



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Biobased alternatieven voor prioritaire stoffen

Een verkennende studie

RIVM briefrapport 000201301/2013
C.A.M. van Helmond et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Biobased alternatieven voor prioritaire stoffen

Een verkennende studie

RIVM Briefrapport 000201301/2013
C.A.M. van Helmond et al.

Colofon

© RIVM 2013

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

C.A.M. van Helmond
E.H.W. Heugens
R.J. Luit
D.T.H.M. Sijm
T.G. Vermeire
C.W.M. Bodar

Contact:
C.W.M. Bodar
Centrum Veiligheid Stoffen en Producten (VSP)
charles.bodar@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht als interne RIVM-opdracht.

Rapport in het kort

Biobased alternatieven voor schadelijke stoffen

De Nederlandse overheid streeft ernaar om vóór 2030 de schadelijkste chemische stoffen uit te bannen en te vervangen door schonere en minder gevaarlijke alternatieven (het prioritair stoffenbeleid). Een mogelijkheid is om stoffen uit biomassa van planten en dieren te halen en daarmee zogeheten biobased stoffen te maken. Naar verwachting kan hiermee zelfs een aantal kankerverwekkende stoffen worden vervangen.

Biobased stoffen

Deze biobased alternatieven worden de komende jaren verder ontwikkeld. Het RIVM heeft geïnventariseerd welke alternatieven er al zijn en heeft tientallen biobased stoffen in kaart gebracht. Deze lijst is niet uitputtend. Daarnaast is een overzicht gemaakt van methoden waarmee de gezondheids- en veiligheidsrisico's voor mens en milieu worden beoordeeld, én de mate waarin de productie en het gebruik van die stof duurzaam is. Niet elke biobased stof is namelijk gezonder of duurzamer dan een stof die van aardolie is gemaakt. Zo zijn sommige biobased stoffen ook giftig, of kan er veel land of water nodig zijn om de grondstoffen te verbouwen.

Beoordelingsmethoden

De bestaande beoordelingsmethoden blijken nogal divers en vaak ingewikkeld. Het streven is om op basis van de huidige methoden een handzame aanpak te ontwikkelen waarmee snel en gemakkelijk de beste stof kan worden gekozen. Daaraan kunnen ook beleidsvoorkeuren worden toegevoegd om het gebruik van bepaalde grondstoffen te stimuleren of te ontmoedigen.

Regelgeving

Hoewel een 'harde' definitie van biobased stoffen vooralsnog ontbreekt, is inmiddels duidelijk dat ze voor de regelgeving als gewone chemische stoffen moeten worden beschouwd. Ze moeten aan dezelfde wettelijke gezondheids- en veiligheidseisen voldoen. In de dagelijkse praktijk van registratie, etikettering en risicobeoordeling blijkt dit niet altijd duidelijk te zijn. Het RIVM licht daarom toe hoe enkele wettelijke regels moeten worden geïnterpreteerd.

Het huidige stoffenbeleid draait vooral om de beoordeling van gezondheid en veiligheid, waarbij REACH ook nadrukkelijk innovatie wil vergroten. Met de opkomst van innovatieve biobased stoffen komen duurzaamheidsaspecten duidelijker in beeld. Een integrale beoordeling geeft een completer inzicht in de voor- en nadelen van stoffen. Het RIVM vindt dat een dergelijke afweging nodig is voor alle, dus niet alleen biobased, stoffen.

Trefwoorden: alternatieve stoffen, biobased stoffen, schadelijke stoffen, beoordelingsmethode, duurzaamheid

ABSTRACT

Biobased alternatives for dangerous chemicals

The Dutch government focuses on banning the most dangerous chemicals before 2030 and replace them by cleaner and less dangerous alternatives (priority chemicals policy). One possibility is to use biomass of plants and animals to produce so-called biobased chemicals. It is expected that even a number of carcinogenic substances can be replaced by those biobased alternatives.

Biobased chemicals

These biobased chemicals will be further developed in the near future. RIVM has explored which alternatives are already present and listed tens of biobased substances. This list is, however, not exhaustive. In addition, a survey is made of methods to assess health and safety risks for man and environment, but also if the production and use of a chemical is sustainable. Not every biobased substance is less dangerous or more sustainable than a petrobased substance. Biobased substances can be toxic, or much land or water can be needed to grow the raw materials.

Assessment methods

The current assessment methods were shown to be diverse and often complicated. It is needed to develop a transparent and usable method for selecting the best option. Policy preferences can be added, for example, to either stimulate or discourage the use of specific raw materials.

Regulation

Although a 'hard' definition of biobased chemicals is still lacking, it is clear that they should comply with the current, legal health and safety criteria for chemicals. In practice, it shows that there can be confusion about the registration, classification and labelling, and risk assessment of biobased chemicals. RIVM elucidates the interpretation of some of these legal aspects.

The current policy frameworks on substances mainly focus on health and safety assessment, although REACH also targets on innovation. The movement towards innovative biobased chemicals asks for more attention on sustainability aspects. An integrated approach results in a more comprehensive picture of the pros and cons of substances. RIVM states that such an assessment is needed for all, not only biobased, chemicals.

Key words: alternative substances, biobased substances, hazardous substances, assessment methods, sustainability

EXECUTIVE SUMMARY

Potential of biobased substances for substitution of priority substances

The actual increase in the production of biobased substances together with the national policy objective to substitute 50 per cent of the priority substances by less harmful substances by 2030, initiated a survey aimed at three subjects: the possibility to substitute priority substances by biobased substances, methodologies for assessing human and environmental risks as well as sustainability of (biobased) substances, and evaluation of the applicability of existing legislation for biobased substances. As a result, a non-exhaustive inventory of biobased substances has been made. Besides that, the state of the art of assessment methodologies is presented and it is indicated if and how biobased substances have been implemented in relevant legislation (especially REACH). The research was based on literature search and interviews with experts.

Biobased substances are chemicals derived from plant or animal biomass. In the report, brief attention is paid to the differences between biobased substances, 'green' chemicals and bioplastics, as well as to the production by genetically modified organisms. Biobased products such as food, paper or textile, are not subject of this study.

Priority substances are selected for policy reasons based on their intrinsic hazardous properties. As a result, substitution of priority substances is possible in three ways:

- One-to-one (direct) substitution with a substance having the same structural formula. This biobased substance however is also a priority substance, only a change from petrobased to biobased origin.
- Direct substitution with a substance having the same structural formula, but without the impurities that determined the priority status of the petrobased chemical.
- With a complete other substance that has the same function (functional substitution). This will lead to full substitution of the priority substance under the assumption that the biobased substitute does not have characteristics making it a priority substance.

The results of the inventory confirm that, at least partly, priority substances can be substituted with biobased substances in a direct or functional way. The actual information however, is insufficient for assessing the quantitative level of substitution of the known priority substances and for indicating the possibilities regarding other priority substances that were not involved in the study. Moreover, in practice substitution also depends on other factors, such as technological feasibility, cost development of both biomass and petrochemical resources and the need for proven functionality of the substitutes.

Compared to petrochemical substances, a biobased substance not necessarily implies less human or environmental risks or a more sustainable substance. The impact of a substance can be determined with an assessment methodology. The present study has resulted in an overview of actual available assessment methodologies and possible available assessment criteria to be chosen from. Worldwide a large number of methodologies is being applied and still under ongoing development. Some methodologies cover the complete lifecycle of a

substance, others only a part of it. Methodologies covering the whole lifecycle are Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Costing (LCC), Social LCA (S-LCA) and Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). These use criteria for human and environmental health and safety, socio-economic criteria and a combination of all these criteria, respectively. In general, methodologies concerning health and safety are more developed than socio-economic and integrated methodologies. As desired, an assessment can be carried out in an extended and accurate way although a large amount of data is needed. On the other hand, a fast screening (quick scan) based on less data can be performed. In the policy on substances, so far an approved integrated methodology is not yet being applied.

The introduction and use of biobased substances has been reported to be hampered by rules and legislation dating from before the upcoming biobased economy. In the present report, a few points of attention are clarified that may cause concern in relation to marketing biobased substances and the REACH provisions:

- REACH has no specific definition for 'biobased substance', but biobased substances are covered by the general definition of a chemical substance. Therefore, biobased substances are within the scope of REACH and may need to be registered.
- Annexes IV, V.7 and V.9 of REACH exempt specific substances, some of which may be biobased, from registration, due to minimal anticipated risks associated with their use. This because of their intrinsic properties.
- Furthermore, Annex V.8 of REACH in general exempts substances occurring in nature from registration requirements if these are not chemically modified, not classified as hazardous and do not meet the criteria for substances of very high concern (REACH art 57).
- Polymers, including biobased polymers, are exempted from REACH registration. Monomers of polymers are subject to registration, meaning that manufacturers or importers of any polymer have the obligation to register the (biobased) monomers and other substances that chemically build up the polymer.
- Substances produced by (genetically modified) organisms are subject to registration, as far as the above mentioned exemptions are not applicable.
- Extracts from biomass usually will be UVCB-substances (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials). These have to be registered, as far as the above mentioned exemptions are not applicable.
- Subject of ongoing discussion are the questions if, in case of direct substitution with a biobased substance, it is allowed to use the registration and information of the petrochemical equivalent, and if the actual required information is sufficient for all biobased substances.

The most important recommendations from this exploratory report are:

- a further analysis of the potency of biobased substances substituting petrobased ones;
- the development of a flexible assessment methodology that can be used in both a quick and extended assessment and in which criteria for human and environmental health, safety, and sustainability can be selected;
- the identification of and clear communication on possible unclarities and adaptations in rules and legislation.

Dankwoord

Dit rapport is opgesteld door Carol van Helmond, daarbij ondersteund door de andere leden van het BBE-kennisteam van het RIVM: Charles Bodar, Dick Sijm, Theo Vermeire, Evelyn Heugens en Richard Luit.

Voor bijdragen binnen het RIVM gaat dank uit naar Emiel Rorije, René van Herwijnen, Julia Verhoeven, Jaap Struijs, Leo Posthuma, Michiel Zijp en Anne Hollander. Daarnaast is voor commentaar op het conceptrapport dank verschuldigd aan Harriëtte Bos (Wageningen UR), Eline van der Hoek (Ministerie van IenM), Mark Huijbregts (Radboud Universiteit Nijmegen) en Martin Patel (Copernicus Instituut Rijksuniversiteit Utrecht).

Inhoud

Samenvatting—13

1 Inleiding—15

- 1.1 Verkennende studie—15
- 1.2 Achtergrond—15
- 1.3 Doelstellingen en onderzoeksvragen—16
- 1.4 Onderzoeksmethode en afbakening—17

2 Definities en omschrijvingen—19

- 2.1 Definiëring biobased stof—19
- 2.2 Omschrijving prioritaire stof—19
- 2.3 Substitutie—20

3 Inventarisatie biobased stoffen en prioritaire stoffen—21

- 3.1 Inleiding—21
- 3.2 Algemene bevindingen—21
- 3.3 Overzicht geïnventariseerde stoffen—22
- 3.4 Toelichting op de resultaten—22

4 Inventarisatie beoordelingsmethodieken voor (biobased) stoffen—27

- 4.1 Inleiding—27
- 4.2 Uitgangspunten bij de inventarisatie—27
- 4.3 Beoordeling milieu en gezondheid met LCA—28
- 4.4 Economische beoordeling met LCC—30
- 4.5 Sociale beoordeling met S-LCA en SIA—31
- 4.6 Integrale beoordeling—33
- 4.7 Andere benadering voor inventarisatie van methodieken—35
- 4.8 Conclusies—35

5 Biobased stoffen in wet- en regelgeving—37

- 5.1 Inleiding—37
- 5.2 Belemmeringen door wetgeving in het algemeen—37
- 5.3 Aandachtspunten in relatie tot REACH—38
- 5.4 Conclusies—40

6 Slotconclusies en aanbevelingen—43

- 6.1 Inleiding—43
- 6.2 Slotconclusies—43
- 6.3 Aanbevelingen—44

7 Referenties—47

- 7.1 Websites—47
- 7.2 Literatuur—47

Bijlage 1 Geraadpleegde deskundigen—51

Bijlage 2 Overzicht biobased stoffen en prioritaire stoffen—52

Bijlage 3 Veelgebruikte LCIA-methoden—61

Bijlage 4 Duurzaamheidsmethodieken en -initiatieven—63

**Bijlage 5 Stoffen met vrijstelling van REACH overeenkomstig Artikel 2, Lid 7a
(Annex IV)—65**

Samenvatting

Naar aanleiding van de actuele opkomst van biobased stoffen en het nationale beleidsdoel om in 2030 50 procent van de prioritaire stoffen te vervangen door minder schadelijke stoffen, is een verkennende inventarisatie uitgevoerd. Deze richtte zich op drie onderwerpen: de mogelijkheid prioritaire stoffen te vervangen door biobased stoffen, methodieken voor risicobeoordeling van (biobased) stoffen op gezondheid en veiligheid van mens en milieu en duurzaamheid, en de relatie van biobased stoffen met wet- en regelgeving. Er is een niet-uitputtend overzicht gemaakt van ruim 100 biobased stoffen. Daarnaast is de stand van zaken betreffende beoordelingsmethodieken gepresenteerd en is benoemd of, en zo ja, hoe biobased stoffen in enkele relevante wetten en regels (met name REACH) zijn opgenomen. De gebruikte onderzoeksmethode is literatuuronderzoek en interviews met deskundigen.

Biobased stoffen zijn chemische stoffen verkregen uit plantaardige en dierlijke biomassa. In het rapport wordt kort ingegaan op het onderscheid met 'groene' stoffen en bioplastics en op productie door genetisch gemodificeerde organismen. In de studie is niet ingegaan op biobased producten in de zin van bijvoorbeeld voedsel, papier of textiel.

In het stoffenbeleid worden prioritaire stoffen geselecteerd op basis van hun intrinsieke eigenschappen. Prioritaire stoffen kunnen daarom in principe op drie manieren door biobased stoffen worden vervangen:

- één-op-één vervanging (directe substitutie) door een stof met dezelfde structuurformule. De biobased stof is dan echter ook prioritair, er is alleen een verschuiving van de petrochemische naar een biobased bron;
- één-op-één vervanging door een biobased stof met dezelfde structuurformule, maar zonder de onzuiverheden die de petrochemische stof prioritair maakten;
- door een volledig andere biobased stof die dezelfde toepassing heeft (functionele substitutie). Dit leidt tot volledige substitutie van de prioritaire stof onder de aanname dat de biobased stof niet zelf aan de criteria voor prioritair voldoet.

De resultaten van de inventarisatie bevestigen dat tenminste een deel van de prioritaire stoffen direct of functioneel door biobased stoffen kan worden vervangen. In hoeverre dit leidt tot het daadwerkelijke verdwijnen van deze prioritaire stoffen en wat de mogelijkheden met betrekking tot niet onderzochte prioritaire stoffen zijn, is echter met de huidige informatie niet vast te stellen. Vervanging is in de praktijk bovendien afhankelijk van andere zaken, zoals technologische haalbaarheid, kostprijsontwikkeling van grondstoffen voor zowel biomassa als de petrochemie en de behoefte aan bewezen functionaliteit van de vervangende stoffen.

Een biobased stof brengt niet per definitie minder risico voor mens of milieu of een grotere duurzaamheid met zich mee in vergelijking met petrochemische stoffen. Duurzaamheid of impact van stoffen kan worden beoordeeld met een beoordelingsmethodiek. De uitgevoerde inventarisatie biedt inzicht in het aanbod van beschikbare beoordelingsmethodieken en de mogelijke keuzen voor de te betrekken beoordelingscriteria. Wereldwijd wordt een breed scala aan beoordelingsmethodieken toegepast en doorontwikkeld. Bepaalde methodieken betrekken de gehele levenscyclus van een stof, andere slechts een gedeelte daarvan. Methodieken die de gehele levenscyclus betrekken zijn Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Costing (LCC), Social LCA (S-LCA) en Life Cycle

Sustainability Assessment (LCSA), welke respectievelijk ingaan op criteria voor veiligheid en gezondheid van mens en milieu, socio-economische criteria en een combinatie van al deze criteria. De methodieken voor beoordeling van gezondheid en veiligheid zijn over het algemeen verder ontwikkeld dan de socio-economische en integrale beoordelingsmethodieken. Een beoordeling kan, al naar behoefte, uitgebreid en met nauwkeurige gegevens worden uitgevoerd, of in een snelle screening (quick scan) op basis van beperkte informatie. In het stoffenbeleid wordt momenteel nog geen geaccordeerde methodiek voor integrale beoordeling toegepast.

Volgens eerder uitgevoerd onderzoek wordt de introductie en toepassing van biobased stoffen soms belemmerd door vigerende wet- en regelgeving. Om te voorkomen dat REACH aan belemmeringen of onduidelijkheden zou kunnen bijdragen, wordt in het onderhavige rapport voor wat betreft enkele aandachtspunten voor verheldering gezorgd:

- 'Biobased stof' is niet letterlijk gedefinieerd in REACH. Biobased stoffen vallen in REACH echter onder de algemene definitie van een chemische stof en zijn daarmee in beginsel registratieplichtig.
- Een aantal specifieke stoffen is vrijgesteld van registratie in REACH, omdat ze vanwege hun intrinsieke eigenschappen naar verwachting niet tot risico's leiden (REACH-bijlagen IV, V.7 en V.9). Een deel daarvan kan biobased zijn.
- Verder zijn in algemene zin stoffen vrijgesteld die uit natuurlijke bronnen worden gewonnen en niet chemisch worden gewijzigd, tenzij deze als gevaarlijk zijn ingedeeld of voldoen aan de criteria voor zeer ernstige zorgstof (REACH-bijlage V.8).
- Polymeren, inclusief biobased polymeren, zijn niet registratieplichtig. De (biobased) monomeer en andere stoffen die worden gebruikt bij de polymeer productie, zijn dat wel, tenzij bovengenoemde uitzonderingen gelden. Dit geldt ook met betrekking tot stoffen die rechtstreeks door (genetisch gemodificeerde) organismen worden geproduceerd.
- Extracten uit biomassa vallen veelal onder de UVCB-stoffen (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials). Voor zover deze stoffen niet onder de bovengenoemde uitzonderingen vallen, dienen deze te worden geregistreerd.
- Nog onderwerp van discussie zijn de vragen of bij directe substitutie door een biobased stof gebruik mag worden gemaakt van de registratie en informatie van de petrochemische variant en of de huidige informatievereisten toereikend zijn voor alle biobased stoffen.

De belangrijkste aanbevelingen uit deze verkennende studie zijn:

- een nadere analyse van de (on)mogelijkheden van biobased stoffen als vervangers van petrochemische stoffen;
- het ontwikkelen van een flexibele beoordelingsmethodiek waarmee al naar behoefte een snelle of uitgebreide beoordeling kan plaatsvinden op te selecteren criteria voor gezondheid, veiligheid en duurzaamheid;
- het signaleren van en heldere communicatie over eventuele onduidelijkheden en aanpassingen in wet- en regelgeving.

1 Inleiding

1.1 Verkennende studie

Dit is een verkennende studie in relatie tot de opkomst van biobased stoffen. De studie gaat in op drie onderwerpen: biobased stoffen als vervangers van prioritair petrochemische stoffen, methodieken voor de beoordeling van (biobased) stoffen en hoe biobased stoffen gereguleerd zijn via wet- en regelgeving.

De studie heeft geleid tot antwoorden op de hieronder gestelde onderzoeksvragen, maar heeft ook nieuwe vragen opgeroepen. Deze zijn vertaald in een aantal aanbevelingen. Al deze bevindingen dragen bij aan een verdergaande uitwerking van het Nederlandse (prioritaire) stoffenbeleid en het inzicht in de rol die biobased stoffen en stofbeoordeling kunnen spelen in het stoffenbeleid en de biobased economy in het algemeen.

1.2 Achtergrond

1.2.1 *Opkomst biobased stoffen*

Biobased stoffen, chemicaliën geproduceerd op basis van hernieuwbare grondstoffen (biomassa), staan volop in de aandacht. In 2011 werd de wereldwijde productie van biobased stoffen en polymeren (exclusief biobrandstoffen) geschat op ca 50 miljoen ton [De Jong et al., 2012]. In vergelijking met 330 miljoen ton aan petrochemische stoffen een relatief beperkt aandeel, maar biobased stoffen zijn bezig met een sterke opkomst. Van deze stoffen wordt verwacht dat ze bijdragen aan een oplossing voor de gevolgen van uitputting en stijgende kosten van fossiele grondstoffen en zorgen om het klimaat. Ook bieden ze een antwoord op de consumentenvraag naar milieuvriendelijke en duurzame producten en dragen ze bij aan een circulaire economie, doordat organische afvalstromen worden ingezet als grondstof voor nieuwe producten. Nieuwe technologische mogelijkheden in bijvoorbeeld de biotechnologie faciliteren de opkomst.

1.2.2 *Risicobeheersing van prioritair stoffen*

Het (inter)nationale stoffenbeleid focust zich op de risicobeheersing van stoffen met bepaalde gevaarseigenschappen, zoals carcinogeniteit of bioaccumulatie. Deze stoffen worden aangeduid als 'prioritair stoffen' of 'zeer zorgwekkende stoffen'. Volgens het Ministerie van IenM [2011] is vervanging (substitutie) van deze stoffen door minder gevaarlijke alternatieven een effectieve maatregel om de milieubelasting te verminderen: als doel voor 2030 wordt nagestreefd om 50 procent van de zeer zorgwekkende stoffen te vervangen door minder schadelijke stoffen. Er wordt verwacht dat innovaties in de biobased economie, een economie gebaseerd op biomassa in plaats van petrochemische grondstoffen, hier een belangrijke bijdrage aan kunnen leveren.

Substitutie door biobased stoffen

Dit roept de vraag op in hoeverre biobased stoffen zouden kunnen bijdragen aan de substitutie van zeer zorgwekkende stoffen en binnen welke termijn verwachtingen kunnen worden ingevuld. Van invloed hierop zijn onder andere de

eigenschappen en toepassingen van een stof, het succes van technologische innovaties, prijsontwikkelingen aangaande olie en biomassa, maar ook de stimulerende dan wel remmende werking van wet- en regelgeving.

Risicobeoordeling van stoffen

Een tweede belangrijke vraag is hoe beoordeeld kan worden of een bepaalde biobased stof een geschikte vervanger is. Gesteld dat de vervangende stof gelijkwaardig is in toepassing, zijn er dan noemenswaardige verschillen vast te stellen ten aanzien van risico's voor mens en milieu, maar ook bijvoorbeeld vanuit het oogpunt van duurzaamheid? In vergelijking met een petrochemische variant brengen biobased stoffen, ondanks hun natuurlijke oorsprong, niet noodzakelijkerwijs minder risico's mee voor mens en milieu. Ook zijn ze niet per definitie duurzamer. Productie van een biobased stof zou bijvoorbeeld gepaard kunnen gaan met een hoger waterverbruik of landgebruik, verplaatsing van risico's naar een ander milieucompartiment, of concurrentie met voedselproductie.

Invloed van wet- en regelgeving

Een derde vraag is wat de invloed van wet- en regelgeving is op de rol die biobased stoffen kunnen spelen bij de substitutie van petrochemische stoffen. Wet- en regelgeving hebben effect op ontwikkelingen in de productie van chemicaliën; productie van bepaalde stoffen wordt ontmoedigd of verboden, terwijl productie van andere stoffen wordt gestimuleerd. Regelgeving die dateert uit de economie gebaseerd op fossiele grondstoffen werkt soms belemmerend voor de overschakeling naar een economie gebaseerd op biomassa. Dit kan worden veroorzaakt door bijvoorbeeld achterhaalde of tegenstrijdige opvattingen, of door onvolkomenheden en onduidelijkheden in wetteksten.

1.3 Doelstellingen en onderzoeksvragen

Dit rapport heeft daarom tot doel helderheid te verschaffen over:

1. De mogelijkheid om prioritaire stoffen te vervangen door biobased alternatieven.
2. De beschikbaarheid en toereikendheid van methodieken voor beoordeling van biobased stoffen en vergelijking met petrochemische varianten.
3. Aandachtspunten in wet- en regelgeving in relatie tot biobased stoffen.

Om aan de doelstelling te kunnen beantwoorden zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Welke biobased stoffen worden momenteel en naar verwachting binnen 20 à 30 jaar geproduceerd?
2. Welke van deze biobased stoffen kunnen prioritaire stoffen vervangen?
3. Is er een relatie met kenmerken van deze biobased en petrochemische stoffen? Beschouwd zijn onder andere productiestappen, stofeigenschappen, toepassing, structuur, ketenlengte en actuele productie dan wel onderzoeksstadium.
4. Welke methodieken voor risico- en duurzaamheidsbeoordeling zijn beschikbaar en in hoeverre zijn deze toereikend voor het beoordelen en vergelijken van petrochemische en biobased stoffen? Wat zijn zonodig (globale) richtingen voor verbetering?
5. Zijn er onduidelijkheden en onvolkomenheden in wet- en regelgeving die invloed hebben op productie en gebruik van biobased stoffen en op het stoffenbeleid en hoe kunnen deze worden weggenomen?

1.4 Onderzoeksmethode en afbakening

Op basis van literatuurstudie en interviews met deskundigen (zie bijlage 1) uit overheid, wetenschappelijke instellingen en het bedrijfsleven is een inventarisatie gemaakt van biobased stoffen en beoordelingsmethodieken voor veiligheid, gezondheid van mens en milieu en duurzaamheid. Voor inzicht in belemmeringen en onduidelijkheden opgeroepen door wet- en regelgeving is aangehaakt op recent onderzoek [Bex en Blank, 2011] en is in het bijzonder de tekst van de REACH-verordening doorgelicht op zaken relevant voor biobased stoffen. Vanwege het verkennende karakter van de studie zijn de inventarisaties niet uitputtend geweest.

Bij de inventarisatie van stoffen is aandacht geweest voor biobased monomeren en polymeren die geheel of gedeeltelijk hun oorsprong vinden in biomassa. Op biobased producten in de zin van bijvoorbeeld voedsel, papier of textiel wordt niet ingegaan. Van de geïnventariseerde biobased stoffen en te vervangen petrochemische stoffen is vastgesteld welke als prioritair worden aangeduid. Dit is gedaan door vergelijking met in Europees verband erkende overzichten van prioritaire stoffen.

2 Definities en omschrijvingen

2.1 Definiëring biobased stof

Op dit moment is er nog geen algemeen gebruikte definitie van 'biobased stof' of, in ruimere zin, 'biobased product'. De definiëring van het begrip biobased product is momenteel onderdeel van discussie. In opdracht van de Europese Commissie worden de komende jaren normen ontwikkeld voor biobased producten. Dit gebeurt door de Europese normcommissie 'CEN/TC 411 Bio-based products', onder voorzitterschap en secretariaat van de Nederlandse normcommissie NEN [www.nen.nl en www.cen.eu]. De voornaamste doelen zijn om normen voor onder andere terminologie, de bepaling van het biobased gehalte, duurzaamheidscriteria en de levenscyclusanalyse van producten vast te leggen.

In de lijn van Bolck et al. [2012] en de USDA (United States Department of Agriculture) [www.biopreferred.gov] wordt in dit rapport onder biobased stof verstaan een chemische stof geheel of gedeeltelijk afkomstig uit biomassa. Onder biomassa wordt verstaan hernieuwbare grondstoffen van plantaardige en dierlijke oorsprong. Een stof die ontstaan is door één of meerdere chemische bewerkingsstappen van een stof afkomstig uit biomassa wordt ook als biobased aangeduid. Dit geldt ook voor stoffen afkomstig uit genetisch gemodificeerde organismen (ggo's).

Biobased stoffen zijn in wezen niets nieuws. Veel chemicaliën werden vroeger aanvankelijk uit biomassa gewonnen, maar door de verkrijgbaarheid van relatief goedkope aardolie vervangen door petrochemisch geproduceerde stoffen. Voor productie van bepaalde stoffen, zoals bijvoorbeeld furfural, is nooit overgeschakeld naar petrochemische productie.

2.2 Omschrijving prioritaire stof

De identificatie van Nederlandse Prioritaire stoffen is verankerd in Europese wetgeving. Voor de identificatie is uitgegaan van de selectiecriteria voor zeer zorgwekkende stoffen. Deze criteria zijn vastgelegd in artikel 57 van de Europese REACH Verordening 1907/2006.

Prioritaire stoffen zijn:

- kankerverwekkend (C);
- mutageen (M);
- giftig voor de voortplanting (R);
- persistent, bioaccumulerend en giftig (PBT);
- zeer persistent en zeer bioaccumulerend (vPvB);
- of van soortgelijke zorg;

en worden in Nederland geproduceerd, gebruikt of in het milieu aangetroffen.

Voor de identificatie van Nederlandse zeer zorgwekkende stoffen worden de volgende Europese wetgeving en verdragen gebruikt als bron:

- stoffen in de EU-CLP Verordening EG1272/2008 geclassificeerd als C, M, en/of R categorie 1A of 1B;
- stoffen op de kandidaatslijst voor REACH Annex XIV (bijvoorbeeld PBT/vPvB);
- gelijkwaardige zorg stoffen in de POP Verordening EG 850/2004;

- prioritair gevaarlijke stoffen in de Kaderrichtlijn Water 2000/60/EG;
- stoffen op de OSPAR lijst voor prioritaire actie.

Als de stof op één van deze bronnen staat en voldoet aan de criteria komt de stof in aanmerking als Nederlandse prioritaire stof. Een stof is pas werkelijk een Nederlandse Prioritaire Stof als deze ook relevant is voor Nederland. Dit houdt in dat een stof in Nederland moet worden geproduceerd of gebruikt, of in het Nederlandse milieu wordt aangetroffen. Voor nadere details over de selectiemethodiek wordt verwezen naar De Poorter et al. [2011].

Het totale aantal stoffen aan te duiden als Nederlandse prioritaire stof bedraagt op basis van deze overzichten bij het verschijnen van dit rapport circa 1200 stoffen of stofgroepen [Ministerie van IenM, 2011].

2.3 Substitutie

Substitutie van stoffen kent een onderscheid in [Patel et al., 2006]:

1. Directe substitutie: één-op-één vervanging, dus vervanging door een stof met dezelfde structuurformule maar van een andere oorsprong, in dit geval biomassa.
2. Functionele substitutie: vervanging door een stof met een andere structuurformule, maar met dezelfde toepassing.

Stoffen worden in REACH en CLP (Classification, Labelling en Packaging) geïdentificeerd en geïdentificeerd op basis van de wijze waarop ze met een bepaalde zuiverheid worden geproduceerd of op de (Europese) markt worden gebracht. Vaak is de stof op zichzelf bepalend voor de classificatie, maar soms is het de onzuiverheid die dit bepaalt. Substitutie van een prioritaire stof is dus in principe mogelijk in geval van:

- Directe substitutie, indien niet de stof zelf maar een onzuiverheid bepalend is voor de classificatie, of wanneer de onzuiverheid in de biobased stof ontbreekt of anders is dan bij de petrochemische variant. Bijvoorbeeld: de CMR-verontreiniging in de petrochemische stof ontbreekt in de biobased stof.
- Functionele substitutie.

Er dient dus altijd te worden vastgesteld of de vervangende biobased stof niet ook om dezelfde of andere redenen als prioritair moet worden aangeduid.

3 Inventarisatie biobased stoffen en prioritaire stoffen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt in antwoord op de eerste drie onderzoeksvragen ingegaan op:

- Biobased stoffen die momenteel en naar verwachting binnen 20 à 30 jaar worden geproduceerd;
- Biobased vervangers van prioritaire stoffen;
- Mogelijke verbanden tussen kenmerken van deze biobased stoffen en vervangbaarheid.

3.2 Algemene bevindingen

Grondstoffen

De belangrijkste grondstoffen uit biomassa waarvan de diverse biobased stoffen gemaakt worden zijn sucrose, zetmeel, cellulose, hemicellulose, lignine, plantaardige oliën zoals palm-, soja-, raap- en lijnzaadolie en dierlijke vetten en oliën. Deze grondstoffen kunnen worden gehaald uit bijvoorbeeld speciaal gekweekte gewassen of algen, maar ook uit snoeiafval, reststromen uit de voedingsindustrie, dierlijke mest of slachtafval. Uit deze grondstoffen worden de basischemicaliën gehaald, waarmee in verschillende biotechnologische en/of chemische processen andere biobased stoffen worden geproduceerd. De belangrijkste basischemicaliën zijn: glucose, fructose, xylose, arabinose, glycerol en vetzuren. Bij deze biotechnologische processen kan gebruik worden gemaakt van genetische modificatie. Ggo's zijn ook in staat om direct de gewenste stoffen te produceren.

Groene stoffen

Een biobased stof is niet hetzelfde als een 'groene stof'. Met 'groene' stoffen wordt meestal bedoeld op duurzamere stoffen of stoffen met minder risico voor mens en milieu in vergelijking met andere stoffen. Uit deze omschrijving volgt dat zowel biobased stoffen als petrochemische stoffen 'groene' stoffen kunnen zijn en vice versa, maar dat dit niet noodzakelijkerwijs zo hoeft te zijn.

Bioplastics

De term 'bioplastics' wordt gebruikt voor biologisch afbreekbare en/of hernieuwbare plastics. In het verleden werd voornamelijk op biologisch afbreekbaar plastic bedoeld, tegenwoordig ligt de focus op het hernieuwbare karakter [Bolck et al., 2012]. Niet elke biobased plastic is biologisch afbreekbaar. Bovendien zijn er petrochemische plastics die wel biologische afbreekbaar zijn.

Bijproducten

Een aantal prioritaire stoffen komt hoofdzakelijk als ongewenste bijproducten van bijvoorbeeld verbrandingsprocessen vrij, zoals PAK's en dioxines. Substitutie is niet specifiek gericht op deze bijproducten, maar een ander productieproces of ander eindproduct kan eventueel wel leiden tot het verminderen of verdwijnen van deze stoffen. Deze categorie van prioritaire stoffen is niet meegenomen in de inventarisatie van stoffen. Ook wanneer wordt uitgegaan van biomassa zouden deze bijproducten kunnen ontstaan. Bovendien bestaat de mogelijkheid

dat andere bijproducten vrijkomen die ook voldoen aan de criteria voor prioritaire stoffen.

Aardolie- en steenkooldestillaten

Volgens de huidige systematiek is een aanzienlijk deel van de prioritaire stoffen minerale oliefracties en steenkooldestillaten. In theorie verdwijnt tenminste een deel daarvan door niet langer aardolie als basisstof voor de chemie te gebruiken, wat een aanzienlijke bijdrage aan de substitutie van prioritaire stoffen zou betekenen.

3.3 Overzicht geïnventariseerde stoffen

De geïnventariseerde biobased stoffen zijn opgenomen in bijlage 2, tabel a en b. Er is onderscheid gemaakt tussen, respectievelijk, directe en functionele substitutie. Met het oog op mogelijke relaties tussen substitutie en stofkenmerken is in de tabellen per biobased stof aangegeven:

- de grondstof (bron) in biomassa;
- het bioraffinageproces, chemische bewerking en/of productie met ggo;
- de lengte van de koolstofketen;
- de voornaamste toepassing;
- of de stof in productie of onderzoek is;
- de literatuurreferentie;
- of de stof prioritair is.

In tabel b is bovendien de te vervangen petrochemische (prioritaire) stof weergegeven.

3.4 Toelichting op de resultaten

3.4.1 Stoffen en prioriteit

Uit bijlage 2 blijkt dat er in dit – niet-uitputtende – onderzoek ruim 100 biobased stoffen zijn aangetroffen waarmee petrochemische stoffen kunnen worden vervangen. Met al deze stoffen is directe substitutie mogelijk, met ruim 20 daarvan ook functionele substitutie. Van de ruim 20 functioneel te vervangen petrochemische stoffen of stofgroepen is een tweetal prioritair, te weten propyleenoxide en stoffen behorend tot de groep van niet nader gespecificeerde (ftalaat-)weekmakers. Van de biobased stoffen behoort een achttal tot de prioritaire stoffen, namelijk acrylamide, acrylonitril, 1,3-butadien, dichloorethaan, ethyleenoxide, isopreen, vinylchloride en epichloorhydrine. Niet bepaald is of de classificatie als prioritair wordt bepaald door de stoffen zelf of door verontreinigingen in de stoffen na productie.

3.4.2 Verband met stofkenmerken

De overkoepelende eigenschap van de biobased stoffen in bijlage 2 is dat het C-H-O-gebaseerde verbindingen betreft, te weten alcoholen, suikers en vetzuren. Ook komt een aantal ethers en esters voor. Niet aangetroffen worden siliciumverbindingen, (zware) metallo-organische verbindingen, dioxineringen, aromatische verbindingen en hetero-aromatische ringsystemen. In bepaalde biobased stoffen is de aromatische ring vervangen door een suikerring, zoals bij de isosorbide-weekmakers die ftalaten vervangen en 2,5- FDCA dat tereftaalzuur vervangt. Aromatische verbindingen worden wel volop aangetroffen in de grondstof lignine. Deze waarnemingen leiden echter niet tot

randvoorwaarden aan de structuur van een stof op basis waarvan die stof een geschikte biobased vervanger van een petrochemische stof zou zijn. De observaties zijn eerder een gevolg van een aantal (economische) randvoorwaarden, namelijk dat de stof in grote hoeveelheden beschikbaar moet kunnen zijn en efficiënt en effectief moet kunnen worden opgewerkt dan wel afgescheiden.

Verder worden de geïnventariseerde stoffen gekenmerkt door een grote diversiteit in ketenlengte, processtappen en toepassing. Enkele stoffen hebben een (vrijwel) exclusieve oorsprong in biomassa, bijvoorbeeld furfural en polymelkzuur (PLA). Een aantal stoffen kan, al of niet exclusief, worden geproduceerd door of met behulp van ggo's, bijvoorbeeld lysine en polyhydroxyalkanaat (PHA). Ook op basis van deze resultaten is het niet mogelijk een verband te leggen tussen deze kenmerken en de mogelijkheid tot substitutie.

De vervangende stoffen hebben soms een beperkter toepassingsbereik, zoals bijvoorbeeld de biobased weekmakers acetyltriethylcitraat en triethylcitraat. Deze zijn door de lagere hittebestendigheid niet in staat om petrochemische weekmakers in elke toepassing te vervangen. Polymelkzuur (PLA) kan in principe PET vervangen, maar door zijn hogere permeabiliteit voor water(damp) niet in verpakkingen waarin waterverlies onwenselijk is [Bolck et al., 2012]. Aanvullende maatregelen zijn dan noodzakelijk, zoals in het laatste geval bijvoorbeeld het aanbrengen van een dun laagje aluminium.

Volledige substitutie van een stof hangt soms af van meerdere productieketens. Productie van de biobased stof methylmetacrylaat bijvoorbeeld, voorkomt dat in een ander petrochemisch proces aceton, hydrocyaanzuur en isobutyleen worden gebruikt. Deze stoffen spelen echter ook in andere productieketens een rol.

3.4.3 *Theoretische vervangbaarheid*

Vanuit technisch oogpunt zouden vrijwel alle industriële materialen met fossiele oorsprong kunnen worden vervangen door hun biobased tegenhanger [Shen et al., 2009]. Dat dit niet gebeurt wordt meestal veroorzaakt door de relatief hoge kosten voor biobased productie, onder andere als gevolg van beperkte schaalgrootte en investeringen in nieuwe technologieën. Ook moet voor nieuwe producten meestal eerst worden aangetoond dat deze in functionaliteit minstens net zo goed presteren als de petrochemische equivalent en dat de milieu-impact lager is [Raschka and Carus, 2012 en De Jong, et al., 2012].

3.4.4 *Representativiteit*

In de geraadpleegde bronnen lag de nadruk op bulkchemicaliën die momenteel worden geproduceerd, of in een dusdanig onderzoeksstadium zijn dat productie in de loop van 20 à 30 jaar reëel wordt geacht. Bulkchemicaliën zijn stoffen die in grote hoeveelheden worden geproduceerd en veelal als bouwstenen voor andere chemicaliën dienen. De resultaten kunnen daarom voor deze stoffen als representatief worden beschouwd. De resultaten geven echter geen beeld van stoffen die in kleiner volume worden geproduceerd en ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld fijnchemicaliën en farmaceutica. Ook is niet ingegaan op mengsels van stoffen aanwezig in plantaardige en dierlijke extracten.

3.4.5 Conclusies

De bevindingen tijdens de inventarisatie van biobased stoffen hebben tot onderstaande conclusies geleid. Ook zijn er nieuwe vragen opgekomen welke in hoofdstuk 6 zijn vertaald in een aantal aanbevelingen.

Biobased stoffen

1. Biobased stoffen zijn net als petrochemische stoffen 'gewoon' chemicaliën, maar ze onderscheiden zich wel van elkaar: biobased stoffen vinden hun oorsprong in biomassa in plaats van aardolie en voor de productie kunnen deels andere bewerkingsstappen nodig zijn. Dit kan gevolgen hebben voor ondermeer (on)zuiverheden en isomerie van de stoffen.
2. Een biobased stof, bijvoorbeeld bio-ethanol, heeft dezelfde identificatie (onder andere CAS-nummer) als de petrochemische variant, in dit voorbeeld ethanol. Wat de structuur betreft is het dus dezelfde stof, de oorsprong en eventueel productiewijze is evenwel anders.
3. Dat een stof biobased is, betekent op zichzelf niet dat deze stof gezonder en veiliger is voor mens en milieu dan een petrochemische stof. Dit wordt bepaald door de intrinsieke eigenschappen en de levenscyclus van de stoffen. Andere onzuiverheden of een andere isomerie kunnen gevolgen hebben voor de risico's van een stof. Productie en gebruik van een biobased stof zou zelfs meer risico kunnen opleveren. Uitsluitel hierover kan worden verkregen door stoffen op basis van vooraf vast te stellen criteria te vergelijken in beoordelingsmethodieken (zie hoofdstuk 4).
4. Een biobased stof is niet hetzelfde als een 'groene' stof. Met 'groen' wordt meestal geduid op een duurzame stof of een stof met minder risico voor mens en milieu. Of een biobased stof als 'groen' kan worden aangeduid, moet worden vastgesteld op grond van zijn intrinsieke eigenschappen en levenscyclus.
5. De biobased oorsprong van een stof zegt niets over biologische afbreekbaarheid of de mogelijkheid tot compostering en recycling. Dit wordt onder andere bepaald door de eigenschappen van de stof. Bovendien bestaan er petrochemische stoffen, die biologisch afbreekbaar, composteerbaar of te recyclen zijn.

Substitutie van prioritaire stoffen

6. Directe substitutie van een petrochemische stof door een biobased stof resulteert qua structuurformule in een chemisch identieke stof. Wordt de prioriteit bepaald door de stof zelf en niet door de onzuiverheden van de stof, dan leidt directe substitutie niet tot het verdwijnen van deze prioritaire stof. Wordt de prioriteit bepaald door onzuiverheden, dan kan een zuiverdere stof of een stof met andere onzuiverheden op basis van biomassa wel resulteren in het vervallen van de classificatie als prioritaire. Omgekeerd zou een onzuiverheid in een biobased stof bepalend kunnen zijn voor prioritering van de vervangende stof.
7. Functionele substitutie van een prioritaire stof door een niet-prioritaire stof draagt in alle gevallen bij aan het beoogde streven van 50 procent reductie van prioritaire stoffen in 2030.
8. Het grootste deel van de geïnventariseerde biobased stoffen betreft C-H-O-gebaseerde verbindingen, te weten alcoholen, suikers en vetzuren. Ook komt een aantal ethers en esters voor. Deze stoffen zijn divers van aard: met korte en lange koolstofketens, met verschillende toepassingen en geproduceerd door – al of niet genetisch gemodificeerde – micro-organismen of met behulp van één of meer chemische bewerkingsstappen.

9. Biobased stoffen kunnen in theorie vrijwel alle petrochemische stoffen vervangen. In de praktijk is dit echter niet haalbaar, onder andere vanwege grenzen aan beschikbare biomassa voor toepassing in (dier)voeding, (fijn)chemicaliën, energie en biobrandstoffen, kostenfluctuaties voor biomassa en niet-hernieuwbare grondstoffen, technologische beperkingen bij de productie en beperktere functionaliteit van bepaalde biobased stoffen.
10. De resultaten van deze verkennende studie zijn te beperkt om harde conclusies te trekken over het (toekomstig) aantal door biobased stoffen te vervangen prioritaire petrochemische stoffen. De voornaamste redenen zijn dat hoofdzakelijk bulkchemicaliën zijn beschouwd en geen fijnchemicaliën en farmaceutica en dat niet is beschouwd waar de prioriteit door wordt bepaald.

4 Inventarisatie beoordelingsmethodieken voor (biobased) stoffen

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de onderzoeksvraag of de huidige methodieken voor risico- en duurzaamheidsbeoordeling toereikend zijn voor het beoordelen en vergelijken van petrochemische en biobased stoffen en wat zonedig (globale) richtingen voor verbetering zijn. Om de methodieken beter op waarde te kunnen schatten, wordt tevens kort ingegaan op de algemene theoretische achtergrond van beoordelingsmethodieken.

Gezien de actualiteit van ontwikkelingen en de grote hoeveelheid al of niet algemeen erkende methodieken, pretenderen de resultaten niet volledig te zijn.

Methodieken voor beoordeling van de technologische functionaliteit van stoffen maken geen deel uit van de inventarisatie.

4.2 Uitgangspunten bij de inventarisatie

4.2.1 *Beoordelingscriteria*

Prioritaire stoffen worden als zodanig benoemd op basis van een aantal criteria voor gezondheid en veiligheid van mens en milieu. Vergelijking van alternatieve stoffen op basis van deze criteria kan in principe leiden tot voldoende onderbouwing voor substitutie. Leidt substitutie echter niet tot een stof zonder de kwalificatie prioritair, dan kunnen er toch beleidsargumenten zijn om een dergelijke substitutie te verkiezen. Deze argumenten kunnen worden onderbouwd door verschillen vast te stellen in bijvoorbeeld gebruik van niet-hernieuwbare grondstoffen, energiegebruik bij productie, het ontstaan of juist uitblijven van bepaalde bij- of tussenproducten, maar ook productiekosten, productielocatie en het aantal en soort werknemers dat gemoeid is met de productie. Het meest complete beeld wordt verkregen door stoffen op duurzaamheid te beoordelen, waarbij de relevante criteria voor veiligheid en gezondheid van mens en milieu én sociaal-economische gevolgen worden betrokken. Dit wordt ook wel aangeduid als de triple bottomline van duurzaamheid: *people, planet, profit*.

4.2.2 *Complete levenscyclus*

Uit het bovenstaande blijkt dat het bij vergelijking van biobased en petrochemische stoffen ontoereikend kan zijn om alleen naar de gebruiksfase te kijken. Essentiële verschillen met bijbehorende gevolgen kunnen zich immers op meerdere momenten in de gehele levenscyclus voordoen. Hieronder wordt daarom ingegaan op methodieken die de mogelijkheid bieden de gehele levenscyclus te betrekken:

- Life Cycle Assessment (LCA);
- Life Cycle Costing (LCC);
- Social LCA (S-LCA);
- Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA).

4.3 Beoordeling milieu en gezondheid met LCA

Een Life Cycle Assessment of LevensCyclusAnalyse (LCA) is een gestructureerde methode om de impact van een product op de gezondheid van mens en milieu te bepalen over de gehele levensloop, van grondstofwinning via productie naar gebruik en afvalstadium. De uitkomst van een LCA is een 'scorelijst' met effecten op mens en milieu. Onder product wordt eveneens verstaan een materiaal of dienst [o.a. UNEP/SETAC, 2012]. In de context van dit rapport valt hier ook een (biobased) stof onder.

4.3.1 LCA-standaard

LCA-studies gaan gepaard met veel keuzes en aannames, zoals welke processen worden betrokken, welke informatiebronnen worden geraadpleegd en welke (reken)methodes worden gebruikt. Deze keuzes bepalen de resultaten van een studie en de kwaliteit ervan. In samenwerking tussen overheid, wetenschap en bedrijfsleven zijn door de ISO (International Standardization Organization) standaarden ontwikkeld, ISO14040 en ISO14044 [ISO, 2006 en 2006a]. Deze ISO-standaarden zijn op zichzelf geen LCA-methoden, maar bevatten richtlijnen voor de uitvoering van LCA-studies. Toepassing van de richtlijnen is aan de gebruiker zelf. Er wordt geen accreditatie verleend.

4.3.2 Onderdelen LCA

Een LCA conform de ISO-standaard omvat vier fases:

1. Vaststellen van het doel en de reikwijdte dan wel afbakening van de studie.
2. Life Cycle Inventory (LCI): inventarisatie van alle gegevens over grondstofgebruik en emissies naar het milieu over de in fase 1 geselecteerde onderdelen van de levenscyclus.
3. LCIA (Life Cycle Impact Assessment): berekening van de milieu-impact op basis van de LCI-resultaten. Dit gebeurt met een te kiezen impact assessment-methode.
4. Interpretatie: vertaling van de resultaten naar aanbevelingen voor besluitvorming en strategie.

De eerste drie fasen worden hieronder nader toegelicht.

Fase 1: Doel en reikwijdte

In deze fase wordt het doel van de LCA vastgesteld, bijvoorbeeld het vergelijken van de milieuprestaties van een biobased stof en een petrochemische variant. Bij het bepalen van de reikwijdte van het onderzoek wordt de levenscyclus van de stoffen in detail beschreven en worden de systeemgrenzen vastgesteld. Ook wordt bepaald welke informatiebronnen, rekenmethodiek en functionele eenheid worden gehanteerd en wordt een relevante selectie gemaakt uit de beschikbare impact-categorieën. Met betrekking tot de systeemgrenzen wordt bijvoorbeeld bepaald of de gebruiksfase en afvalfase wel of niet in de studie worden betrokken. De functionele eenheid beschrijft de functie die een product vervult in kwalitatieve en kwantitatieve zin, evenals de levensduur. (Bijvoorbeeld niet de vergelijking per liter verf, maar per beschilderd oppervlak over 10 jaar; één liter dubbeldekkende verf heeft vermoedelijk een andere impact dan één liter 'gewone' verf). Impact-categorieën kunnen worden onderverdeeld op twee abstractieniveaus: midpointniveau, ook wel aangeduid als probleemgeoriënteerde benadering en endpointniveau, ook wel aangeduid als schadegeoriënteerde benadering. De meest gebruikte impact-categorieën op midpointniveau zijn klimaatverandering, vorming broeikasgas, afbraak ozonlaag,

eutrofiëring, verzuring, humane toxiciteit, ecotoxiciteit, vorming fijn stof, ioniserende straling, fotochemische oxidantvorming, biodiversiteit, energiegebruik, watergebruik, landgebruik, grondstofgebruik en geluid. De meest gebruikte impact-categorieën op endpointniveau zijn menselijke gezondheid, uitputting natuurlijke hulpbronnen en ecosysteemkwaliteit.

Fase 2: Life Cycle Inventory

Tijdens deze fase worden zo veel mogelijk input- en outputgegevens per impact-categorie verzameld. Dit kunnen specifieke bedrijfsgegevens zijn, maar omdat deze soms moeilijk of niet verkrijgbaar zijn, wordt ook gebruik gemaakt van standaardgegevens. Wanneer niet alle benodigde data beschikbaar zijn, kan gebruik worden gemaakt van gemiddelden uit publieke databases. Veel gebruikte databases zijn ELCD, Ecoinvent, Nationale Milieudatabase (NMD) en GaBi.

Fase 3: Life Cycle Impact Assessment

In de Life Cycle Impact Assessment (LCIA) worden de resultaten uit de LCI vertaald naar de impact-categorieën. Dit gebeurt met een LCIA-methode. Er bestaan diverse LCIA-methoden, die ieder in meer of mindere mate de bovengenoemde impact-categorieën betrekken. Een LCIA bevat vier stappen:

1. Classificatie: het koppelen van bronnen en emissies aan de impact-categorieën van het midpoint- en/of endpointniveau.
2. Karakterisering: het kwantificeren van de impact.
3. Normalisatie: vergelijking van de resultaten met een referentie.
4. Weging en aggregatie: toekennen van gewicht aan de verschillende impact-categorieën en samenvoeging van de resultaten.

Er is wereldwijd een groot aanbod van LCIA-methoden. Door het Joint Research Centre van de EU is, voortbouwend op de ISO-standaarden, een handleiding opgesteld voor het uitvoeren van een LCIA, het zogenaamde ILCD Handbook (ILCD = International Reference Life Cycle Data System). Deze handleiding bestaat uit een serie rapporten, waarin een aantal veelgebruikte LCIA's (zie bijlage 3) worden geanalyseerd en waarin aanbevelingen voor de toepassing worden gedaan [European Commission – Joint Research Centre, 2010 en 2011].

4.3.3 *Belang van elke LCA-fase*

Beslissingen in elke LCA-fase hebben een eigen invloed op de uitkomst. Een voorbeeld illustreert dit: In de LCIA-fase vindt karakterisering, dus het kwantificeren van de impact, plaats met behulp van rekenmodellen. Ook van deze rekenmodellen bestaat een grote diversiteit, waarop in deze inventarisatie overigens niet is ingegaan. Simplebox bijvoorbeeld, een veelgebruikt model voor kwantificering van de concentraties van stoffen in het milieu, gebruikt als input bijvoorbeeld fysisch-chemische gegevens uit laboratoriumtesten, zoals wateroplosbaarheid en dampspanning. Er kunnen in de praktijk geen, veel of weinig betrouwbare gegevens beschikbaar zijn. De uitkomst van een al of niet beschikbare laboratoriumtest bepaalt daardoor naast alle andere betrokken parameters mede de uitkomst van een LCA-studie.

Het is dus van belang te realiseren dat een methodiek, hoe uitgebreid ook, een model is van een complexe realiteit waarbij ontbrekende gegevens, subjectieve keuzen en onzekerheden van invloed zijn op de uitkomst. Het herkennen van onzekerheden en zo mogelijk kwantificering daarvan onderbouwt de uitkomsten van een LCA.

4.3.4 *Full LCA en screening LCA*

Afhankelijk van onder andere het doel van de LCA-studie, de beschikbare informatie en de beschikbare tijd en financiële middelen is er keuze tussen een uitgebreide, ISO-compatibele studie, aangeduid als full LCA, of een verkorte versie daarvan, de screening LCA. De full LCA maakt gebruik van peer reviews en specifieke gegevens in plaats van algemene informatie en kentallen. Een screening LCA wordt gebruikt om cruciale onderdelen van een levenscyclus vast te stellen en maakt meestal gebruik van algemene informatie. Op basis van een screening LCA kan worden besloten alsnog een full LCA uit te voeren. Screening van veel impact-categorieën met ieder beperkte invoerdata en screening van slechts enkele impact-categorieën met ieder meer en nauwkeurigere invoerdata kunnen overigens sterk verschillende uitkomsten opleveren. Een voorbeeld van in Nederland ontwikkelde LCA-software waarmee zowel een full LCA als een screening LCA kan worden uitgevoerd is het wereldwijd gebruikte SimaPro [Goedkoop et al., 2010]. Een voorbeeld uit de USA/Canada is GreenScreen For Safer Chemicals [www.cleanproduction.org].

4.3.5 *Voorbeeld actuele ontwikkeling LCIA: LC-IMPACT*

Met LC-IMPACT wordt beoogd LCIA-methoden op een coherente en wetenschappelijk verantwoorde wijze te ontwikkelen en verbeteren [www.lc-impact.eu]. Hierbij wordt samengewerkt tussen diverse internationale wetenschappelijke instellingen, overheden en bedrijven. De coördinatie is in handen van de Radboud Universiteit. De belangrijkste doelstellingen van LC-IMPACT zijn:

1. Ontwikkeling van nieuwe risicobeoordelingsmethodieken voor impact-categorieën die zelden of niet zijn inbegrepen in LCIA's en categorieën met grote onzekerheden bij modellering, zoals landgebruik, waterverbruik, gebruik van hulpbronnen of lawaai.
2. Realiseren van karakterisatiefactoren voor landgebruik, waterverbruik, toxiciteit, luchtverontreiniging en nutriënten.
3. Voorzien in kwantitatieve informatie over diverse bronnen van onzekerheid in de LCIA's en de daarbij behorende normalisatiefactoren.

LC-IMPACT bouwt voort en is aanvullend op de bovenbeschreven ontwikkelingen in Europees verband. Er wordt gebruik gemaakt van bestaande methodieken, maar er worden ook nieuwe technieken ontwikkeld.

4.4 **Economische beoordeling met LCC**

Life Cycle Costing (LCC) is een aggregatie van alle kosten die gerelateerd zijn aan een product over de gehele levenscyclus, van brononttrekking via gebruik tot en met het afvalstadium [o.a. UNEP/SETAC, 2012]. Over geschikte methodieken voor LCC is al meer dan tien jaar discussie. Op dit moment is er nog geen ISO-standaard voor LCC, maar het doel is deze te ontwikkelen. SETAC heeft daartoe richtlijnen en een 'code of practice' opgesteld [Swarr et al., 2011]. Net als een LCA wordt een LCC volgens deze richtlijnen in vier stappen uitgevoerd:

1. vaststellen doel en reikwijdte;
2. inventarisatie van kosten per kostencategorie;
3. aggregatie van de kosten met een berekeningsmethode;
4. interpretatie van de resultaten.

Voorbeelden van kostencategorieën zijn grondstoffen, onderzoek, arbeid, transport, onderhoud, energie en afvalverwerking. Voorbeelden van LCC-methodieken volgens bovenstaande richtlijnen zijn LIME en de methodiek beschreven in Hunkeler et al. [2008].

Aandachtsgebieden voor toekomstig onderzoek zijn definiëring van kostencategorieën, databeschikbaarheid en beoordeling van de kwaliteit en betrouwbaarheid van data.

4.5 Sociale beoordeling met S-LCA en SIA

Hieronder wordt ingegaan op ontwikkelingen in methodieken voor het vaststellen van invloed op sociale factoren. Ingegaan wordt op Social-LCA (S-LCA), methodieken waarin de complete levenscyclus wordt beschouwd en op Social Impact Assessment (SIA), methodieken waarin beschouwing van de gehele levenscyclus niet expliciet is genoemd, maar in principe wel mogelijk is.

Ook over vaststelling van de impact op sociale factoren is al jaren discussie en ontwikkelingen daarin zijn tot dusver achtergebleven. Bovendien zit er een groot gat tussen theorie en praktijk [European Commission, 2009]. Dit komt niet in de laatste plaats doordat het hier op LCA geïnspireerde methodieken betreft, terwijl in de sociale wetenschap over het algemeen gewerkt wordt met participatie van stakeholders. S-LCA- en SIA-methodieken kunnen zowel kwalitatief als kwantitatief zijn. Over het algemeen wordt er vanuit gegaan dat een mix van beide moet worden gehanteerd. De kwalitatieve benadering kan dan plaatsvinden op basis van relatief eenvoudige gegevens, of op basis van zeer complexe modellen waarvoor zeer veel data nodig zijn. Berekenen van sociale impacts wordt beschouwd als veel lastiger en kostbaarder dan milieu- en economische impacts.

4.5.1 S-LCA

S-LCA heeft tot doel de sociale en socio-economische aspecten van producten en hun positieve en negatieve invloed gedurende de gehele levenscyclus te beoordelen. Wat wordt beoordeeld zijn die aspecten die directe of indirecte invloed op stakeholders kunnen hebben, zoals gedrag van bedrijven, socio-economische processen en sociaal kapitaal [o.a. UNEP/SETAC, 2012]. Door deze definitie wordt overigens de grens tussen specifieke sociale factoren en specifieke economische factoren vervaagd.

UNEP/SETAC heeft richtlijnen opgesteld die voorstellen om S-LCA conform ISO 14040 uit te voeren, echter wel met enige aanpassing [UNEP/SETAC, 2009]. Net als een LCA wordt een S-LCA volgens deze richtlijnen uitgevoerd in vier stappen:

1. vaststellen doel en reikwijdte;
2. inventarisatie van gegevens;
3. impact assessment met S-LCIA;
4. interpretatie van de resultaten.

Met betrekking tot de reikwijdte is het bijvoorbeeld van belang vast te stellen welke productieketens relevant zijn, welke tijdschaal wordt beschouwd en wat de geografische schaal is. De gebruikte gegevens in een S-LCA worden onderverdeeld in stakeholder-categorieën en subcategorieën:

- Arbeiders/personeel. Voorbeelden van subcategorieën:
 - kinderarbeid;
 - werktijden;
 - gezondheid en veiligheid.
- Locale gemeenschap. Voorbeelden van subcategorieën:
 - veilige leefomstandigheden;
 - toegang tot materiële bronnen;
 - beschikbaarheid banen.
- Samenleving (landelijk en wereldwijd). Voorbeelden van subcategorieën:
 - technologische ontwikkeling;
 - onderschrijving van duurzaamheidskwesties;
 - corruptie.
- Consumenten. Voorbeelden van subcategorieën zijn:
 - gezondheid en veiligheid;
 - transparantie.
- Andere actoren in de waardeketen (bijvoorbeeld leveranciers van alternatieven). Voorbeelden van subcategorieën:
 - eerlijke competitie;
 - promotie van maatschappelijke verantwoordelijkheid;
 - onderlinge relaties.

Desgewenst kan een onderverdeling in een categorie tussen de stakeholder-categorie en de subcategorie worden gemaakt, de impact-categorie. Voorbeelden van impact-categorieën zijn mensenrechten, arbeidsomstandigheden en gezondheid en veiligheid.

In de UNEP/SETAC-rapporten [2009 en 2012] worden geen S-LCIA-methoden gepresenteerd. Experts worden opgeroepen deze te ontwikkelen op basis van de richtlijnen. Voorbeelden in dit kader zijn het onderzoek van Benoît et al. [2007] en toepassing van S-LCA in Tsurukawa et al. [2011] en Ciroth and Franze [2011].

4.5.2 SIA

In European Commission [2009] zijn richtlijnen opgesteld voor uitvoering van Social Impact Assessment (SIA)-methodieken. In de richtlijnen worden de volgende beleidsdomeinen betrokken:

- werkgelegenheid en arbeidsmarkt;
- sociale betrokkenheid en bescherming van bepaalde groepen;
- gelijke behandeling, gelijke kansen en non-discriminatie;
- sociale veiligheid, gezondheid en scholing;
- volksgezondheid en veiligheid.

Te beschouwende impacttypen zijn onder andere creatie of verlies van banen, verandering in werkomstandigheden, inkomensverdeling en toegang tot goederen en diensten. Groepen waaraan volgens de richtlijnen aandacht zou moeten worden besteed zijn bijvoorbeeld mannen en vrouwen, regionale groepen, kinderen en minderheden. Voor toe te passen modellen wordt in de richtlijnen verwezen naar de website van het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Commissie.

In opdracht van de EU, DG Employment, Social Affairs and Equal Opportunities is een review uitgevoerd naar een selectie van methodieken voor assessment van social impacts [ECORYS, 2010]. Deze methodieken zijn:

- model family analysis;
- micro-simulation, bijvoorbeeld EUROMOD;
- partial equilibrium models, bijvoorbeeld SAM-Leontief;
- macro-econometric models, bijvoorbeeld HERMES, EU HERMIN en REMI-NEI;
- Computable General Equilibrium (CGE) models, bijvoorbeeld MAMor2, VERM, REGFIN en RAEM.

4.6 Integrale beoordeling

Hieronder wordt ingegaan op beoordelingsmethodieken die bovenstaande methodieken combineren tot een integrale benadering.

4.6.1 LCSA

Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) is de combinatie van LCA, LCC en S-LCA [UNEP/SETAC, 2012]. UNEP/SETAC [2012] geeft algemene aanbevelingen over hoe een LCSA tot stand te brengen. Aanbevolen wordt de ISO-standaarden te volgen. Voordat LCSA betrouwbaar en in overeenstemming kan worden toegepast zijn echter op alle onderdelen nog diverse ontwikkelingen nodig.

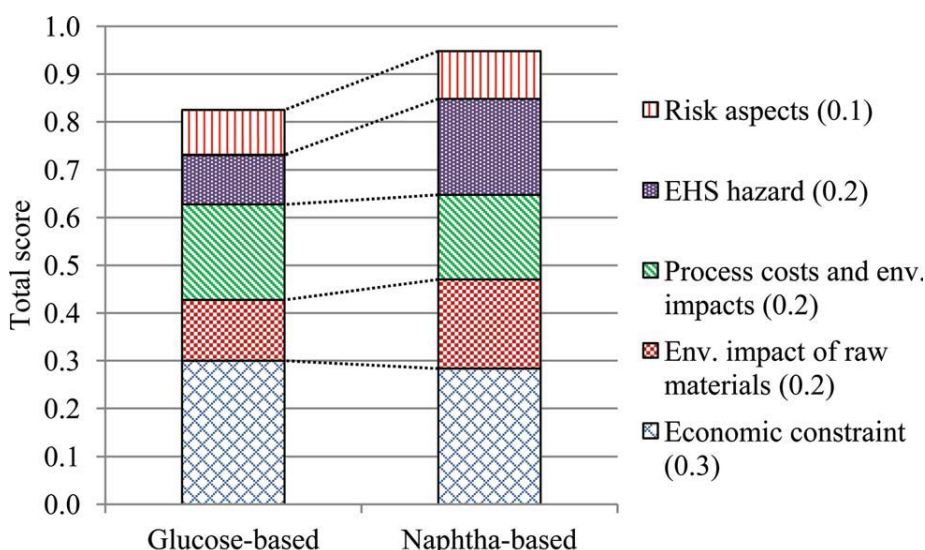
4.6.1.1 Voorbeelden actuele ontwikkelingen LCSA

PROSUITE

PROSUITE is gericht op de ontwikkeling en toepassing van een gestandaardiseerde methodiek voor beoordeling van duurzaamheid van actuele en toekomstige technologieën [www.prosuite.org]. Er worden daartoe methoden ontwikkeld voor beoordeling van zowel de milieu-impact, als ook de (macro-)economische en sociale impact. PROSUITE is een internationale samenwerking tussen wetenschappelijke instellingen, overheden en bedrijven. De coördinatie is in handen van het Copernicus Instituut van de Universiteit van Utrecht. De methoden zullen in de toekomst in een open source via internet voor iedereen toegankelijk zijn. Ze zullen toepasbaar zijn op zowel doorontwikkelde technologieën als ook op nieuw opkomende technologieën. Diverse knelpunten voor zowel de technieken als de te gebruiken data moeten nog worden opgelost.

Quick scan 'early stage'

Een voorbeeld van een quick scan (screening LCA) in de lijn van PROSUITE is beschreven in Patel et al. [2012]. Het doel van deze studie is om een methodiek te ontwikkelen waarmee in het laboratoriumstadium ('early stage') is vast te stellen welke van de twee productieprocessen te verkiezen is, petrochemisch of biobased. Door gekozen criteria te variëren, kan deze methodiek evenwel ook worden ingezet voor andere doelen. In de studie is de productie van biobased 1,3-butadieen vergeleken met petrochemisch 1,3-butadieen. In de beoordeling zijn criteria voor duurzaamheid (energie en broeikasgassen), veiligheid en gezondheid van mens en milieu en economische criteria meegewogen. Figuur 4.1 is illustratief voor de uitkomst van een studie zoals deze. Hierin is de eindscore voor alle criteria samengebracht, waarbij in dit geval te concluderen is dat biobased 1,3-butadieen een gunstigere eindscore heeft dan de petrochemische equivalent.



Figuur 4.1 Vergelijking van biobased en petrochemisch 1,3-butadien
Bron: Patel et al. [2012].

4.6.2

SEA onder REACH

De REACH-verordening schrijft voor dat in het geval een chemische stof in aanmerking komt voor autorisatie of restrictie, in veel gevallen de gevolgen daarvan in een breder kader dan alleen de impact op de gezondheid van mens en milieu dienen te worden beschouwd. Er dient dan tevens een sociaal-economische analyse (SEA) te worden uitgevoerd. De European Chemical Agency (ECHA) van de EU heeft richtlijnen opgesteld voor de uitvoering van deze SEA [ECHA, 2008]. Deze richtlijnen sluiten aan op de richtlijnen in European Commission [2009]. De SEA-richtlijnen volgen op hoofdlijnen de door de EU geadviseerde fasering, zij het dat een iets andere indeling wordt gehanteerd:

- fase 1: Doelstelling van de SEA;
- fase 2: Vaststellen van de reikwijdte/afbakening;
- fase 3: Inventarisatie en assessment;
- fase 4: Interpretatie en conclusies;
- fase 5: Presentatie van de resultaten.

De benaming SEA impliceert dat het alleen een analyse betreft van sociale en economische factoren. Beoordeling van de impact op de gezondheid van mens en milieu wordt evenwel ook meegenomen in de richtlijnen, omdat deze (deels) mede van invloed zijn op de sociale omstandigheden. Er worden geen impact-assessmentmethodieken voorgeschreven. Het is aan de toepasser om op basis van zijn doelstelling (fase 1) de methodiek te kiezen die het gewenste detailniveau heeft.

In Verhoeven et al. [2012] wordt binnen dit SEA-kader een methodiek voorgesteld voor beoordeling van de impact op het milieu. In het betreffende rapport wordt echter niet ingegaan op gevolgen voor de gezondheid en veiligheid van de mens en ook niet op sociale en economische factoren. De beschreven methodiek is nog in ontwikkeling.

4.7 Andere benadering voor inventarisatie van methodieken

Het RIVM heeft eerder in samenwerking met het Landbouw-Economisch Instituut (LEI) van de WUR een overzicht gemaakt van methodieken en initiatieven in relatie tot duurzaamheid [www.metenvanduurzaamheid.nl]. Deze benadering maakt onderscheid tussen methodieken en, als zodanig aangeduid, duurzaamheidsinitiatieven. Hierbij wordt een indeling gehanteerd op basis van het doel waarvoor ze zijn ontwikkeld:

- Oordelen: Inzicht geven in de ontwikkeling in de tijd en hierover oordelen.
- Richting geven: Inzicht geven in hoe een methodiek ontwikkeld dient te worden.
- Beschrijven: Inzicht geven in de situatie op één moment.
- Monitoren: Inzicht geven in de ontwikkeling in de tijd.

De methodieken en initiatieven zijn opgenomen in bijlage 4. Met betrekking tot oordelen en richting geven is er enige overlap met het hierboven gegeven overzicht, aangezien het beoordelingsmethodieken betreft en richtlijnen voor het ontwikkelen daarvan. Voor wat betreft methodieken voor beschrijving en monitoring is de inventarisatie aanvullend.

4.7.1 Keurmerken

Onder oordelende initiatieven wordt ook ingegaan op keurmerken, zoals bijvoorbeeld Milieukeur. Een keurmerk is een sterk communicatiemiddel om het eindresultaat van een beoordeling op basis van geselecteerde beoordelingscriteria te tonen. In de communicatie is vaak alleen nog het 'keurmerkstempel' te zien. Des te belangrijker is daarom de voorwaarde dat de achterliggende methodiek en de daarin betrokken criteria goed onderbouwd zijn en een breed draagvlak kennen.

4.8 Conclusies

De bevindingen tijdens de inventarisatie van beoordelingsmethodieken hebben tot onderstaande conclusies geleid. Ook zijn er nieuwe vragen opgekomen. Deze komen in hoofdstuk 6 terug in de vorm van een aantal aanbevelingen.

1. Wereldwijd is een grote diversiteit aan beoordelingsmethodieken ontwikkeld. Deze methodieken betrekken één of meer criteria voor veiligheid en gezondheid van mens en milieu, sociale en economische gevolgen en duurzaamheid, of een combinatie van deze criteria. Binnen de methodieken kunnen verschillende impact-categorieën worden betrokken, al of niet naar keuze van de toepasser van de methodiek.
2. Bepaalde methodieken betrekken de gehele levenscyclus, zoals LCA, LCC, S-LCA en LCSA, andere slechts een gedeelte daarvan.
3. Beoordeling kan zowel plaatsvinden met eenvoudige kwalitatieve beschrijvingen, als met complexe modellen, die invoer van veel kwantitatieve gegevens vragen. Zelfs de meest gedetailleerde methodiek blijft echter een modelmatige benadering van een complexe werkelijkheid. Er zal altijd sprake zijn van hiaten in gegevens, subjectieve keuzen en onzekerheden. Des te belangrijker is het om impliciete en expliciete keuzen te onderbouwen en onzekerheden kwalitatief of kwantitatief in beeld te brengen.
4. Beoordeling kan uitgebreid worden uitgevoerd, met input van veel en nauwkeurige gegevens, of in een screening/quick scan, waarbij sneller en met minder gegevens een globaal beeld kan worden verkregen.

Gerealiseerd dient te worden dat screening van veel impact-categorieën met ieder beperkte invoerdata en screening van slechts enkele impact-categorieën met ieder meer en nauwkeurigere invoerdata tot een andere uitkomst kan leiden.

5. In het kader van het stoffenbeleid is er momenteel nog geen beoordelingsmethodiek geaccordeerd om te worden toegepast voor integrale beoordeling. Eén van de oorzaken is dat duurzaamheid en de daaronder vallende criteria nog niet in het beleid zijn vastgelegd. Ook is er nog geen eenduidigheid in de definitie van duurzaamheid.
6. De geïnventariseerde methodieken zijn, door het doel waarvoor ze zijn of worden ontwikkeld, over het algemeen breder toepasbaar dan enkel voor beoordeling en vergelijking van chemische stoffen. Mogelijk is ook dat ze bij nadere beschouwing hier juist minder geschikt voor zijn.
7. Impact assessment is niet uitontwikkeld; voortdurend worden bestaande methodieken aangepast en nieuwe ontwikkeld. De methodieken voor beoordeling van gezondheid van mens en milieu zijn over het algemeen verder ontwikkeld dan voor beoordeling van sociale en economische gevolgen en integrale beoordeling.
8. Over lang niet alle methodieken bestaat consensus, hetgeen inherent is aan het grote aantal factoren die een rol speelt. Verschil in inzicht is te vinden onder zowel ontwikkelaars en toepassers onderling als tussen deze twee groepen. Dit geldt ook voor intussen breed erkende en toegepaste methodieken.
9. De gebruikte terminologie in literatuur en op internet is uitgebreid en niet eenduidig: begrippen als methode, methodiek, tool, techniek, module en model worden niet altijd met dezelfde betekenis gebruikt. De betekenis moet vaak blijken uit de context.
10. Bij de keuze voor een toe te passen methodiek is het cruciaal vast te stellen waar verschillen tussen de te beoordelen stoffen zitten en hierop de beoordelingscriteria af te stemmen. Terugkoppeling van opgedane kennis is hierbij van belang.
11. De resultaten van een beoordeling kunnen desgewenst worden vertaald in een keurmerk. Een keurmerk is een sterk communicatiemiddel. Juist daarom is het belangrijk dat de achterliggende methodiek en daarin gebruikte beoordelingscriteria gedegen zijn.

5 Biobased stoffen in wet- en regelgeving

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nagegaan of er belemmeringen en onduidelijkheden in wet- en regelgeving zijn die nadelige gevolgen hebben voor de productie en toepassing van biobased stoffen. Naast een aantal andere wetten en regels, wordt in het bijzonder aandacht besteed aan de REACH-verordening [Europese Commissie 2006], omdat deze verordening het grootste deel bepaalt van de verplichtingen voor Europese bedrijven die te maken hebben met productie, het in de handel brengen en gebruik van chemische stoffen. Waar mogelijk wordt een verhelderende toelichting gegeven.

5.2 Belemmeringen door wetgeving in het algemeen

In een eerder onderzoek in opdracht van de Interdepartementale Programmadirectie BBE (Biobased Economie) zijn belemmeringen in wet- en regelgeving en botsende belangen bij de transitie naar een biobased economy in beeld gebracht [Bex en Blank, 2011]. Een aantal gesignaleerde belemmeringen houdt verband met biobased stoffen. De belangrijkste zijn:

- REACH-verordening: Het bedrijfsleven ervaart de verordening als belemmerend, omdat registratie van nieuwe stoffen uit biomassa tijd en geld kost.
- Ggo-wetgeving: Beperkt toegestaan gebruik van ggo's bij de productie van biomassa en biobased stoffen. Ggo's spelen een belangrijke rol bij de productie van biobased stoffen, omdat ze (kunnen) zorgen voor een doelgerichte productie van een bepaalde stof uit biomassa en/of voor een hogere opbrengst.
- Afvalstoffenwetgeving: Bepaalde organische reststromen worden beschouwd als afval, waardoor gebruik als grondstof voor de productie van biobased stoffen wordt bemoeilijkt of belemmerd.
- Heffingen en subsidies ten nadele van biobased stoffen.
- Oneerlijke concurrentie tussen bepaalde toepassingen van biomassa, zoals bijvoorbeeld subsidie op biobrandstoffen ten koste van de voedselproductie of hoogwaardige producten.
- Verbod op bepaalde toepassingen van biobased stoffen, zoals bijvoorbeeld stoffen uit reststromen in voedselverpakkingen.

Voor details wordt verwezen naar bovengenoemd rapport. De kern van het rapport is dat sommige wetten, regels en belangen uit de economie gebaseerd op fossiele grondstoffen de transitie naar een duurzame economie gebaseerd op biomassa in de weg staan. Ook wordt ingegaan op mogelijke oplossingsrichtingen, waarvan er door de overheid al diverse zijn ingevuld. Het is echter mogelijk dat in de toekomst als gevolg van innovaties nieuwe onduidelijkheden ontstaan die opgehelderd moeten worden. Communicatie over dergelijke onduidelijkheden, omgang met regelgeving en mogelijke oplossingen wordt essentieel geacht om verder te kunnen met de biobased economy.

5.2.1 *Beslisboom als hulpmiddel*

Een bijdrage aan de beperking van te besteden tijd en geld bij beoordeling en registratie van stoffen kan worden geleverd door het ontwikkelen en vervolgens toepassen van een beslisboom. Deze beslisboom dient als hulpmiddel bij het

vaststellen van de noodzaak, het doel en reikwijdte van een beoordeling. Naast de veiligheidsbeoordeling van een stof zoals REACH voorschrijft, kan ook een beoordeling op duurzaamheid worden uitgevoerd. In de beslisboom kunnen minimum grenzen worden opgenomen voor bijvoorbeeld productievolume, energiebesparing of kostenbesparing waar beneden bepaalde aspecten niet meewogen worden, omdat hun aandeel als minimaal beschouwd wordt. Ook beleidskeuzen over interferentie met voedselproductie, hergebruik van afvalstromen of gebruik van fossiele grondstoffen kunnen onderdeel van een dergelijke beslisboom zijn. In een tiered approach kan worden bepaald of een beoordeling noodzakelijk is, en zo ja, welke beoordelingscriteria als relevant worden beschouwd en of een uitgebreide beoordeling vereist is of dat met een quick scan kan worden volstaan. Bovendien biedt deze aanpak de (politieke) mogelijkheid om toepassing van bepaalde stoffen, bijvoorbeeld biobased stoffen of biologisch afbreekbare stoffen, te stimuleren. Toepassing van stoffen die bijvoorbeeld interfereren met voedselproductie kan zo desgewenst worden ontmoedigd. Een kritische afweging hierbij zal soms zijn of, en zo ja, in hoeverre keuze voor duurzaamheid ten koste mag gaan van het voldoen aan bepaalde criteria voor bescherming van de veiligheid en gezondheid van mens en milieu.

5.3 Aandachtspunten in relatie tot REACH

De kernvraag is of de registratieverplichting in REACH sluitend is als het gaat om biobased stoffen. Op basis van de definitie van een chemische stof¹ in REACH is het antwoord daarop bevestigend. Er zijn echter enkele aandachtspunten die het gevolg zijn van het feit dat biobased stoffen niet als zodanig zijn genoemd en gedefinieerd in REACH.

5.3.1 *Biobased versus 'van nature voorkomend'*

De definitie van een chemische stof in REACH is dusdanig dat een stof die wordt gewonnen uit een biologische bron onder de definitie valt. Daarnaast kent REACH specifieke definities voor 'stof die in de natuur voorkomt' en 'niet chemisch gewijzigde stof'. Een 'stof die in de natuur voorkomt' wordt gedefinieerd als: een van nature voorkomende stof als zodanig, onbewerkt of enkel bewerkt met de hand, met mechanische hulpmiddelen of met de zwaartekracht; door oplossing in water, door extractie met water, door stoomdistillatie, door flotatie of door verhitting uitsluitend om water te onttrekken, of die met enig hulpmiddel aan de lucht wordt onttrokken [Europese Commissie, 2006].

Aandachtspunt

Vergelijking van de definitie van een 'stof die in de natuur voorkomt' met de vooraansnog gehanteerde definitie van biobased stof in §2.1 impliceert, dat een biobased stof kan worden beschouwd als 'van nature voorkomend' voor zover er geen chemische bewerking heeft plaatsgevonden. Biobased stoffen die het gevolg zijn van één of meer chemische processtappen worden niet als 'van nature voorkomend' beschouwd. Voor deze laatste stoffen gelden dus niet de uitzonderingen die van toepassing zijn op 'stoffen die in de natuur voorkomen' (zie hieronder).

¹ 'stof': een chemisch element en de verbindingen ervan, zoals zij voorkomen in natuurlijke toestand of bij de vervaardiging ontstaan, met inbegrip van alle additieven die nodig zijn voor het behoud van de stabiliteit ervan en alle onzuiverheden ten gevolge van het toegepaste procedé, doch met uitzondering van elk oplosmiddel dat kan worden afgescheiden zonder dat de stabiliteit van de stof wordt aangetast of de samenstelling ervan wordt gewijzigd.

5.3.2 *Vrijstelling van registratie binnen REACH*

Binnen REACH zijn bepaalde stoffen vrijgesteld van registratie. Bedrijven dienen in die gevallen overigens wel te beschikken over een stofbeoordeling. In relatie tot biobased stoffen relevante uitzonderingen zijn:

1. De stoffen vermeld in REACH-Bijlage IV (zie bijlage 5). Deze zijn vrijgesteld omdat 'vanwege hun intrinsieke eigenschappen de risico's die ze veroorzaken op grond van toereikende informatie minimaal worden geacht'. Een groot gedeelte van deze stoffen kan uit biomassa worden geproduceerd. Bijlage IV is een gesloten lijst. Aanpassing via de wet is echter wel mogelijk.
2. Een aantal stoffen dat onder Bijlage V valt, omdat 'registratie van deze stoffen ongeschikt of onnodig wordt geacht'. Het betreft:
 - (Bijlage V.7) mineralen, ertsen, ertsconcentraten, ruw en bewerkt aardgas, ruwe olie en steenkool;
 - (Bijlage V.8) alle andere in de natuur voorkomende stoffen indien zij niet chemisch worden gewijzigd, tenzij deze als gevaarlijk zijn ingedeeld of voldoen aan de criteria voor zeer ernstige zorgstof of als persistent, bioaccumulerend en giftig zijn aangemerkt (PBT of vPvB);
 - (Bijlage V.9); een gesloten lijst aan uit natuurlijke bronnen gewonnen stoffen die niet chemisch worden gewijzigd: plantaardige vetten, plantaardige oliën, plantaardige wassen; dierlijke vetten, dierlijke oliën, dierlijke wassen; vetzuren van C6-C24 en hun kalium-, natrium-, calcium- en magnesiumzouten en glycerol.
3. Binnen de EU uit afval teruggewonnen stoffen. Indien deze reeds zijn geregistreerd door andere bedrijven in dezelfde of andere toeleveringsketens, vervalt de registratieplicht voor het bedrijf dat de terugwinning verricht.

Aandachtspunt

Belangrijk onderscheid tussen bijlage V.8 en V.9 is dat V.9 een gesloten lijst is, terwijl bijlage V.8 een omschrijving geeft van in de natuur voorkomende stoffen die uitgezonderd kunnen zijn. Verder verwijzen bijlage V.8 en V.9 naar de definitie van 'niet chemisch gewijzigde stof'. Voor bijlage V.8 slaat dit op de winning van de in de natuur voorkomende stof die niet chemische gewijzigd wordt. In bijlage V.9 slaat de term 'niet chemisch worden gewijzigd' echter op de stoffen die in de lijst staan. Het productieproces (winning uit de natuurlijke bron) mag wel via chemisch of biochemische weg plaatsvinden. Glycerol bijvoorbeeld kan worden gemaakt uit aardolie, maar ook via een chemische bewerking (hydrolyse) worden gesynthetiseerd uit plantaardige of dierlijke vetten.

De uitzondering voor (biobased) stoffen die via bijlage IV en V zijn geregeld betreffen verplichtingen aangaande registratie, verplichtingen voor gebruikers van chemische stoffen en producten en beoordeling. Overige verplichtingen, zoals vergunningplicht (autorisatie) of beperkingen ten aanzien van productie, het in de handel brengen en gebruik (restrictie), kunnen indien relevant wel van toepassing zijn.

5.3.3 *Monomeren en polymeren*

Biobased polymeren kunnen als zodanig door een organisme worden geproduceerd, of kunnen door chemische bewerking worden vervaardigd uit (verschillende), al of niet biobased, monomeren.

Aandachtspunt

Veel polymeren worden (rechtstreeks) geproduceerd met behulp van, al of niet ggo's. In REACH-kader is er geen verplichting voor registratie van polymeren. Het (biobased) monomeer waaruit ze zijn opgebouwd dient echter wel te worden geregistreerd, tenzij uitgezonderd (zie §5.3.2). Dit geldt ook voor rechtstreeks door ggo geproduceerde stoffen.

5.3.4 *Extracten uit biomassa*

De verwachting is dat in een biobased economy meer extracten uit biomassa een toepassing krijgen in de chemie. Veel van deze extracten zullen in REACH vallen onder de UVCB-stoffen, Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials.

Aandachtspunt

Een aandachtspunt bij de UVCB-stoffen is de registratieplicht. Een dergelijk extract wordt als geheel als een stof beschouwd. Voor zover deze stoffen niet onder de uitzonderingen genoemd in §5.3.2 vallen, dienen deze dus te worden geregistreerd.

5.3.5 *Informatievereisten*

In REACH liggen informatievereisten ten grondslag aan de registratie van stoffen.

Aandachtspunt

Vragen relevant in dit kader zijn:

1. In geval van directe substitutie is er sprake van vervanging van een petrochemische stof door een biobased stof. Als de petrochemische stof reeds is geregistreerd, mag dan voor de biobased stof gebruik worden gemaakt van diezelfde registratie en/of informatie? Centraal hierbij staat de vraag of de stofidentiteit voor beide stoffen vergelijkbaar is.
2. Volstaan de huidige informatievereisten voor alle biobased stoffen? Met het oog op bijvoorbeeld allergische reacties op plantenextracten, zouden bepaalde UVCB-stoffen een risico kunnen vormen. Extra of andere sensibilisatietesten zouden in de noodzakelijke informatie kunnen voorzien.

Deze vragen zijn bij het gereedkomen van dit rapport nog onderwerp van discussie.

5.4 **Conclusies**

Met betrekking tot belemmeringen en onduidelijkheden met invloed op de productie van biobased stoffen wordt het onderstaande geconcludeerd:

1. Volgens Bex en Blank [2011] bevat een aantal wetten daterend uit de economie gebaseerd op fossiele grondstoffen elementen die de transitie naar een economie gebaseerd op biomassa belemmeren. Voorbeelden zijn onderdelen van de REACH-verordening, de ggo-wetgeving, de afvalstoffenwetgeving, bepaalde subsidieregelingen en heffingen en gebruiksverboden.
2. Een te ontwikkelen beslisboom kan bijdragen aan een efficiënte besteding van tijd en geld. Met deze beslisboom kan worden bepaald of een beoordeling op duurzaamheid noodzakelijk is, en zo ja, welke

beoordelingscriteria als relevant worden beschouwd en of een uitgebreide beoordeling vereist is of dat met een quick scan kan worden volstaan.

3. De REACH-verordening wordt niet altijd voldoende begrepen als het gaat om eisen betreffende biobased stoffen. De conclusies 4 tot en met 7 geven hierover meer duidelijkheid.
4. Het begrip biobased stof is niet letterlijk opgenomen in REACH. Biobased stoffen vallen echter onder de algemene definitie van een chemische stof in REACH en zijn daarmee in beginsel registratieplichtig.
5. Een aantal (biobased) stoffen is vrijgesteld van registratie binnen REACH (REACH-bijlagen IV en V).
6. Polymeren, inclusief biobased polymeren, zijn niet registratieplichtig. De (biobased) monomeer en andere stoffen die worden gebruikt bij de polymeerproductie, zijn dat wel, tenzij bovengenoemde uitzonderingen gelden. Dit geldt ook met betrekking tot stoffen die rechtstreeks door (genetisch gemodificeerde) organismen worden geproduceerd.
7. Extracten uit biomassa zullen veelal vallen onder de UVCB-stoffen. Voor zover deze stoffen niet onder bovengenoemde uitzonderingen vallen, dienen deze te worden geregistreerd.
8. Nog onderwerp van discussie zijn de vragen of bij directe substitutie door een biobased stof gebruik mag worden gemaakt van de registratie en informatie van de petrochemische variant en of de huidige informatievereisten toereikend zijn voor alle biobased stoffen.

6 Slotconclusies en aanbevelingen

6.1 Inleiding

Hieronder worden de slotconclusies weergegeven die naar aanleiding van de voorgaande hoofdstukken zijn getrokken. Tevens is een aantal aanbevelingen geformuleerd met als doel het inzicht in biobased stoffen en methodieken voor de beoordeling van chemische stoffen verder te vergroten.

Het onderwerp raakt nadrukkelijk meerdere beleidskaders, zoals nationaal stoffenbeleid, REACH en genetische modificatie, maar, bijvoorbeeld, ook de interdepartementale activiteiten rond biobased economy en het 'meten' van duurzaamheid.

6.2 Slotconclusies

Biobased stoffen zijn, net als petrochemische stoffen, chemicaliën. Het voorvoegsel biobased is vanuit beleidsoogpunt van belang wanneer de afkomst en productiewijze van de stof relevant is, bijvoorbeeld bij het afwegen van duurzaamheid, risico's voor mens en milieu en economische en sociale gevolgen gedurende de levenscyclus van een stof. Biobased stoffen kunnen de komende 30 jaar, naast alternatieve petrochemische stoffen, worden gezien als één van de bronnen voor substitutie van prioritaire stoffen. Functionele substitutie speelt hierbij een belangrijke rol. Directe substitutie kan mogelijk ook leiden tot het reduceren van het aantal prioritaire stoffen, namelijk in geval van vermindering of verdwijning van onzuiverheden in stoffen of in geval van een ander isomeer. Ook kan een ander productieproces ervoor zorgen dat prioritaire bijproducten worden voorkomen. Prioritaire stoffen direct gekoppeld aan fossiele grondstoffen, zoals minerale olie-fracties, kunnen naar verwachting voor een deel verdwijnen.

In het stoffenbeleid heeft stofbeoordeling tot dusver plaatsgevonden op basis van criteria voor veiligheid en gezondheid van mens en milieu. De opkomst van biobased stoffen pleit voor beoordeling van alle stoffen, dus biobased én petrochemisch, in bredere zin, namelijk door naast criteria voor veiligheid en gezondheid van mens en milieu, ook economische en sociale factoren en meer in het algemeen duurzaamheid te betrekken. Dit is momenteel nog niet breed in beleid vastgelegd.

Er bestaan diverse methodieken waarmee biobased en petrochemische stoffen kunnen worden beoordeeld ten aanzien van bovengenoemde criteria. Consensus over een in het stoffenbeleid toe te passen methodiek die al deze criteria betreft is er nog niet en veel methodieken zijn nog in ontwikkeling. Essentieel is om aan het begin van een stofvergelijking vast te stellen waar in de levenscyclus de verschillen zitten tussen alternatieve stoffen en hierop de keuze af te stemmen voor de toe te passen methodiek en de hierin gebruikte impact-categorieën. Afhankelijk van de gewenste en/of beschikbare informatie kan een uitgebreide beoordeling plaatsvinden in een LCSA, of een beperktere beoordeling in een quick scan.

Een aantal wetten en regels daterend uit de economie gebaseerd op fossiele grondstoffen bevat elementen die de opkomst van biobased stoffen heeft belemmerd en in de toekomst mogelijk verder kunnen belemmeren. Tijdige

signalering en communicatie over de belemmeringen stimuleert oplossingen en draagt daarmee bij aan de verdere opkomst van de biobased economy.

In de REACH-verordening is geen definitie van 'biobased stof' opgenomen. Biobased stoffen vallen echter wel onder de algemene definitie van 'chemische stof'. Bepaalde in REACH genoemde (biobased) stoffen zijn uitgezonderd van registratieplicht (REACH bijlagen IV en V).

6.3 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de resultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan aan instanties betrokken bij productie, het in de handel brengen, gebruik en beoordeling van biobased stoffen. Deze aanbevelingen kunnen dienen als input voor discussie over vervolgstappen op dit verkennende onderzoek.

Stoffen

1. Een uitgebreider beeld van de vervangbaarheid van prioritaire stoffen door biobased stoffen kan worden verkregen door:
 - a. inventarisatie van stoffen die in kleinere hoeveelheden worden geproduceerd, maar mogelijk grote gevolgen voor mens en milieu hebben zoals bepaalde fijnchemicaliën en farmaceutica;
 - b. inventarisatie van UVCB's uit biomassa. Aandachtspunt hierbij is de wisselende samenstelling;
 - c. uitgebreidere inventarisatie van biobased stoffen die prioritaire stoffen kunnen vervangen. Hiertoe kan een representatieve selectie uit de groep van ca 1.000 prioritaire stoffen gemaakt worden. Te inventariseren is van welke stof een biobased alternatief bestaat of in ontwikkeling is, ongeacht de productieschaal. Vooraf dient dan wel 'representativiteit' te worden omschreven;
 - d. inventarisatie van de bepalende factor(en) voor prioriteit, namelijk de zuivere stof op zich en/of in de stof aanwezige onzuiverheden en de mogelijkheden om deze onzuiverheden met biobased productieprocessen te voorkomen dan wel verminderen;
 - e. inventarisatie van prioritaire stoffen waarop overschakeling naar productie uit biomassa geen of weinig invloed heeft, zoals bijvoorbeeld metaalzouten en bijproducten van verbranding (PAK's, dioxines).
2. Inzicht in de haalbaarheid van vervanging van (prioritaire) petrochemische stoffen door biobased stoffen kan worden vergroot door een inventarisatie van onderzoeksresultaten naar de totaal beschikbare hoeveelheid koolstofbronnen uit biomassa.

Beoordelingsmethodieken

3. De huidige prioritaire stoffen zijn geclassificeerd op basis van gevaarseigenschappen zoals CMR, PBT of vPvB. Naast deze beoordeling van stoffen is een beoordeling op andere criteria waardevol, zoals bijvoorbeeld energieverbruik of concurrentie met voedselproductie. Dit kan resulteren in een afwijkende ordening. Hierdoor wordt het mogelijk stoffen te prioriteren door keuze uit vooraf vastgestelde criteria voor duurzaamheid, risico's voor mens en milieu, economische en sociale gevolgen. Objectieve vergelijking van stoffen is dan mogelijk door petrochemische en biobased stoffen met dezelfde criteria te beoordelen.
4. In overleg met experts een keuze maken uit het grote aanbod aan methodieken en deze daar waar nodig optimaliseren voor beoordeling en vergelijking van stoffen. Hierbij ingaan op zowel de uitgebreide integrale aanpak als op de quick scan. Er kan bijvoorbeeld worden aangesloten op

bestaande initiatieven zoals PROSUITE, LC-IMPACT, GreenScreen, SimaPro en de 'early stage' quick scan.

5. Het opzetten van een beslisboom als hulpmiddel bij het vaststellen van de noodzaak, het doel en reikwijdte van een integrale beoordeling. Hierbij de keuze inbouwen voor beoordeling op alleen de wettelijke vastgelegde criteria voor gezondheid en veiligheid of ook op duurzaamheid. In de beslisboom minimum grenzen opnemen voor bijvoorbeeld productievolume, energiebesparing of kostenbesparing, maar ook subjectieve beleidskeuzen over interferentie met voedselproductie, hergebruik van afvalstromen of gebruik van fossiele grondstoffen. Daarbij moet de keuze mogelijk blijven voor een uitgebreide integrale beoordeling of een beperkte quick scan.
6. Ontwikkelen of aanpassen van een keurmerk als hulpmiddel bij de communicatie van resultaten van een beoordeling. Voorwaarde voor het keurmerk moet zijn dat de achterliggende methodiek en beoordelingscriteria aansluiten op de hierboven genoemde aanbevelingen. Een overweging is of het (door)ontwikkelen en toepassen van een keurmerk aan de markt moet worden overgelaten, of in het beleid moet worden opgenomen (zie ook aanbeveling 10).

Wet- en regelgeving

7. Een structuur opzetten voor signalering van belemmeringen en onduidelijkheden in wet- en regelgeving, het managen van verwachtingen vanuit betrokkenen en communicatie van oplossingen.
8. Ontwikkeling van duurzaamheidsbeleid is actueel. Belangrijk hierbij is de afstemming tussen de stoffen- en duurzaamheidskaders zodat stoffenbeleid en duurzaamheidsbeleid elkaar versterken.
9. Het is noodzaak om kennis en ervaring op het terrein van biobased stoffen of middelen vanuit de verschillende stoffenkaders samen te brengen (bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen of biociden).
10. Overwegen om ontwikkeling of aanpassing van een keurmerk voor biobased stoffen en toepassing daarvan op te nemen in het beleid.
11. Bijdragen aan beantwoording van de vragen of bij directe substitutie door een biobased stof gebruik mag worden gemaakt van de registratie en informatie van de petrochemische variant en of de huidige informatievereisten toereikend zijn voor alle biobased stoffen.
12. Nadere analyse van de potentie van biobased stoffen geproduceerd door of met behulp van ggo's.

7 Referenties

7.1 Websites

1. www.biopREFERRED.gov
2. www.lc-impact.eu
3. www.prosuite.org
4. www.metenvanduurzaamheid.nl
5. www.cleanproduction.org
6. www.nen.nl
7. www.cen.eu
8. www.solvaychemicals.com

7.2 Literatuur

Benoît, C., Parent, J., Kuenzi, I. and Revéret, J.-P., 2007. Developing a Methodology for Social Life Cycle Assessment: the North American Tomato's CSR case. Proceedings of the 3rd International Conference on Life Cycle Management, Zurich.

Bex, P.M.H.H. en Blank, R.E., 2011. Botsende belangen in de biobased economy- Een inventarisatie en analyse van de belemmeringen in de transitie naar een biobased economy (SIRA-rapport).

Bolck, C., Ravenstijn, J. en Molenveld, K., 2012. Biobased plastics 2012 (WUR).

Ciroth, A. and Franze, J., 2011. LCA of an Ecolabeled Notebook – Consideration of Social and Environmental Impacts along the Entire Life Cycle, GreenDeltaTC, Sustainable Development, Berlin.

De Jong, E., Higson, A., Walsh, P. and Wellish, M., 2012. Bio-based chemicals, Value added products from biorefineries. IEA Bioenergy – Task 42 Biorefinery.

De Poorter, L.R.M., Hogendoorn, E.A. en Luit, E.J., 2011. Criteria voor zeer zorgwekkende stoffen, RIVM-rapportnummer 601357004/2011.

ECHA, 2008. Guidance on Socio-Economic Analysis – Restrictions. Guidance for the implementation of REACH.

ECORYS, 2010. Review of Methodologies applied for the assessment of employment and social impacts (VC/2008/0303).

European Commission, 2009. Guidance for assessing Social Impacts within the Commission Impact Assessment system, Ref. Ares(2009)326974.

European Commission - Joint Research Centre, 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

European Commission - Joint Research Centre, 2011. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Recommendations for Life Cycle

Impact - Assessment in the European context. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Luxemburg. Publications Office of the European Union.

Europese Commissie, 2006. Verordening (EG) Nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH).

Goedkoop, M., De Schryver, A., Oele, M., Durksz, S. and Roest, D. de, 2010. Introduction to LCA with SimaPro 7.

Hunkeler, D., Rebitzer, G., Lichtenvort, K. (eds), 2008. Environmental Life Cycle Costing.

ISO 14040, 2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.

ISO 14044, 2006a. Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.

Lee, J. W., Kim, H. U., Choi, S., Yi, J. and Lee, S. Y., 2011. Microbial production of building block chemicals and polymers. *Current Opinion in Biotechnology* 2011, 22: 758 – 767.

Ministerie van IenM, 2011. Projectplan: Het aanpakken van zeer zorgwekkende stoffen - Prioritaire stoffenbeleid anno 2011.

Okabe, M., Lies, D., Kanamasa, S. and Park, E.Y., 2009. Biotechnological production of itaconic acid and its biosynthesis in *Aspergillus terreus*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 84, 597-606.

Patel, A. D., Meesters, K., Uil, H. den, Jong, E. de, Blok, K. and Patel, M. K., 2012. Sustainability assessment of novel chemical processes at early stage: application to biobased processes.

Patel, M., Crank, M., Dornburg, V., Hermann, B., Roes, L., Hüsing, B., Overbeek, L., Terragni, F., and Recchia, E., 2006. Medium and long-term opportunities and risks of the biotechnological production of bulk chemicals from renewable resources – The potential of white biotechnology. The BREW Project.

Raschka, A. and Carus, M., 2012. Industrial material use of biomass, Basic data for Germany, Europe and the world.

Shen, L., Haufe, J. and Patel, M.K., 2009 Product overview and market projection of emerging bio-based plastics, PRO-BIP 2009 Final report June 2009, Revised in November 2009.

Swarr, T., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Personen, H.-L., Citroth, A., Brent, A.C. and Pagan, R., 2011. Environmental Life Cycle Costing: A code of practice. SETAC Press, Pensacola.

Tsurukawa, N. Prakash, S. and Manhart, A. 2011. Social Impacts of Artisanal Cobalt Mining in Katanga, Democratic Republic of Congo, Öko-Institut e.V., Freiburg, Germany.

UNEP/SETAC, 2009. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products.

UNEP/SETAC, 2012. Towards a Life Cycle Sustainability Assessment – Making informed choices on products.

Verhoeven, J.K. et al., 2012. From risk assessment to environmental impact assessment of chemical substances – Methodology development to be used in socio-economic analysis for REACH. RIVM-Report 601353002/2012.

Bijlage 1 Geraadpleegde deskundigen

In aanvulling op literatuurbronnen en internet zijn tijdens het onderzoek ondermeer onderstaande personen geraadpleegd:

CEN European Committee for Standardization

- Olabarria Uzquiano, M.

IVAM Research and Consultancy on Sustainability

- Jonkers, N.
- Krop, H.

IVM Institute for Environmental Studies

- Leonards, P.

NEN Nederlands Normalisatie-instituut

- Willemse, H.

Radboud Universiteit Nijmegen

- Huijbregts, M.

RIVM

- Posthuma, L.
- Struijs, J.

Universiteit Utrecht, Copernicus Instituut

- Patel, A.
- Patel, M.

VNCI

- Emerencia, N.

WUR Food & Biobased Research Wageningen UR

- Bolck, C.
- Bos, H.
- Van Es, D.

Bijlage 2 Overzicht biobased stoffen en prioritaire stoffen

Tabel a en b bevatten de biobased stoffen waarmee respectievelijk directe en functionele substitutie plaats kan vinden. In tabel b wordt tevens de te vervangen petrochemische stof vermeld. Bij enkele stoffen is de informatie niet volledig, omdat de referentie daarover onvolledig was. Dit heeft geen invloed op de conclusies van het onderzoek.

Tabel a Biobased stoffen voor directe substitutie

Onderstaande biobased stoffen kunnen identieke stoffen van petrochemische oorsprong vervangen (één-op-één vervanging). Prioritaire stoffen zijn **vet gedrukt**, onderstreept en in **kleur** weergegeven.

Biobased stof	Bron	Chemische bewerking	Keten-lengte	Toepassing	Status	Referentie*
aceton	o.a. syngas, koolhydraten	Aceton-Butanol-Ethanol (ABE)-fermentatie	C3	building block, oplosmiddel	onderzoek	1
acroleïne	glycerol	transformatie	C3	tussenstap in productie acrylzuur	onderzoek	1
acrylamide	koolhydraten	transformatie 3-HPA	C3	building block, o.a. harsen	onderzoek	1
acrylonitril	koolhydraten	transformatie 3-HPA	C3	building block, o.a. textiel, rubber, buizen	onderzoek	1
acrylzuur	koolhydraten (uit mais, suikerriet), glycerol	fermentatie, transformatie, dehydratie 3-HPA	C3	building block (poly)acrylaten, lijmen, coatings, absorbers	onderzoek	1
adipinezuur	glucose, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C6	nylon, conserveermiddel	onderzoek	1,7
6-aminocapronzuur (6-ACA)	productie micro-organismen	fermentatie	C6	nylon	onderzoek	1
appelzuur	glucose, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C4	building block, o.a. voedingsmiddelen, cosmetica	onderzoek	7
arabinose	hemicellulose	o.a. thermomechanische behandeling en hydrolyse	C5	building block	onderzoek	1,4

Biobased stof	Bron	Chemische bewerking	Keten- lengte	Toepassing	Status	Referentie*
arabitol	hemicellulose, arabinose	dehydrogenering arabinose	C5	zoetstof	onderzoek	1
ascorbinezuur	sorbitol	biotechnologisch- chemisch proces	C6	o.a. voeding	productie	1
asparaginezuur	glucose	fermentatie	C4	o.a. productie aspartaam (zoetstof)	onderzoek	1,4
azelaïnezuur	oliezuur	ozonolyse	C9	nylon	productie	1
azijnzuur	o.a. ethanol, sucrose	fermentatie	C2	building block, o.a. oplosmiddel, smaakstof, conserveermiddel	productie	1,4
1,4-butaandiamine	barnsteenzuur		C4	building block o.a. nylon	productie	1
1,4-butaandiol (BDO)	barnsteenzuur	reductie	C4	building block o.a. PBT, PBS, THF	onderzoek	1,4
1,3-butadieen	glucose		C4	building block, o.a. rubber	onderzoek	6
butanol (incl. n- en iso-)	koolhydraten, syngas	fermentatie, vergassing, coproduct van aceton en ethanol	C4	productie propyleen, polymeren, plastics, oplosmiddel, verdunner, brandstof	productie	1,4
buteen	butanol	dehydratie butanol	C4	tussenstap in productie propyleen	productie	1
n-butylacrylaat	acrylzuur	verestering	C7	o.a. coatings, lijmen, textiel	onderzoek	1
cadaverine	lysine	decarboxylering	C5	building block, nylon	productie	1
caprolactam	lysine	fermentatie	C5	nylon	productie	1
3-carboxymuconzuur (3CM)	vanilline, productie door gg- micro-organismen	fermentatie	C7	building block	onderzoek	7
citroenzuur	glucose, sucrose, zetmeel	fermentatie	C6	o.a. conserveermiddel, levensmiddelen, schoonmaakmiddel	productie	1,4
dichloorethaan	ethaan	chlorering ethaan	C2	o.a. oplosmiddel	onderzoek	1
2,5-dimethylfuran	koolhydraten	pyrolyse	C6	building block, brandstof	onderzoek	1

Biobased stof	Bron	Chemische bewerking	Keten- lengte	Toepassing	Status	Referentie*
dimethyl 1,19-nonadecaandionaat	onverzadigde C18-zuren	methoxycarbonylering	C19	plastics	onderzoek	1
ethanol	o.a. syngas, koolhydraten	fermentatie koolhydraten	C2	building block ethyleen en propyleen, in drank, desinfectant, oplosmiddel, brandstof	productie	1,4
ethyleen	ethanol	dehydratering ethanol, cracking bionafta	C2	building block plastics, polyethyleen (HDPE, LDPE, LLDPE, PVC, PET), monoethyleenglycol, ethyleendichloride	productie	1,4
ethyleendiamine	1,2-dichloorethaan	reactie met ammonia	C2	building block	productie	1
ethyleendichloride	ethyleen	o.a. dehydratering	C2	productie PVC	onderzoek	1,4
ethyleenglycol	ethyleen	o.a. dehydratering	C2	antivriesmiddel	productie	1,4
ethyleenoxide	ethyleen	oxidatie	C2	building block	onderzoek	1,4
2-ethylhexylacrylaat	acrylzuur	verestering	C11	building block, o.a. coatings, lijmen, textiel	onderzoek	1
farneseen (trans-B-)	isopreen	synthetische biologie	C15	dieselbrandstof, specialties	onderzoek	1
formaldehyde	methanol	dehydrogenering	C1	building block	onderzoek	1
furfurylalcohol	furfural	dehydrogenering	C5	oplosmiddel, harsen, coatings, farmaceutica	productie	1,2,4
glutaminezuur	lysine	fermentatie	C5	building block	productie	1
glycerol	vetten en oliën	o.a. splitting, coproduct van vetzuren, alcohol en FAME-biodiesel	C3	building block, productie o.a. propyleenglycol, epichloorhydrine	productie	1,4
glycolzuur	o.a. glucose		C2	o.a. cosmetica, conserveringsmiddel	productie	1
(R)-3-hydroxybutyric zuur	polyhydroxybutyraat (PHB)	hydrolyse / biosynthese	C4	building block	onderzoek	1
5-hydroxymethylfurfural (HMF)	glucose, fructose, zetmeel, cellulose	dehydratering, pyrolyse	C6	building block, polymeren, farmaceutica, brandstof	onderzoek	1,2

Biobased stof	Bron	Chemische bewerking	Keten- lengte	Toepassing	Status	Referentie*
3-hydroxypropionaldehyde	glycerol	fermentatie	C3	productie acrylzuur	onderzoek	1
3-hydroxypropionzuur (3-HPA)	koolhydraten, zetmeel	fermentatie	C3	building block o.a. acrylzuur	onderzoek	1,4
isobuteen			C4	building block, o.a. butylrubber	onderzoek	1
isopreen	koolhydraten, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C5	rubber	onderzoek	1,7
isopropanol	glycerol	fermentatie	C3	productie propyleen	onderzoek	1
koolmonoxide	syngas	anaerobe omzetting / fermentatie	C1	building block o.a. Fischer-Tropsch chemie	productie	1
levulinezuur	glucose, zetmeel, lignocellulose, hemicellulose	transformatie	C5	building block	onderzoek	1
limoneen	citrusvruchten		C10	productie tereftaalzuur (PTA)	onderzoek	1
lysine		productie m.b.v. ggo's	C6		onderzoek productie	1
melkzuur	zetmeel, glucose, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C3	o.a. voedsel, drank, cos- metica, farmaceutica, op- losmiddel, productiepoly- meren en lactaatester	onderzoek productie	1,2,7
methaan	biodegradeerbare materialen (o.a. mest, plantenresten)	anaerobe omzetting / fermentatie	C1	productie diverse chemicaliën, brandstoffen	productie	1
methanol	syngas, glycerol	o.a. black liquor gasification	C1	building block propylene, schoonmaakmiddel	productie	1
mierenzuur	lignocellulose, hemicellulose	coproduct van levulinezuur	C1	building block	onderzoek	1
muconzuur	glucose	fermentatie en dehydrogenering	C6	productie adipinezuur	onderzoek	1
1,18-octadec-9-enedioiczuur	oliezuur	zelf-metathese	C18	plastics	onderzoek	1
oliezuur	plantaardige olie		C18	building block, o.a. nylon, smeermiddelen	productie	1

Biobased stof	Bron	Chemische bewerking	Keten-lengte	Toepassing	Status	Referentie*
polyacrylaat	acrylzuur	polymerisatie	Cn	polyacrylaten	onderzoek	1
polyethyleen (HDPE, LDPE, LLDPE)	ethylene	polymerisatie	Cn	plastics	productie	1
polyethyleentereftalaat (PET)	ethyleen	polymerisatie	Cn	plastic flessen, textielvezels	productie	1
polyhydroxyalkanaat (PHA)	glucose, zetmeel, productie door (gg-) micro-organismen, gg-planten of gg-gisten	fermentatie	Cn	plastics	productie	1,2,7
polyhydroxybutyraat (PHB)	glucose, zetmeel, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	Cn	plastics	onderzoek productie	1,2,7
polymelkzuur (PLA)	melkzuur, glucose, productie door gg-micro-organismen	ringopening polymersatie	Cn	o.a. voedselverpakking, afvalzakken, textielvezels	productie	1,2,7
polypropyleen	ethyleen		Cn	o.a. plastic flessen, tapijt, auto-onderdelen	onderzoek	1,2
poly(trimethyleen)tereftalaat (PTT)	1,3-propaandiol	copolymerisatie met tereftaalzuur	Cn	o.a. textiel, tapijt	productie	1
polyvinylchloride (PVC)	ethyleen	chlorering	Cn	plastics	productie	1
propaan	palm-, raap-, sojaolie	bijproduct van biodieselproductie	C3	propyleen	onderzoek	1
1,3-propaandiol (PDO)	glucose, glycerol	o.a. transformatie 3-HPA, productie door organismen	C3	textiel, coatings, plastics	productie	1,4
n-propanol	glycerol	fermentatie	C3	productie propyleen	onderzoek	1
propionzuur	melkzuur	reductie	C3	building block	onderzoek	1
propyleen	glycerol, ethanol, butanol, propaan, methanol, plantaardige olie	transformatie	C3	productie polypropyleen, propyleenoxide, acrylonitril, acrylzuur, butanol	onderzoek productie	1
propyleenglycol	glycerol	fermentatie, transformatie, hydrogenolyse	C3	o.a. antivries, koelmiddel, remvloeistof, verf	productie	1,4

Biobased stof	Bron	Chemische bewerking	Keten- lengte	Toepassing	Status	Referentie*
putrescine	glucose, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C4	building block, o.a. nylon	onderzoek	7
ricinolzuur	castorolie		C18	building block, o.a. nylon, verf, coatings, inkten	productie	1,2
sebacinezuur	ricinolzuur	fragmentatie	C10	o.a. nylon	productie	1
sorbitan	sorbitol	dehydratering	C6	o.a. cosmetica, farmaceutica	productie	1
sorbitol	glucose	transformatie	C6	o.a. voedsel, cosmetica	productie	1
tereftaalzuur	glucose, lignine, p-xyleen	o.a. oxidatie p-xyleen	C8	building block voor o.a. PET	onderzoek	1,2
tetrahydrofuraan (THF)	barnsteenzuur		C4	building block, oplosmiddel, lijmen	productie	1
10-undecanoicZuur	ricinolzuur	fragmentatie	Cn	nylon	productie	1
vetzuurderivaten	plantaardige olie		Cn	o.a. zeep, cosmetica, coatings, inkt, linoleum, smeermiddelen	productie	1
vinylchloride	ethyleen, dichloorethaan	dehydrochlorering	C2	building block PVC	onderzoek	1
p-xyleen	glucose	transformatie	C8	building block	onderzoek	1
xylitol	xylose	hydrogenering, black liquor raffinage	C5	zoetstof	onderzoek productie	1
xylose	hemicellulose	o.a. thermo-mechanische behandeling en hydrolyse, black liquor raffinage	C5	building block	onderzoek productie	1

* Referenties: Zie onder tabel b.

Tabel b Biobased stoffen voor directe en functionele substitutie

Deze biobased stoffen kunnen, naast één-op-één substitutie, ook de aangeduide petrochemische stoffen vervangen. Prioritaire stoffen zijn **vet gedrukt** en in **kleur** weergegeven.

Biobased stof	Te vervangen petrochemische stof	Bron	Chemische bewerking	Ketenlengte	Toepassing	Status	Referentie*
acetyltriethylcitraat	bepaalde petrochemische weekmakers	citroenzuur			weekmakers	productie	2
1,2,4-butaantriol	nitroglycerine	xylose, arabinose	fermentatie	C5	o.a. drijfgas, farmaceutica	onderzoek	4
2,5-furaandicarbonzuur (FDCA)	tereftaalzuur (PTA), hexamethyleendiamine, p-diaminobenzeen	koolhydraten, D-fructose	o.a. pyrolyse / transformatie, reductie	C6	building block o.a. polyesters, nylon	onderzoek	1,2,4
barnsteenzuur	maleinezuuranhydride, acetyleen en propyleenoxide bij BDO-productie	koolhydraten, productie door (gg-) organismen	fermentatie m.b.v. E. coli, Coryne, gist	C4	building block, zoetstof	productie onderzoek	1,4,7
diphenolic acid	bisfenol-A	levulinezuur	reactie met fenol	C17	productie polycarbonaten	onderzoek	4
epichloorhydrine	voorkomt gebruik propyleen bij petrochemische productie	glycerol	transformatie	C3	(epoxy)harsen, polymeren, papierversterkers, waterzuivering	productie	1,3,4
ethylacetaat	bepaalde petrochemische oplosmiddelen	ethyleen, ethanol	verestering	C2	o.a. oplosmiddel	onderzoek	1,4
ethylacrylaat	bepaalde petrochemische oplosmiddelen	acrylzuur, ethanol	o.a. verestering	C5	o.a. oplosmiddel, coatings, lijmen, textiel,	onderzoek	1,4
ethylactaat	bepaalde petrochemische oplosmiddelen	melkzuur, ethyleen, ethanol	o.a. fermentatie, verestering	C3	oplosmiddel	productie	1,4
fumaarzuur	maleinezuur	o.a. glucose, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C4	voedsel, drank	onderzoek	4,7
furfural	bepaalde nematiciden en fungiciden	hemicellulose	pyrolyse	C5	building block, extractiemiddel, pesticide	productie	1,4
glucaarzuur	fosfaten in wasmiddelen	glucose, productie door gg-micro-organismen	transformatie	C6	wasmiddelen, corrosiewering	onderzoek	1,7

Biobased stof	Te vervangen petrochemische stof	Bron	Chemische bewerking	Ketenlengte	Toepassing	Status	Referentie*
gluconzuur	aminocarboxylzouten (o.a. EDTA)	glucose	o.a. oxidatie	C6	o.a. schoonmaakmiddel	productie	4
isosorbide	ethyleenglycol (gedeeltelijke vervanging), bisfenol-A	sorbitol	selectieve dehydratering	C6	building block, tussenstap productie polymeren en plastics	productie	1,2,4
isosorbide diesters	bepaalde weekmakers op basis van ftalaten	sorbitol		C6	weekmakers	onderzoek productie	2,4
itaconzuur	polyacrylzuren	glucose, productie door gg-micro-organismen	fermentatie	C5	polymeren (absorbers) in luiers, femcare-producten, cosmetica e.d.	onderzoek productie	1,5,7
methylmetacrylaat (MMA)	voorkomt gebruik aceton, hydrocyaanzuur en isobutyleen	ethyleen, methanol, koolmonoxide	ALPHA-technologie	C4	plastics, harsen, polymeren, coatings, lijmen	productie	1
methylmethacrylaat-butadieenstyreen (MBS)	voorkomt gebruik aceton, hydrocyaanzuur en isobutyleen	methyl-metacrylaat	copolymeer bij ALPHA-technologie	Cn	PVC-modificering	productie	1
polybutyleensuccinaat (PBS)	o.a. polypropyleen	barsteenzuur en 1,4-butaandiol	copolymerisatie	Cn	o.a. plastics	productie	2
sebacaat-esters	bepaalde petrochemische weekmakers	natuurlijke zuren			weekmakers	productie	2
triacetine	bepaalde petrochemische weekmakers	glycerol		C9	weekmaker	productie	2
triethylcitraat	bepaalde petrochemische weekmakers	citroenzuur			weekmaker	productie	2

* Referenties:

[De Jong et al., 2012]

[Bolck et al., 2012]

[www.solvaychemicals.com]

[Patel et al., 2006]

[Okabe et al., 2009]

[Patel et al., 2012]

[Lee et al., 2011]

Bijlage 3 Veelgebruikte LCIA-methoden

Bron: European Commission – Joint Research Centre [2010 en 2011].

LCIA-methoden
CML2002
Eco-indicator 99
EDIP97 – EDIP2003
EPS 2000
Impact 2002+
LIME
LUCAS
ReCiPe
Swiss Ecoscarcity 07
TRACI
MEEuP
USETox
Baseline model of 100 years of the IPCC
Steady-state ODPs 1999 as in WMO assessment
RiskPoll model
Human health effect model as developed by Dreicer et al. 1995
LOTOS-EUROS
Accumulated Exceedance
EUTREND model
Model based on Soil Organic Matter (SOM)
DALY

Van deze LCIA-methodes is in de ILCD-handleiding o.a. weergegeven:

- naam en bronnen van de methode (o.a. documentatie, website en contactpersonen);
- het doel waarvoor deze is ontwikkeld;
- de betrokken impact-categorieën van midpoint- en/of endpointniveau;
- de onzekerheid van de gebruikte gegevens;
- regionale dan wel mondiale toepasbaarheid;
- beschouwde tijdshorizon;
- al of niet gebruik van normalisatie en weging.

Bijlage 4 Duurzaamheidsmethodieken en -initiatieven

Bron: www.metenvanduurzaamheid.nl

Biobrandstoffen	Dow Jones Sustainability Index
Environmental Footprint	Global Compact
GRI	GreenCalc+
Human Development Index	ISVV
ISO14000	ISO26000
Milieubarometer	Milieukeur
Milieurekeningen	MDG
Monitor Duurzaam Nederland	Monitor Duurzame Landbouw
Impact Assessment OECD	People4Earth
ReCiPe	Duurzame soja
Sustainable Development Indicators	Telos – Balans
Telos – ToDo	TSC

Per methodiek en initiatief is op de website het volgende toegelicht:

- Doel: beschrijven, monitoren, oordelen of richting geven.
- Analyseniveau: bedrijf, Europa, land, product, regio, sector, of wereld.
- Thema, op onderstaande wijze ingedeeld naar people, planet en profit:

People	Planet	Profit
Arbeid	Afval	Concurrentie
Mensenrechten	Biodiversiteit	Innovatie
Onderwijs	Bodem, water en luchtkwaliteit	Transparantie
Ruimte	Energie en klimaat	Economie van het bedrijf
Sociale cohesie	Grondstoffen	Macro-economische prestaties
Veiligheid	Landgebruik	
Welzijn en cultuur	Overig milieu	
Voeding en gezondheid		

Bijlage 5 Stoffen met vrijstelling van REACH overeenkomstig Artikel 2, Lid 7a (Annex IV)

Bron: Europese Commissie [2006]

Cas-nr.	Stofnaam/Stofgroep NL	Naam ENG
50-70-4	D-glucitol C ₆ H ₁₄ O ₆	D-glucitol
50-81-7	Ascorbinezuur C ₆ H ₈ O ₆	Ascorbic acid
50-99-7	Glucose C ₆ H ₁₂ O ₆	Glucose
57-48-7	Fructose C ₆ H ₁₂ O ₆	Fructose
56-87-1	L-lysine C ₆ H ₁₄ N ₂ O ₂	L-lysine
57-50-1	Saccharose, zuiver C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	Sucrose, pure
58-95-7	α-tocoferylacetaat C ₃₁ H ₅₂ O ₃	α-tocopheryl acetate
59-23-4	Galactose C ₆ H ₁₂ O ₆	Galactose
59-51-8	DL-methionine C ₅ H ₁₁ NO ₂ S	DL-methionine
63-42-3	Lactose C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	Lactose
69-65-8	D-mannitol C ₆ H ₁₄ O ₆	D-mannitol
87-79-6	L-sorbose C ₆ H ₁₂ O ₆	L-sorbose
123-94-4	Glycerolstearaat, zuiver C ₂₁ H ₄₂ O ₄	Glycerol stearate, pure
124-38-9	Koolstofdioxide CO ₂	Carbon dioxide
137-08-6	Calciumpantothenaat, D-vorm C ₉ H ₁₇ NO _{5,1/2} Ca	Calcium pantothenate, D-form
150-30-1	DL-fenylalanine C ₉ H ₁₁ NO ₂	DL-phenylalanine
527-07-1	Natriumgluconaat C ₆ H ₁₂ O ₇ .Na	Sodium gluconate
1338-43-8	Sorbitanoleaat C ₂₄ H ₄₄ O ₆	Sorbitan oleate
7439-90-9	Krypton Kr	Krypton
7440-01-9	Neon Ne	Neon
7440-37-1	Argon Ar	Argon
7440-59-7	Helium He	Helium
7440-63-3	Xenon Xe	Xenon
7727-37-9	Stikstof N ₂	Nitrogen
7732-18-5	Water, gedestilleerd, conductometrisch zuiver water en dergelijk zuiver water H ₂ O	Water
8002-43-5	Lecithinen De complexe verzameling van diglyceriden van vetzuren, gebonden aan de choline-ester van fosforzuur	Lecithins
8029-43-4	Stropen, gehydrolyseerd zetmeel Een complexe verzameling, verkregen door de hydrolyse van maiszetmeel door de werking van zuren of enzymen. Bestaat voornamelijk uit D-glucose, maltose en maltodextrinen	Syrups, hydrolyzed starch
8030-12-4	Talk, gehydrogeneerd	Tallow, hydrogenated
9004-53-9	Dextrine	Dextrin

Vervolg tabel op volgende bladzijde

Vervolg tabel bijlage 5

Cas-nr.	Stofnaam/Stofgroep NL	Naam ENG
9005-25-8	Zetmeel Hoogpolymeer koolhydraat-materiaal dat gewoonlijk wordt verkregen uit graankorrels als mais, tarwe en gierst en uit wortels en knollen als aardappelen en tapioca. Met inbegrip van zetmeel dat is gepregelatineerd door verhitting in de aanwezigheid van water	Starch
9050-36-6	Maltodextrine	Maltodextrin
14906-97-9	Natrium-D-gluconaat $C_6H_{12}O_7 \cdot xNa$	Sodium D-gluconate
26836-47-5	D-glucitolmonostearaat $C_{24}H_{48}O_7$	D-glucitol monostearate
61788-59-8	Vetzuren, kokos, methylesters	Fatty acids, coco, Me esters
65996-61-4	Cellulosepulp	Cellulose Pulp
67701-30-8	Glyceriden, C_{16-18} en C_{18} -onverzadigd. <i>Deze stof wordt aangeduid met SDA Substance Name: C16-C18 and C18 unsaturated trialkyl glyceride en SDA Reporting Number: 11-001-00</i>	Glycerides, C_{16-18} and C_{18} -unsaturated
68131-37-3	Siropen, mais, gedehydrateerd	Syrups, corn, dehydrated
68308-54-3	Glyceriden, talk-mono-, di- en tri-, gedehydrogeneerd	Glycerides, tallow mono-, di- and tri-, hydrogenated
68424-61-3	Glyceriden, C_{16-18} en C_{18} -onverzadigde mono- en di-. <i>Deze stof wordt aangeduid met SDA Substance Name: C16-C18 and C18 unsaturated alkyl and C16-C18 and C18 unsaturated dialkyl glyceride en SDA reporting Number : 11-002-00</i>	<i>Glycerides, C16-18 and C18-unsaturated mono- and di-</i>
85665-33-4	Glyceriden, C_{10-18}	Glycerides, C_{10-18}

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl