgroei wordt afgevoerd. Dit betekent dat de CO<sub>2</sub>-opslag ook 20% lager is.
- Daarnaast zijn er productiebossen N16 en cultuurhistorische bossen N17 (bijv. hakhout) en landschapselementen waar ook houtoogst plaatsvindt. Hier is aangenomen dat 50% van de bijgroei wordt geoogst.' (uit Henkens en Geertsema, 2013).

Tabel 16.1

Kentallen voor vastlegging of vrijkomen van koolstof in bossen en venen.

Codes Beheertypen IndexNL					
	Bbasisgetal ton C/ha/jaar (bijgroei* evt. kap)	% Bos	% Veenbodem	ton C/ha/jaar	Vrijkomen ton C/ha/jaar bij uitdrogen
N01.02	1,8	8		0,1	-
N01.03	1,5	31		0,5	-
N01.04	1,7	46		0,8	-
N05.01	0,4-4		30	0,2-2	-1,3
N05.02	0,4-4		90	0,4-3,6	-3,8
N06.01, N06.02, N06.03	0,4-4		100	0,4-4	-4,2
N10.01	0,4-4		75	0,3-3	-3,2
N10.02	0,4-4		25	0,1-1	-1,1
N13.01	0,4-4		30	0,1-1,2	-1,3
N14.01	1,5	100		1,5	-
N14.02, N17.01, N17.02, N17.03,	1,4	100		1,4	-
N14.03	2*0,8	100		1,6	-
N16.02	2*0,5	100		1	-
N15.01	1,8*0,8	100		1,4	-
N16.01	1,8*0,5	100		0,9	-
N15.02	1,7*0,8	100		1,4	-
N17.04	1,4	50		0,7	-
L01.02 - L01.13 *	1,4	50		0,7	-
A01	0,4-4		30	0,1-1,2	-1,3

\* Vanwege de hogere frequentie aan beheer in deze landschapstypen en soms mindere opbouw van biomassa wordt hier een percentage van 50% bos aangenomen.

### Trend

Trend in de vraag is ingevuld als de concentratie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. Deze cijfers zijn ontleent van CBS *et al.* (2010) en afkomstig van NOAA/ESRL. Emissiecijfers zijn jaarlijks beschikbaar sinds 1990. Trends van de opslag van koolstof (aanbod) worden gerapporteerd in de NIR-rapportages. Het areaal bos geeft een indicatie van de vastlegging bossen. Van de emissie van venen zijn geen exacte gegevens. Er zijn wel enkele literatuurbronnen die hierover inschattingen hebben gedaan.

### Belang van ecosystemen

Voor elke ecosysteemdienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Er is aangenomen dat bos voornamelijk in natuurgebieden ligt, terwijl veengebieden voornamelijk in agrarisch gebruik zijn.

## 16.3 Resultaat

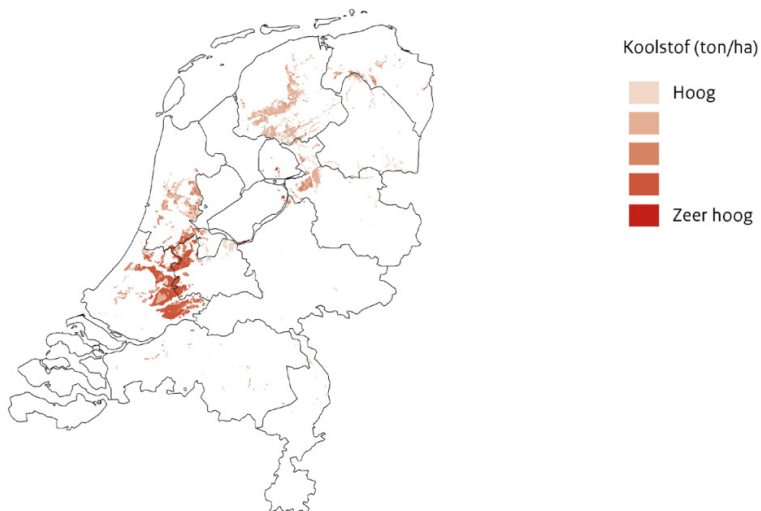
### Huidige vraag en aanbod

Het Nederlandse bos beslaat op dit moment ongeveer 360.000 ha (Jansen *et al.*, 2009). Hierin is ongeveer 95 Mton CO<sub>2</sub> vastgelegd (biomassa in hout en wortels). Jaarlijks komt daar in het blijvend bos bruto ongeveer 4 Mton bij, netto ongeveer 2,7 Mton. Ca 1,3 Mton – het verschil tussen bruto en netto – gaat verloren door bosbouwactiviteiten (oogst) (Van der Maas *et al.*, 2009). Nieuw aan-geplante bossen (van na 1990) worden meegeteld. Deze hebben een oppervlakte van ruim 50.000 ha en leggen ongeveer 0,6 Mton CO<sub>2</sub> per jaar vast. Daarnaast wordt er echter ook op aanzienlijke schaal ontbost: jaarlijks betreft dit 0,9 Mton CO<sub>2</sub> (Van der Maas *et al.*, 2009). Zou alle bijgroei van het hout in Nederland (netto 2,7 Mton/jr) als brandstof worden benut, dan dekt dat 1,3% van onze huidige CO<sub>2</sub>-uitstoot. Zouden we al onze CO<sub>2</sub>-emissie uit fossiele energie met CO<sub>2</sub>-vastlegging in houtgroei



willen dekken, dan is daar een areaal van 70-100 maal ons huidige bosareaal voor nodig, ofwel 7-10 maal de landoppervlakte van Nederland.

In Nederland komt zo'n 290.000 hectare veengrond voor (11% van het landoppervlak) (figuur 16.1). Een groot deel ligt onder zeeniveau, wordt intensief gedraineerd met grondwater-standen tussen -60 cm tot -100 cm en dieper en is in gebruik als grasland. Door die drainage voor de landbouw (veenweidegebieden) droogt de bodem uit en vindt mineralisatie (oxidatie) van het veen en uitstoot van koolstof plaats. Oxidatie leidt tot daling van het maaiveld, plaatselijk met ruim 1 cm per jaar, wat overeenkomt met 10-20 ton CO<sub>2</sub>/ha.jr en varieert per type veenbodem en diepte en intensiteit van drainage (Kuikman *et al.*, 2003). Hierbij komt jaarlijks zo'n 4,24 Mton CO<sub>2</sub> vrij, circa 2,5% van de totale jaarlijkse broeikasgasemissie van Nederland. Klein Goldewijk *et al.* (2005) komt op een getal van 4,76 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten per jaar. Dit getal bestaat uit de 4,24 Mton CO<sub>2</sub> plus 0,5 Mton N<sub>2</sub>) als gevolg van dezelfde drainage ('cultivation of organic soils'). Als hiervan wordt uitgegaan, komt dit neer op 2,5% van de feitelijke broeikasemissies per jaar. Daarmee is dit ongeveer tweemaal zo groot als de vastlegging van koolstof in bossen.



**Figuur 16.1** Gebieden met veenbodems die meer dan 447 kton koolstof bevatten en meer dan 1 cm per jaar zijn gedaald sinds 1945. (Bron: Van der Bilt *et al.*, 2011).

In de huidige laagveengebieden is de netto-veenvorming feitelijk gestopt en komt vooral CO<sub>2</sub> vrij in plaats als gevolg van veenoxidatie. Door verregaande vernatting zou dit proces weer kunnen worden omgedraaid zodat het veenpakket opnieuw kan aangroeien en C vastleggen. Vernatting kan, afhankelijk van het type veen en de beheergeschiedenis, echter wel leiden tot verhoging van de CH<sub>4</sub>-uitstoot en zo een deel van de winst teniet doen. Door het IPCC werd aangegeven dat niet gedraineerde venen CO<sub>2</sub>-sinks vormen (0,2-0,5 t C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)<sup>3</sup>.

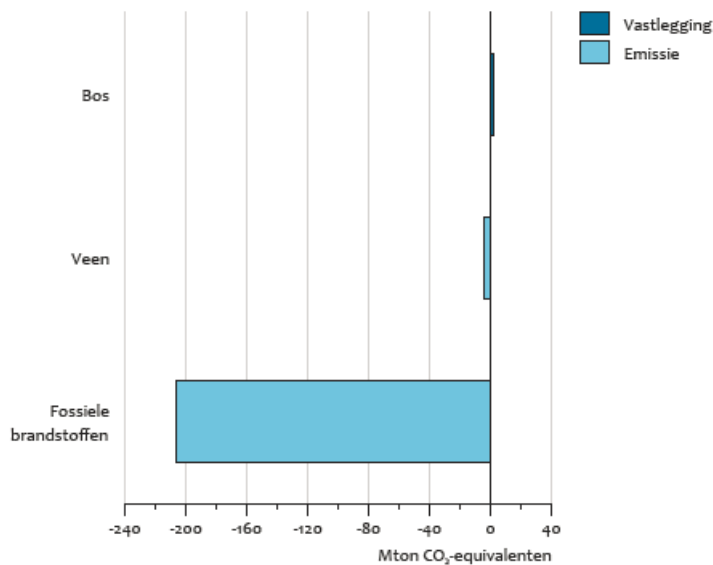
Gebaseerd op de landgebruikveranderingen tussen 1990 en 2004 en de rekenregels van de IPCC 2006-richtlijnen, blijkt dat de omzetting van grasland naar akkerland leidt tot een jaarlijkse emissie van 35,1 kton CO<sub>2</sub>, terwijl de omzetting van akkerland naar grasland leidt tot een jaarlijkse vastlegging van 34,7 kton CO<sub>2</sub> (Lesschen *et al.*, 2012) en daarmee is deze omzetting van gras naar akker en omgekeerd in evenwicht. Een andere belangrijke landgebruiksverandering is urbanisatie. Hiervoor leidt de omzetting van akkerland naar bebouwing tot een netto vastlegging van 9,6 kton CO<sub>2</sub> per jaar en de omzetting van grasland naar bebouwing tot een netto emissie van 9,1 kton CO<sub>2</sub> per jaar (Lesschen *et al.*, 2013). Hoewel de verandering in bodemkoolstofvoorraad niet voor alle landgebruikveranderingen is berekend, laat het resultaat voor de belangrijkste landgebruikveranderingen zien dat emissies elkaar veelal compenseren (Lesschen *et al.*, 2013). De totale netto CO<sub>2</sub>-emissie uit minerale bodems zal dan ook rond de nul liggen, zoals Nederland nu ook naar de UNFCCC rapporteert (Lesschen *et al.*, 2012).

<sup>3</sup> Bron: [www.grida.no](http://www.grida.no)

Veranderingen in bemesting in de afgelopen decennia hebben nog geen gevolgen gehad voor de (vermindering) van de CO<sub>2</sub>-vastlegging (Velthof *et al.*, 2002). Wel is de N<sub>2</sub>O-emissie lager (RVO, 2014).

Overigens is het mogelijk om ook op minerale gronden de koolstofvoorraden in Nederland als geheel te laten toenemen bij toepassing van gerichte maatregelen in de landbouw. Schattingen wijzen op 0,5 – 5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar voor heel Nederland met ca 900.000 ha akkerland en ca. 900.000 grasland. De omvang is omgeven met de nodige onzekerheid; de meest realistische schatting wijst op 1 Mton CO<sub>2</sub> en is gelijk aan ongeveer 40% van de vastlegging in bossen in Nederland (Lesschen *et al.*, 2012) en bestaan deels uit vermijden van emissies en uit additionele vastlegging van koolstof in de (minerale) bodem.

Er is minder bekend over de rol van de zoete en zoute waterkolom en het sediment in de opname en emissie van CO<sub>2</sub>. Deze zijn hier dan ook buiten beschouwing gelaten.



**Figuur 16.2** Koolstofvastlegging en CO<sub>2</sub>-emissie 2008. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die bossen in Nederland nu jaarlijks kunnen vastleggen, is een fractie van de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen.

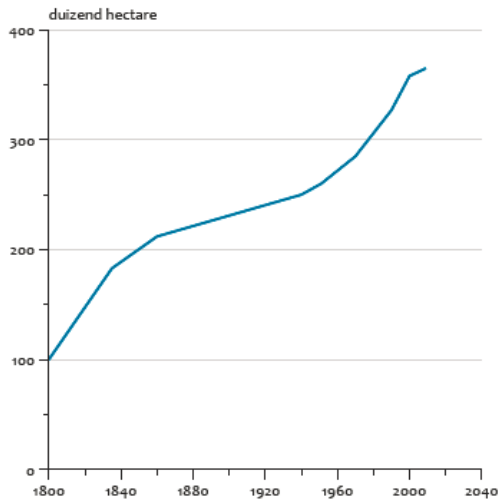
Samengevat, als de opslag van koolstof in bos en de emissie van koolstof door veen opgeteld worden resulteert dit in een netto extra emissie van broeikasgas van ca. 1.2% van de totale emissie (4,24 Mton voor veen en 2,7 Mton voor bos en een onbekende of '0' emissie/vastlegging in overige landbouwgrond) (figuur 16.2). Op zeer kleine schaal in demonstratieprojecten vindt er momenteel koolstofvastlegging plaats onder zee. Dit is te beschouwen als een technische maatregel als alternatief voor emissiereductie of opslag door ecosystemen. Er worden dus geen technische alternatieven ingezet om koolstof vast te leggen. Import speelt ook geen rol bij deze dienst, omdat CO<sub>2</sub>-vastlegging niet geïmporteerd kan worden (er is wel handel in emissierechten).

### Belang van ecosystemen

Bossen zijn bijna allemaal in eigendom van terreinbeherende organisaties en particulieren en worden daarom tot natuur gerekend. Deze bossen leggen dus netto koolstof vast. De veengebieden zijn bijna geheel in landbouwkundig gebruik en worden daarom dan ook tot het agrarisch gebied gerekend. Hier is netto emissie van CO<sub>2</sub>. Het urbaan gebied speelt geen rol van betekenis in de opslag van CO<sub>2</sub>.

### Trend aanbod

Het areaal bos in Nederland neemt nog steeds toe (figuur 16.3).



**Figuur 16.3** Sinds 1800 neemt het areaal bos gestaag toe. Het areaal is nu driemaal zo groot als 200 jaar terug.

In tegenstelling tot bossen geldt voor veenbodems dat ze de laatste honderd jaar steeds sneller gaan oxideren. Dit wordt veroorzaakt door de continuering van de schaalvergroting en ontwatering in de landbouw, en de sterke groei van dorpen en steden en verlies aan oppervlakte veengronden (Grandiek *et al.*, 2007). "De laatste 50 jaar is de maaiveld daling versneld vanwege diepere drooglegging van weidepercelen en bedraagt nu 1-2 cm per jaar (Hoogland *et al.*, 2012). Deze maaiveld daling is een steeds groter probleem, zeker in relatie tot de tegelijkertijd optredende zeespiegelstijging. De daling van het maaiveld maakt regelmatig lagere waterpeilen noodzakelijk om dezelfde mate van drooglegging te handhaven (Querner *et al.*, 2012). Hierdoor worden steeds weer nieuwe lagen oorspronkelijk veen voor het eerst aan zuurstof blootgesteld en zullen beginnen aan een snellere afbraak. De in de komende eeuw te verwachten klimaatverandering (Van den Hurk *et al.*, 2006) zal naar verwachting de veenafbraak en maaiveld daling nog verder verergeren." (Uit: Brouns en Verhoeven, 2013).

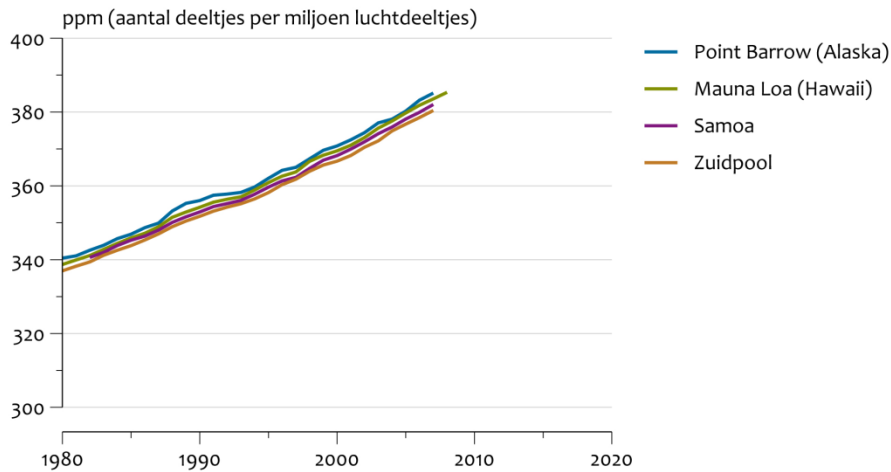
Kortom, de emissie van veen is groter dan de vastlegging in het Nederlandse bos wat netto tot emissie leidt.

### Trend huidige vraag

"De wereldwijde gemiddelde concentratie van koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) was in 2008 384,8 ppm en in 2009 386,3 ppm (bron: NOAA) en was daarmee ruim 5% hoger dan 10 jaar terug (figuur 16.4). In de periode 2000-2008 steeg de concentratie met gemiddeld bijna 2,0 ppm per jaar, terwijl het groeitempo in de jaren negentig van de vorige eeuw gemiddeld 1,5 ppm per jaar bedroeg (GCP, 2008). Sinds 2003 is de uitstoot van CO<sub>2</sub> door fossiel energiegebruik tot 2008 met 3 à 5% per jaar toegenomen, in de tien jaar daarvoor was dat gemiddeld 1,4%. In 2008 was de mondiale groei door de kredietcrisis teruggelopen tot 1,6% en in 2009 zelfs met een procent gedaald (Olivier en Peters, 2010). De groei komt vooral door een grote toename van het kolengebruik in China." (Uit: CBS *et al.*, 2010).

"De emissie van CO<sub>2</sub> nam tussen 1990 en 2005 met ruim 10% toe als gevolg van de groei van het energieverbruik. In 2005 is de emissiestijging tot stilstand gekomen door een lager verbruik van fossiele brandstoffen in de energievoorziening, bij de huishoudens en de handel, diensten en overheid (HDO). Dit lagere verbruik wordt veroorzaakt door een grotere inzet van duurzame energie en een lager aardgasverbruik voor ruimteverwarming door de relatief zachte winters." (Uit: CBS *et al.*, 2014). Daarnaast speelt ook dat Nederland efficiënter is geworden en het energieverbruik heeft teruggebracht. Toch haalt Nederland de doelen op hernieuwbare energie niet en heeft emissies gecompenseerd met het kopen van emissie-rechten in het buitenland.

## Concentratie koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>)



Bron: SIO Air Sampling network.

PBL/nov10/0216  
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

**Figuur 16.4** De concentratie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer stijgt gestaag (CBS et al., 2010).

Kortom, de trend van de vraag is sinds 1990 verder toegenomen. Dit blijkt uit zowel de cijfers van de emissie als de concentratie koolstofdioxide in de atmosfeer.

### Trend aanbod ten opzichte van de vraag

De toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de emissie door verkeer, industrie en landbouw. De opslag van koolstof in bos en de emissie uit veen- en landbouwgebieden zijn marginaal. Door de toename van de emissie en daarmee de verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer neemt de vraag ten opzichte van het aanbod verder toe.

### Betrouwbaarheid

Categorie C (voldoende): schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.

De cijfers van de concentratie en emissie van CO<sub>2</sub> worden als voldoende goed gescoord in het Compendium voor de Leefomgeving. De vastlegging en emissie van CO<sub>2</sub> door bossen en venen worden ook als betrouwbaar ingeschat. Over de trends van vraag en aanbod is minder zekerheid.

### Volledigheid

Categorie B (bevat belangrijkste aspecten): bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

De CICES-classificatie benoemt atmosferische samenstelling en klimaatregulatie als een ecosysteemdienst op het derde niveau. Klimaatregulatie in de stad is als een aparte dienst beschreven in Hoofdstuk 17. De indicator is voornamelijk gericht op de terrestrische natuurtypen. Over de rol van het zoete en zoute water, inclusief het sediment is minder bekend en daarom buiten beschouwing gelaten.

## 16.4 Literatuur

Akker, J.J.H. van den, R. Hendriks, I. Hoving & M. Pleijter (2010). Toepassing van onderwaterdrains in veenweidegebieden; Effecten op maaiveldvaling, broeikasgasemissies en het water. *Landschap* (27), 2010-3: 137-149.

- 
- Bilt, W.G.M. van der, B. de Knecht, A. van Hinsberg & J. Clement (2012) Van visie tot kaartbeeld; de kijkrichtingen nader uitgewerkt. Achtergrondrapport bij Natuurverkenning 2011. WOt-werkdocument 279. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- Brouns, K. en J.T.A. Verhoeven (2013). Afbraak van veen in veenweidegebieden: effecten van zomerdroogte, verbrakking en landgebruik. Eindrapport van project HSOV01A. UU, Utrecht.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2009). Werking van het broeikas effect (indicator 0163, versie 05, 31 maart 2009). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, DEN HAAG; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2010). Concentratie broeikasgassen, 1980-2008 (indicator 0216, versie 11, 10 november 2010). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Emissies broeikasgassen, 1990-2012 (indicator 0165, versie 24, 17 april 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, DEN HAAG; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Grandiek, N, J. van Herk, C. Cronenberg (2007). De introductie van de rieteconomie. Een duurzaam perspectief voor de Nederlandse veenweidegebieden. InnovatieNetwerk, Den Haag.
- Henkens, R.J.H.G. en W. Geertsema (2013). Ecosysteemdiensten van natuur en landschap; Aanpak en kennistabellen voor het opstellen van indicatoren. WOt-werkdocument 351. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jansen, P., Boosten, M., Winterink, A., van Benthem, M. (2009). Aanleg van nieuwe bossen. WUR, Wageningen. Uitgeverij Matrijs.
- Klein Goldewijk, K., J.G.J. Olivier, J.A.H.W. Peters, P.W.H.G. Coenen and H.H.J. Vreuls (2005). Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2003, National Inventory Report 2005, RIVM report 773201009, Bilthoven, the Netherlands.
- Kroon, P.S., A.P. Schrier-Uijl, P.C. Stolk, F.K. van Evert, P.J. Kuikman, A.H. Hensen & E.M. Veenendaal (2010). Kunnen we sturen op landgebonden broeikasgas emissies? Naar een klimaat neutrale(re) inrichting van het landelijk gebied. *Landschap* 27/2: 99-109.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries (2005). Emission of N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from organic agricultural soils. *Alterra*, Wageningen, Alterra-rapport 1035-2.
- Kuikman, P.J., W.J.M. de Groot, R.F.A. Hendriks, A. Verhagen en F. de Vries (2003). Stocks of C in soils and emissions of CO<sub>2</sub> from agricultural soils in the Netherlands. *Alterra*, Wageningen. Alterra report 562..
- Kwakernaak, C., J.J.H. van den Akker, E.M. Veenendaal, J.C. van Huissteden & P. Kroon (2010). Veenweiden en klimaat; Mogelijkheden voor mitigatie en adaptatie. *Bodem* 2010(3): 6-8.
- Leneman, H., R. Verburg, C.M. van der Heide en A.D. Schouten (2013). Kosten en baten van terrestrische natuur: Methoden en resultaten; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2010-2040. WOt-werkdocument 278. WOT Natuur & Milieu Wageningen UR, Wageningen.
- Lesschen, J.P., H. Heesman, J. Mol-Dijkstra, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert, P. Kuikman (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2396.
- Ministerie van LNV (2006). Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap. Hulpmiddel bij MKBA's. Eerste editie. LNV, Den Haag. Witteveen+Bos, Rotterdam.
- Nabuurs, G.J. en E. Verkaik (1999). De 10 meest gestelde vragen over koolstofvastlegging in bos. European Forest Institute & Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek.
- RVO (2014). Broeikasgassen en monitoring. Website in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, in nauwe samenwerking met het RIVM. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).

- 
- Schelhaas, M.J., M.N. van Wijk & G.J. Nabuurs (2002). Koolstofvastlegging in bossen: een kans voor de boseigenaar? Wageningen, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 553.
- Schipper, P.C. en H.N. Siebel, (red.) (2008). Index Natuur en Landschap conceptversie 14 nov 2008. Onderdeel Natuurbeheer, versie 0.2. Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, De Landschappen, Unie van Bosgroepen, Federatie Particulier Grondbezit, Dienst vastgoed Defensie.
- Schrier-Uijl, A.P., P.S. Kroon, P.A. Leffelaar, J.C. van Huissteden, F. Berendse & E.M. Veenendaal (2010). Methane emissions in two drained peat agro-ecosystems with high and low agricultural intensity. *Plant & Soil* 329: 509–520.
- Van der Maas, C.W.M., Coenen, P.W.H.G., Zijlema, P.J., Brandes, L.J., Baas, K., Berghe, G., Van den Born, G.J., Van den Guis, B., Geilenkirchen, G., Te Molder, R., Nijdam, D.S., Olivier, J.G.J., Peek, C.J., Van Schijndel, M.W., Van der Sluis, S.M. (2009). Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2007. National Inventory Report 2009. Netherlands Environmental Assessment Agency. Bilthoven.
- Velthof, G.L., J. Dolfin, G.J. Kasper, J.W. van Groenigen, W.J.M. de Groot, A. van den Pol-van Dasselaar en P.J. Kuikman (2002). Beperking van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden. Eindrapport Reductieplan Overige Broeikasgassen Landbouw Cluster 1. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 560.2.
- Woestenburg, M. (2009). Waarheen met het veen? Kennis voor keuzes in het westelijk veenweidegebied. Uitgeverij Landwerk.

---

# 17 Verkoeling in de stad

*Gert-Jan Steeneveld (WUR), Jan Clement, Bart de Knegt (Alterra).*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 14%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 0%
- Levering onervuld: 86%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: min of meer stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: afname
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 0%, agrarisch gebied 0%, urbaan gebied 100%
- Betrouwbaarheidsklasse: D (matig)
- Volledigheid: B (bevat belangrijkste aspecten)

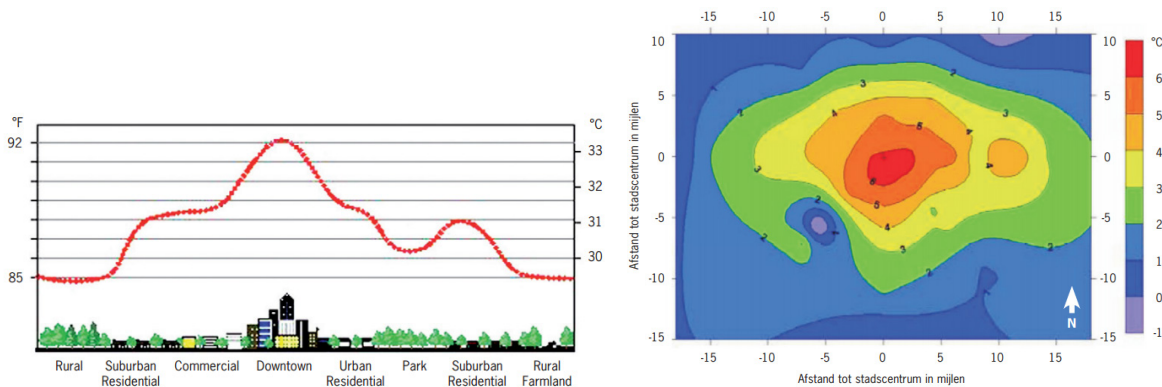
## 17.1 Werking van de dienst

Groen speelt een rol bij het inperken van de warmteabsorptie van een stad en de energieomzetting in die stad (figuur 17.1). Bomen zorgen voor schaduw zodat het zonlicht niet als warmte opgeslagen wordt in de versteende omgeving. De energieomzetting verandert doordat groen zorgt voor een hogere evapotranspiratie ten koste van voelbare warmtestroom en waardoor de luchttemperatuur gedrukt wordt. Niet alleen bomen vangen zonlicht in maar ook lage vegetaties zoals grasveldjes, groene daken, *verticaal groen* of tuinen kunnen de warmteabsorptie in de stad verlagen, door een relatief hoog albedo. Deze lage vegetaties geven weliswaar geen directe schaduw, maar voorkomen dat harde oppervlakten opwarmen. Bovendien geven ze ook evapotranspiratie. 's Nachts zorgt gras voor een sterke isolatie tussen de lucht en de bodem, waardoor warmte uit de bodem slecht wordt teruggeleverd aan de atmosfeer. Dit geeft in de avond snelle koeling boven grasoppervlakken.

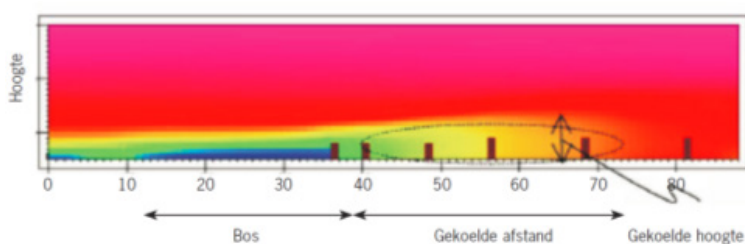
Naast schaduw beïnvloedt groen de temperatuur in de stad door uitwaseming. Groen verplaatst daarbij koel water uit de grond naar de lucht waardoor de temperatuur daalt. Dit transport van water naar de lucht wordt door planten gebruikt om voedingsstoffen uit de bodem te vervoeren en oververhitting te voorkomen. Bomen onttrekken vocht uit de koele ondergrond (meestal ongeveer 10°C lager). Samen met het effect van verdamping kan de temperatuur in de lagere delen van het bladerdek overdag dalen. Aan de bovenkant van het bladerdek kan de temperatuur hoger liggen dan in de omgeving aangezien de boom daar zonne-energie invangt. Bomen zorgen dus voor een koel microklimaat onder hun bladerdek. De temperatuur onder een vrijstaande boom is nagenoeg gelijk aan die in de open lucht, maar de gevoelstemperatuur is lager. De lagere gevoelstemperatuur komt door een vermindering van de opgevangen directe straling. Hoeveel straling een boom tegenhoudt is afhankelijk van de soort en het ras.

Ook het bladerdek van solitaire of verspreid staande bomen hebben een koelend vermogen. Dit is moeilijk meetbaar door de beweging en de menging van de lucht, maar in een bos is het koelende effect goed te meten. Door de ondiepe wortelstelsels van bomen en de beschermende laag op de bladeren, transpireren kruidachtige planten minder dan houtige gewassen. Ze zijn daardoor minder afhankelijk van een constante toevoer van water uit de ondergrond en verdampen ook minder.

Groen in de stad biedt niet alleen verkoeling op de plek waar het groen aanwezig is, maar heeft ook nog een uitstralende verkoelende werking (figuur 17.2). Zo is het koelend effect van het 500 hectare grote Chapultepec Park in Mexico Stad merkbaar tot op twee kilometer afstand. Het koelende effect is natuurlijk nog wel afhankelijk van de windrichting en -snelheid, want zonder wind kan de koude lucht niet worden getransporteerd.



**Figuur 17.1** Temperatuurverdeling in de namiddag rondom steden (NRCAN, 2007), links. Temperatuurverschillen in Londen (Greater London Authority, 2006), rechts.



**Figuur 17.2** Koelingseffect van bossen (Chen, 2006).

Stadskoeling is belangrijk omdat zomerse warmte en stijgende temperaturen door klimaatverandering de hittestress verhogen. Vooral in steden, waar het al warmer is, worden grenswaardes voor hittestress eerder overschreden. In de binnensteden van Arnhem en Rotterdam zijn in warme heldere zomernachten temperaturen gemeten tot zeven graden hoger dan in het buitengebied (Steenefeld *et al.*, 2011, Spijker *et al.*, 2012, Heusinkveld *et al.*, 2014). Het effect wordt voornamelijk veroorzaakt door het vasthouden en uitstralen van warmte door steen, asfalt en beton. Bovendien wordt extra warmte geproduceerd door auto's, fabrieken en elektrische apparaten. Daarnaast is de windsnelheid in steden vaak laag waardoor de warmte niet snel kan worden afgevoerd, en turbulente menging met koelere lucht wordt beperkt.

Bij aanhoudende warmte krijgen veel mensen gezondheidsklachten zoals huidaandoeningen, spierkramp, uitdroging, hitteberoertes en slaperigheid. Tijdens een hittegolf sterven er per week in Nederland circa dertig mensen meer voor elke graad dat de temperatuur stijgt boven het langjarig gemiddelde (Groen voor klimaat, 2014). Koeling met airco's van woonhuizen, winkels en bedrijven verhoogt het energiegebruik en de daarmee gepaard gaande kosten (<http://www.epa.gov/heatland/impacts/index.htm>). Als gevolg van hoge temperaturen neemt ook de arbeids-productiviteit af (Dunne *et al.*, 2013).

## 17.2 Methode

### Vraag

Een hoge temperatuur heeft gevolgen voor de gezondheid van de Nederlandse bevolking. Door hittegolven in Nederland zowel in 2003 als 2006, stierven tussen de 1000 en 2200 mensen meer dan in een gemiddeld jaar. Daarnaast ondervindt een veelvoud van dat aantal hinder van de warmte door bijvoorbeeld vermoeidheid, concentratieproblemen, huidaandoeningen, uitputting door uitdroging, hittekramp, hitte-syncope (problemen met de bloeddorstrooming met onder andere flauwvallen tot gevolg) en hitteberoertes (zoals een zonnesteek) (tabel 17.1). Het opwarmen van de aarde heeft dus een direct gevolg voor de gezondheid van mensen. In steden zijn die gevolgen nog eens extra voelbaar omdat daar het zogenaamde Urban Heat Island-effect optreedt. Als reactie daarop is een Nationaal Hitteplan opgesteld. Het is een preventieplan, waarin de nadruk ligt op beïnvloeding van het gedrag van kwetsbare groepen in de samenleving tijdens hittegolven.



Tabel 17.1

Top-10 van natuurrampen in 2006 naar aantal doden (Hoyois, 2007).

	Type Natuurramp	Land	Aantal doden
1	Aardbeving (Yogyakarta)	Indonesië	5.778
2	Storm (Typhoon Durian)	Filippijnen	1.399
3	Extreme temperatuur (Hittegolf)	Frankrijk	1.388
4	Modderstromen (Aardverschuiving)	Filippijnen	1.126
<b>5</b>	<b>Extreme temperatuur (Hittegolf)</b>	<b>Nederland</b>	<b>1.000</b>
6	Extreme temperatuur (Hittegolf)	België	940
7	Storm (Typhoon Billes)	China P. Rep.	820
8	Vloedgolf (Tsunami)	Indonesië	802
9	Extreme temperatuur (Vorstperiode)	Oekraïne	801
10	Overstroming	Ethiopië	498

Naast gevolgen voor de volksgezondheid heeft een verhoogde temperatuur ook gevolgen voor de arbeidsproductiviteit. In Amerika wordt het verlies van arbeidsproductiviteit als gevolg van hittestress in de heetste maanden van het jaar geschat op 10% (Dunne *et al.*, 2013). Uit Amerikaans onderzoek blijkt ook dat het energieverbruik toeneemt van 1,5-2% voor elke 0,6 °C extra temperatuursverhoging (<http://www.epa.gov/heatland/impacts/index.htm>). Dat suggereert dat 5-10% van vraag naar energie wordt gebruikt om het UHI-effect (UHI = Urban Heat Island) te compenseren (denk vooral aan airconditioners).

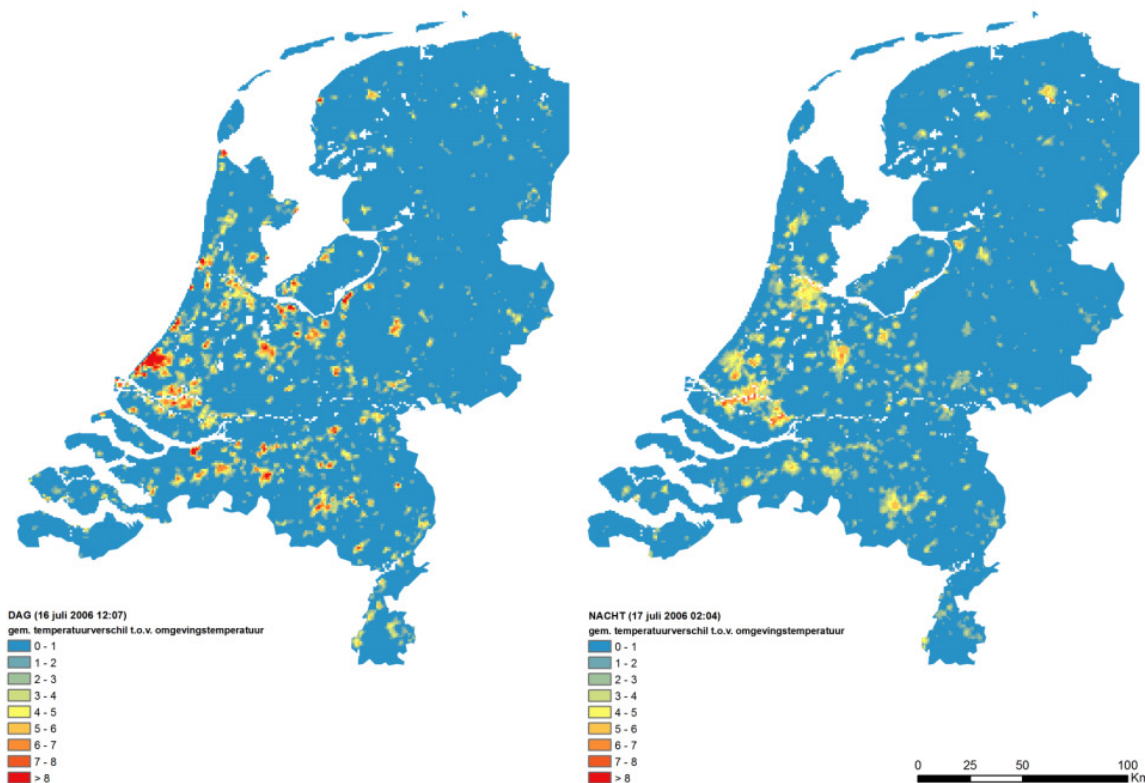
Omdat elke verhoging van de temperatuur tot nadelige effecten voor de gezondheid, arbeidsproductiviteit en energieverbruik leidt, is het daarom zaak het optreden van het UHI te voorkomen of zo beperkt mogelijk te houden. Het gebruik naar deze ecosysteemdienst is dus gedefinieerd als het tegengaan van de verhoging in temperatuur door het UHI-effect.

#### *Urban Heat Island in Nederland*

Voor grote steden buiten Nederland is het UHI-effect vastgesteld door meetcampagnes, zoals Barcelona (Pino *et al.*, 2004), Toulouse (Pigeon *et al.*, 2008), Parijs (Lemonsu en Masson, 2002), Marseille (Lemonsu *et al.*, 2004), Basel (Rotach *et al.*, 2004), Oklahoma (Basara *et al.*, 2008) en modelstudies (Kusaka, 2001; Toudert and Mayer, 2006; Hand en Shepard, 2009). Voor Nederlandse steden is kennis omtrent stadsmeteorologie tot nu toe beperkt (Floor, 1970). Er zijn twee studies naar het UHI van de stad Utrecht (Conrads, 1975; Brandsma, 2010; Klemm *et al.*, 2013), Rotterdam (Steenefeld *et al.*, 2011), Rotterdam (Spijker *et al.*, 2012; Heusinkveld *et al.*, 2010) en Arnhem (Heusinkveld *et al.*, 2014). Wageningen is in de zomer van 2013 doorgemeten met 30 weerstations (3 per km<sup>2</sup>) (Heusinkveld *et al.*, 2014).

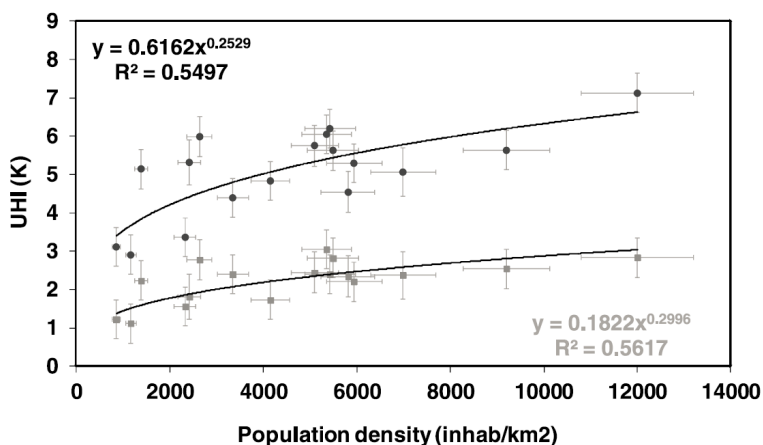
Er is momenteel nog geen landsdekkend beeld waar het UHI-effect in Nederland optreedt en hoe groot de temperatuursverhoging is. Er zijn wel metingen van de temperatuur van het oppervlak (i.e. niet de luchttemperatuur) van Nederland. Figuur 17.3 bestaat uit twee kaarten waarop de temperatuur is weergegeven voor de oppervlakte door gebruik te maken van NOAA-AVHRR satellietbeelden. Alhoewel deze temperaturen niet gemeten zijn op voetgangersniveau, geven ze wel een indruk waar een UHI-effect kan worden verwacht en waar dit effect het grootst zal zijn.

In eerder onderzoek is vaak getracht om een verband vast te stellen tussen het UHI en het inwoneraantal van een gemeente of stad (bv. Oke (1973); Park (1986)). Steenefeld *et al.* (2011) vonden voor Nederlandse gemeenten geen significant verband tussen deze twee parameters, en stellen voor om in plaats van inwoneraantal bevolkingsdichtheid te gebruiken als verklarende variabele. De bevolkingsdichtheid in een buurt of stad zegt meer over het UHI dan het inwoneraantal, omdat de bevolkingsdichtheid minder dan het totale inwoneraantal bepaald wordt door de bestuurlijke indeling van een stad of stadsdeel. Ook is er een duidelijker verband tussen de bevolkingsdichtheid en de typologie van de bebouwing (bv. veel hoogbouw bij een hoge bevolkingsdichtheid; meer parkachtige wijken met vrijstaande huizen bij een lage bevolkingsdichtheid). Een hoge bevolkingsdichtheid hangt vaak samen met lage SVF's (sky view factors) (Giridharan en Ganesan, 2004). De relatie tussen de bevolkingsdichtheid en de grootte van het UHI wordt ondersteund door metingen door weeramateurs (Wolters *et al.*, 2011).



**Figuur 17.3** De verhoging van de temperatuur van Nederlandse steden voor de situatie overdag (links) en 's nachts (rechts). De kaarten zijn gebaseerd op twee NOAA-AVHRR satellietbeelden van de oppervlaktetemperatuur opgenomen tijdens de hittegolfperiode van 2006. In de legenda staat het verschil tussen de oppervlaktetemperatuur tussen stad en buitengebied.

De grootte van het UHI in Nederland is daarom geschat met behulp van de metingen uit het stedelijke milieu van Nederland uit Steeneveld *et al.* (2011). Zij hebben een relatie gevonden tussen de stedelijke populatiedichtheid uitgedrukt in het aantal inwoners per stadswijk en de grootte van het UHI-effect (figuur 17.4). Een hogere bevolkingsdichtheid hangt samen met een hogere bebouwingdichtheid wat vervolgens resulteert in een toegenomen invang van straling en een hogere temperatuur. Daarnaast zijn antropogene emissies ook hoger. De figuur laat zien dat zowel het 95 percentiel en de mediaan toenemen met de toename in bevolkingsdichtheid.



**Figuur 17.4** Waargenomen mediaan (grijs) en 95 percentiel (zwart) van het dagelijkse maximum UHI effect voor Nederlandse steden versus de bevolkingsdichtheid per woonwijk (Bron: Steeneveld *et al.*, 2011).

Vervolgens is het UHI geschat voor elke wijk in Nederland door het 95 percentiel en de mediaan te berekenen. Deze bevolkingsdichtheid is afkomstig van de website CBSinuwbuurt (CBS, 2010). Deze website geeft statistische gegevens van alle buurten in Nederland. De gebruikte gegevens stammen

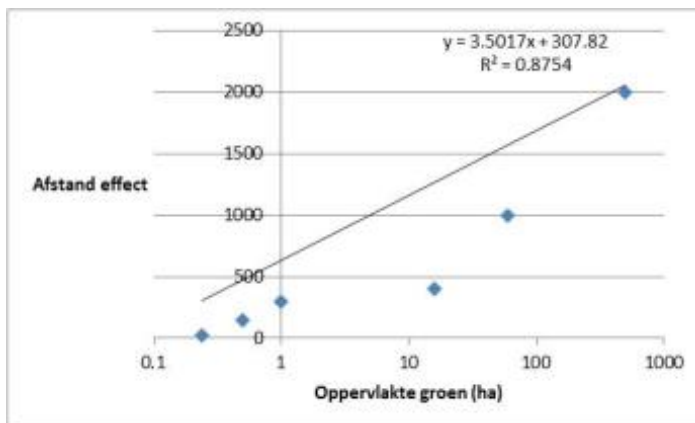
uit 2008 en 2009. Het CBS hanteert buurtgrenzen zoals die zijn vastgesteld door gemeenten in 2008. We zijn hier vooral geïnteresseerd in het 95 percentiel, dat zijn de 5% heetste dagen met de grootste hittestress. Dat komt neer op circa 15 dagen per jaar dat de gevoelstemperatuur (volgens de AWBGT-methode) boven de 27,7 graden komt. 27,7 graden is de norm waarboven hittestress optreedt. Resultaat is een tabel waarin per wijk staat wat de hoogte van het UHI is.

### Aanbod

In recente Europese studies naar het Urban Heat Island-effect (onder andere in Londen, Berlijn, Stuttgart, Kassel en Manchester) is aangetoond dat de groenblauwe aders in de stad de omvang van het Urban Heat Island-effect beperken, met name in de omgeving van grote parken. Niet alleen stadsparken en bomen dragen bij aan het omlaag brengen van het UHI effect, maar ook om tuinen, groene daken, muurbeplanting, moestuinen en volkstuinen (zie ook Kader 17.1).

#### Kader 17.1 Verkoelende werking van stadsparken en groene daken

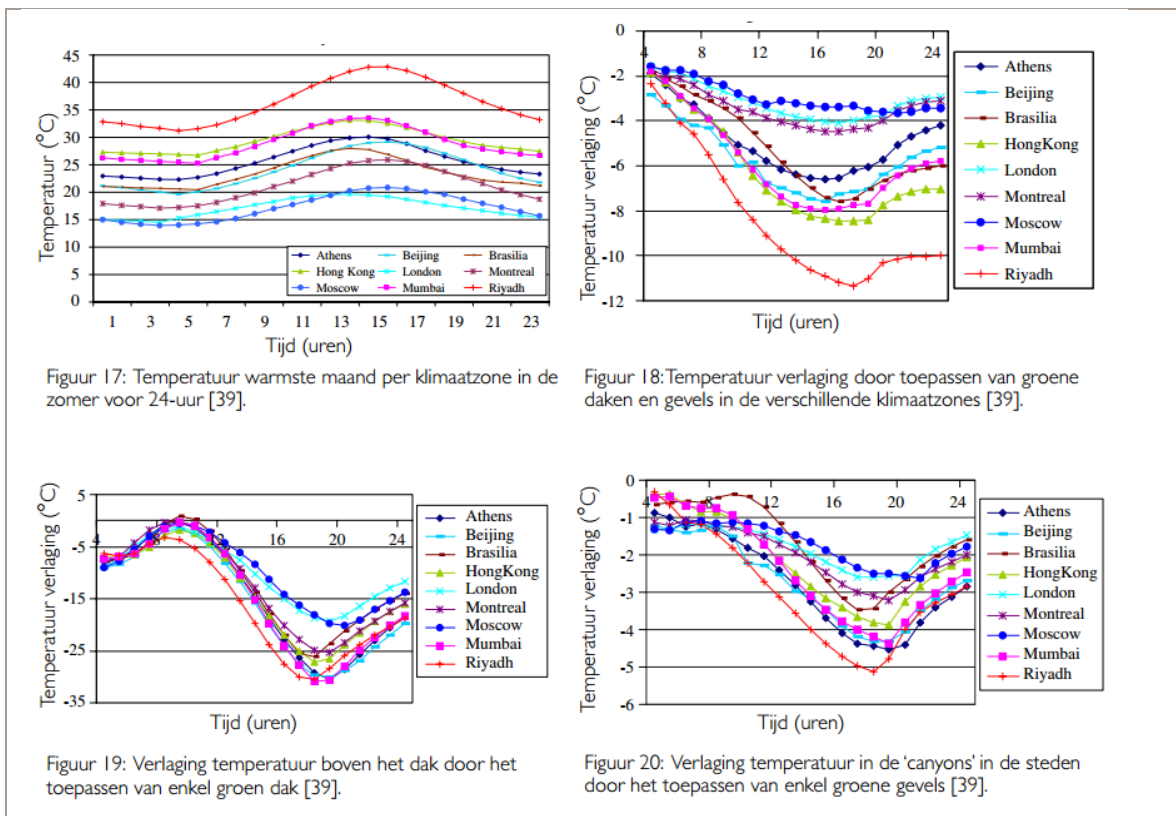
Metingen buiten Nederland bevestigen de verkoelende werking van groen in steden. De oppervlakte-temperatuur binnen een park kan 15-20° C zijn lager dan die van de omringende stedelijke gebied, wat aanleiding geeft tot 2 tot 8° C koelere temperaturen van de lucht en een koelend effect dat zich uitstrekt in de omgeving (Taha *et al.*, 1988; Saito, 1990-1991). Bijvoorbeeld, het effect van de koeling van het grote Chapultepec Park (500 ha) in Mexico-City bereikte een afstand van ongeveer 2 km, ongeveer gelijk aan de breedte van het park (Jauregui, 1990-1991). Een park van 60 ha kan de temperatuur van het middaguur tot 1,5° C verminderen tot op een afstand van 1 km aan de lijzijde wind (Ca *et al.*, 1998). Zelfs voor kleinere parken is het koelende uitstralende effect meetbaar. De temperatuur verlaging van het 0,5 ha Benjamin Park in Haifa, Israël, is ongeveer 1,5° C en is meetbaar tot op 150 meter afstand (Givoni, 1998). Een klein (60 m bij 40 m; 0,24 ha) park in Kumamoto, Japan (Saito, 1990-1991) zorgt voor verkoeling van 1-2° C in een band van ongeveer 20 meter rondom het park. Op basis van wiskundige modellen, blijkt een 100 m breed stadspark afkoelt tot een afstand van 300 meter. Een 400 m breed stadspark heeft een koelende werking tot een afstand van 400 meter (Honjo en Takakura 1990-1991). Zij raadden daarom aan om parken niet meer dan 300 m van elkaar te plaatsen voor een optimale koeling binnen een wijk. Indien alle bovenstaande studies van de oppervlakte van het park worden afgezet tegen de afstand waarop er een meetbare temperatuurverlaging wordt vastgesteld ontstaat een positief verband (zie figuur).



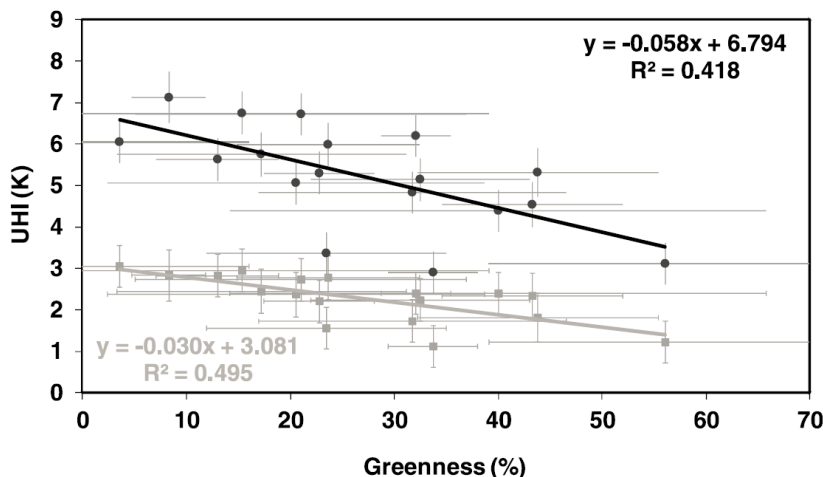
Er zijn ook studies verricht naar het effect van groene daken op de verlaging van de temperatuur. In Toronto, waar door Oberndorfer *et al.* (2007) een simulatie is gemaakt in geval van 50% groene daken gelijkmatig verdeeld over de regio, realiseerde men in sommige gebieden een reductie van 2°C. Door het toepassen van groene daken is het dus mogelijk om de omgevings-temperatuur te verlagen. Daardoor kan het UHI verkleind worden. Het werkt eigenlijk alleen indien er een groot gebied van de stad van een groen dak

wordt voorzien. Het albedo gaat dan collectief omhoog. Bij een enkel groen dak is de verkoelende werking nihil door te grote menging van de lucht. De energiehuishouding van een gebouw kan er wel door verbeteren (minder airco nodig).

Wanneer een groen dak wordt toegepast op een bestaand dak dan zal dit ook een positief effect hebben op de omgeving. Dit is onderzocht onder andere door Alexandri en Jones (2007), in verschillende klimaatstreken in de wereld. In dit onderzoek zijn niet alleen daken maar ook begroeide gevels onderzocht, en hun effect op de temperatuurverlaging op de warmste maand van een gemiddelde zomer in verschillende klimaatzones. De verlaging werd gemeten boven op groene daken en in de canyons van de steden. Zo blijkt uit metingen (figuren hierna) dat de temperatuur bij het toepassen van groene daken en gevels in de klimaatzone London en Montreal, die een vergelijkbaar klimaat hebben als Nederland, met 2-4 °C verlaagd wordt over de gehele dag, gemeten in het zomerseizoen.



Om het effect van groen voor de Nederlandse situatie te schatten, wordt gebruik gemaakt van Steeneveld *et al.* (2011). Zij hebben een relatie gevonden tussen de hoeveelheid groen in een blok van 600 meter bij 600 meter en de temperatuur in Nederland. Ondanks dat er flinke onzekerheden zijn, is te zien dat de temperatuur lager is bij hogere percentages groen (figuur 17.5). Deze resultaten zijn bevestigd met fietswaaremingen in Rotterdam (Heusinkveld *et al.*, 2014).



**Figuur 17.5** Waargenomen mediaan (grijs) en 95 percentiel (zwart) van de maximum dagelijkse UHI als een functie van het aandeel groen (Bron: Steeneveld *et al.*, 2011).

Om het effect van groen te schatten is ten eerste bepaald wat het percentage groen is op wijkniveau in Nederland. Het bestand van wijken is ontleent aan het bestand CBSinuwbuurt (CBS 2010). Het CBS hanteert wijkgrenzen zoals die zijn vastgesteld door gemeenten in 2008. De hoeveelheid groen is bepaald met het NDVI-bestand uit 2008. Dit bestand heeft een resolutie van 2,5 meter bij 2,5 meter. Het bestand is omgewerkt tot een resolutie van 25 x 25 meter (figuur 17.6) om er in GIS mee te kunnen werken voor heel Nederland. Het percentage groen is vervolgens bepaald in een straal van 300 meter met de 'moving window' methode in GIS. Vervolgens is het gemiddelde percentage groen berekend (figuur 17.6) per wijk. De berekening is zowel toegepast voor de mediaan als de functie voor het 95 percentiel op alle wijken in Nederland.

Omdat er een afhankelijkheid kan zijn van het percentage groen en het UHI-effect is de functie opnieuw afgeleid waarin beide termen zijn meegenomen. Deze functies voor het 95 percentiel en de mediaan luiden als volgt:

$$\text{UHI}_{95P} = -0.032 \cdot \text{GROEN} + 1.965 \cdot \text{BEVD}^{0.138}$$

$$\text{UHI}_{50P} = -0.019 \cdot \text{GROEN} + 1.007 \cdot \text{BEVD}^{0.124}$$



**Figuur 17.6** Het percentage groen is afkomstig van het NDVI-bestand (links). Het gemiddelde percentage groen per wijk is vastgesteld in cirkels met een straal van 300 meter (rechts) om aan te sluiten bij de relaties tussen groen en de verlaging van het UHI zoals gevonden door Steeneveld *et al.* (2011).

Omdat het percentage groen door Steeneveld *et al.* (2011) op basis van Google maps is uitgevoerd en het NDVI een andere bron heeft, is een check uitgevoerd om te kijken in hoeverre de schattingen van het percentage groen overeenkomen. Daartoe is het percentage groen bepaald via NDVI en zoals bepaald met Google maps voor de 21 meetpunten waarop Steeneveld *et al.* (2011) de relaties heeft bepaald. De correlatie gaf aan dat het NDVI een hoger percentage groen geeft dan via Google maps ( $y=0.3114x+5.4602$ ). Hiervoor is gecorrigeerd.

Nu is voor elke wijk bekend in Nederland hoe hoog het UHI is op basis van de bevolkingsdichtheid, wat het percentage groen is en hoe groot het verkoelende effect is van dit groen op de temperatuur. Vervolgens is de verkoelende werking van groen bepaald als fractie van de toename van de temperatuur door het UHI. Deze fractie is per wijk bepaald. Omdat per wijk bekend is hoeveel inwoners deze heeft, kon bepaald worden in hoeverre het UHI-effect teniet gedaan wordt door groen. Resultaten zijn bepaald per capita.

In zeer droge zomers kunnen grasveldjes verdrogen, hierdoor wordt het koelende effect van groen teniet gedaan en kan zelfs een bijdrage leveren aan het UHI-effect zelf.

Het is overigens bekend dat ook water een koelend effect kan hebben overdag, maar een opwarmend effect kan hebben in de nacht (Steeneveld *et al.*, 2014). Het effect van water op de temperatuur is in de analyses niet meegenomen.

Groene maatregelen vormen slechts een deel van de oplossing voor adaptatie van de stad aan de effecten van klimaatverandering. Bijvoorbeeld bouwkundige of technische oplossingen, zoals het zorgen voor meer reflectie van de warmte in plaats van het opnemen van warmte (ook wel albedo-effect genoemd), vormen een ander deel van de aanpassingsoplossing. Bovendien kunnen steden ook gekoeld worden met oppervlaktewater via fonteinen en de strijkwind over het oppervlaktewater.

### **Trend aanbod**

De berekeningen voor de verlaging van het UHI door groen konden enkel uitgevoerd worden voor de huidige periode. Er zijn onvoldoende gegevens om de analyses toe te passen op de situatie van 20 tot 25 jaar geleden. Er is daarom een korte literatuurstudie gedaan om te onderzoeken wat de verandering is in de hoeveelheid groen in steden.

---

## Trend gebruik

De berekeningen voor de verlaging van het UHI door groen konden enkel uitgevoerd worden voor de huidige periode. Er zijn onvoldoende gegevens om de analyses toe te passen op de situatie van 20 tot 25 jaar geleden. Er is daarom een korte literatuurstudie uitgevoerd om te onderzoeken of het aantal mensen dat potentieel last ondervindt van het UHI in steden is veranderd.

## 17.3 Resultaat

### Gebruik en aanbod

Het gebruik is dus gedefinieerd als het tegengaan van het UHI-effect. Dit effect treedt vooral op in steden, hier wonen ook de meeste mensen, dus het gebruik speelt vooral hier. Het aanbod wordt gevormd door het groen in steden dat een verkoelend effect heeft. Resultaten van de grootte van het UHI en de hoeveelheid groen zijn op wijkniveau vastgesteld. Er zijn ruim 2500 wijken in Nederland. Gemiddeld over alle wijken is het UHI 2,4 K met maxima van bijna 8 K. Het effect van groen op de verlaging van dit UHI is maximaal 1,2 K en gemiddeld 0,4 K. Per capita wordt het UHI door groen teruggebracht met 14%.

### Trend van het aanbod

In grote delen van de Randstad is in de periode 2003-2006 nauwelijks een toename en vaak zelfs een afname van de hoeveelheid groen per woning is te zien (CBS *et al.*, 2010). Maar ook buiten de Randstad, zoals in Noord-Brabant, Flevoland en Gelderland, is er sprake van een afname van het areaal groen per woning. In een beperkt aantal gemeenten rondom de grote steden en in Amsterdam zelf is wel sprake van een lichte toename van groen in de omgeving van de woning. In de periode 2000-2003 was bij veel meer gemeenten sprake van een toename aan groen in de omgeving van de woning, terwijl tussen 2003 en 2006 bij meer gemeenten sprake is van een lichte afname van het beschikbare openbare groen. In Utrecht, Rotterdam en Den Haag blijft de hoeveelheid constant op respectievelijk 36, 53 en 56 m<sup>2</sup> per woning. In Amsterdam is de hoeveelheid groen per woning iets toegenomen van 36 naar 38 m<sup>2</sup> (CBS *et al.*, 2010). Geconcludeerd kan worden dat de hoeveelheid groen in steden min of meer stabiel is gebleven.

### Trend van het gebruik

In de periode 1989-2008 was er een aanzienlijke uitbreiding van het stedelijk gebied. Wonen, werken en verkeer vragen een steeds groter deel van het oppervlak van Nederland. De economische groei van de jaren negentig van de vorige eeuw en het begin van deze eeuw heeft het ruimtebeslag verder vergroot. Het oppervlakte bebouwd terrein is toegenomen van 2.970 hectare in 1989 tot 3.450 hectare in 2008, ofwel een toename van 16% (CBS *et al.*, 2010).

Het aantal mensen dat potentieel last heeft van hittestress door het UHI is zowel absoluut als relatief toegenomen ten opzichte van Nederland als totaal. In de periode 2007-2012 is de bevolking in de vier grote steden sterk gegroeid. Er is een sterk verband tussen gemeentegrootte en bevolkingsgroei, want over het algemeen geldt hoe groter de gemeente hoe sterker de groei (CBS *et al.*, 2013).

Het aantal mensen dat potentieel last heeft van het UHI-effect neemt niet alleen toe doordat een steeds groter deel van de Nederlanders in grote steden wonen, maar ook doordat het klimaat verandert. De jaargemiddelde temperatuur in Nederland is in de afgelopen honderd jaar met 1,3 °K toegenomen (<http://www.clim-past.net/7/527/2011/cp-7-527-2011.html>). Wat betreft de seizoenen zijn de lente en de zomer met 2,0°C het sterkst opgewarmd (CBS *et al.*, 2014). Geconcludeerd kan worden dat het aantal mensen dat potentieel last heeft van hittestress en daarmee ook het gebruik naar verkoeling in steden is toegenomen.

### Betrouwbaarheid

Categorie D: schatting, gebaseerd op een aantal metingen, expert judgement, een aantal relevante feiten of gepubliceerde bronnen terzake.

De analyse is gebaseerd op enkele metingen die zijn geëxtrapoleerd voor heel Nederland. De extrapolaties hebben zowel betrekking op de bepaling van de hoogte van het UHI effect als het effect

---

van groen op de temperatuur. Er is een simpel model gebruikt, waarbij geen rekening is gehouden met windrichting op de temperatuur of de hoeveelheid groen in de omgeving van de woonbuurt zelf. Het effect van water is niet betrokken in de berekening omdat er nog onzekerheden zijn in het bepalen van het effect van water op de temperatuur. Het is bijvoorbeeld de vraag of water in alle omstandigheden (dag/nacht) een koelend effect heeft.

### **Volledigheid**

Categorie B: bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

De CICES-classificatie benoemt atmosferische samenstelling en klimaatregulatie als een ecosysteemdienst op het derde niveau. Koolstofvastlegging is als een aparte dienst beschreven in Hoofdstuk 16. Bij deze dienst gaat het om de temperatuur, luchtvochtigheid, luwte voor de wind om het urbane klimaat gunstig te houden. Bij deze dienst is alleen de temperatuur beschouwd en bevat daarom niet alle aspecten, maar wel de meest belangrijke.

## **17.4 Literatuur**

- Alexandri, E., Jones, P. 2007. Developing a one dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roofs on the built environment: comparison with experimental results, *Building and Environment* 42, 2835-2849.
- Basara, J., P.K. Hall, A. Schroeder, B.G. Illston, and K. L. Nemunaitis (2008). Diurnal cycle of the Oklahoma urban heat island. *J. Geophys. Res.*, 113, D20109.
- Brandsma T. (2010). Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht. *Zenit* : 500–505.
- Ca VT, Asaeda T, Abu EM. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Energy Build.* 1998;29(1):83–92.
- CBS (2010). <http://www.cbsinuwbuurt.nl/>
- CBS, PBL, Wageningen UR (2010). Beschikbaarheid groen in de stad, 2000 - 2006 (indicator 0299, versie 06, 20 mei 2010). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2013). Bevolkingsgroei, 2008-2013 (indicator 2102, versie 04, 17 december 2013). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Temperatuurtrends in Nederland en mondiaal, 1906 - 2013 (indicator 0226, versie 11, 6 februari 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Chen Y. & N.H. Wong (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, 38, 2:105-120
- Conrads LA. (1975). Observations of meteorological urban effects. The heat island of Utrecht. PhD thesis, University of Utrecht.
- Dunne, J.P., R.J. Stouffer, J.G. John (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change* 3, 563-566. doi:10.1038/nclimate1827.
- Floor, C. (1970). Onderzoek Utrechts stadsklimaat met weerbus. *Hemel en Dampkring*, 68, 107-111.
- Giridharan R, Ganesan S (2004). Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. *Energy and Buildings* 36: 525–534.
- Givoni B. (1998) Impact of green areas on site and urban climates. *Clim Considerations Build Urban Des.* New York: J. Wiley and Sons; 1998. p. 303–30.
- Greater London Authority (2006). The London Atmospheric Emissions Inventory 2003.
- Groen voor klimaat (2014). [https://www.wageningenur.nl/upload\\_mm/5/8/8/6464c9a7-e6db-4893-ad9c-cd0412364328\\_GroenvoorKlimaat.pdf](https://www.wageningenur.nl/upload_mm/5/8/8/6464c9a7-e6db-4893-ad9c-cd0412364328_GroenvoorKlimaat.pdf)
- Hand, L.M., and J.M. Shepard (2009). An Investigation of Warm-Season Spatial Rainfall Variability in Oklahoma City: Possible Linkages to Urbanization and Prevailing Wind Speed. *J. Appl. Meteor. Clim.*, 48, 251-269.
- Heusinkveld, B.G., L.W.A. van Hove, C.M.J. Jacobs, G.J. Steeneveld, J.A. Elbers, E.J., Moors, A.A.M. Holtslag (2010). Use of Mobile platform for assessing urban heat stress in Rotterdam. *Proceedings*

- 
- of the 7th Conference on Biometeorology. Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 12-14 April 2010, 433-438.
- Heusinkveld, B.G. ; Hove, B. van; Jacobs, C.M.J. (2011). Ruimtelijke analyse van het stadsklimaat in Rotterdam. Wageningen : Wageningen UR, - p. 22
- Heusinkveld, B.G.; Steeneveld, G.J.; Ronda, R.J.; Klemm, W.; Holtslag, A.A.M. (2014). Human thermal comfort during a heat-wave in the town of Wageningen, The Netherlands. In: 11th Symposium on the Urban Environment, 2-6 Feb, 2014, American Meteorological Soc., Atlanta, USA.
- Honjo T, Takakura T. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas. *Energy Build* ;16(3-4):443-6.
- Jauregui, E. (1990-1991). Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy and Buildings* 15, 3-4: 457-463
- Klemm, W., Heusinkveld, B., Lenzholzer, S., Hove, B.v. (2013). Thermal and perceived impact of urban green on thermal comfort on warm summer days in Utrecht, The Netherlands. [http://www.regklam.de/ccrr-2013/programme-contents/parallel-session-2/?tx\\_sbtabs\\_pi1\[tab\]=315](http://www.regklam.de/ccrr-2013/programme-contents/parallel-session-2/?tx_sbtabs_pi1[tab]=315). Geraadpleegd op 21-09-2013.
- Kusaka, H., H. Kondo, Y. Kikegawa, F. Kimura (2001). A simple single-layer urban canopy model for atmospheric models: comparison with multi-layer and slab models. *Bound.-Layer Meteor.*, 101, 329-359.
- Lemonsu A., V. Masson (2002). Simulation of a summer urban breeze over Paris. *Bound.-Layer Meteor.*, 104, 463-490.
- Lemonsu A., C.S.B. Grimmond, V. Masson (2004). Modeling the surface energy balance of the core of an old mediterranean city: Marseille. *J. Appl. Meteor.*, 43, 312-327.
- Ministerie van VWS (2007). Nationaal Hitteplan 2007.
- NRCAN (2007). Natural Resources Canada; Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective.
- Oberndorfer, E., J. Lundholm, B. Bass, R. R. Coffman, H. Doshi, N. Dunnett, S. Gaffin, M. Kohler, K. K. Y. Liu, and B. Rowe. 2007. Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience* 57: 823-833.
- Oke T. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7: 769-779.
- Park HS. (1986). Features of the urban heat island in Seoul and surrounding cities. *Atmospheric Environment* 20: 1859-1866.
- Pigeon, G., A. Lemonsu, V. Masson, J. Hidalgo (2008). De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville. *La Meteorologie*, 62, 39-47.
- Pino, D., J. Vila-Guerau de Arellano, A. Comeron, and F. Rocadenbosch (2004). The boundary layer growth in an urban area, *Sci. Total. Environ.*, 334-335, 207-213.
- Rotach, M.W., S-E. Gryning, E. Batchvarova, A. Christen, and R. Vogt (2004). Pollutant dispersion close to an urban surface- the BUBBLE tracer experiment. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 87, 39-56.
- Saito I, Ishihara O, Katayama T. Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area. *Energy Build.* 1990;15(3-4):493-8.
- Spijker, J.H., Kramer, H., J.J., de Jong & B.G. Heusinkveld (2012). Verkenning van de rol van (openbaar) groen op wijk- en buurtniveau op het hitte-eilandeffect. WOT-werkdocument 295. WOT Natuur & Milieu, Wageningen Ur, Wageningen.
- Steeneveld, G.J., Koopmans S., B.G. Heusinkveld, L.W.A. van Hove & M. Holtslag (2011). Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. *J. Geophys. Res.*, Vol.116, D20129: 14pp. (doi: 10.1029/2011 JDO15988), 2011.
- Steeneveld, G.J., S. Koopmans, B.G. Heusinkveld & N.E. Theeuwes (2014). Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landscape and Urban Planning* 121: 92-96.
- Taha HG, Akbari H, Rosenfeld AH. (1988). Vegetation canopy micro-climate: A field project in Davis, California. Lawrence Berkeley Laboratory Report No. 24593. Davis, CA.: Lawrence Berkeley, Davis, CA.; 1988.
- Toudert, F.A., and H. Mayer (2006). Numerical Study on the Effects of Aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Build. Environ.*, 41, 94-108.



---

# 18 Groene recreatie in de leefomgeving

*Sjerp de Vries, Martin Goossen, Bart de Knegt (Alterra)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 68%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door technisch alternatief: 0%
- Levering onvervuld: 32%
- Trend aanbod dienst sinds ca. 1990: stabiel (recreatieve capaciteit)
- Trend vraag sinds ca. 1990: toename (recreatieve capaciteit)
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: afname (recreatieve capaciteit)
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 51%, agrarisch gebied 18%, urbaan gebied 31% (recreatieve capaciteit)
- Betrouwbaarheid: C (voldoende)
- Volledigheid: B (bevat belangrijkste aspecten)

## 18.1 Werking van de dienst

Mensen hebben behoefte aan rust, ruimte en natuur om in te leven en te recreëren. In vele onderzoeken is een relatie gelegd tussen natuur en algemene gezondheid, de mate van sociaal contact, tevredenheid, moeheid en mogelijkheden tot bezinning en opdoen van kennis (Gezondheidsraad/RMNO, 2004; Hartig *et al.*, 2014). Uit een tevredenheidsonderzoek van NBTC-NIPO in opdracht van de ANWB blijkt dat de hoeveelheid groen in en dichtbij de woonomgeving gecorreleerd is met de tevredenheid van Nederlanders (NBTC-NIPO, 2013). Ook zijn er aanwijzingen dat groen positieve effecten heeft op de geestelijke en lichamelijke gezondheid van mensen, onder andere door het verminderen van angststoornissen en depressies (Groenewegen *et al.*, 2006; Maller *et al.*, 2008; Van den Berg en De Ronde, 2009; Maas *et al.*, 2009). Onderzoek in Groot-Brittannië wijst uit dat mensen gemiddeld significant gelukkiger zijn in een groene of natuurlijke omgeving in vergelijking met in een stedelijke omgeving (MacKerron & Mourato, 2013). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat groen in de woonomgeving kinderen stimuleert te bewegen, waardoor ze een kleinere kans hebben op overgewicht, hart- en vaatziekten als ook diabetes. Zo is het percentage kinderen met overgewicht in wijken met groen circa 15% lager dan in vergelijkbare wijken zonder groen (Vreke *et al.*, 2006). Waar recreatieve groentekorten bestaan, gaan mensen minder vaak wandelen in het groen (zie 'Betrouwbaarheid' in de resultaten) en maken ze meer vakantieovernachtingen (Sijtsma *et al.*, 2012a).

Mensen hebben dus profijt van ecosystemen. Er zijn ook enkele negatieve effecten van ecosystemen op de mens. Denk aan teken, processierupsen, muggen, knutjes enzovoort (Bron: Meiresonne en Turkelboom, 2012). Deze negatieve effecten kunnen variëren van hinder tot gezondheidsschade.

De meeste effecten komen tot stand wanneer men een ecosysteem gebruikt voor recreatieve doeleinden. Het gebruik van groene recreatiemogelijkheden manifesteert zich op ruwweg drie niveaus: dat van de directe woonomgeving (vaak stedelijk), dat van het gebied binnen 2,5 km van de woonomgeving en de rest van het gebied daarbuiten. Het groen in en om de stad, zoals stads-parken, vervullen een belangrijke functie voor de dagrecreatie van stedelingen. Rond de stad en verder weg van de stad kunnen drie typen gebieden worden onderscheiden: recreatiegebieden, landbouwgebieden en natuurgebieden. Buitenrecreatie is bij Nederlanders de meest geliefde vrijetijdsbesteding (NBTC-NIPO Research, 2013). Het gaat daarbij om wandelen, fietsen, vissen, varen, paardrijden, genieten van natuur en landschap enzovoorts. Deze activiteiten worden meestal in Nederland uitgevoerd, maar ook tijdens dagtochten en vakanties in het buitenland. Omgekeerd komen er ook mensen uit het buitenland naar Nederland om te recreëren.

---

## Waardering van groen

Het recreatief gebruik van de groene omgeving is een samenspel tussen vraag naar en aanbod van ecosystemen. Niet enkel de hoeveelheid aan (recreatie)groen is van belang voor het recreatief gebruik, maar ook de kwaliteit van het groen zoals die door recreanten wordt beleefd. Beleving en waardering van het landschap zijn subjectief en verschillende personen zullen eenzelfde landschap in een andere mate waarderen. Op basis van verschillende onderzoeken is echter wel een algemeen beeld te schetsen. Hierbij speelt de aanwezigheid van positief gewaardeerde landschapskenmerken zoals natuurlijkheid en historische kenmerkendheid, maar ook van negatief gewaardeerde kenmerken zoals horizonvervuiling een belangrijke rol. Het belang van de verschillende landschapskenmerken voor de beleving is bepaald aan de hand van een enquête onder 4500 Nederlanders (Van der Wulp, 2008) en wordt continue gemonitord via de website [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl). Op basis van de antwoorden van 36.500 Nederlanders blijkt dat de aantrekkelijkheid van het landschap rond de woonomgeving voor 61% wordt verklaard door landschapskenmerken, waarbij bepaalde groene elementen als natuurlijk grasland, bossen en heidevelden een positieve werking hebben en veel 'rode' elementen zoals industrieterreinen en bebouwing een negatieve (Goossen, 2014).

## 18.2 Methode

### 18.2.1 Recreatieve capaciteit van ecosystemen

#### Vraag

De vraag naar recreatieve capaciteit van ecosystemen is hier ingevuld als de vraag naar groen om in te recreëren. Er zijn ook allerlei andere vormen van recreatie, zoals sporten, bioscoopbezoek, museumbezoek, winkelen enzovoorts. De in dit hoofdstuk beschouwde recreatie heeft betrekking op de ecosysteemdienst recreatie. Dat wil zeggen dat het hoofdstuk is afgebakend tot de dienst die betrekking heeft op het groene deel (soorten en ecosystemen) van de recreatie. Dit wordt recreatiedienst genoemd. De onderzoeksvraag is in hoeverre aan de vraag naar deze dienst wordt voorzien door het aanbod uit ecosystemen, wat de trends zijn en welke ecosystemen met name in deze behoefte voorzien.

Een recreatiedienst is gedefinieerd als het verlenen van een ervaring door de fysieke en visuele interactie met natuur tijdens het gebruik van de recreatieve voorziening. Centraal staat dus het recreatief gebruik van ecosystemen. Het gebruik kan meer of minder profijt opleveren. Dit is afhankelijk van een aanbod in de vorm van een ecosysteem en een vraag in de vorm van de behoefte van (potentiële) gebruikers. Het woord 'potentieel' geeft aan in hoeverre er nog groei in het gebruik zit. De elementen aanbod, vraag en gebruik worden voor dit project uitgewerkt met een beperkt aantal factoren voor de activiteit wandelen en fietsen, de meest populaire recreatievormen.

#### Aanbod:

- Type ecosysteem zoals bos, duin, water, park, heide;
- Kwaliteit van ecosysteem via aantrekkelijkheidsscores;
- Bereikbaarheid van ecosysteem vanuit de wandelaar;
- Normatieve recreatieve capaciteit van ecosysteem.

#### Vraag:

- Normatieve vraag naar wandelen op de 5e drukste dag.

#### Gebruik:

- Daadwerkelijk aantal wandelingen/fietstochten.

Het aanbod van en de vraag naar recreatieve capaciteit voor wandelen en fietsen zijn bepaald met het model AVANAR (Afstemming Gebruik en Aanbod Natuur als Recreatieruimte, De Vries *et al.*, 2004); dit laatste aan de hand van de recreatiebehoefte vanuit huis op een maatgevende dag. Voor de maatgevende dag wordt een relatief drukke dag genomen waarin de recreatiebehoefte dus vrij hoog is.

De grootte van de vraag is beoordeeld door middel van het woonbuurtenregister van het CBS ('Kerncijfers Wijken en Buurten'). Heel Nederland is onderverdeeld in meer dan 10.000 buurten, met

---

een gemiddelde grootte van 340 ha. De populatiegrootte van elke buurt is bekend, net zoals enkele sociaal-demografische kenmerken. Binnen AVANAR worden twee bevolkingsgroepen onderscheiden: autochtone en westerse allochtonen enerzijds en niet-westerse minderheden anderzijds. Deze segmentatie is relevant voor de ruimtelijk expliciete analyse, omdat deze twee populaties aanzienlijk verschillen in hun recreatieve gedrag (Payne *et al.*, 2002), en omdat het niet-westerse segment zich voornamelijk concentreert in de grotere steden. Binnen AVANAR wordt de grootte van de segmenten omgezet in een vraag cijfer per wijk met nationale percentages per segment van de mensen die deelnemen aan een bepaalde activiteit op een bepaalde dag, die bekend staat als de normdag. Het AVANAR-model gebruikt de vijfde drukste dag van het jaar als normdag in de analyse. Dat is meestal een zonnige zondag in de lente. Er wordt verwacht dat 10,4% van autochtone en westerse allochtonen en 15,6% van niet-westerse minderheden naar buiten gaat om een wandeling te maken. Ter vergelijking, de 10<sup>e</sup> drukste dag heeft 85% tot 90% van het gebruik van de vijfde dag (De Vries *et al.*, 2004). Deelnamepercentages voor fietsen zijn 6,7% en 3,7% respectievelijk voor autochtonen en niet-westerse allochtonen (De Vries *et al.*, 2004).

AVANAR rekent met dubbele normafstanden, waarbij al een deel van de in totaal benodigde capaciteit dichterbij huis aanwezig dient te zijn. Voor wandelen moet bijvoorbeeld 50% van de in totaal benodigde capaciteit bij voorkeur al binnen 2,5 kilometer beschikbaar zijn; de overige 50% mag wat verder weg liggen, binnen 10 kilometer (hemelsbreed). Voor fietsen ligt 60% de benodigde capaciteit bij voorkeur binnen 7,5 kilometer; de overige 40% mag binnen 15 kilometer liggen. Hierbij krijgt een woonbuurt nooit meer capaciteit toegewezen dan zij volgens de norm in totaal nodig heeft. Er is dus nooit sprake van een overschot aan toegewezen capaciteit. Er kan dus geen compensatie plaatsvinden van een overschot voor bijvoorbeeld wandelen met een tekort voor bijvoorbeeld fietsen. Het is wel zo dat als de benodigde capaciteit binnen de korte normafstand niet aanwezig is, het tekort alsnog gevraagd wordt in de tweede, maximale normafstand. Er is nu sprake van twee uitkomstcijfers:

- 1) welk percentage van de in totaal benodigde capaciteit is beschikbaar binnen de maximale normafstand (range: 0 – 100%) en
- 2) welk deel van de in totaal benodigde capaciteit is beschikbaar binnen de korte normafstand (range voor wandelen: 0 – 50%).

Er is ook een vraag naar recreatiemogelijkheden in het buitenland. Deze vraag is niet meegenomen omdat de graadmeter uitspraken doet over de bijdrage van ecosystemen binnen Nederland. De vraag van buitenlanders in Nederland is ook niet meegenomen.

### **Aanbod**

Bij het oplossen van het tekort is het niet alleen de nabijheid van wandel- en fietsmogelijkheden van belang, maar ook het type natuur. Dit bepaalt namelijk hoeveel recreanten op een drukke dag de ruimte kunnen krijgen zonder last van elkaar te hebben. Dit wordt ook wel de 'opvangcapaciteit' genoemd. Een bos kan per hectare een groter aantal recreanten ruimte bieden dan het gemiddelde agrarische gebied. Voor wandelen, bijvoorbeeld, heeft een hectare bos een opvangcapaciteit van 9 personen per dag. Open agrarische land met een zeer lage dichtheid aan paden is een capaciteit van 0 toegekend, mede vanwege de onaantrekkelijkheid van een dergelijk gebied als wandelbestemming (De Vries *et al.*, 2004). In de praktijk kan een bepaalde bestemming intensiever worden gebruikt dan wordt 'toegestaan' volgens de gehanteerde capaciteitsnormen. In dergelijke gevallen beschouwt het model deze gebieden als veel gebruikt, wat kan betekenen dat de recreatieve ervaring op dat moment negatief kan worden beïnvloed. Er is steun voor deze aanname (zie onder kopje *Betrouwbaarheid*).

AVANAR maakt voor de bepaling van het recreatieaanbod vooral gebruik van het Bestand Bodemgebruik van het CBS. Deze kaart geeft de hoeveelheid en locatie van parken, bossen, heiden, moerassen, duinen, agrarisch gebied. De ontsluitingsmogelijkheden (openstelling en dichtheid aan paden en wegen, voor zover aanwezig) komen uit de Top10 bodem. AVANAR maakt overigens niet alleen gebruik van het BBG (of CBS-Bodemstatistiek, zoals het bestand eerder genoemd werd), maar ook bijvoorbeeld van LGN (Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland).

### **Trend**

De trend in aanbod en gebruik is vervolgens bepaald door het AVANAR-model zes keer te draaien voor de jaren 1997, 2001, 2003, 2006, 2008 en 2012.

---

Volgens het CBS moet voor een analyse van het bodemgebruik over een langere tijd gebruik gemaakt worden van een mutatiereeks van het bestand Bodemgebruik 1996-2008. Vergelijking van de afzonderlijke verslagjaren met elkaar is niet eenvoudig (door tussentijdse wijzigingen in de opbouw/werkwijze bij de diverse edities). Dit is voor nu buiten beschouwing gelaten. Overigens was voor het jaar 2012 nog geen kaart van het bodemgebruik beschikbaar. Daarom is voor 2012 gewerkt met de kaart van 2008, terwijl wel met de informatie van het woonbuurten register van het CBS (bevolkingsgrootte en samenstelling) voor 2012 is gewerkt.

### **Belang van ecosystemen**

Het belang van ecosystemen natuurgebied, agrarisch gebied en urbaan gebied is bepaald door de verdeling te berekenen van de toegekende recreatiecapaciteit binnen 2,5 kilometer. De onderscheiden ecosysteemtypen zijn bos, droge natuur, natte natuur, open en besloten agrarisch gebied en park. Alle natuurtypen zijn bij elkaar genomen, net zoals het agrarisch gebied. Verder is in de analyses zoals gezegd een dubbele normafstand gebruikt (in eerdere analyses werd veelal een enkele normafstand gehanteerd). De resultaten zijn weergegeven op vierpositie postcode-niveau.

## 18.2.2 Recreatieve waardering

### **Vraag**

Recreatie kent niet alleen het aspect van voldoende capaciteit, maar ook de waardering voor dit groen is van belang. In de volgende paragrafen wordt hierop ingegaan. De recreatieve waardering van het bestaande groen is niet meegenomen in de uiteindelijke resultaten. Dit heeft vooral te maken met de subjectiviteit van het onderwerp en dat nog onvoldoende grip is op de vraag naar en aanbod van ecosystemen van dit aspect.

Het Rijk heeft zijn ambities voor een mooi landschap vastgelegd in de Agenda Landschap (LNV en VROM, 2009). Daarin staat dat de Nederlanders in 2020 het hele landschap gemiddeld een rapportcijfer 8 moeten geven. Voor 2011 is een tussendoel opgenomen, namelijk dat Nederlanders in 2011 tevredener zijn over het landschap dan in 2009.

### **Aanbod**

Of het aanbod voldoet aan de vraag hangt af van de waardering. In de afgelopen jaren zijn diverse enquêtes onder de Nederlandse bevolking uitgevoerd naar de waardering van het landschap in de woonomgeving:

- Meetnet kwaliteit groene ruimte 2002 (MKGR; De Vries en Van Kralingen, 2002).
- Belevingswaardenmonitor 2006 en 2009 (Crommentuijn *et al.*, 2007; De Boer en De Groot, 2010).
- Staat van het platteland 2007 (Steenbekkers *et al.*, 2008).
- en de continue monitoring via [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl).

### **Trend**

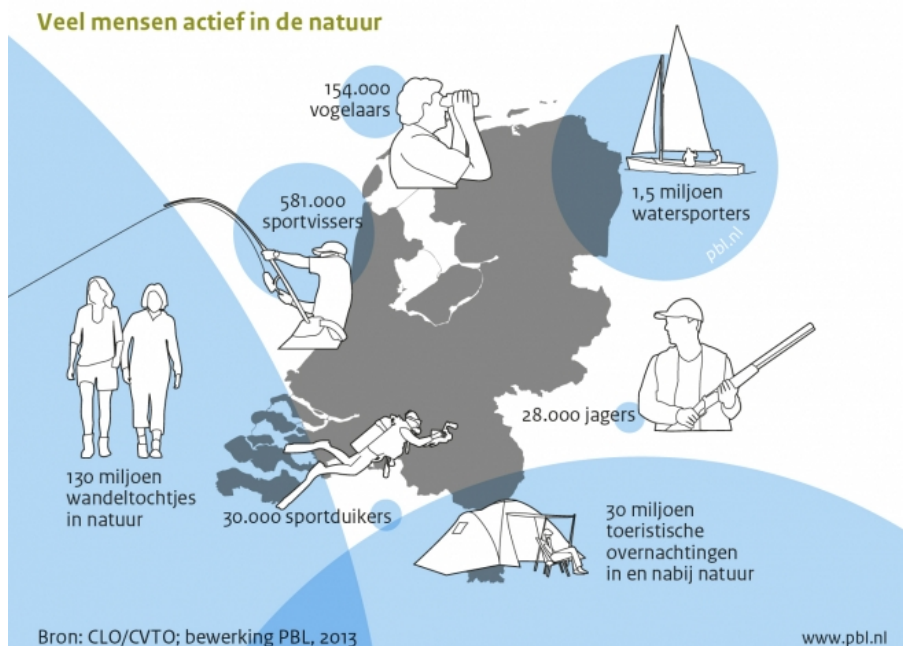
Er is een vergelijking van enquêtes uitgevoerd onder de Nederlandse bevolking. Probleem is wel dat de vraagstelling tussen de verschillende onderzoeken verschilt waardoor het de grote vraag is hoe vergelijkbaar de resultaten zijn. Het gaat om dezelfde meetnetten als hierboven.

## 18.3 Resultaat

### 18.3.1 Recreatieve capaciteit

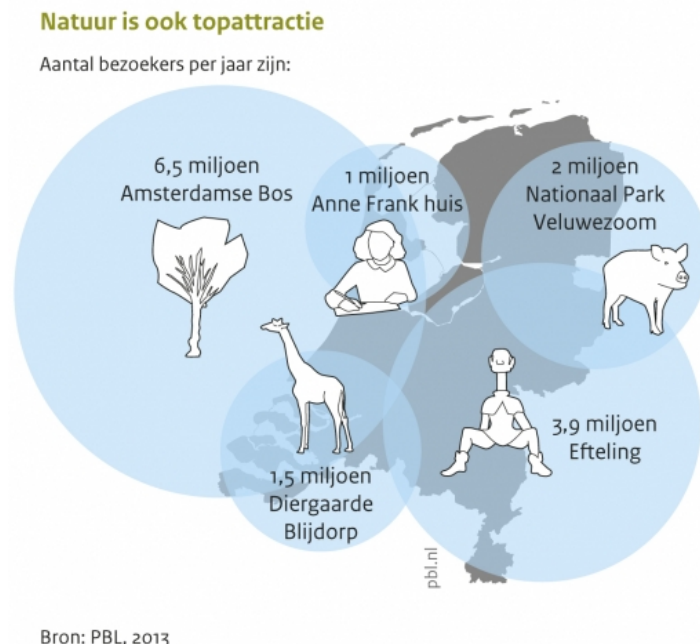
#### **Vraag en aanbod**

'Nederlanders maken in hun vrije tijd veel gebruik van natuur- en bosgebieden (figuur 18.1). De belangrijkste buiten activiteiten zijn wandelen en fietsen. Ook activiteiten als sportvissen, vogels kijken en sportduiken zijn populair. Tot slot is de natuur een belangrijke bestemming voor vakanties. Een derde van de overnachtingen in hotels, campings en recreatieverblijven vond plaats in of in de directe nabijheid van natuurgebieden.' (Uit: <http://www.pbl.nl/infographic/veel-mensen-actief-in-de-natuur>).



**Figuur 18.1** Veel mensen zijn actief in de natuur.

'Natuurgebieden behoren bij de topattracties van de vrijetijdsbesteding in Nederland (figuur 18.2). De drukstbezochte natuurgebieden liggen vlak bij de grootste steden, zoals het Amsterdamse Bos. Natuurbestemmingen ver van de woonplek die hooggewaardeerd worden zijn vooral de kustzone, de Veluwe en Zuid-Limburg. Zo trekken het Noord-Hollands duinreservaat en Nationaal Park De Veluwezoom jaarlijks enkele miljoenen bezoekers.' (Uit: <http://www.pbl.nl/infographic/natuur-ook-topattractie>).



**Figuur 18.2** Natuur is ook een topattractie.

Doordat recreatie in het groen populair is en het veelvuldig plaatsvindt geven zowel het vraag-aanbodmodel AVANAR, Afstemming Vraag & Aanbod Natuur Als Recreatieruimte als BRAM, Beleidsondersteunend Recreatie Analyse Model (Kenniscentrum Recreatie, 2009) aan dat er in verschillende (stedelijke) regio's een tekort bestaat aan mogelijkheden voor buitenrecreatie in de directe leefomgeving (Van Loon & Berkers, 2008; De Vries & Goossen, 2002).

In tabel 18.1 en 18.2 staan de resultaten van de AVANAR-berekeningen voor het aantal personen en het totaal aantal recreatieplaatsen voor de periode 1997 tot en met 2012. De mate van het tekort is weergegeven in vier klassen. Opvallend is dat het aantal recreatieplaatsen groter is dan de vraag ernaar. Toch zijn er tekorten. Deze worden veroorzaakt doordat het aanbod niet geheel overeenkomt daar ligt waar de vraag is.

**Tabel 18.1**

*Aantal personen per tekortklasse voor wandelen (maximale normafstand).*

Vraaggegevens: Aanbodgegevens:	1997 /1996c	2001 /2000c	2003 /2003c	2006 /2006c	2008 /2008	2012 /2008
1) 0 – 24,99	1.457.730	1.544.470	1.366.260	1.480.990	1.589.180	1.824.285
2) 25 – 49,99	1.719.000	1.723.140	1.891.703	1.829.110	1.823.850	1.846.705
3) 50 – 74,99	1.369.050	1.400.060	1.438.200	1.457.120	1.417.200	1.373.255
4) 75 – 99,99	406.030	394.630	412.689	341.890	331.350	307.620
5) 100 %	10.614.370	10.973.090	11.083.058	11.224.480	11.243.200	11.375.955
Totaal aantal mensen met tekort (1 t/m 4)	4.951.810	5.062.300	5.108.852	5.109.110	5.161.580	5.351.865
Totaal aantal mensen	15.566.180	16.035.390	16.191.910	16.333.590	16.404.780	16.727.820
Absoluut tekort (in recreatieplaatsen)	329.752	341.523	344.006	350.753	361.561	384.117
Totale vraag (in recreatieplaatsen)	1.682.224	1.738.322	1.768.321	1.788.629	1.809.655	1.840.504
Totale aanbod (in recreatieplaatsen)	4.372.182	4.421.624	4.416.641	4.412.805	4.418.642	4.418.642

**Tabel 18.2**

*Aantal personen per tekortklasse voor fietsen (maximale normafstand).*

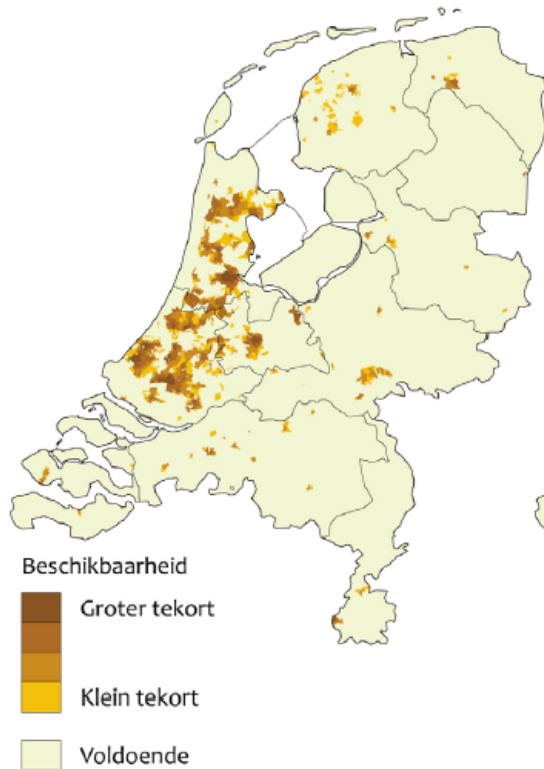
Vraaggegevens: Aanbodgegevens:	1997 /1996c	2001 /2000c	2003 /2003c	2006 /2006c	2008 /2008	2012 /2008
0 – 24,99	492.160	687.670	687.780	756.520	827.060	972.230
25 – 49,99	1.239.900	1.154.230	1.186.710	1.149.640	1.163.690	1.193.765
50 – 74,99	704.840	750.770	749.384	821.090	813.250	809.705
75 – 99,99	813.110	945.180	971.059	969.440	959.570	984.845
100 %	12.316.179	12.497.540	12.596.977	12.636.580	12.641.210	12.767.275
Totaal aantal mensen met tekort	3.250.010	3.537.850	3.594.933	3.696.690	3.763.570	3.960.545
Totaal aantal mensen	15.566.180	16.035.390	16.191.910	16.333.270*	16.404.780	16.727.820
Absoluut tekort (in recreatieplaatsen)	92.962	100.322	101.390	104.432	108.941	116.447
Totale vraag (in recreatieplaatsen)	1.006.258	1.025.667	1.036.115	1.043.129	1.053.412	1.062.581
Totale aanbod (in recreatieplaatsen)	3.193.672	3.177.464	3.156.207	3.137.002	3.129.223	3.129.223

\* Twee buurten hebben geen uitkomsten voor fietsen (tezamen 320 inwoners)

Figuur 18.3 geeft weer waar in 2006 een tekort in wandelmogelijkheden bestaat uitgaande van locaties waar mensen wonen. Regio's met een relatief groot aanbod (ten opzichte van het gemiddelde) zijn vooral de zandgronden in het midden, oosten en zuiden van Nederland en de duinenrij in West-Nederland. De geringere mogelijkheden in de Randstad zijn mede een gevolg van het ontbreken van bossen in deze regio, een grondgebruik met een relatief hoge opvangcapaciteit. Juist in deze regio's is de vraag naar recreatie het grootst.

## Mogelijkheden voor wandelen

2006



**Figuur 18.3** Mogelijkheden voor wandelen, 2006.

Natuur en een aantrekkelijk platteland worden steeds schaarser door de opkomende verstedelijking (NBTC, 2008). Zeker in stedelijke regio's is er momenteel een groot tekort. In 2012 bestond voor 5,4 miljoen mensen een tekort aan natuur in de nabije omgeving om in te recreëren. De tekorten zijn het hoogst in de Randstad. Maar ook daarbuiten zijn stedelijke gebieden aan te wijzen met tekorten, waaronder het gebied ten oosten van Alkmaar, Amersfoort-noord, Arnhem-zuid, Groningen, Hoorn, Leeuwarden en Maastricht. Rond kleinere dorpen biedt de opvangcapaciteit van het agrarische gebied veelal voldoende ruimte voor de aanwezige bewoners.

Samengevat: in 2012 heeft 32% van de bevolking een tekort aan natuur in de nabije omgeving om in te wandelen binnen de maximale normafstand. Voor fietsen is dit percentage 24%. Aangezien het niet mogelijk is om de dienst te importeren of via een technische oplossing te realiseren is het percentage van de onvervulde vraag voor wandelen daarmee eveneens 32%.

### Trend aanbod

In de periode 1996-2008 is het aanbod voor wandel- en fietsmogelijkheden in het grootste deel van Nederland gelijk gebleven: circa 1% toename van het aanbod recreatieplaatsen in 12 jaar voor wandelen en 2% afname voor fietsen. Onderliggende analyse van de kaart laat zien dat dit met name geldt voor de Randstad. Bij de wandelmogelijkheden is de toename in Groningen, Friesland en enkele plaatsen in de Randstad opvallend. Dit zijn regio's die onder het gemiddelde scoren en waar de situatie qua aanbod is verbeterd. In de Randstad is er sprake van groei in de gemeente Haarlemmermeer (aanleg van het Floriadepark), maar in het Groene Hart en de provincie Utrecht zijn ook gemeenten met een afname. Deze afname is (waarschijnlijk) het gevolg van voortgaande verstedelijking. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het absolute aanbod in de Randstad beperkt is, waardoor een kleine absolute verandering procentueel gezien een grote doorwerking heeft.

Samengevat: in de periode 1996-2008 zijn de mogelijkheden voor wandelen en fietsen in de meeste gemeenten vrijwel gelijk gebleven.

### Trend aanbod afhankelijk van de vraag

Zoals hierboven is gezegd is de hoeveelheid recreatiecapaciteit voor wandelen vrijwel gelijk gebleven, terwijl die voor fietsen ietsje is afgenomen. De vraag naar recreatiemogelijkheden is toegenomen. Het gaat om een toename van circa 10% voor wandelen en 6% voor fietsen. Dat komt omdat de totale bevolking is gegroeid. De bevolkingssamenstelling, en daarmee de voorkeur naar recreatiemogelijkheden, is daarnaast ook gewijzigd. Het aandeel niet westerse allochtonen is groter geworden. Door de vergrijzing is ook het aandeel ouderen toegenomen. Zij hebben meer vrije tijd gekregen, waardoor de vraag verder is toegenomen (mond meded S. de Vries, Alterra).

Al deze zaken tezamen betekent dat de tekorten van wandelen en fietsen tussen 1997 en 2012 zijn toegenomen. Voor wandelen waren er in 1997 5,0 miljoen mensen met een tekort, in 2012 was dat opgelopen tot 5,4 miljoen mensen. Voor fietsen waren er in 1997 3,3 miljoen mensen met een tekort, terwijl dit in 2012 is opgelopen tot 4,0 miljoen mensen. Het aandeel van de mensen dat een zeer groot tekort heeft is het meest toegenomen, alhoewel de absolute aantallen vrij gering in omvang zijn.

### Belang ecosystemen

Voor elke ecosysteemdienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan groengebied. Het resultaat is dat binnen een normafstand van 2,5 kilometer de verdeling naar de toegekende recreatiecapaciteit voor natuur, agrarisch gebied en stad respectievelijk 51%, 18% en 31% is (tabel 18.3). Voor een normafstand van 10 kilometer liggen de cijfers op 63%, 16% en 21% respectievelijk. In de uiteindelijk gebruikte cijfers zijn de cijfers voor de normafstand van 2,5 kilometer gebruikt omdat wandelen de belangrijkste vorm van groene recreatie is en 2,5 kilometer een realistische afstand lijkt waarbinnen mensen behoefte hebben aan wandelrecreatiemogelijkheden.

Tabel 18.3

*Belang van ecosystemen binnen een normafstand van 2,5 kilometer van de woonomgeving voor wandelen.*

Totaal beschikbare capaciteit	Beschikbare capaciteit uit bos	Beschikbare capaciteit uit droge natuur	Beschikbare capaciteit uit natte natuur	Beschikbare capaciteit uit open agrarisch	Beschikbare capaciteit uit besloten agrarisch	Beschikbare capaciteit uit park
	<i>Bos</i>	<i>Droge natuur</i>	<i>Natte natuur</i>	<i>Agrarisch open</i>	<i>Agrarisch besloten</i>	<i>Park</i>
721852.00	329138.00	23659.00	16049.00	40865.00	90290.00	220428.00

### 18.3.2 Belevingswaarde

#### Vraag en aanbod

In 2009 krijgt het landschap in een gebied tot ongeveer 15 km van de woning (woonomgeving of woonregio) gemiddeld een 7,6 van de Nederlandse bevolking (De Boer en De Groot, 2010). Dit getal ligt nog onder de doelstelling van een 8, die in 2020 gehaald moet worden. De gemiddelde waardering van de mooiste Nederlandse landschappen, de Nationale Landschappen, is tussen 2002 en 2009 niet gewijzigd en ligt met 7,9 vrijwel op het niveau van het beoogde doel (figuur 18.4). Alle overige landschappen liggen daaronder. De gemiddelde aantrekkelijkheid van het landschap direct rond eigen woonplaats, gemeten via de website [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl) ligt in het algemeen iets lager (Goossen *et al.*, 2011; zie tabel 18.4).

Tabel 18.4

*Gemiddelde aantrekkelijkheid landschap direct rond eigen woonplaats per jaar (Bron: [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl))*

Jaar	Gemiddelde
2006	6,8
2007	6,9
2008	7,0
2009	7,1
2010	6,8
2011	6,8



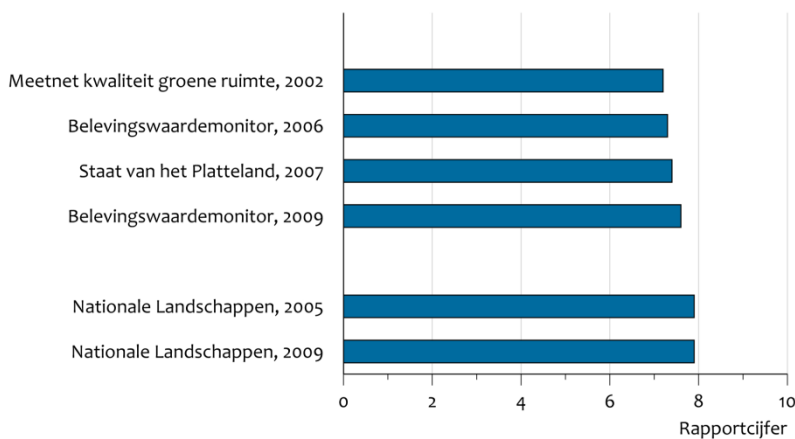
De resultaten uit BelevingsGIS laten zien dat mensen de kleinschalige landschappen in de zandgebieden van Noord- en Oost-Nederland en de landschappen van de kustzone (duinen, strand) en het Heuvelland het meest waarderen. Open landschappen met veel verstedelijking en/of akkerbouw zoals de Zuidvleugel van de Randstad, de IJsselmeerpolders, en de klei- en veengebieden in Groningen, Friesland en Zeeland worden minder gewaardeerd. De belevingskaart geeft de waardering van het buitengebied weer; de stedelijke kernen zelf worden buiten beschouwing gelaten. Deze resultaten worden ondersteund door de kaart van de Hotspot Monitor (Sijtsma *et al.*, 2012b) en resultaten uit [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl) (Goossen *et al.*, 2011)

### Trend vraag en aanbod

Volgens De Boer en De Groot (2010) krijgt in 2009 het landschap in een gebied tot ongeveer 15 km van de woning (woonomgeving of woonregio) gemiddeld een 7,6 van de Nederlandse bevolking. Dit is 0,3 punt meer dan het rapportcijfer in 2006 toen gemiddeld een 7,3 werd gegeven. Een vergelijking van enquêtes onder de Nederlandse om de waardering te meten, duidt er op dat de waardering van het landschap in de woonregio de afgelopen jaren is toegenomen (figuur 18.4). Het is echter wel de vraag of de resultaten over de verschillende enquête jaren vergelijkbaar zijn, door verschillen in de vraagstelling.

Alhoewel een groot aantal mensen is geïnterviewd uit een representatieve steekproef, er echter geen reden is om aan te nemen dat veranderingen in de waardering gerelateerd is aan de fysieke veranderingen van het landschap zelf. Er hebben namelijk geen substantiële veranderingen plaatsgevonden in het fysieke landschap. Hierdoor rijst de vraag naar de mogelijke oorzaak van de toegenomen aantrekkelijkheid.

#### Rapportcijfer aantrekkelijkheid landschap



Bron: WoON, bewerking PBL, bewerking WUR; SCP; WUR.

WUR/sep13  
[www.clo.nl/nl154103](http://www.clo.nl/nl154103)

**Figuur 18.4** Nederlanders geven het landschap in de omgeving waar men woont gemiddeld een 7,6. vanaf 2002 neemt de waardering toe (CBS *et al.*, 2013).

### Betrouwbaarheid

Categorie C: schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.

In de eindresultaten zijn enkel de resultaten opgenomen over de recreatieve capaciteit in en om de directe woonomgeving. Daarnaast is er ook dagrecreatie verder van huis en recreatie waarbij overnacht wordt, naast het toerisme naar het buitenland. Deze zijn niet beschouwd. De belevingswaarde van het beschikbare groen is niet meegenomen in de uiteindelijke resultaten.

Er zijn indicaties dat, wellicht door gebruik van nieuwe media (internet en dergelijke), het gebruik van recreatie de afgelopen jaren is afgenomen.

### Toets plausibiliteit AVANAR resultaten

Het model AVANAR werkt met vraag en aanbod voor wandelen en fietsen. Het aanbod is gekwantificeerd voor verschillende ecosystemen. Hierbij zijn generieke richtgetallen gebruikt. Deze capaciteiten zijn niet plaatsspecifiek. De vraag naar recreatie is ook gebaseerd op vuistregels in relatie tot de bevolkingsgrootte en de -samenstelling.

Om gevoel te krijgen of de modelmatige aanpak overeenkomt met de werkelijkheid is een toets uitgevoerd met de databestanden van CVTO (continu vrijetijdsonderzoek). In het CVTO is het gemiddeld aantal wandelingen per respondent per jaar berekend. Oftewel het werkelijk gebruik. Het gebruik is het resultaat van het samenkomen van een aanbod in de vorm van de ecosysteemdienst en een vraag in de vorm van de behoefte van gebruikers.

#### Toets onderdeel 1: minder wandelen

De AVANAR-gegevens zijn als variabele gekoppeld aan het CVTO 2008. De tekorten bij 2,5 km zijn vervolgens in 3 klassen verdeeld. Groot tekort (0-25% van normatief benodigde capaciteit), tekort (25-49,5%) en geen tekort (49,5-50%, met 50% als maximum voor de korte normafstand). Uit het CVTO is berekend hoeveel wandelingen de respondenten gemiddeld maken; dit is inclusief de respondenten die geen wandeling hebben gemaakt.

Er bestaat een zwakke, maar significante relatie ( $p < 0,01$ ) tussen beide variabelen ( $r = 0,09$ ). Tabel 18.5 geeft een overzicht van het gemiddeld aantal wandelingen van de respondenten per tekortklasse aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km.

Tabel 18.5

*Frequentie wandelingen respondenten*

Capaciteitsklasse	Gemiddelde	N
Groot tekort	.5485	2631
Tekort	.6070	4059
Geen tekort	.6833	9005
Total	.6410	15695

Uit tabel 18.5 blijkt dat er gemiddeld meer gewandeld wordt als er geen tekort is aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km. Er worden 20% minder wandelingen gemaakt in gebieden met een groot tekort aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km. Dit wordt niet gecompenseerd door een hogere deelname aan andere groene activiteiten. In het schema staat hieronder welke activiteiten onder een groene activiteit vallen (tabel 18.6).

Tabel 18.6

*Groene Activiteiten (dwz activiteiten die in een groene omgeving kunnen worden beoefend)*

Buitenrecreatie	Watersport	Zelf sporten
Wandelen	Kanoën	Joggen
Fietsen	Roeien	Mountainbiken
Recreëren aan het water	Surfen	Paardensport
Recreëren niet aan het water	Varen met een motorboot	Skeelers
Toertochten met de auto	Zeilen	Wandelsport
Toertochten met de motor	Vissen	Wielrennen

Het verschil in het gemiddelde aantal ondernomen groene activiteiten tussen geen tekort en een groot tekort aan wandelmogelijkheden is 0,22, ten opzichte van 0,13 voor wandelingen alleen (tabel 18.7).

Tabel 18.7

*Gemiddeld aantal groene activiteiten per respondent*

Capaciteitsklasse	Mean	N
Groot tekort	1.4261	2631
Tekort	1.5632	4059
Geen tekort	1.6456	9005
Total	1.5875	15695

### Toets onderdeel 2: ergens anders wandelen

In het CVTO zijn gegevens beschikbaar over het type omgeving indien men gewandeld heeft. De eigen wijk is het meest populair, gevolgd door het bos en het centrum van een stad of dorp (tabel 18.8). Wanneer alleen de wandelaars als onderzoeksgroep wordt geanalyseerd, dan blijkt dat er significante verschillen ( $p < 0,01$ ) zijn tussen de omgevingen waar men wandelt. Bij een tekort aan groen binnen 2,5 km wandelt men gemiddeld 15% meer in de eigen wijk, 22% meer in het centrum en 60% meer in stadspark dan wandelaars die geen tekort aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km hebben. Deze wandelaars wandelen weliswaar ook vaak in de eigen wijk, maar gemiddeld minder dan diegenen die in tekortwijk wonen. Hetzelfde geldt voor wandelen in het centrum. Bij geen tekort wandelt men vaker in een bos of in het agrarisch gebied.

Tabel 18.8

Gemiddelde frequentie wandeling in omgeving per capaciteitsklasse.

Omgeving	Capaciteitsklasse			Totaal
	Groot tekort	Tekort	Geen tekort	
Eigen wijk	1.1496	1.4105	0.9831	1.1268
Bos	0.3255	0.5354	0.9323	0.7209
Centrum	0.6551	0.5356	0.5101	0.5420
Agrarisch	0.2394	0.4630	0.4377	0.4103
Stadspark	0.6345	0.4754	0.2557	0.3802
Recreatiegebied	0.2419	0.2878	0.1430	0.1990
Zee	0.1801	0.1882	0.1167	0.1469
Rivier	0.1735	0.1972	0.1128	0.1460
Duin	0.1162	0.1254	0.1123	0.1165
Heide/zand	0.0161	0.0752	0.1225	0.0914
Natte natuur	0.0387	0.0871	0.0440	0.0547

### Toets onderdeel 3: bereikbaarheid

Er is een klein significant verschil ( $p < 0,01$ ) tussen het tekort aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km in relatie tot de gemiddelde afstand die de wandelaars hebben afgelegd om een gebied te bereiken (0,026). Hoe groter het tekort, hoe groter de afstand die is afgelegd om ergens te gaan wandelen. Wandelaars met minder of geen tekort leggen een kleinere afstand af, namelijk 9,35 km (tabel 18.9). Wandelaars die in gebieden wonen met een groot tekort aan wandelcapaciteit leggen gemiddeld 10,2 km af.

Tabel 18.9

Gemiddeld afstand (km) die wandelaar aflegt om gebied te bereiken.

Capaciteitsklasse	Mean	N
Groot tekort	10.22	2414
Tekort	9.69	3778
Geen tekort	9.35	7845
Total	9.60	14037

Bij een beschikbare wandelcapaciteit binnen 10 km is er geen significant verschil.

### Toets 4 en 5

Toets 4 en 5 zijn geen toetsen van de plausibiliteit van de AVANAR-uitkomsten. Toets 4 en 5 gaan meer om de vraag of de tekorten erg zijn. Zo is er in toets onderdeel 4 gekeken naar of er 'compensatie' optreedt en toets onderdeel 5 wat de recreatieve aantrekkelijkheid van gebieden is of dat in gebieden met een groot tekort het drukker is, of waardoor het beschikbare groen lager gewaardeerd wordt.

### Toets onderdeel 4: compensatie

In gebieden waar de wandelcapaciteit binnen 2,5 km onvoldoende is, lijkt sprake te zijn van compensatie door hogere deelname aan 'rode' vrijetijdsactiviteiten zoals winkelen en bioscoopbezoek (of andere voorkeuren). Respondenten die in gebieden wonen met een groot tekort aan wandelcapaciteit, ondernemen 0,28 meer rode vrijetijdsactiviteiten dan respondenten die in gebieden wonen zonder een tekort (tabel 18.10).

**Tabel 18.10***Gemiddeld aantal rode activiteit per respondent.*

Capaciteitsklasse	Mean	N
Groot tekort	4.1961	2631
Tekort	4.1138	4059
Geen tekort	3.9164	9005
Total	4.0143	15695

*Toets onderdeel 5: aantrekkelijkheid*

De aantrekkelijkheidsscore voor het landschap in de directe woonomgeving, afkomstig uit [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl), is gekoppeld aan het CVTO 2008 via de vierpositie postcode. Alle respondenten zijn daarbij gebruikt, ook indien het maar één respondent betreft die in een postcodegebied heeft deelgenomen. De gemiddelde aantrekkelijkheidsscore per postcodegebied is als variabele gebruikt.

Wandelaars die in gebieden wonen met een groot tekort aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km waarderen het landschap significant lager dan wandelaars zonder een tekort aan wandelcapaciteit. De gemiddelde waardering ligt 17% lager. De wandelaars met een groot tekort aan wandelcapaciteit binnen 2,5 km geven gemiddeld een klein zesje tegenover een zeven van de wandelaars zonder tekort aan wandelcapaciteit (tabel 18.11).

**Tabel 18.11***Gemiddelde aantrekkelijksscore landschap.*

Capaciteitsklasse	Mean	N
Groot tekort	5.9487	2419
Tekort	6.4587	3779
Geen tekort	7.2142	7823
Total	6.7922	14021

De aantrekkelijkheid van het landschap is voor 28% gecorreleerd met de wandelcapaciteit (measure of association: R-squared is 0,277)

*Conclusie toets plausibiliteit AVANAR resultaten*

Mensen die in gebieden wonen waar de beschikbare wandelcapaciteit tekort schiet, wandelen minder. Dit lijken ze te compenseren door meer rode vrijetijdsactiviteiten te ondernemen. Als ze gaan wandelen leggen ze een grotere afstand af om gebieden te bereiken. Ze wandelen meer in de eigen wijk, centrum en vooral een stadspark dan mensen die in gebieden wonen waar de wandelcapaciteit voldoende is. Bij een groot tekort aan groene wandelmogelijkheden:

- wandelt men minder vaak 1 uur of langer voor plezier;
- wandelt men minder vaak in een groene omgeving;
- en als men in een groene (buitenstedelijke) omgeving wandelt, legt men hier een grotere afstand voor af.

De verwachting is dat als ze in een groene omgeving zoals een park wandelen dat het daar relatief druk is. Onduidelijk is wat het effect daarvan op hun beleving en tevredenheid is, maar dit lijkt negatief. Uit onderzoek blijkt (De Vries *et al.*, 2012) dat wandelaars met het motief "gezelligheid" drukte weliswaar iets minder erg vinden dan wandelaars met het motief "even er tussen uit", maar dat het hun recreatieve ervaring er toch al snel minder positief door wordt.

**Belevingswaarde**

De recreatieve waardering van het bestaande groen is niet meegenomen in de uiteindelijke figuren (zie samenvatting). Dit heeft vooral te maken met de subjectiviteit van het onderwerp en dat nog onvoldoende grip is op de vraag en aanbod door ecosystemen van dit aspect. Alhoewel een groot aantal mensen is geïnterviewd uit een representatieve steekproef, is nog niet onderzocht of veranderingen in de waardering ter plekke gerelateerd is aan de daadwerkelijk fysieke veranderingen ter plekke van het landschap zelf. Er hebben namelijk op nationaal niveau geen substantiële

---

veranderingen plaatsgevonden in het fysieke landschap en dan met name in ha bos- en natuurgebieden. Hierdoor rijst de vraag naar de mogelijke oorzaak van de toegenomen aantrekkelijkheid.

### **Betrouwbaarheid**

Categorie C (voldoende): schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.

De cijfers zijn gebaseerd op vuistregels voor de behoefte en aanbod aan recreatie die in het model AVANAR zijn geïnterpoleerd. Deze vuistregels zijn gevalideerd met behulp van cijfers over werkelijk gebruik.

### **Volledigheid**

Categorie B (bevat de belangrijkste aspecten): bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

CICES (Haines-Young & Potschin 2013) verdeelt de culturele diensten in vier delen. Bij de eerste twee gaat het om fysieke en ervaringsgerichte interacties. Het gaat dan om het ervaren van planten, dieren en zee- en landschappen. Voorbeelden die genoemd worden zijn wandelen, varen, sportvissen, jagen, walvissen en vogels kijken, snorkelen, duiken enzovoort. In dit hoofdstuk hebben we gekeken naar wandelen en fietsen. Ondanks dat dit veruit de belangrijkste vormen van recreatie zijn (NBTC-NIPO, 2013), is het niet compleet.

## 18.4 Literatuur

- Berg van den, A en K. de Ronde (2009) Groen en de gezondheid van stadsbewoners, samenvatting van het Vitamine G2 onderzoek. Alterra.
- Boer, T.A. de & M. de Groot (2010). Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2009: Eerste herhalingsmeting landschap en groen in en om de stad. WOT-rapport 109. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
- CBS, PBL, Wageningen UR (2013). Waardering landschap in de woonregio, 2002-2009 (indicator 1541, versie 03, 10 september 2013). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- Crommentuijn, L.E.M., J.M.J. Farjon, C. den Dekker & N. van der Wulp (2007). Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2006; nulmeting landschap en groen in en om de stad. Rapportnr. 500073001. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Gezondheidsraad/RMNO (2004). Nature and health. The influence of nature on social, psychological and physical well-being. The Hague: Health Council of the Netherlands and RMNO, 2004.
- Goossen, C.M. (2014). Prediction of the attractiveness of an ecosystem as a recreation service, ISSRM, Hannover, Germany.
- Goossen, C.M, M. Sijtsma, H. Meeuwssen en J. Franke (2011). Vijf jaar daarmoetikzijn; Het ideale landschap volgens de Nederlanders op basis van analyse van de website [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl). Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2197.
- Groenewegen, P.P., Van den Berg, A.E., De Vries, S. & Verheij, R.A. (2006). Study protocol Vitamin G: effects of green space on health, well-being, and social safety. BMC Public Health, 6:149
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- Hartig, T., Mitchell, R.M., De Vries, S., Frumkin, H. (2014). Nature and health. Annual Review of Public Health, 35:207–28. Agenda Landschap (LNV, 2009).
- LNV en VROM (2009). Agenda Landschap, landschappelijk verantwoord ondernemen voor iedereen. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.

- 
- Maas, J., Verheij, R.A., Vries, S. de, Spreeuwenberg, P., Schellevis, F.G. & Groenewegen, P.P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63: 967-973.
- Kenniscentrum Recreatie (2009). *Beleidsondersteunend Recreatie Analyse Model* (Van Loon, M. & R. Berkers (2008). *De toekomst van toerisme, recreatie en vrije tijd: Kennisdocument voor de Strategische Dialoog Recreatie*. Kenniscentrum Recreatie, Den Haag.
- Maller, C., Townsend, M., St.Ledger, L., Henderson-Wilson, C., Pryor, A., Prosser, L., *et al.* (2008). Healthy parks healthy people: The health benefits of contact with nature in a park context: a review of current literature (2nd ed.). In *Social and Mental Health Priority Area, Occasional Paper Series*. Melbourne, Australia: Faculty of Health and Behavioural Sciences.
- MacKerron, George and Mourato, Susana (2013) Happiness is greater in natural environments. *Global Environmental Change*, 23 (5). pp. 992-1000. ISSN 0959-3780
- Meiresonne L. & Turkelboom F. (2012). Biodiversiteit als basis voor ecosysteemdiensten in regio Vlaanderen. *Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012 (1)*. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- NBTC-NIPO Research (2013). *Continu Vrije Tijdsonderzoek 2012-2013*. Leidschendam.
- Payne, L. L., Mowen, A. J., & Orsega-Smith, E. (2002). An examination of park preferences and behaviors among urban residents: The role of age, race, and regional variations. *Leisure Sciences*, 24(2), 181-198.
- Sijtsma, F. J., De Vries, S., Van Hinsberg, A & Diederiks, J. (2012a). Does 'grey' urban living lead to more 'green' holiday nights? A Netherlands Case Study. *Landscape Urban Plan.* (2012), doi:10.1016/j.landurbplan.2011.12.021
- Sijtsma F.J., Farjon H., van Tol S., van Hinsberg A., van Kampen P. and Buijs A.E., (2012b). Evaluation of landscape changes - enriching the economist's toolbox with the Hotspotindex. In: W. Heijman and C.M.J. van der Heide (Editors), *The economic value of landscapes*. Chapter 8, pp 138-164. Routledge, London.
- Vries, S. de & Goossen, C.M. (2002). Predicting transgressions of the social capacity of natural areas. In: Arnberger, A., Brandenburg, C. & Muhar, A. (eds.) *Proceedings of the Conference on the Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*. Vienna, January 30 - February 2, 2002.
- Vries, S. de & R.B.A.S. van Kralingen (2002). *De beleving van het Nederlandse landschap door haar bewoners: de geschiktheid van het SPEL-instrument voor monitoringdoeleinden*. Rapport 609. Alterra, Wageningen.
- Vries, S. de, T.A. de Boer en C.M. Goossen (2012). *Drukbeleving in groengebieden; bepaling, consequenties en mogelijke mitigerende maatregelen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2312.
- Vreke, J., Donders, J.L., Langers, F., Salverda, I., Veeneklaas, F.R. (2006). *Potenties van groen; de invloed van groen in en om de stad op overgewicht bij kinderen op het binden huishoudens met midden- en hoge inkomens aan de stad*. Alterra rapport 1356. Wageningen: Alterra.
- Vries, S. de, Hoogerwerf, M. & Regt, W.J. de (2004). *AVANAR: een ruimtelijk model voor het berekenen van vraag-aanbodverhoudingen voor recreatieve activiteiten; basisdocumentatie en gevoeligheidsanalyses*. Alterra-rapport 1094. Wageningen: Alterra.
- Wulp, N.Y. van der (2008). *Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2006. Nulmeting Landschap naar Gebieden*. WOT-rapport 75. WOT Natuur & Milieu - Wageningen UR, Wageningen.

#### Websites

- [www.daarmoetikzijn.nl](http://www.daarmoetikzijn.nl)
- <http://www.pbl.nl/infographic/veel-mensen-actief-in-de-natuur>
- <http://www.pbl.nl/infographic/natuur-ook-topattractie>

---

# 19 Symboolwaarde natuur

*Bart de Knegt (Alterra), Arjen van Hinsberg (PBL), Jaap Wiertz (PBL).*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 15%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 0%
- Levering onervuld: 85%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: toename
- Trend vraag sinds ca. 1990: stabiel
- Trend levering dienst tov aanbod sinds ca. 1990: toename
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 75%, agrarisch gebied 20%, urbaan gebied 5%
- Betrouwbaarheid: C (voldoende)
- Volledigheid: B (bevat belangrijkste aspecten)

## 19.1 Werking van de dienst

De CICES-indeling (Haines-Young & Potschin, 2013) categoriseert de spirituele en de symbool-waarde van natuur als een culturele ecosysteemdienst. Het gaat hierbij om niet-materiele output van ecosystemen die de fysieke en mentale toestand van mensen beïnvloedt. Twee aspecten zijn daarbij van belang. Enerzijds gaat het om de symbolische waarde van natuur. Het gaat dan om emblematische soorten, bijvoorbeeld soorten met een nationale symboolwaarde (Amerikaanse zeearend, Britse roos enzovoort). Anderzijds gaat het om de spirituele, heilige of religieuze waarde (Schouten, 2005). Daarbij kan het gaan om de spirituele beleving en verbondenheid met (ongerepte) natuur, maar wordt ook de spirituele of rituele identiteit van plaatsen genoemd en heilige planten en dieren.

Heilige plaatsen of soorten zijn voor de Nederlandse situatie minder van belang (in tegenstelling tot bijvoorbeeld in India). De plekken die aan te merken zouden zijn als heilig in Nederland hebben eigenlijk vooral betrekking op plekken die ontstaan zijn vanuit de menselijke cultuur (hunnebedden, grafheuvels, kerken enz.) en zijn daarom geen ecosysteemdiensten in stricte zin. Spirituele waarde van natuur en van emblematische/symbolische waarde van planten- en diersoorten is wel meer op de Nederlandse situatie van toepassing. Dit aspect is daarom verder uitgewerkt.

## 19.2 Methode

### Vraag

De vraag naar emblematische of symbolische soorten of ecosystemen is lastig in te schatten. Aanname is dat de afwezigheid of een afname van deze soorten of ecosystemen zoals die oorspronkelijk in Nederland voorkwamen negatief wordt gewaardeerd.

Door uitsterven of een afname van soorten met een hoge symboolwaarde komt de levering van deze ecosysteemdienst in het geding. Hoe groot de populatie moet zijn voor mensen om in de behoefte van de mens aan deze symboolwaarde te voldoen is moeilijk te zeggen. Aangenomen is dat mensen behoefte hebben aan de aanwezigheid van een natuurlijke populatie van deze soorten en hun natuurlijke omgeving. Uit de resultaten van de Grootwild Enquête van Natuurmonumenten blijkt dan ook dat er brede steun is voor behoud en herstel van populaties van grote zoogdieren (Natuurmonumenten, 2013). Uit het onderzoek bleek ook dat er draagvlak is voor een zo natuurlijk mogelijk beheer, waarin menselijk handelen tot een minimum wordt beperkt.

---

## Aanbod

Om bovengenoemde reden wordt ingegaan op het voorkomen van emblematische/symbolische planten- en diersoorten. Om iets over het aanbod van deze dienst te zeggen is het eerst nodig om te definiëren om welke soorten en ecosystemen het dan gaat. Dat is een lastige opgave omdat het subjectief is en de selectie per (sub)cultuur en persoon kan verschillen.

Het is niet eenvoudig om een lijst van soorten te selecteren met een grote symboolwaarde waar iedereen zich in kan vinden. Het zal waarschijnlijk gaan om een beperkte lijst van aansprekende soorten die bekend zijn bij het grote publiek en die een grote symboolwaarde hebben. Met symboolwaarde bedoelen we dan dat ze ergens voor staan wat groter is dan de soort zelf. Het gaat bijvoorbeeld eerder om zoogdieren, vogels en misschien dagvlinders dan om obscure onbekende soortgroepen zoals kokerjuffers of micronachtvlinders. Binnen de zoogdieren en vogels zal het gaan om de grotere, mooi gekleurde of opvallende soorten. Staatsbosbeheer heeft bijvoorbeeld een 'big five' van Nederland gemaakt. Daarop staan zeehond, edelhert, wild zwijn, bever en ree. De Zoogdiervereniging heeft ook een lijst gemaakt van 'Grote zoogdieren' die als groep apart zijn onderzocht. Op die lijst staan: vos, wilde kat, das, otter, steenmarter, boommarter, wolf, lynx, ree, damhert, edelhert, wild zwijn, wisent, gewone zeehond, grijze zeehond en bever (Zoogdiervereniging, 2014).

In tabel 19.1 is een lijst opgenomen van soorten waarvan door expert judgement is geschat dat ze een hoge symboolwaarde hebben in Nederland.

---

Tabel 19.1

*Soorten met een hoge symboolwaarde.*

Vogels	Zoogdieren	Dagvlinders	Slangen
Zeearend	Edelhert	Grote vuurvlinder	Adder
Visarend	Wild zwijn		
Slechtvalk	Bever		
Kraanvogel	Otter		
Lepelaar	Zeehonden (gewone en grijze)		
Ohoe	Das		
Ooievaar	Vos		
Zwarte ooievaar	Ree		
Grutto	Lynx		
Grote zilverreiger	Wolf		
Korhoen	Boommarter		
Ganzen	Steenmarter		
	Bruinvis		
	Wilde kat		

Mogelijk komen er enkele aansprekende plantensoorten in aanmerking om geselecteerd te worden in de analyse. Te denken valt bijvoorbeeld aan Klokjesgentiaan, Parnassia, Zonnedauw (sp.), Zwanenbloem en orchideeën. Deze zijn nu niet meegenomen omdat de 'aaibaarheid' van planten lager is dan van dieren.

Voor de bovenstaande soorten is de dichtheid afgezet tegen een ongestoorde situatie. Een referentie waar soorten in hun natuurlijke dichtheden voorkomen en waarin de dichtheden niet zijn afgenomen door versnippering, verdroging, vermesting, verzuring of andere drukfactoren. Particulier Gegevens Beherende Organisaties hebben voor elke soort, voor elk ecosysteemtype ingeschat hoe de huidige dichtheid zich verhoudt tot de dichtheid in een ongestoorde situatie zonder menselijke invloed. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden voor de graadmeter Natuurwaarde (Ten Brink *et al.*, 2001). Er is overigens enkel naar de dichtheid gekeken in het areaal 1950, zonder dat rekening is gehouden met de benodigde oppervlaktes van ecosystemen zoals die in vroeger tijden in Nederland aanwezig waren. Dit levert per soort een index op: de dichtheid in de ongestoorde situatie/de dichtheid in de huidige situatie. Soorten die nu in een veel hogere dichtheid voorkomen in vergelijking met de ongestoorde referentie situatie zijn afgekapt op 100% om extreme compensatie tussen soorten te voorkomen. Vervolgens is voor bovenstaande soortenlijst het rekenkundige gemiddelde bepaald. Dit levert een getal op dat gezien kan worden als de gemiddelde intactheid van emblematische soorten in Nederland.



## Belang ecosystemen

Het belang van ecosystemen natuurgebied, agrarisch gebied en urbaan gebied is bepaald door van elke soort te scoren wat de verdeling is in de populatie in bovenstaande gebieden. Deze schatting is gebaseerd op expert judgement. Voor de meeste soorten is dit aandeel eenvoudig te bepalen. Bij het bepalen van dit aandeel voor de verschillende gebieden is vooral gekeken naar waar de soort zich voortplant. Zo broedt de lepelaar in Nederland uitsluitend in natuurgebieden. Er wordt wel gefoerageerd in slootjes in het agrarisch gebied, als een alternatief voor het water en de kreekjes in natuurlijke ecosystemen. Zonder de slootjes kan de lepelaar in Nederland overleven, maar zonder de natuurgebieden niet.

### Trend vraag

De trend van de vraag is als stabiel verondersteld.

### Trend aanbod

Recente trends, vanaf circa 1990, in het voorkomen van soorten zijn ontleend aan de metingen van het Netwerk Ecologische Monitoring (CBS, 2012) en enkele andere bronnen.

## 19.3 Resultaat

### Vraag en aanbod

De gemiddelde populatieomvang van de geselecteerde soorten ten opzichte van een ongestoorde situatie is 15%.

### Trend vraag

De trend wordt als stabiel verondersteld.

### Trend aanbod

De populatieontwikkeling van 5 soorten is niet van belang omdat ze in Nederland zijn uitgestorven (nvt), van de overgebleven 23 soorten hebben 19 een positieve trend (83%), 2 een stabiele of positieve trend (9%) en 2 een negatieve trend (9%) in de afgelopen 20 tot 25 jaar (tabel 19.2).

Tabel 19.2

*Trend sinds de afgelopen 20-25 jaar van soorten met een hoge symbolwaarde.*

Vogels		Zoogdieren		Dagvlinders		Slangen	
Zeearend	+	Edelhert	0/+	Grote vuurvliinder	0/+	Adder	+
Visarend	nvt	Wild zwijn	+				
Slechtvalk	+	Bever	+				
Kraanvogel	+	Otter	+				
Lepelaar	+	Zeehonden (gewone en grijze)	+				
Ohoe	+	Das	+				
Ooievaar	+	Vos	+				
Zwarte ooievaar	nvt	Ree	+				
Grutto	-	Lynx	nvt				
Grote zilverreiger	+	Wolf	nvt				
Korhoen	-	Boommarter	+				
Ganzen	+	Steenmarter	+				
		Bruinvis	+				
		Wilde kat	nvt				

Over het algemeen zien we dus een herstel van dit soort grote en emblematische soorten met een hoge symbolische waarde. Overigens gaat dit herstel van deze grote soorten in tegen de algemene trend van door het natuurbeleid geselecteerde soorten en ecosystemen (bijvoorbeeld van de Vogel- en Habitatrichtlijnen). Ook in Europa gaat het weer de goede kant op met soorten die een grote symbolische waarde hebben. Dankzij veel en goede beschermingsmaatregelen gaat het weer de goede kant op met een aantal van deze tot de verbeelding sprekende grote vogels en zoogdieren. Dat blijkt uit het rapport 'Wildlife Comeback in Europe' (Deinet *et al.*, 2013). Zij onderzochten negentien

---

aansprekende soorten vogels en achttien zoogdieren. Onder de bestudeerde vogels bevinden zich kraanvogel, lepelaar, ooievaar, Spaanse keizerarend en zeearend. Bij de zoogdieren gaat het onder andere om wolf, bruine beer, bever en lynx. Vrijwel alle bestudeerde soorten laten een herstel van de populatie zien, alleen de Iberische lynx is hierop een uitzondering. Het rapport toont aan dat de terugkeer van veel van deze soorten te danken is aan goede beschermingsmaatregelen. Daarbij gaat het om een combinatie van soortbescherming, het beschermen en verbeteren van de leefgebieden en in sommige gevallen de herintroductie van betrokken soorten. Ook (lokaal) terugdringen van chemische bestrijdingsmiddelen en verminderen van de jacht heeft voor veel soorten positief gewerkt.

### **Belang ecosystemen**

Voor elke ecosysteemdienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Het resultaat is dat van de soorten gemiddeld 75% afhankelijk is van natuurgebieden, 20% van het agrarisch gebied en 5% van het urbaan gebied.

### **Betrouwbaarheid**

Categorie C (voldoende): schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.

Alhoewel de studies van de dichtheid van soorten ten opzichte van een ongestoorde situatie de meest omvangrijke en accurate zijn, die er beschikbaar zijn, blijft de met name de selectie van soorten subjectief. De recente dichtheid- en trendcijfers zijn zeer volledig en betrouwbaar. De inschatting van het belang van ecosystemen is gebaseerd op expert judgement, maar heeft wel een hoge robuustheid.

### **Volledigheid**

Categorie B (bevat belangrijkste aspecten): bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

De analyse is vooral gebaseerd op een aantal soorten met een hoge symboolwaarde. Aangenomen is dat de spirituele en rituele identiteit en heilige plaatsen of planten en dieren op de Nederlandse situatie minder van toepassing is. De analyse is gedaan met de perceptie van de gemiddelde Nederlander in het achterhoofd. De resultaten zouden voor bijvoorbeeld hindoeïsten, boeddhisten of islamieten anders uit kunnen pakken. Alhoewel deze ecosysteemdienst is ingevuld via soorten, wordt dus indirect ook een uitspraak gedaan over de onderliggende ecosystemen en zee- en landschappen.

## **19.4 Literatuur**

CBS (2014). Meetprogramma's voor flora en fauna. Kwaliteitsrapportage NEM over 2013.

Deinet, S; Ieronymidou, C; McRae, L; Burfield, IJ; Foppen, RP; Collen, B; Böhm, M; (2013). Wildlife comeback in Europe: the recovery of selected mammal and bird species. Zoological Society of London: United Kingdom.

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003

Ten Brink, B.J.E. ten, A. van Hinsberg, M. de Heer, D.C.J. van der Hoek, B. de Knecht, O.M. Knol, W. Ligtoet, M.J.S.M. Reijnen en R. Rosenboom (2002). Technisch ontwerp Natuurwaarde1.0 en toepassing in Natuurverkenning 2. RIVM rapport 408657007, RIVM, Bilthoven.

Natuurmonumenten (2013). Resultaten groot wild enquête.

Schouten, M.G.C. (2005). Spiegel van de natuur. KNNV uitgeverij/Staatsbosbeheer.

Staatsbosbeheer (2014). <http://www.staatsbosbeheer.nl/degrotevijf>

Zoogdiervereniging (2014).

[http://www.zoogdiervereniging.nl/sites/default/files/imce/nieuwewebsite/Overigen/downloads/04.%20Terugkeer\\_van\\_grote\\_zoogdieren\\_in\\_NL\\_Maurice%20La%20Haye.pdf](http://www.zoogdiervereniging.nl/sites/default/files/imce/nieuwewebsite/Overigen/downloads/04.%20Terugkeer_van_grote_zoogdieren_in_NL_Maurice%20La%20Haye.pdf)

---

# 20 Natuurlijk erfgoed

*Bart de Knegt (Alterra), Arjen van Hinsberg (PBL), Jaap Wiertz (PBL)*

## Samenvatting

- Levering uit ecosystemen in NL tov de huidige vraag: 61%
- Levering uit ecosystemen buitenland tov de huidige vraag: 0%
- Levering door inzet van van techniek/substitutie: 0%
- Levering onervuld: 39%
- Trend levering dienst sinds ca. 1990: stabiel
- Trend vraag sinds ca. 1990: stabiel
- Trend levering tov aanbod sinds ca. 1990: stabiel
- Relatieve bijdrage van ecosystemen: natuurgebied 62%, agrarisch gebied 26%, urbaan gebied 12%
- Betrouwbaarheid: C (voldoende)
- Volledigheid: B (bevat belangrijkste aspecten)

## 20.1 Werking van de dienst

De CICES (Haines-Young & Potschin, 2013) indeling categoriseert het natuurlijk erfgoed als een culturele ecosysteemdienst. Het gaat hierbij om niet-materiele output van soorten en ecosystemen die de fysieke en mentale toestand van mensen beïnvloedt. De CICES-indeling noemt twee onderdelen die hier als twee aspecten van hetzelfde zijn beschouwd. Enerzijds gaat het om het aspect van de aanwezigheid. Als voorbeelden hiervan wordt de recreatieve waarde of het genot voor mensen genoemd dat wilde soorten, wildernis, ecosystemen, land- en zeeschappen opleveren. Anderzijds gaat het om nalatenschap. Het gaat daarbij om de bereidheid om planten, dieren, ecosystemen, land- en zeeschappen te behouden voor toekomstige generaties om morele, ethische redenen of andere overtuigingen. De dienst volgens de CICES-classificatie wordt 'andere culturele outputs' genoemd (vrij vertaald). Omdat deze naamgeving niet direct duidelijkheid schept is er voor gekozen om de dienst 'natuurlijk erfgoed' te betitelen. Het gebruik van het woord biodiversiteit zou in die zin minder goed gekozen zijn omdat biodiversiteit een eigenschap betreft en er niet duidelijk uit blijkt dat het gaat om de ethische/morele waarde in plaats van de intrinsieke waarde.

Bij deze dienst is het niet de intrinsieke waarde van biodiversiteit die van belang is, maar de waarde die mensen hechten aan de aanwezigheid en voortbestaan van het leven in al zijn verschijningsvormen. Uit Nederlands onderzoek blijkt dat veel mensen behoud van biodiversiteit een belangrijk onderwerp vinden en zijn bereid om zich in te zetten of te betalen voor behoud van biodiversiteit (TNS NIPO, 2009). Biodiversiteit speelt ook in alle andere ecosysteemdiensten in mindere of meerdere mate een rol als ondersteuning voor het leveren van de dienst. Bij de dienst die in dit hoofdstuk wordt behandeld gaat het niet om biodiversiteit als ondersteunende dienst, maar als culturele dienst die als zodanig op zichzelf staat.

### Belastende biodiversiteit

Niet elke soort extra leidt tot een verhoging van het natuurlijk erfgoed. Er zijn ook soorten die een negatief effect kunnen hebben op de levering van deze dienst. Het gaat hier bijvoorbeeld om invasieve exoten die op directe of indirecte manier inheemse soorten wegdrücken. Daarnaast worden dieren zoals muggen, teken, ratten, vlooiën of luizen meestal niet gewaardeerd.

---

## 20.2 Methode

### Vraag

De grootte van de huidige vraag naar deze dienst is lastig te schatten. Het is waarschijnlijk wel zo dat een afname van het natuurlijk erfgoed negatief gewaardeerd wordt. Zeker als dat gepaard gaat met het (lokaal) uitsterven van soorten komt het aspect van 'nalatenschap' in het geding. Immers, wat uitsterft kan niet meer overgedragen worden op toekomstige generaties.

Veel van de in het beleid geformuleerde doelstellingen rond natuurlijk erfgoed en biodiversiteit, zeker in het verleden, is ingegeven vanuit de geest van deze ecosysteemdienst. Zo heeft Nederland zich gecommitteerd aan de Europese en mondiale doelstellingen op dit gebied, naast de doelstellingen op rijks- en provinciaal niveau. Deze doelstellingen bestaan uit een component die gaat over de oppervlakte en een component die gaat over de kwaliteit van ecosystemen. Naast het niveau van ecosystemen, bevatten beleidsdoelen vaak doelstellingen op niveau van soorten en genen. Zo stelt het Nederlandse natuurbeleid drie doelen centraal:

1. De biodiversiteit zekerstellen door natuur te behouden, te herstellen, te ontwikkelen en duurzaam te gebruiken.
2. De verdere achteruitgang van de huidige biodiversiteit stoppen en zo mogelijk te herstellen in 2020.
3. In 2020 duurzame condities gerealiseerd hebben waardoor alle in 1982 voorkomende soorten en populaties kunnen voortbestaan.

Deze hoofdoelen zijn verder vastgelegd in een aantal operationele beleidsdoelen. Zo zijn er de Vogel- en Habitatrichtlijnen, de Kaderrichtlijn water de doelen rond de EHS (via Subsidieregeling Natuur- en Landschapsbeheer), naast de doelen die op provinciaal niveau zijn vastgelegd.

De vraag naar deze ecosysteemdienst op het hoogste niveau kan gedefinieerd worden als het duurzaam behoud van alle soorten die inheems in Nederland voorkomen. Dat wil zeggen dat er indien soorten uitsterven dit negatief wordt gewaardeerd.

Ook het beleid heeft deze doelstelling geformuleerd in de Rijksbegroting. Het beleid streeft ernaar de lengte van de Rode Lijsten te verkorten (Ministerie van Economische Zaken, 2014).

### Aanbod

Het aanbod van deze dienst wordt geleverd door de aanwezigheid van de in Nederland inheemse soorten. Deze aanwezigheid is afhankelijk van de hoeveelheid geschikt leefgebied. Indien dit leefgebied van voldoende omvang en kwaliteit (ruimte- en milieucondities) is, kunnen soorten duurzaam in Nederland blijven voortbestaan. Het aanbod is gedefinieerd als het aantal soorten dat duurzaam in Nederland kan blijven voortbestaan als percentage van de totale hoeveelheid inheemse soorten. Indirect is zodoende het niveau van ecosystemen/landschappen via dit soortenspoor meegenomen. Het niveau van ecosystemen/landschappen is echter als zodanig niet meer in het analyseresultaat herkenbaar. De mate waarin soorten duurzaam kunnen voorkomen is hier geoperationaliseerd in de Rode Lijsten van bedreigde soorten (Hustings *et al.*, 2004; Van Swaay, 2006; Creemers *et al.*, 2007; Zoogdierverseniging VZZ, 2007; Termaat & Kalkman, 2011). Deze lijst geeft voor een groot aantal taxonomische groepen of de soorten aan welke met uitsterven worden bedreigd en in welke mate dat het geval is.

Rode Lijsten onderscheiden vijf categorieën bedreiging: 'Verdwenen in Nederland', 'Ernstig bedreigd', 'Bedreigd', 'Kwetsbaar', 'Gevoelig' en 'Thans niet bedreigd'. Indien de op ruimte- en milieucondities voor alle inheemse soorten voldoende op orde zijn, staan de soorten in Nederland niet op de Rode Lijst en kunnen ze duurzaam in Nederland voortbestaan.

Het CBS is voornemens te rapporteren over de ontwikkelingen in de lengte en mate van bedreiging (roodheid) van de Rode Lijst. Het CBS zal dit doen op basis van zeven taxonomische groepen: dagvlinders, libellen, reptielen, amfibieën, broedvogels, zoogdieren en vaatplanten. Alhoewel er veel meer taxonomische groepen in Nederland aanwezig zijn, zijn deze zeven groepen gekozen omdat dit de meest aansprekende groepen zijn waarvan voldoende gegevens beschikbaar zijn om een trend te

---

kunnen bepalen. Bovendien is het CBS voornemens om jaarlijks te rapporteren over deze zeven soortgroepen, waardoor de graadmeter jaarlijks kan worden geactualiseerd. In totaal zijn er in Nederland meer dan 45.000 planten, schimmels, dieren en andere organismen bekend. In totaal bevatten de nu gekozen zeven soortgroepen bijna 2.000 soorten. Er loopt onderzoek om te testen in hoeverre de trend van deze zeven soortgroepen representatief is voor alle soorten.

Graadmeters op het genetisch niveau voor één of meer inheemse soortgroepen zijn veelal niet beschikbaar door gebrek aan data en zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

### **Belang ecosystemen**

Het belang van ecosystemen is bepaald door per soort te bepalen wat de hoofdverspreiding is van doelsoorten broedvogels, vaatplanten, dagvlinders en zoogdieren. Het gemiddelde over alle soorten geeft een beeld van het belang van de ecosystemen natuur-, agrarisch- en urbaan gebied. De resultaten zijn ontleent aan MNP (2007).

### **Trend aanbod**

Voor zeven taxonomische groepen is in de afgelopen twee decennia meer dan één een Rode Lijst vastgesteld. Dit maakt het mogelijk om de verandering in de tijd van het aantal soorten dat op de Rode Lijst staat en de mate waarin ze bedreigd, zijn te bepalen. Rode Lijsten zijn opgesteld halverwege de jaren negentig van de 20<sup>e</sup> eeuw. Het gaat specifiek om: broedvogels in 1994, dagvlinders in 1995, amfibieën in 1996, reptielen in 1996, zoogdieren in 1994, libellen in 1997 en vaatplanten in 2000. Ongeveer een decennium later zijn de Rode Lijsten voor deze soortgroep geactualiseerd. Het gaat specifiek om: broedvogels in 2004, dagvlinders in 2006, amfibieën in 2007, reptielen in 2007, zoogdieren in 2007, libellen in 2011 en vaatplanten in 2012.

Om de trend te bepalen, is gewerkt met de methode van de meest recente Rode Lijst. In de meest recente rapportages van de Rode Lijst wordt ook altijd aangegeven wat de verandering is in de Rode Lijst indien dezelfde soorten en methode is gebruikt van de meest recente Rode Lijst. Dit maakt een zuivere vergelijking in de tijd mogelijk.

### **Trend vraag**

De trend van de vraag wordt als constant verondersteld.

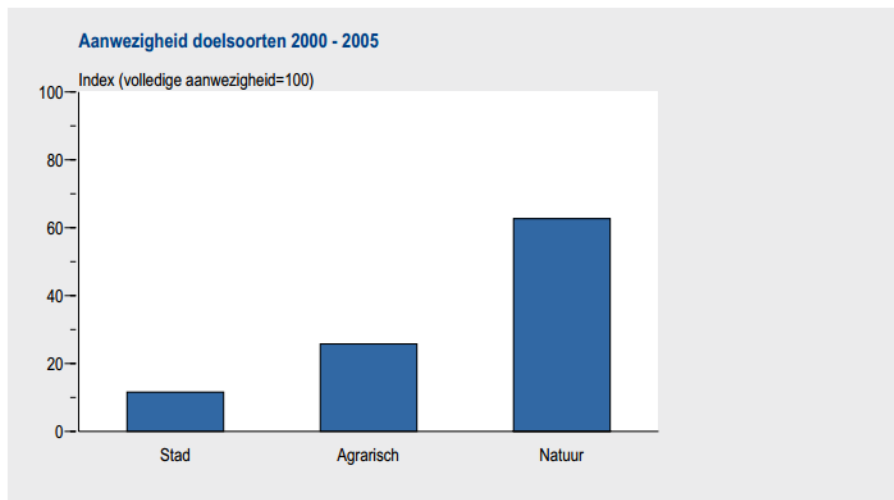
## 20.3 Resultaat

### **Huidige vraag en aanbod**

Het aantal niet-bedreigde soorten bedraagt 61%. Dit is het aantal soorten dat niet op de Rode Lijst staat ten opzichte van het totaal aantal soorten. Dat is bepaald binnen de taxonomische groepen dagvlinders, libellen, reptielen, amfibieën, broedvogels, zoogdieren en planten. Er is nog wel verschil tussen de verschillende soortgroepen. Zo bevat de groep reptielen en dagvlinders relatief de meeste soorten op de Rode Lijst, terwijl vogels en libellen de minste soorten bevatten die op de Rode Lijst staan.

### **Belang van ecosystemen**

Het was helaas niet mogelijk om de analyses te betrekken op alle soorten van de Rode Lijst. Wel is er een analyse beschikbaar van de doelsoorten van de natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001). Aangezien de doelsoorten ook op de Rode Lijst staan zal de soortselectie van de Rode Lijst soorten grote overlap vertonen met de soortselectie van de doelsoorten. Voor elke ecosysteemdienst wordt in beeld gebracht wat de belangrijkste ecosystemen zijn die de dienst leveren. Het gaat hier dan om natuurgebieden, agrarisch gebied en urbaan gebied. Het belang van ecosystemen is ontleend aan de Natuurbalans 2007 (MNP, 2007), zie figuur 20.1. Resultaat is dat 62% van de soorten in natuurgebieden, 26% van de soorten in het agrarisch gebied en 12% van de soorten in urbane gebieden.



**Figuur 20.1** De meeste doelsoorten komen voornamelijk in natuurgebieden voor, het stedelijk en agrarisch gebied zijn voor minder doelsoorten het belangrijkste leefgebied. (Bron: FLORON; SOVON; De Vlinderstichting; VZZ) (uit: MNP, 2007).

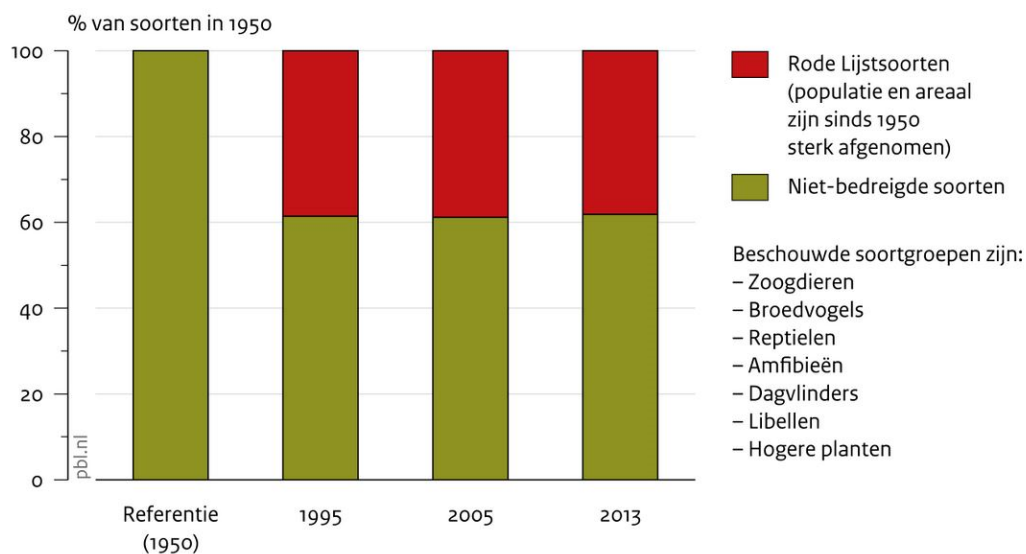
### Trend vraag

De trend van de vraag wordt als niet veranderd verondersteld.

### Trend aanbod

Indien de lengte en mate van bedreiging van de periode circa 1996 vergeleken wordt met de periode rond het jaar 2008 dan blijkt dat zowel de lengte (figuur 20.2) als de mate van bedreiging niet veel zijn veranderd.

### Rode Lijstsoorten en niet-bedreigde soorten



Bron: NEM (CBS & PGO's)

**Figuur 20.2** De Rode Lijst van bedreigde soorten wordt sinds 2005 korter en de mate van bedreiging neemt af (Bron: CBS et al., 2014).

'In de periode 1950-1995 zijn meer dan 1/3 van alle soorten bedreigd geraakt en terecht gekomen op de zgn. Rode Lijst. Tot voor kort werd die lijst almaar langer. Recent lijkt er sprake van een omslag, waar tussen 1995 en 2005 het aantal bedreigde soorten nog iets toenam, is het aantal bedreigde soorten na 2005 met 1% afgenomen. De Rode Lijst wordt korter en minder rood. Dit geldt echter niet voor alle soortgroepen en soorten.

---

Sinds 2005 wordt de Rode Lijst van bedreigde soorten korter en de mate van bedreiging neemt af. Meer soorten verdwijnen van de Rode Lijst en verschuiven meer soorten van een meer bedreigde RL-Categorie richting 'niet-bedreigd'. De veranderingen zijn echter niet groot (ca. 1%) en worden gedomineerd door 'hogere planten' doordat die getalsmatig oververtegenwoordigd zijn.

De Rode Lijst-index geeft gemiddelde waarden weer voor alle soorten. Als ingezoomd wordt op de afzonderlijke soortgroepen zien we dat zoogdieren, libellen, broedvogels en vooral planten sinds 1995 het meest verbeterd zijn; amfibieën en dagvlinders gaan nog achteruit. Als men inzoomt op individueel soortniveau zijn er echter in de diverse soortengroepen ook na 2005 nog veel soorten verder achtergegaan in Rode Lijst-status, maar er zijn er nog meer die vooruitgingen. De veranderingen in de lengte van de Rode Lijst binnen soortgroepen correleert sterk met de verandering in de mate van bedreiging. Dus daar waar de Rode lijst-lengte toeneemt en verslechterd is meestal ook sprake van een verslechtering in de mate van bedreiging binnen een soortgroep.

Waarschijnlijk is de verbetering sinds 2005 van bedreigde soorten veroorzaakt door de groei van het areaal beschermde natuur, herstelbeheer en lokale verbeteringen in milieu- en watercondities. Toch weten we dat op veel plekken de milieu- en ruimtekwaliteit van leefgebieden voor veel soorten nog onvoldoende is. De afzonderlijke natuurgebieden bieden nog vaak onvoldoende ruimte en zijn nog onvoldoende met elkaar verbonden om een duurzaam voortbestaan te garanderen. Ook wordt van de Natura 2000-gebieden op de Noordzee een aanzienlijk areaal nog steeds intensief bevestigd.' (Uit: PBL, 2014).

### **Betrouwbaarheid**

Categorie C: Schatting, gebaseerd op een groot aantal (accurate) metingen; de representativiteit is grotendeels gewaarborgd.

De invulling van de ecosysteemdienst is redelijk robuust. Soortgroepen reageren min of meer gelijk op veranderingen in het milieu (alhoewel er ook belangrijke verschillen zijn). De invulling via zeven soortgroepen van de Rode Lijst is conform de rapportage aan EZ. De populatiegrootte en trend van het merendeel van de overige ca. 43.000 soorten, die in Nederland voorkomen, is onbekend. Verwacht wordt dat door het brede scala aan soortgroepen die wel zijn meegenomen toch een representatief beeld ontstaat. De basisgegevens die gebruikt worden om de Rode Lijst-categorieën te bepalen, is vaak goed tot zeer goed.

### **Volledigheid**

Categorie B: bevat de belangrijkste aspecten maar is niet volledig.

In de CICES-tabel gaat het bij deze dienst niet enkel om de aanwezigheid van soorten, maar ook van wildernis op zich. De natuurlijkheid (mate waarin natuurlijke processen aanwezig zijn) van ecosystemen is in deze analyse verder buiten beschouwing gelaten. Ook is het schaalniveau van ecosystemen en van land- en zeeschappen van belang. Alhoewel deze ecosysteemdienst is ingevuld via soorten, wordt dus indirect ook een uitspraak gedaan over de onderliggende ecosystemen en zee- en landschappen.

## 20.4 Literatuur

Bal, D., H.M. Beijer, M. Felliger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff (2001). Handboek natuurdoeltypen. Wageningen, Expertisecentrum LNV, Rapport 2001/020.

CBS (2014). Meetprogramma's voor flora en fauna. Kwaliteitsrapportage NEM over 2013.

CBS, PBL, Wageningen UR (2014). Rode Lijst Indicator, 1995-2013 (indicator 1521, versie 07, 17 september 2014). [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Creemers, R.C.M., J.J.C.W. van Delft en A.M. Spitzen - van der Sluijs (2007). Basisrapport Rode Lijst Amfibieën en Reptielen. Stichting RAVON, Nijmegen.

- 
- Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- Hustings, F., C. Borggreve, C. van Turnhout en J. Thissen (2004). Basisrapport voor de Rode Lijst Vogels volgens Nederlandse en IUCN-criteria. SOVON-onderzoeksrapport 2004/13. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Ministerie van Economische Zaken (2014). Rijksbegroting 2014: XIII. Tweede Kamer, vergaderjaar 2013–2014, 33 750 XIII, nr. 1.
- MNP (2007). Natuurbalans 2007, Milieu en Natuur Planbureau, Bilthoven.
- PBL (2014). Balans voor de Leefomgeving 2014.  
<http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeftomgeving/2014/natuur/rode-lijst-soorten>
- Swaay, C.A.M. van (2006). Basisrapport Rode Lijst Dagvlinders. Rapport VS2006.002, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Termaat, T. & V.J. Kalkman (2011). Basisrapport Rode Lijst Libellen volgens Nederlandse en IUCN-criteria. Rapport VS2011.05. De Vlinderstichting, Wageningen.
- TNS, NIPO (2009).  
<http://www.natuurmonumenten.nl/sites/default/files/Definitieve%20rapportage%20Natuurmonumenten.pdf>.
- Zoogdiervereniging VZZ (2007). Basisrapport voor de Rode Lijst Zoogdieren volgens Nederlandse en IUCN-criteria. VZZ rapport 2006.027. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.



---

# Dankwoord

G.H.P. Dirkx, C.M.A. Hendriks, F.R. Veeneklaas en vele anderen worden bedankt voor het kritisch meedenken met de opzet van de graadmeters. J. Vreke wordt bedankt voor de kritische beoordeling van de eerste resultaten per ecosysteemdienst. M.J.L.C. Abels-van Overveld en F.S. de Blois worden bedankt voor het meedenken en opmaken van de figuren in de samenvatting.



---

Bijlage 1    Oppervlakte landgebruik (km<sup>2</sup>)  
per fysisch-geografische regio  
en achtergrond bij gerealiseerde  
berging en beekherstel per  
waterschap

## Bijlage 1a

Oppervlakte landgebruik (km<sup>2</sup>) per fysisch-geografische regio.

Categorie landgebruik LGN6	Hoge zandgrond	Niet ingedeeld	Rivierenland	Duinen	Laagveen	Zeeklei	Heuvelland	Afgesloten zee-armen	Getijde gebied	Noordzee
agrarisch gras	5341	33	1595	106	1476	2825	125	31	0	0
mais	1932	1	312	7	72	306	31	1	0	0
aardappelen	763	0	39	10	18	868	16	5	0	0
bieten	295	0	34	4	2	405	29	3	0	0
granen	637	1	142	8	19	1402	63	8	0	0
overige landbouwgewassen	401	1	81	16	8	912	18	2	0	0
glastuinbouw	28	1	14	10	8	84	0	0	0	0
boomgaard	4	0	14	0	0	4	7	0	0	0
bollen	29	0	1	93	0	96	0	0	0	0
loofbos	1487	16	120	76	31	224	43	18	0	0
naaldbos	1436	2	18	31	4	32	4	1	0	0
zoet water	227	79	293	19	352	459	2	2207	0	0
zout water	0	5	0	39	0	38	0	133	3217	0
bebouwing in primair bebouwd gebied	820	490	210	30	69	455	46	2	0	0
bebouwing in secundair bebouwd gebied	61	8	8	10	5	19	2	2	0	0
bos in primair bebouwd gebied	60	37	10	3	4	25	4	0	0	0
bos in secundair bebouwd gebied	101	14	12	7	7	37	3	2	0	0
gras in primair bebouwd gebied	537	300	174	19	55	441	37	5	1	0
kale grond in bebouwd buitengebied	3	1	1	4	0	1	0	1	0	0
hoofdwegen & spoorwegen	288	109	84	10	35	188	20	2	0	0
bebouwing in buitengebied	513	6	102	20	43	161	12	0	0	0
gras in secundair bebouwd gebied	275	53	59	22	32	157	14	10	2	0
kwelders	0	0	0	9	0	2	0	0	88	0
open zand in kustgebied	0	1	0	55	0	1	0	5	13	0
duinen met lage vegetatie (<1m)	0	4	0	221	0	1	0	1	4	0
duinen met hoge vegetatie (>1m)	0	1	0	25	0	0	0	0	0	0
duinheide	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
open stuifzand en/of rivierzand	28	0	3	0	0	0	0	0	0	0

Categorie landgebruik LGN6	Hoge zandgrond	Niet ingedeeld	Rivierenland	Duinen	Laagveen	Zeeklei	Heuvelland	Afgesloten zee-armen	Getijde gebied	Noordzee
heide	199	0	0	0	0	0	0	0	0	0
matig vergraste heide	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sterk vergraste heide	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hoogveen	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bos in hoogveengebied	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
overige moerasvegetatie	5	0	4	2	46	23	0	8	0	0
Rietvegetatie	15	2	18	6	92	85	0	40	0	0
bos in moerasgebied	4	0	4	1	35	25	0	2	0	0
natuurgraslanden	395	3	134	39	152	184	19	66	11	0
boomkwekerijen	136	0	30	1	15	13	2	0	0	0
fruitkwekerijen	16	0	95	0	1	100	13	0	0	0

## Bijlage 1b. Achtergrond bij gerealiseerde berging en beekherstel per waterschap

### Waterschap Aa en Maas

In de Beleidsnota beekherstel wordt aangegeven dat de totale opgave voor Aa en Maas is om 200 km beek te herstellen (hermeanderen), vóór 2027 (Bentveld *et al.*, 2011). Voor de planperiode 2010-2015 geldt een opgave van 30 km. Verspreid over het gebied was in 2010 11 km beekherstel gerealiseerd. Marja Kits heeft het over 12 km beekherstel tussen 1995 en 2013, 120 km natuurvriendelijke oevers en 350 tot 400 ha peilgestuurde waterberging. In totaal moet 1800 ha berging met een volume van 7 miljoen m<sup>3</sup> worden gerealiseerd, omgerekend is het volume van 375 ha dan ongeveer 1,5 miljoen m<sup>3</sup>. Het aantal hectares vrijstromende waterberging langs beken heeft het waterschap niet in beeld, omdat dit namelijk relatief weinig berging op levert (mon. med. Marja Kits, Waterschap Aa en Maas).

Bentveld, G. van, N. Plompen, M. Kits, E. Melisie, E. Oomen & J. Lubbersen (2011). Beleidsnota Beekherstel. Waterschap Aa en Maas, 's-Hertogenbosch.

### Waterschap Peel en Maasvallei

In Noord- en Midden-Limburg zijn de problemen met wateroverlast ten gevolge van extreme weersomstandigheden beperkt ten opzichte van de rest van Nederland. Dat komt omdat de beken en sloten redelijk diep en breed zijn. Daardoor is er vaak genoeg ruimte om een stevige regenbui op te vangen. In het beheergebied van Waterschap Peel en Maasvallei zijn geen grote retentiegebieden aangewezen. Vanaf 2000 zijn er circa 1500 stuwen geplaatst. Dit betreft veelal stuwen in boerensloten. Per stuw kan circa 50m<sup>3</sup> water worden geborgen na een droge periode (Let op! deze stuwen zijn echter niet specifiek aangelegd voor dit doel). Daarnaast wordt de laatste jaren ook peilgestuurde drainage aangelegd (nu circa 1500 ha uitgevoerd). Bij ombouw van conventionele tot peilgestuurde drainage is sprake van een gemiddelde toename van de grondwaterstand van 30 cm (uitgaande van wateraanvoer). Vanaf 1990 is circa 150 km beekherstel (hermeandering) uitgevoerd (bron: mon med. Frans Verdonschot, Waterschap Peel en Maasvallei).

### Waterschap Reest en Wieden

De getallen in tabel B1.1 zijn vanaf 2008. Voor 2008 is er in het kader van waterberging niet veel gebeurd. Wel is er onder het mom van verdrogingsbestrijding hermeandering uitgevoerd. De tabel bevat niet de GGOR-maatregelen van voor 2008.

Tabel B1.1

*Overzicht van de prestatie-indicatoren voor doelrealisatie voor functiegericht waterbeheer (GGOR), het voorkómen van wateroverlast (WB21) en verbetering van de waterkwaliteit (KRW) in het beheergebied van Waterschap Reest en Wieden. In de kolom 2013 staat de maatregelen die zijn gerealiseerd (sinds 2008/2009) en in alle volgende kolommen het voortschrijdende doel. (bron: Waterschap Reest en Wieden (2014). Opstellen en uitvoeren WOM-programma).*

Thema	2013 (gerealiseerd)	2014 (doel)	2015 (doel)	2021 (doel)
Thema GGOR				
- Natura2000-gebieden met uitgevoerde maatregelen (2)	2	5	5	7
- TOP-gebieden met anti-verdrogingsmaatregelen (2)	2	5	5	5
- ha beheergebied met uitgevoerde maatregelen (29.553)	29.533	37.319	82.500	110.000
Thema WB21				
- Wateropvang WB21 gerealiseerd (mln. m <sup>3</sup> )	5,336	10,591	15,6	21,8
Thema KRW (gerekend vanaf eind 2009)				
- km natuurvriendelijke oever gerealiseerd (4,2)	4,2	4,2	10	40
- aantal stuwen vispasseerbaar gemaakt (2)	2	7	12	33
- km hermeandering uitgevoerd (2)	2	4	7	15,5

**Waterschap Hunze en Aa's** (bron: mon. med. Peter Paul Schollema, Jan den Besten en Henk van Norel)

Op de kaart van Hunze en Aa's staat ongeveer 36 km hermeanderd traject (op de kaart staat niet van wanneer tot wanneer, omdat verder alles is gedaan per jaar is aangenomen dat het gaat om de periode t/m 2009). Tussen 2010 en eind 2015 moet nog 12 km extra beekloop hersteld worden, dit betekent dat eind 2013 in totaal ongeveer 44 km beekloop hersteld was.

Sinds 2000 is in het beheersgebied van Waterschap Hunze en Aa's verdeeld over 11 bergingsgebieden ca. 3900 ha bergingsgebied aangelegd waarin maximaal ongeveer 51 miljoen m<sup>3</sup> water kan worden geborgen.

Tijdens hoog water op de boezem kunnen stuwen worden opgezet om water bovenstrooms van de boezem vast te houden. In een gunstig geval kan hiermee ca. 10 miljoen m<sup>3</sup> water worden vastgehouden. Dit is erg afhankelijk van de weersituatie in aanloop naar het hoog water. Als het systeem al vol zit door veel neerslag in de aanloop naar hoog water, dan kan minder water worden vastgehouden. Het gaat echter om bestaande stuwen die worden gebruikt voor het reguliere peilbeheer.

**Waterschap de Dommel** (bron: mon. med. Joost Ossevoort)

Alleen waterberging bij de steden Eindhoven en Den Bosch. Bij Den Bosch is de Bossche Broek gerealiseerd (525 ha) met berging van 8 miljoen kuub. In totaal heeft waterschap De Dommel 720 ha bergingsgebied gecreëerd bij Den Bosch (tabel B1.2 en B1.3). Ervan uitgaande dat de overige 195 ha (720-525) evenveel water kan worden geborgen als in de Bosche Broek, dan kan in totaal  $8 + (8/525 \cdot 195) \cdot 2.97 = 11$  miljoen kuub worden geborgen bij Den Bosch. Daarnaast is in ieder geval 160 ha regionale waterberging gerealiseerd tot 2010. Als we ervan uitgaan dat van de opgave 2010-2015 de helft al was gerealiseerd eind 2013 (160+335), dan gaat in totaal om 495 ha regionale waterberging. Uitgaande van 0,5 m (landelijk gemiddelde volgens Unie van Waterschappen (2007) waterberging op deze 495 ha is in totaal 13,475 miljoen m<sup>3</sup> volume aan waterberging gerealiseerd (11+2,475).

Tabel B1.2

Opgave voor inrichting voor Natuurlijk water. (bron: Waterbeheerplan 2010-2015 - Waterschap De Dommel).

	Doelstelling	Op orde of gerealiseerd	Totale opgave vanaf 2010	Opgave 2010-2015	Opgave na 2015
Inrichting waterlopen	747	177	570	95	475
Meandering*	338	121	217	60	157
Natte natuurzone**	261	25	236	30	206
Natuurvriendelijke oever/ beperkte opgave	148	32	116	5	111
Opheffen visbarrières	144	49	95	36	59

\* Inclusief meestromende waterberging.

\*\* Dit bevat ook trajecten binnen de EHS.

Tabel B1.3

Opgave voor Droge voeten in hectare. (bron: Waterbeheerplan 2010-2015 - Waterschap De Dommel)

	Doelstelling	Op orde of gerealiseerd	Totale opgave vanaf 2010	Opgave 2010-2015	Opgave na 2015
Regionale waterberging (totaal)	950	160	790	670	120
Bescherming van bebouwd gebied	590	70	520	520	0
Bescherming van kwetsbare natuurgebieden	360	90	270	150	120
Hoogwater Den Bosch	720	720	0	0	0





## Bijlage 2 Beheertypen (areaal) en groenblauwelijnvormige elementen en hun geschiktheid als leverancier van natuurlijke vijanden voor de ecosysteemdienst natuurlijke plaagregulatie

Naam_klasse_BNE_kaart	Wegingsfactor	Lijnvormig
Gebouw/Huis	nvt	nvt
Auto(snel)weg	nvt	nvt
Hoofdverbindingroute	nvt	nvt
Lokale weg	nvt	nvt
Verbindingsroute	nvt	nvt
Overige weg >2m	nvt	nvt
Ged. verharde weg	nvt	nvt
Onverharde weg	nvt	nvt
Voetgangersgebied	nvt	nvt
Rijwielpad	nvt	nvt
Parkeerterrein	nvt	nvt
Loofbos	1	0
Naaldbos	0	0
Gemengd bos	0,5	0
Griend	0,5	0
Populierenopstand	0,5	0
Bouwland	nvt	nvt
Weiland	nvt	nvt
Boomgaard	0,5	0
Boomkwekerij	nvt	nvt
Heide	1	0
Zand	nvt	nvt
Overig bodemgebruik	nvt	nvt
Begraafplaats	nvt	nvt
Fruitkwekerij	nvt	nvt
BBG agr Bomenrij of heggen	0,5	1
BBG agrarische sloten	0,5	1
Water (grote oppervlakte)	nvt	nvt
Laagwaterlijn / Droogvallende gr	nvt	nvt
Steenglooiing/krib	nvt	nvt
Aanlegsteiger	nvt	nvt
Extensief beheerde graslanden	1	0
weidevogel graslanden	0,5	0
weidevogel akkers	0,5	0
reservaat akkers	1	nvt
BBG Agrarisch water	0,5	0
BBG stedelijk water	0	0
BBG natuur/bos water	0,5	0
BBG agrarisch bebouwd (erven)	nvt	nvt
BBG agrarisch productie gras	nvt	nvt

Naam_klasse_BNE_kaart	Wegingsfactor	Lijnvormig
Bermgras	0,5	1
gras moeras	1	0
water moeras	0,5	0
waterkant agrarisch gras	0,5	1
BBG natuur of bos sloten	0,5	1
BBG stedelijke sloten	0	1
BBG nat Bomenrij of heggen	0,5	1
BBG sted Bomenrij of heggen	0,5	1
BGG Stedelijk bebouwd	nvt	nvt
BGG Natuur bebouwd	nvt	nvt
IJsselmer/Markermeer	nvt	nvt
Afgesloten zeearm	nvt	nvt
Rijn en Maas	nvt	nvt
Randmeer	nvt	nvt
Spaarbekken	nvt	nvt
Recreatief binnenwater	nvt	nvt
Binnenwater voor delfsto	nvt	nvt
Vloei- en/of slibveld	nvt	nvt
Overig binnenwater	nvt	nvt
Waddenzee, Eems, Dollard	nvt	nvt
Oosterschelde	nvt	nvt
Westerschelde	nvt	nvt
Noordzee	nvt	nvt
Loofbos op zand	1	0
Naaldbos op zand	0	0
Kwelders	0	0
Duinen met een lage vegetatie (<1m)	1	0
Duinen met een hoge vegetatie (>1m)	1	0
Duinheide	1	0
Open stuifzand en/ of rivierzand	nvt	nvt
Heide op zand	1	0
Matig vergraste heide	1	0
Sterk vergraste heide	1	0
Loofbos < 1 ha	1	0
Naaldbos < 1 ha	0	0
Gemengd bos < 1 ha	0,5	0
Griend < 1 ha	0,5	0
Populierenopstand < 1 ha	0,5	0
Loofbos op zand < 1 ha	1	0
Naaldbos op zand < 1 ha	0	0
G-Ged. verharde weg	0,5	1
G-Onverharde weg	0,5	1
G-Bouwland	0	1
G-Weiland	0	1
G-Heide	1	1
G-Extensief beheerde graslanden	1	1
G-weidevogel graslanden	0,5	1
G-weidevogel akkers	0,5	1
G-reservaat akkers	1	1
G-BBG agrarisch bebouwd (erven)	0	0
G-BBG agrarisch productie gras	0	0
G-BBG Stedelijk bebouwd	0	0

## Bijlage 3 Beheertypen en groenblauwe lijnselementen en hun geschiktheid als leverancier van bestuivers

Naam_klasse_BNE_kaart	Wegingsfactor	Hoofd grondgebruik
Gebouw/Huis	0	urbaan
Auto(snel)weg	0	nvt
Hoofdverbindingroute	0	nvt
Lokale weg	0	nvt
Verbindingroute	0	nvt
Overige weg >2m	0	nvt
Ged. verharde weg	0	nvt
Onverharde weg	0	nvt
Voetgangersgebied	0	nvt
Rijwielpad	0	nvt
Parkeerterrein	0	nvt
Loofbos	0	nvt
Naaldbos	0	nvt
Gemengd bos	0	nvt
Griend	0	nvt
Populierenopstand	0	nvt
Bouwland	0	nvt
Weiland	0	nvt
Boomgaard	0,5	agraris
Boomkwekerij	0	nvt
Heide	1	natuur
Zand	0	nvt
Overig bodemgebruik	0	nvt
Begraafplaats	0	nvt
Fruittwekerij	0	nvt
BBG agr Bomenrij of heggen	0,5	agraris
BBG agrarische sloten	0,5	agraris
Water (grote oppervlakte)	0	nvt
Laagwaterlijn / Droogvallende gr	0	nvt
Steenglooiing/krib	0	nvt
Aanlegsteiger	0	nvt
Extensief beheerde graslanden	1	natuur
weidevogel graslanden	0,5	agraris
weidevogel akkers	0,5	agraris
reservaat akkers	1	natuur
BBG Agrarisch water	0,5	agraris
BBG stedelijk water	0	urbaan
BBG natuur/bos water	0,5	natuur
BBG agrarisch bebouwd (erven)	0	nvt
BBG agrarisch productie gras	0	nvt
Bermgras	0,5	agraris
gras moeras	1	natuur
water moeras	0,5	natuur
waterkant agrarisch gras	0,5	agraris
BBG natuur of bos sloten	0,5	natuur
BBG stedelijke sloten	0	agraris
BBG nat Bomenrij of heggen	0,5	natuur
BBG sted Bomenrij of heggen	0,5	agraris

Naam_klasse_BNE_kaart	Wegingsfactor	Hoofd grondgebruik
BGG Stedelijk bebouwd	0	nvt
BGG Natuur bebouwd	0	nvt
IJsselmer/Markermeer	0	nvt
Afgesloten zeearm	0	nvt
Rijn en Maas	0	nvt
Randmeer	0	nvt
Recreatief binnenwater	0	nvt
Binnenwater voor delfsto	0	nvt
Vloei- en/of slibveld	0	nvt
Overig binnenwater	0	nvt
Waddenzee, Eems, Dollard	0	nvt
Oosterschelde	0	nvt
Westerschelde	0	nvt
Noordzee	0	nvt
Loofbos op zand	0	nvt
Naaldbos op zand	0	nvt
Kwelders	0	nvt
Duinen met een lage vegetatie (<1m)	1	natuur
Duinen met een hoge vegetatie (>1m)	1	natuur
Duinheide	1	natuur
Open stuifzand en/ of rivierzand	0	nvt
Heide op zand	1	natuur
Matig vergraste heide	1	natuur
Sterk vergraste heide	1	natuur
Loofbos < 1 ha	0	nvt
Naaldbos < 1 ha	0	nvt
Gemengd bos < 1 ha	0	nvt
Griend < 1 ha	0	nvt
Populierenopstand < 1 ha	0	nvt
Loofbos op zand < 1 ha	0	nvt
Naaldbos op zand < 1 ha	0	nvt
G-Ged. verharde weg	0,5	agrarisch
G-Onverharde weg	0,5	agrarisch
G-Bouwland	0	nvt
G>Weiland	0	nvt
G-Heide	1	natuur
G-Extensief beheerde graslanden	1	natuur
G-weidevogel graslanden	0,5	agrarisch
G-weidevogel akkers	0,5	agrarisch
G-reservaat akkers	1	natuur
G-BBG agrarisch bebouwd (erven)	0	urbaan
G-BBG agrarisch productie gras	0	nvt
G-BBG Stedelijk bebouwd	0	urbaan

# Bijlage 4 CICES 4.3 classificatie

CICES for ecosystem service mapping and assessment					
CICES for ecosystem accounting				Note this section is open in that many class types can potentially be recognised and nested in the higher level classes, depending on the ecosystems being considered.	Note: this section is not complete and for illustrative purposes only. Key components could change by region or ecosystem.
Section	Division	Group	Class	Class type	Examples
<i>This column lists the three main categories of ecosystem services</i>	<i>This column divides section categories into main types of output or process.</i>	<i>The group level splits division categories by biological, physical or cultural type or process.</i>	<i>The class level provides a further sub-division of group categories into biological or material outputs and bio-physical and cultural processes that can be linked back to concrete identifiable service sources.</i>	<i>Class types break the class categories into further individual entities and suggest ways of measuring the associated ecosystem service output.</i>	
Provisioning	Nutrition	Biomass	Cultivated crops	Crops by amount, type	Cereals (e.g. wheat, rye, barley), vegetables, fruits etc.
			Reared animals and their outputs	Animals, products by amount, type	Meat, dairy products (milk, cheese, yoghurt), honey etc.
			Wild plants, algae and their outputs	Plants, algae by amount, type	Wild berries, fruits, mushrooms, water cress, <i>Salicornia</i> (saltwort or samphire); seaweed (e.g. <i>Palmaria palmata</i> = dulse, dillisk) for food
			Wild animals and their outputs	Animals by amount, type	Game, freshwater fish (trout, eel etc.), marine fish (plaice, sea bass etc.) and shellfish (i.e. crustaceans, molluscs), as well as equinoderms or honey harvested from wild populations; Includes commercial and subsistence fishing and hunting for food
			Plants and algae from in-situ aquaculture	Plants, algae by amount, type	In-situ seaweed farming
			Animals from in-situ aquaculture	Animals by amount, type	In-situ farming of freshwater (e.g. trout) and marine fish (e.g. salmon, tuna) also in floating cages; shellfish aquaculture (e.g. oysters or crustaceans) in e.g. poles
		Water	Surface water for drinking	By amount, type	Collected precipitation, abstracted surface water from rivers, lakes and other open water bodies for drinking
			Ground water for drinking		Freshwater abstracted from (non-fossil) groundwater layers or via ground water desalination for drinking

	Materials	Biomass	Fibres and other materials from plants, algae and animals for direct use or processing	Material by amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)	Fibres, wood, timber, flowers, skin, bones, sponges and other products, which are not further processed; material for production e.g. industrial products such as cellulose for paper, cotton for clothes, packaging material; chemicals extracted or synthesised from algae, plants and animals such as turpentine, rubber, flax, oil, wax, resin, soap (from bones), natural remedies and medicines (e.g. chondritin from sharks), dyes and colours, ambergris (from sperm whales used in perfumes); Includes consumptive ornamental uses.
			Materials from plants, algae and animals for agricultural use		Plant, algae and animal material (e.g. grass) for fodder and fertilizer in agriculture and aquaculture;
			Genetic materials from all biota		Genetic material (DNA) from wild plants, algae and animals for biochemical industrial and pharmaceutical processes e.g. medicines, fermentation, detoxification; bio-prospecting activities e.g. wild species used in breeding programmes etc.
		Water	Surface water for non-drinking purposes	By amount, type and use	Collected precipitation, abstracted surface water from rivers, lakes and other open water bodies for domestic use (washing, cleaning and other non-drinking use), irrigation, livestock consumption, industrial use (consumption and cooling) etc.
			Ground water for non-drinking purposes		Freshwater abstracted from (non-fossil) groundwater layers or via ground water desalination for domestic use (washing, cleaning and other non-drinking use), irrigation, livestock consumption, industrial use (consumption and cooling) etc.
		Energy	Biomass-based energy sources	Plant-based resources	By amount, type, source
	Animal-based resources			Dung, fat, oils, cadavers from land, water and marine animals for burning and energy production	
		Mechanical energy	Animal-based energy	By amount, type, source	Physical labour provided by animals (horses, elephants etc.)

Regulation & Maintenance	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals	By amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)	Bio-chemical detoxification / decomposition / mineralisation in land / soil, freshwater and marine systems including sediments; decomposition / detoxification of waste and toxic materials e.g. waste water cleaning, degrading oil spills by marine bacteria, (phyto)degradation, (rhizo)degradation etc.
			Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals	By amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)	Biological filtration / sequestration / storage / accumulation of pollutants in land / soil, freshwater and marine biota, adsorption and binding of heavy metals and organic compounds in biota
		Mediation by ecosystems	Filtration/sequestration/storage/accumulation by ecosystems	By amount, type, use, media (land, soil, freshwater, marine)	Bio-physicochemical filtration / sequestration / storage / accumulation of pollutants in land / soil, freshwater and marine ecosystems, including sediments; adsorption and binding of heavy metals and organic compounds in ecosystems (combination of biotic and abiotic factors)
			Dilution by atmosphere, freshwater and marine ecosystems		Bio-physico-chemical dilution of gases, fluids and solid waste, wastewater in atmosphere, lakes, rivers, sea and sediments
	Mediation of smell/noise/visual impacts			Visual screening of transport corridors e.g. by trees; Green infrastructure to reduce noise and smells	
	Mediation of flows	Mass flows	Mass stabilisation and control of erosion rates	By reduction in risk, area protected	Erosion / landslide / gravity flow protection; vegetation cover protecting/stabilising terrestrial, coastal and marine ecosystems, coastal wetlands, dunes; vegetation on slopes also preventing avalanches (snow, rock), erosion protection of coasts and sediments by mangroves, sea grass, macroalgae, etc.
			Buffering and attenuation of mass flows		Transport and storage of sediment by rivers, lakes, sea

		Liquid flows	Hydrological cycle and water flow maintenance	By depth/volumes	Capacity of maintaining baseline flows for water supply and discharge; e.g. fostering groundwater; recharge by appropriate land coverage that captures effective rainfall; includes drought and water scarcity aspects.
			Flood protection	By reduction in risk, area protected	Flood protection by appropriate land coverage; coastal flood prevention by mangroves, sea grass, macroalgae, etc. (supplementary to coastal protection by wetlands, dunes)
		Gaseous / air flows	Storm protection	By reduction in risk, area protected	Natural or planted vegetation that serves as shelter belts
			Ventilation and transpiration	By change in temperature/humidity	Natural or planted vegetation that enables air ventilation
	Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Pollination and seed dispersal	By amount and source	Pollination by bees and other insects; seed dispersal by insects, birds and other animals
			Maintaining nursery populations and habitats	By amount and source	Habitats for plant and animal nursery and reproduction e.g. seagrasses, microstructures of rivers etc.
		Pest and disease control	Pest control	By reduction in incidence, risk, area protected	Pest and disease control including invasive alien species
			Disease control		In cultivated and natural ecosystems and human populations
		Soil formation and composition	Weathering processes	By amount/concentration and source	Maintenance of bio-geochemical conditions of soils including fertility, nutrient storage, or soil structure; includes biological, chemical, physical weathering and pedogenesis
			Decomposition and fixing processes		Maintenance of bio-geochemical conditions of soils by decomposition/mineralisation of dead organic material, nitrification, denitrification etc.), N-fixing and other bio-geochemical processes;

		Water conditions	Chemical condition of freshwaters	<i>By amount/concentration and source</i>	Maintenance / buffering of chemical composition of freshwater column and sediment to ensure favourable living conditions for biota e.g. by denitrification, re-mobilisation/re-mineralisation of phosphorous, etc.
			Chemical condition of salt waters		Maintenance / buffering of chemical composition of seawater column and sediment to ensure favourable living conditions for biota e.g. by denitrification, re-mobilisation/re-mineralisation of phosphorous, etc.
		Atmospheric composition and climate regulation	Global climate regulation by reduction of greenhouse gas concentrations	<i>By amount, concentration or climatic parameter</i>	Global climate regulation by greenhouse gas/carbon sequestration by terrestrial ecosystems, water columns and sediments and their biota; transport of carbon into oceans (DOCs) etc.
			Micro and regional climate regulation		Modifying temperature, humidity, wind fields; maintenance of rural and urban climate and air quality and regional precipitation/temperature patterns

<b>Cultural</b>	Physical and intellectual interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Physical and experiential interactions	Experiential use of plants, animals and land-/seascapes in different environmental settings	<i>By visits/use data, plants, animals, ecosystem type</i>	<i>In-situ</i> whale and bird watching, snorkelling, diving etc.
			Physical use of land-/seascapes in different environmental settings		Walking, hiking, climbing, boating, leisure fishing (angling) and leisure hunting
		Intellectual and representational interactions	Scientific	<i>By use/citation, plants, animals, ecosystem type</i>	Subject matter for research both on location and via other media
			Educational		Subject matter of education both on location and via other media
			Heritage, cultural		Historic records, cultural heritage e.g. preserved in water bodies and soils
	Entertainment		Ex-situ viewing/experience of natural world through different media		
	Aesthetic	Sense of place, artistic representations of nature			
	Spiritual, symbolic and other interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Spiritual and/or emblematic	Symbolic	<i>By use, plants, animals, ecosystem type</i>	Emblematic plants and animals e.g. national symbols such as American eagle, British rose, Welsh daffodil
			Sacred and/or religious		Spiritual, ritual identity e.g. 'dream paths' of native Australians, holy places; sacred plants and animals and their parts
		Other cultural outputs	Existence	<i>By plants, animals, feature/ecosystem type or component</i>	Enjoyment provided by wild species, wilderness, ecosystems, land-/seascapes
Bequest	Willingness to preserve plants, animals, ecosystems, land-/seascapes for the experience and use of future generations; moral/ethical perspective or belief				





---

# Bijlage 5 Verslag workshops

## **Verslag van de workshop over de Graadmeter Natuurlijk Kapitaal dd 12 oktober 2013**

Aanwezigen: Keimpe Wieringa; Petra van Egmond; Mark van Oorschot; Rob Alkemade; Arjen van Hinsberg; Guus de Hollander; Ron Franken; Arjan Ruijs; Joep.Dirkx; Leon Braat, Kees Hendriks, Dick Melman, Frank Veeneklaas, Carla Grashof, Rene Henkens, Joop van Bodegraven, Jennifer van Kolck, Bart de Knegt.

Er waren drie vragen die hieronder per vraag behandeld worden.

### **Vraag 1: is de indeling van diensten en definities bruikbaar? Door Bart de Knegt.**

- Selectie van diensten (CICES) voor Nederland relevant,
- Niveau van uitspraken: a. per dienst, groep van diensten, b. CICES-niveau 1, 2, 3, 4.
- Aansluiting gekozen indicatoren op CICES-indeling,
- Naamgeving diensten.

Antwoorden naar mate van belangrijkheid (aantal stickers):

Sterke punten:

1. De CICES-indeling van ecosysteemdiensten is goed hanteerbaar als Europese/Mondiale standaard.
  - a. Het geeft een compleet overzicht.
  - b. Kijk er nog eens goed naar en selecteer de diensten die voor Nederland relevant zijn.
    - Energie uit dierkracht is minder relevant, haal deze eruit.
2. De insteek van 20 diensten (CICES niveau 3) is het juiste niveau. 48 diensten is te veel en 8 te weinig.
  - a. Als er per categorie diensten (20) meerdere indicatoren zijn genoemd is het zaak per geval te kijken of je de diensten bij elkaar kunt optellen en delen of dat je moet kiezen tussen een van de indicatoren. Als het indicatoren zijn die (te) verschillend van aard zijn is het gevoel dat je moet kiezen voor één van de indicatoren. In dit geval bijvoorbeeld kiezen voor de indicator die het meest aansluit bij het beleid.

Verbeterpunten:

3. Prioriteer de lijst van ecosysteemdiensten. Ze zijn niet allemaal gelijkwaardig. Prioritering kan volgens verschillende assen gebeuren.
  - a. Monetaire belang
  - b. Areaal wat ingenomen wordt om de dienst te produceren.
  - c. Prioritering kan bijvoorbeeld voor de meest bedreigde.
  - d. Enz.
4. Probeer wel de data op het niveau van de 48 diensten op orde te krijgen. Dan kun je vervolgens aggregaties aanpassen naar gelang de vraag/beleidscontext.
  - a. Die beleidscontext kan bijvoorbeeld zijn dat je clusters maak. Bijvoorbeeld clusters van landbouw: voedsel, plaagbestrijding, bestuiving, bodemvruchtbaarheid, bodemerosie. Klimaatgerelateerde diensten: koolstofvastlegging, temperatuurregulatie. Water gerelateerde diensten: kustbescherming, waterberging, drinkwater enz. Een alternatieve clustering is waar de knelpunten het grootst zijn.
5. Regionaliseer de graadmeter voor bijvoorbeeld agrarisch/natuur/stad, per provincie enz. Dit kan mogelijk ook aangegeven worden in hoeverre de diensten geleverd worden door agrarisch/natuur/stad, per provincie, enz. [Voor een aantal deelnemers was niet duidelijk dat er voor de meeste diensten ook al ruimtelijke beelden zijn gebruikt om tot de uitkomsten te komen.]
6. Geef aan wat de volledigheid/compleetheid is van de indicatoren tov CICES.
7. Geef de interactie binnen en tussen de ecosysteemdiensten weer.

---

## Vraag 2: is het concept zinvol? Door Arjen van Hinsberg.

- -Aanbod in relatie tot vraag/verbruik
- -Trend afgelopen 20-25 jr
- -Schaling diensten naar 100%
- -Berekening, aggregatie
- -Onzekerheden.

### Sterke punten:

- -Algemene instemming over de methode waarin ook naar de vraag wordt gekeken.
- -Sterk punt is de eenvoud van de graadmeter. Behoud dit. Veel verbeterpunten is een vraag naar een 2<sup>e</sup>/3<sup>e</sup> graadmeter die met dezelfde cijfers gemaakt kan worden. **(2 stickers)**
- -Laat de eenvoud sterker terugkomen in de titel: toestand en historische trend **(1 sticker)**
- -Sterk punt is de trend. 20 jr is prima.
- -Schaling van alle diensten naar 100% bevordert de vergelijkbaarheid.

### Verbeterpunten:

- -Bewaak dat het systeem consequent blijft. Nu discussie of 100% niet steeds anders is gekozen.
- -Maak duidelijk dat het gebruik soms collectief is en soms individueel: kortom de vraag verschilt per dienst
- -De term 'vraag' is niet helder. Liever 'nodig' of huidig gebruik'
- -Ook aandacht voor beleidsdoel: niet als 100%. Wellicht erin als extra niveau, anders als aparte graadmeter. **(5 stickers)**
- -het huidige figuur moet meer problematiseren/ actie oproepen (1 sticker).
- -Wellicht in het witte balkje of met streepjes in de balkjes aangeven of er een absoluut tekort is of dat er 'technische' of 'import' is waardoor absoluut tekort wordt opgeheven.
- -gebruik en benoem een systeembegrenzing: bijv oppervlakte nederland of huidige inwoners. Relevant voor titel + berekeningswijze. (door het werken met 1 systeembegrenzing kan ook gewerkt worden met onderling communicerende beleidsdoelen).
- -Sommige vragen/diensten zijn ruimtelijk expliciet. Hou hiermee rekening bij berekening of andere vorm van presentatie. **(3 stickers)**
- -Aandacht voor voorraad/stock: hetzij in deze graadmeter hetzij in een 2<sup>e</sup>. **(2 stickers)**
- -Vraag: wat betekend groen van de balkjes?
- -Aandacht voor duurzaamheid: welk deel is duurzaam geproduceerd. Kan wellicht met groen worden aangegeven in de graadmeter. Anders een xde indicator
- -Gebruik de ordening in de indicator om informatie over te brengen: bijvoorbeeld op belangrijkheid/waarde of duurzaamheid. **(4 stickers)** .
- -Voeg eenheden toe **(2 stickers)**.
- -Aandacht voor validiteit. Heeft ook met bovenstaande punt te maken: hoe compleet beschrijft het getal de dienst. Wellicht klasse van onderbouwing aangeven. Benoem ook die zaken die we niet hebben kunnen doen. **(2 stickers)**.

## Vraag 3: Is de eindfiguur van de Graadmeter Natuurlijk Kapitaal de beste presentatie vorm? Door Petra van Egmond (pm)

- Overzicht gecondenseerd in 1 figuur,
- Helderheid, vorm, legenda,
- Relevantie voor beleid (boodschappen),
- Naamgeving graadmeter (Graadmeter Natuurlijk Kapitaal),

### Sterke punten:

- Geklassificeerd
- Genormaliseerd (1 sticker)
- Toestand & Trends (1 sticker)
- Relatie vraag/aanbod (3 stickers)

---

#### Verbeterpunten:

- Let op met het gebruik van groen in de grafiek als signaalkleur. Het groen gekleurde balkje suggereert dat het goed is (++) , maar is er daar wel sprake van duurzaam gebruik? Hoe erg is het? Zijn er knelpunten? En wat is de trend van het duurzame gebruik?
- Of wat is mogelijk? (1 sticker)
- Een beleidsambitie aangeven. (2 stickers)
- Wit is .... (2 stickers)
  - Substitutiemogelijkheden opnemen(1 sticker)
  - Import
- Stock (ook in relatie met 1<sup>e</sup> punt, duurzaam gebruik)
- Nu is het gepresenteerd als een scala aan losse diensten. Benadruk de samenhang (bundels), maar ook de uitruil of verdringing.
- Ordening aanbrengen, wat gaat de verkeerde kant op, waar liggen kansen voor verbetering.
- Een onderscheid naar stad, landelijk gebied, natuurgebied lijkt zinvol
- Ruimtelijk expliciet maken
- Niet alle (extra vragen) in 1 figuur presenteren.
- Problematiseer: (4 stickers)
  - Hoe belangrijk is de dienst voor het functioneren van het groene deel (dus hoe belangrijk is de ecosysteemdienst waterzuivering voor de totale waterzuivering in Nederland)
  - Is er nog winst te halen aan de vraagkant, dat is nu nl het uitgangspunt
- In deze figuur vervalt de informatie als het aanbod de vraag overtreft! (1 sticker)
- Naamgeving: beter: opbrengst van Natuurlijk Kapitaal (ander woord voor ecosysteemdienst, maar ook opbrengst zodat je het over de flow hebt)

#### Korte samenvatting:

1. Doorbouwen en afmaken van de figuur die er nu ligt. Het is een verbetering tov de UK NEA.
2. CICES-indeling niveau 3 als basis houden. Nog even goed naar de voor NL relevante diensten en indicatoren kijken. Basisdata op lager niveau beschikbaar houden.
3. Geef aan wat de bijdrage is vanuit bijvoorbeeld natuur, landbouw en stad in het leveren van de dienst.
4. Geef aan in hoeverre 'tekorten' aan de dienst worden opgevuld door a. import, b. substitutie (technische maatregelen), c. interen op je natuurlijk kapitaal.
5. Beleidsdoel (als dat er is) aangeven. Er is ook een CBD doel van herstel van 15% van de gedegradeerde ecosystemen.
6. Aangeven in hoeverre de dienst in en buiten Nederland duurzaam wordt geproduceerd.
7. Volgorde van de diensten prioriteren. Bijvoorbeeld naar belang of naar groepen: voedsel gerelateerd, water-gerelateerd, klimaat-gerelateerd of naar monetair belang/oppervlakte om de dienst te leveren.
8. Onzekerheden en compleetheid van de gebruikte indicatoren aangeven.
9. Areaal aangeven waarop de dienst wordt geleverd: bv. landbouw op 60% van het Nederlandse grondoppervlak en verkoeling door groen in de stad in 1% van Nederland (15% van oppervlakte van de stad).
10. Aangeven dat er interactie/relaties zijn tussen de diensten.

---

## **Verslag van de workshop over de Graadmeter Natuurlijk Kapitaal dd 12 oktober 2013**

Aanwezigen: Keimpe Wieringa; Petra van Egmond; Mark van Oorschoot; Arjen van Hinsberg; Guus de Hollander; Ron Franken; Arjan Ruijs; Joep Dirkx; Leon Braat, Kees Hendriks, Dick Melman, Frank Veeneklaas, Katalin Petz, Joop van Bodegraven, Jennifer van Kolck, Bart de Knecht.

Centrale vraag was hoe de urgentie voor het beleid van de resultaten kan worden aangegeven.

Geformuleerde verbeterpunten:

1. Trade offs tussen de diensten zichtbaar maken. Bijvoorbeeld aan de hand van een voorbeeld (landbouw: intensief versus extensieve landbouw)
2. Kleuren van de figuur problematiseren:
  - a. Import: afhankelijkheid van een (slinkend) Natuurlijk Kapitaal elders
  - b. Technisch alternatief: kostenbesparing mogelijk?
  - c. Onvervuld: wordt tekort als zodanig ervaren? Is het erg?  
→ Door middel van iconen
3. Kleurgebruik (signaalkleuren gebruiken)
  - a. Rood = slecht
  - b. Groen = goed
4. Achteruitgang door interen in figuur opnemen
5. Belang van de diensten aangeven. Bijvoorbeeld:
  - a. Ten opzichte van een beleidsdoel
  - b. Baten
  - c. Grootte van het maatschappelijk probleem
6. Uitputting/buitenlandse afhankelijkheid/onbenutte kansen aangeven om de urgentie aan te geven.
7. Beleidsdoel 'No net loss' uit indicator lichten: afname van aanbod
8. Effect van ecosysteemdiensten op biodiversiteit/gezondheid/landbouw/waterbeleid aangeven. Wat draagt het bij (positieve benadering).
9. Een realisistisch haalbaar maximum geven in plaats van 100% vraag zoals het er nu staat. Dan zou je eventueel ook in kunnen vullen door een benchmark ten opzichte van best practices. Waar ligt het evenwicht?
10. Itz-criteria zoals toegepast bij soorten ook voor ecosysteemdiensten aangeven om belang weer te geven. Internationaal, Trend en Zwaarwegendheid.
11. Graadmeter toepassen in de Natuurverkenning. DNA van Denemarken/Duitsland/Frankrijk naast dat van Nederland.
12. Eenvoudiger maken: nu nog te complex.
13. Terminologie consistent houden.
14. Substitutie uitbeelden. Waar gaat het nu om? Wat zijn dan die negatieve effecten?
15. Voor elk balkje een voetnoot maken (nu zijn de verhalen weg):
  - a. Wat is 100%
  - b. Welk deel komt door ecosystemen: uitleggen wat het dan is.
16. Bij presentatie de indicator opbouwen en uitleggen.. 100% referentie is niet altijd nodig.
17. Je ziet dat veel diensten afgewenteld worden op koolstofdioxide.

---

## Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

WOt-Technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl

WOt-Technical reports zijn ook te downloaden via de website [www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu)

---

- 1 Arets, E.J.M.M., K.W. van der Hoek, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.-P. Lesschen (2013). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2013.*
- 2 Kleunen, A. van, M. van Roomen, L. van den Bremer, A.J.J. Lemaire, J-W. Vergeer & E. van Winden (2014). *Ecologische gegevens van vogels voor Standaard Gegevensformulieren Vogelrichtlijngebieden.*
- 3 Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2014). *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA*
- 4 Verburg, R.W., T. Selnes & M.J. Bogaardt (2014). *Van denken naar doen; ecosysteemdiensten in de praktijk. Case studies uit Nederland, Vlaanderen en het Verenigd Koninkrijk.*
- 5 Velthof, G.L. & O. Oenema (2014). *Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Taken en werkwijze; versie 2014*
- 6 Berg, J. van den, V.J. Ingram, L.O. Judge & E.J.M.M. Arets (2014). *Integrating ecosystem services into tropical commodity chains- Cocoa, Soy and Palm Oil: Dutch policy options from an innovation system approach*
- 7 Knecht de, B., T. van der Meij, S. Hennekens, J.A.M. Janssen & W. Wamelink (2014). *Status en trend van structuur- en functiekenmerken van Natura 2000- habitattypen op basis van het Landelijke Meetnet Flora (LMF) en de Landelijke Vegetatie Databank (LVD). Achtergronddocument voor de Artikel 17-rapportage.*
- 8 Janssen, J.A.M., E.J. Weeda, P. Schippers, R.J. Bijlsma, J.H.J. Schaminée, G.H.P. Arts, C.M. Deerenberg, O.G. Bos & R.G. Jak (2014). *Habitattypen in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van oppervlakte representativiteit en behoudsstatus in de Standard Data Forms (SDFs).*
- 9 Ottburg, F.G.W.A., J.A.M. Janssen (2014). *Habitatrichtlijnsoorten in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van populatie, leefgebied en isolatie in de Standard Data Forms (SDFs)*
- 10 Arets, E.J.M.M. & F.R. Veeneklaas (2014). *Costs and benefits of a more sustainable production of tropical timber.*
- 11 Vader, J. & M.J. Bogaardt (2014). *Natuurverkenning 2 jaar later; Over gebruik en doorwerking van Natuurverkenning 2010-2040.*
- 12 Smits, M.J.W. & C.M. van der Heide (2014). *Hoe en waarom bedrijven bijdragen aan behoud van ecosysteemdiensten; en hoe de overheid dergelijke bijdragen kan stimuleren.*
- 13 Knecht, B. de (ed.) (2014). *Graadmeter Diensten van Natuur; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.*
- 14 Beltman, W.H.J., M.M.S. Ter Horst, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J. Deneer (2014). *FOCUS\_TOXSWA manual 4.4.2; User's Guide version 4.*
- 15 Adriaanse, P.I., W.H.J. Beltman & F. Van den Berg (2014). *Metabolite formation in water and in sediment in the TOXSWA model. Theory and procedure for the upstream catchment of FOCUS streams.*



---

#### Thema Balans van de Leefomgeving

Wettelijke Onderzoekstaken

Natuur & Milieu

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T (0317) 48 54 71

E [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl)

ISSN 2352-2739

[www.wageningenUR.nl/  
wotnatuurenmilieu](http://www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu)



De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Economische Zaken te ondersteunen. De WOT Natuur & Milieu werkt aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving, zoals de Balans van de Leefomgeving en de Natuurverkenning. Verder brengen we voor het ministerie van Economische Zaken adviezen uit over (toelating van) meststoffen en bestrijdingsmiddelen, en zorgen we voor informatie voor Europese rapportageverplichtingen over biodiversiteit.

De WOT Natuur & Milieu is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---