



# Klimaatimpact herbruikbare en eenmalige specula

Screening LCA voor het UMC Utrecht



CE Delft

*Committed to the Environment*

# Klimaatimpact herbruikbare en eenmalige specula

Screening LCA voor het UMC Utrecht

Dit rapport is geschreven door:  
Lynn Snijder, Martijn Broeren

Delft, CE Delft, oktober 2022

Publicatienummer: 22.210358.128

Ziekenhuizen / Ziekenhuisafval / Afname / Hergebruik / LCA / Analyse  
VT: Duurzaam inkopen / Medische instrumenten

Opdrachtgever: UMC Utrecht

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Broeren (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

## **CE Delft**

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, ngo's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	5
2 Methode en data	6
2.1 Doel en afbakening	6
2.2 Onderzochte alternatieven en systeemgrenzen	6
2.3 Data en modellering	8
3 Resultaten klimaatimpact	11
3.1 Hoofresultaten	11
3.2 Klimaatimpact van het CSA-proces	12
3.3 Gevoeligheidsanalyse - duurzamere elektriciteitsmix	13
3.4 Gevoeligheidsanalyse - stoom uit elektrische boilers	15
4 Conclusie en discussie	17
5 Literatuur	20
A Details LCA-model	21



# Samenvatting

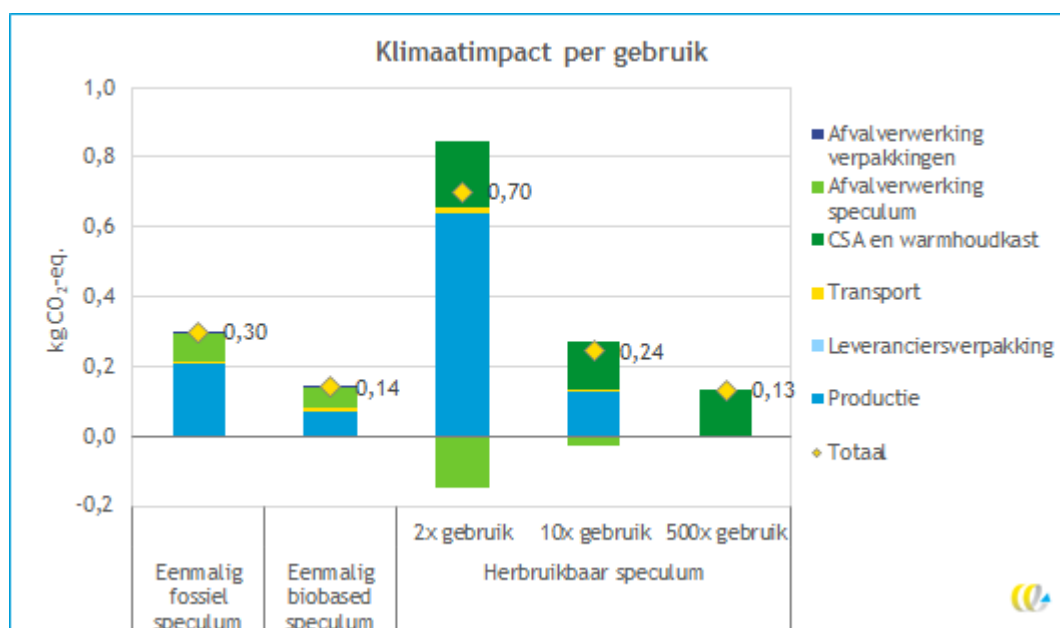
In de afgelopen jaren heeft het UMC Utrecht vaak ervoor gekozen om eenmalige ('disposable') medische instrumenten in te kopen, in plaats van herbruikbare. Ook bij de afdeling Gynaecologie zijn herbruikbare vaginale specula vervangen door eenmalige. De afdeling is nu benieuwd hoe de milieuprestaties van herbruikbare en eenmalige vaginale specula zich tot elkaar verhouden. Hoewel de herbruikbare varianten honderden keren gebruikt kunnen worden, worden deze specula na ieder onderzoek gesteriliseerd.

In dit onderzoek wordt daarom met een verkennende ('screening') levenscyclusanalyse (LCA) de klimaatimpact van drie soorten vaginale specula vergeleken:

1. Een herbruikbaar speculum van metaal.
2. Een eenmalig speculum van fossiel plastic (ABS).
3. Een eenmalig speculum van biobased plastic (PLA).

We kijken hierbij naar de impact van *één medisch onderzoek met een vaginaal speculum* in het UMC Utrecht. Dit houdt bijvoorbeeld in dat het sterilisatieproces is gemodelleerd op basis van de situatie in het UMC Utrecht. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 - Klimaatimpact van eenmalige en herbruikbare vaginale specula, per gebruik



Hoewel de herbruikbare specula na ieder gebruik gesteriliseerd worden, heeft de sterilisatie een lagere klimaatimpact dan de productie en het transport van eenmalige fossiele specula. De geschatte klimaatimpact van herbruikbare specula (als deze 500x gebruikt worden) ligt

<sup>1</sup> Het huidige onderzoek is een screening LCA omdat er naar één milieu-indicator wordt gekeken (klimaat-impact), er voor een deel gebruik wordt gemaakt van generieke milieugegevens, en alternatieve scenario's worden onderzocht op basis van aannames. Deze methode sluit goed aan bij het doel van dit onderzoek om te verkennen hoe groot de verschillen tussen de speculumvarianten ongeveer zijn.

circa 50% lager dan die van eenmalige specula van fossiel plastic. De klimaatimpact van biobased eenmalige specula is ongeveer gelijk aan die van herbruikbare specula.

Voor de herbruikbare specula bepaalt het aantal keer hergebruik de klimaatimpact per speculumonderzoek. Als de herbruikbare specula minimaal zeven keer gebruikt worden, hebben ze een lagere klimaatimpact dan de fossiele eenmalige specula. De verwachting is dat herbruikbare specula honderden keren hergebruikt kunnen worden. Hierdoor wordt de klimaatimpact per onderzoek vrijwel volledig bepaald door het CSA-proces; bij 500x hergebruik draagt het CSA-proces circa 99% bij aan de klimaatimpact.

De klimaatimpact van het CSA-proces zelf wordt bijna twee derde (62%) bepaald door het energiegebruik (elektriciteit en stoom). Als de nationale elektriciteitsvoorziening verduurzaamd wordt, daalt ook de klimaatimpact van herbruikbare specula in het UMC Utrecht (circa 10% op basis van het landelijk net in 2030). Bij de eenmalige specula zien we vergelijkbare reducties wanneer het elektriciteitsnet wordt verduurzaamd.

Als elektrische boilers voor de stoomvoorziening gebruikt zouden worden, dan neemt de klimaatimpact sterker af (tot circa 20% lager dan in de huidige situatie). Verdere verduurzamingsopties (zoals een combinatie van bovengenoemde ontwikkelingen) zijn hier niet doorgerekend. Ook de klimaatimpact van eenmalige specula kan vermoedelijk verlaagd worden.

De Utrechtse gynaecologen bespreken momenteel ook of het steriliseren van herbruikbare specula noodzakelijk is, of dat grondige reiniging ook voldoende kan zijn. Mocht het zo zijn dat de sterilisatie met stoom vanuit medisch oogpunt niet nodig is, dan daalt de klimaatimpact van herbruikbare specula met ongeveer 40%. Omdat de specula niet steriel gebruikt hoeven te worden, zou ook gedacht kunnen worden aan het aanpassen/weglaten van de CSA-verpakking om de milieu-impact te verlagen.

# 1 Inleiding

Het UMC Utrecht heeft in haar duurzaamheidsbeleid 2020-2025 de ambitie vastgelegd om toe te werken naar een circulaire bedrijfsvoering, in lijn met de landelijke doelstellingen op het gebied van circulariteit. Om bij te dragen aan een circulaire economie wil het UMC Utrecht circulariteit de komende jaren concreet handen en voeten gaan geven in de eigen bedrijfsvoering en in inkoopprojecten. Hergebruik van instrumenten heeft in dit circulariteitsbeleid in het algemeen de voorkeur boven recycling.

In de afgelopen jaren is bij de inkoop van medische instrumenten in toenemende mate de keuze gemaakt voor disposables. In lijn hiermee zijn ook de herbruikbare vaginale specula van de afdeling Gynaecologie vervangen door eenmalige varianten. De afdeling is benieuwd hoe de milieukundige impacts van herbruikbare en eenmalige specula zich tot elkaar verhouden. De eenmalige set wordt gemaakt van fossiel plastic (ABS) en wordt na elk gebruik weggegooid. De herbruikbare variant van metaal wordt veel vaker ingezet, maar wordt na ieder gebruik gesteriliseerd in de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA) van het UMC Utrecht. Dit is een energie-intensief proces. Tot slot is er ook een nieuwe eenmalige variant die van biobased plastic (PLA) gemaakt wordt, dat geproduceerd kan worden met een lagere klimaatimpact.

In dit onderzoek wordt de klimaatimpact van deze drie soorten vaginale specula vergeleken:

1. Een herbruikbaar speculum van metaal.
2. Een eenmalig speculum van fossiel plastic (ABS).
3. Een eenmalig speculum van biobased plastic (PLA).

Deze analyse is een verkennende ('screening') levenscyclusanalyse (LCA). LCA is een gestandaardiseerde methode om de milieukundige prestaties van producten of processen over de hele productieketen te kwantificeren (ISO, 2006a) (ISO, 2006b). Het huidige onderzoek is een screening LCA omdat er naar één milieu-indicator wordt gekeken (klimaatimpact), er voor een deel gebruik wordt gemaakt van generieke milieugegevens, en alternatieve scenario's worden onderzocht op basis van aannames. Deze screening-methode<sup>2</sup> sluit goed aan bij het doel van dit onderzoek om te verkennen hoe groot de verschillen tussen de speculumvarianten ongeveer zijn.

In Hoofdstuk 2 wordt verder uitgelegd hoe de analyse is opgezet, Hoofdstuk 3 geeft de resultaten weer, en in Hoofdstuk 4 worden de conclusies besproken.

---

<sup>2</sup> Hoewel de ISO-standaarden voor LCA-methodologisch zijn gevolgd, zou voor een ISO-conforme rapportage meer milieu-impactcategorieën onderzocht moeten worden, meer primaire productiedata verzameld moeten worden, de rapportage moeten worden uitgebreid en een externe kritische review worden uitgevoerd.



## 2 Methode en data

Levenscyclusanalyse (LCA) is een methode om de milieueffecten van producten of diensten over hun gehele levenscyclus te kwantificeren. LCA houdt rekening met de milieueffecten van alle processen die nodig zijn om een product of dienst te leveren. Om te bepalen of een herbruikbaar speculum duurzamer is dan meerdere eenmalige is het belangrijk om zowel de materiaalproductie, de afvalverwerking als ook het energiegebruik voor reinigen en steriliseren allemaal te analyseren. Door rekening te houden met alle relevante processen van de hele levenscyclus, kan LCA worden gebruikt om producten of diensten op een eerlijke en transparante manier te vergelijken.

### 2.1 Doel en afbakening

Het doel van dit onderzoek is om de klimaatimpact van het gebruik van een herbruikbaar speculum van metaal, een eenmalig speculum van fossiel plastic (ABS) en een eenmalig speculum van biobased plastic (PLA) te vergelijken. De functionele eenheid is *één medisch onderzoek met een vaginaal speculum*. Er wordt vanuit gegaan dat de drie specula qua functionaliteit identiek zijn<sup>3</sup>.

Geografisch richt de studie zich op gebruik van de verschillende specula in het UMC Utrecht. Dit is met name van belang voor de herbruikbare specula; het sterilisatieproces, de daarvoor benodigde energie en hoe deze geleverd wordt zijn allemaal gebaseerd op de situatie in het UMC Utrecht. We gaan verder uit van de huidige situatie (met uitzondering van de gevoeligheidsanalyses in Paragraaf 3.3 en Paragraaf 3.4).

### 2.2 Onderzochte alternatieven en systeemgrenzen

In dit onderzoek worden drie alternatieve vaginale specula vergeleken:

1. Een herbruikbaar speculum van metaal<sup>4</sup>.
2. Een eenmalig speculum van fossiel plastic (ABS).
3. Een eenmalig speculum van biobased plastic (PLA).

De onderzochte productsystemen en meegenomen processen voor de eenmalige en herbruikbare specula zijn respectievelijk weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. In deze figuren worden niet alle losse emissies of transportstappen getoond.

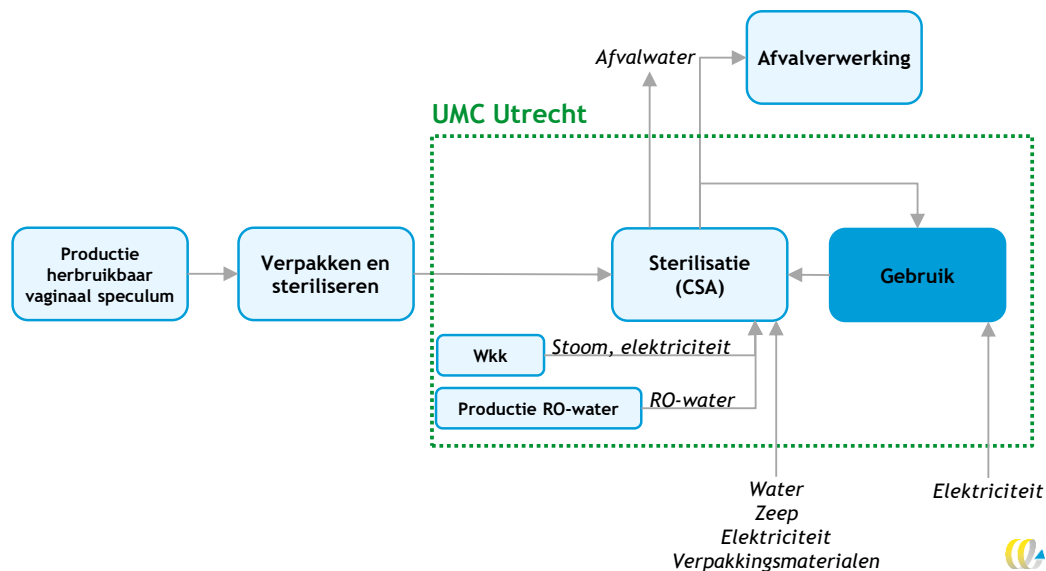
Het **herbruikbare speculum** wordt gemaakt van roestvrij staal. We gaan ervan uit dat dit in Duitsland (Aspen) gebeurt, waar veel medische instrumenten gemaakt worden waaronder specula (KaWeMed, sd). Na de productie wordt deze verpakt, gesteriliseerd en getransporteerd naar het UMC Utrecht. In Utrecht worden de herbruikbare specula voor ieder gebruik gesteriliseerd bij de CSA. Hierbij wordt onder andere stoom, zeep en water gebruikt om de specula te reinigen en te steriliseren in verschillende stappen (voorspoelen, desinfecteren, steriliseren, verpakken en reinigen randonderdelen). Voor het gebruik bij patiënten wordt het speculum warm gehouden in een warmhoudkast. De verwachting van het UMC Utrecht is

<sup>3</sup> Er kunnen in de praktijk echter verschillen bestaan tussen de specula die hier niet meegenomen zijn. Hierbij is te denken aan het patiëntcomfort of het gebruiksgemak.

<sup>4</sup> Er zijn diverse typen metalen specula. Voor deze analyse is gekozen voor het Cusco-speculum (standaard maat), omdat deze qua functionaliteit het meeste lijkt op de disposable specula.

dat de herbruikbare specula op deze manier minimaal 500x ingezet kunnen worden voor medisch onderzoek. Als ze na de sterilisatie afgekeurd worden, zullen de specula naar een afvalverbrandingsinstallatie worden gestuurd als niet-specifiek ziekenhuisafval. We nemen aan dat een groot deel van het metaal wordt teruggewonnen uit de resulterende bodemas. Ook de CSA-verpakkingen worden na (eenmalig) gebruik naar afvalverbrandingsinstallaties gestuurd.

Figuur 2 - Levenscyclus herbruikbare specula



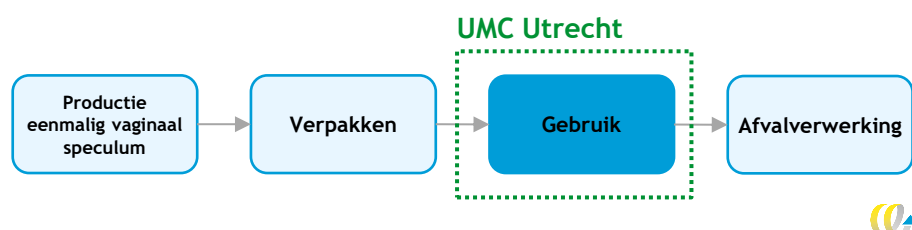
Het **eenmalig speculum van fossiel plastic** en het **eenmalig speculum van biobased plastic** hebben een vergelijkbare levenscyclus (Figuur 3). Het eenmalige speculum van fossiel plastic wordt gemaakt van ABS-kunststof<sup>5</sup> dat uit aardolie geproduceerd wordt. Voor de biobased variant wordt PLA<sup>6</sup> gebruikt, dat in Thailand uit suikerriet wordt gemaakt. Het ABS (fossiel) wordt in Europa geproduceerd en ook daar omgezet tot specula door middel van spuitgieten. Het PLA (biobased) wordt naar de EU per boot getransporteerd en daar omgezet tot specula door middel van spuitgieten. De twee eenmalige specula zijn aanzienlijk lichter (circa 35-40 gram) dan de metalen variant (180 gram). De kunststof specula hoeven na hun productie niet gesteriliseerd te worden. Als de specula eenmalig gebruikt zijn worden ze afgedankt, waarbij ze net als de herbruikbare specula worden verbrand. De verbranding van plastics wekt energie in de verbrandingsinstallatie. We nemen aan dat deze wordt teruggewonnen om elektriciteit en warmte op te wekken.

<sup>5</sup> Een copolymeer van acrylonitriël, butadien en styreen.

<sup>6</sup> *Poly*lactic acid of polymelkzuur.



Figuur 3 - Levenscyclus eenmalige specula (fossiel of biobased)



## 2.3 Data en modellering

In Tabel 1 zijn de gehanteerde uitgangspunten en belangrijkste data voor de LCA weergegeven. De informatie over de materialen en gewichten (van de specula en verpakkingen) en het CSA-proces zijn aangeleverd door het UMC Utrecht.

Tabel 1 - Gehanteerde data per speculumvariant. Alle waarden zijn uitgedrukt per speculum. Bij de CSA zijn de getallen uitgedrukt per CSA-cyclus voor één speculum

		Enmalig (fossiel)	Enmalig (biobased)	Herbruikbaar
Productie materiaal/ speculum	Samenstelling	34,4 gram ABS	39,9 gram PLA	181 gram roestvrij staal
	Productielocatie materiaal	EU	Thailand	Duitsland
	Productie speculum	Spuitgieten, EU	Spuitgieten, EU	Metaalbewerking, EU
Transport		300 km vrachtwagen	16.888 km zeetransport (Bangkok - Rotterdam) 100 km vrachtwagen	570 km vrachtwagen (Aspen - Utrecht)
Leveranciers-verpakking	Samenstelling	0,8 gram PE	0,8 gram PE	N.v.t./niet meegenomen
Gebruik (CSA en warmhoudkast)	Voorspoelen	N.v.t.	N.v.t.	Water: 1,177 liter Stroom: 0,16 kWh Zeep: 4,16 ml RO-water: 0,156 liter Afvalwater: 1,33 liter
	Desinfecteren			Water: 1,25 liter Stroom: 0,0344 kWh Zeep: 0,83 ml RO-water: 0,417 liter Afvalwater: 1,67 liter
	Verpakken			Papier (50%): 3 gram LDPE (25%): 1,5 gram PET (25%): 1,5 gram Elektriciteit (sealmachine): 0,004 kWh
	Steriliseren			Zachtwater: 0,104 liter RO-water: 0,188 liter Stoom: 0,198 kg Stroom: 0,008 kWh Afvalwater: 0,292 liter

		Eenmalig (fossiel)	Eenmalig (biobased)	Herbruikbaar
	Reinigen randonderdelen			Water: 0,444 liter Zeep: 4,44 ml RO-water: 0,741 liter Afvalwater: 1,19 liter
	Warmhoudkast			Elektriciteit: 0,02 kWh
End-of-life	Verwerkingsroute	Verbranding met energierecuperatie (speculum en verpakkingen)		

Bij de modellering zijn de volgende aannames en overige opmerkingen van belang:

- Eenmalige specula:
  - Er is aangenomen dat eenmalige specula van kunststof niet apart gesteriliseerd (hoeven te) worden. Mocht dit wel gebeuren (bijvoorbeeld met ethyleenoxide), dan zijn de hier gepresenteerde resultaten een onderschatting.
- CSA-proces herbruikbare specula:
  - De stoom die in het CSA-proces wordt gebruikt is gemodelleerd op basis van informatie over hoe stoom wordt opgewekt in de warmtekrachtcentrale en stoomketels van het UMC Utrecht. Tussen deze productie van stoom en het gebruik van de stoom kunnen verliezen voorkomen. We gaan hier uit van 5% verlies op basis van een schatting van medewerkers van het UMC Utrecht.
  - We hebben aangenomen dat het opwarmen van water voor de CSA volledig gebeurt met het warmte-terugwinsysteem op basis van restwarmte/-stoom.
  - Er is aangenomen dat er geen chemicaliën gebruikt worden bij de productie van RO-water.
  - De herbruikbare specula worden voor ieder gebruik (dus ook de eerste keer) gesteriliseerd in de CSA van het UMC Utrecht. We nemen aan dat na het schoonmaken en steriliseren bij de CSA beoordeeld wordt of een herbruikbaar speculum nog een keer gebruikt kan worden. In werkelijkheid wordt dit net voor sterilisatie gedaan. Hierdoor wordt de impact van het CSA-proces iets overschat.
- Warmhoudkast herbruikbare specula:
  - De warmhoudkast heeft een capaciteit van twintig specula en een vermogen van 150 W.
  - We nemen aan dat er voor iedere tien speculumonderzoeken een warmhoudkast één dag aan moet staan. Bij het opstarten moet de warmhoudkast eerst een kwartier opwarmen (gegevens leverancier). We nemen aan dat deze vervolgens 10 uur aanstaat.
  - We gaan ervan uit dat de kast op vol vermogen draait bij het kwartier opwarmen.
  - Na het opwarmen gaan we ervan uit dat het verwarmingselement in de warmhoudkast maar af en toe aan hoeft te slaan om de gewenste temperatuur te behouden. Bij koelkasten zien we dat het werkelijke energieverbruik zo'n 12% is van het maximale energieverbruik, omdat het koelelement maar 12% van de tijd aan hoeft te staan. We nemen aan dat dit vergelijkbaar is bij de warmhoudkast, en dat deze gedurende de 10 uur dus gemiddeld ( $12\% * 150\text{ W} =$ ) 18 W verbruikt.
- Afvalverwerking:
  - Bij afvalverwerking zijn de directe emissies van de verbranding en vermeden producten (bijvoorbeeld door het terugwinnen van energie of metalen) meegenomen. De energierecuperatie is gemodelleerd op basis van gemiddelde Nederlandse AEC-rendementen.
  - In deze analyse wordt aangenomen dat 96% van de metalen in het herbruikbare speculum wordt teruggewonnen (CE Delft, 2019) en kan worden ingezet als ruwijzer.

- De samenstelling (en daarmee de verbrandingswaarde en koolstofinhoud) van ABS-plastic kan gevarieerd worden. Qua koolstofinhoud is nu uitgegaan van een worst case, door aan te nemen dat 88% van het gewicht uit koolstof bestaat.
  - Transport vanaf het UMC Utrecht richting de afvalverwerker is niet meegenomen.
- Afbakening:
- De herbruikbare specula worden ook aangeleverd bij het UMC Utrecht in een verpakking. Deze verpakking is niet meegenomen in de analyse, omdat deze verwaarloosbaar is.
  - Er zijn proxy-datasets gebruikt voor sommige processen, zoals voor het productieproces van kunststof folies voor de verpakkingen van eenmalige specula en CSA-verpakkingen.
  - De productie van kapitaalgoederen, zoals de machines op de CSA of stoomturbines bij de wkk, is buiten beschouwing gelaten. Deze hebben doorgaans een zeer kleine bijdrage aan grootschalige processen.

De gegevens uit Tabel 1 zijn aangevuld met achtergronddata uit publieke LCA-databases zoals Ecoinvent (Ecoinvent, 2016) en eerdere studies van CE Delft. De modellen zijn opgebouwd in de SimaPro LCA-software (9.4). De resultaten zijn berekend aan de hand van de ReCiPe 2016-methode (v1.07).

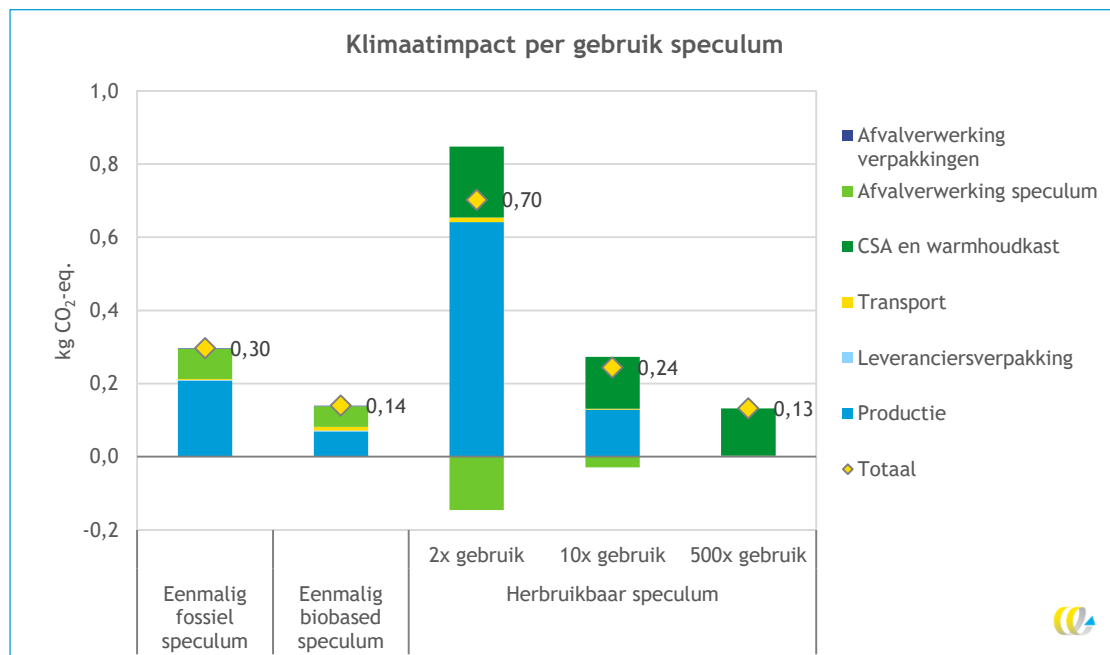
# 3 Resultaten klimaatimpact

## 3.1 Hoofresultaten

Figuur 4 toont de klimaatimpact van de specula, uitgedrukt per gebruik/medisch onderzoek. Voor het herbruikbare speculum van metaal is de klimaatimpact weergegeven als deze 2x, 10x, of 500x gebruikt wordt. Hierdoor wordt de impact van de productie en het transport naar het ziekenhuis steeds kleiner, waardoor het CSA-proces een steeds groter deel van de totale klimaatimpact per onderzoek bepaalt. Bij 500x hergebruik veroorzaakt het CSA-proces bijvoorbeeld 99% van de klimaatimpact van het herbruikbare speculum, omdat de andere processen verdeeld zijn over 500 onderzoeken.

De klimaatimpact van de eenmalige specula van fossiel plastic ligt op zo'n 0,30 kg CO<sub>2</sub>-eq. per onderzoek. Bij eenmalige specula uit biobased plastic ligt de klimaatimpact rond 0,14 kg CO<sub>2</sub>-eq. per onderzoek. Verder zien we dat het herbruikbare speculum bij 500x gebruik een vergelijkbare impact als de biobased versie heeft, met zo'n 0,13 kg CO<sub>2</sub>-eq. per onderzoek.

Figuur 4 - Klimaatimpact van eenmalige en herbruikbare vaginale specula, per gebruik



De impact van het herbruikbaar speculum wordt bij twee keer gebruik grotendeels bepaald door de productie, en deels door de CSA. In de praktijk kunnen herbruikbare specula echter veel vaker gebruikt worden. Hierdoor wordt de klimaatimpact per gebruik lager, omdat de impact van de productie wordt verdeeld over alle behandelingen. Daarom is bij 500x gebruik de klimaatimpact van de CSA dominant; deze bepaalt circa 99% van de gehele klimaatimpact.



De impact van eenmalig biobased komt vooral uit productie, transport en afvalverwerking. De verpakking van het speculum speelt zeer kleine rol. Dit geldt ook voor het eenmalig fossiel speculum, al heeft transport een kleinere bijdrage.

Bij eenmalige specula leidt de afvalverwerking van zowel het instrument als de verpakking- en tot CO<sub>2</sub>-emissies. Hoewel hier energie wordt teruggewonnen, komt er netto CO<sub>2</sub> vrij. De metalen van het herbruikbare speculum leveren geen CO<sub>2</sub>-emissies op in de verbrandingsinstallatie, en kunnen uit de bodemas worden gefilterd om opnieuw gebruikt te worden als ruwijzer. Dit levert een milieuvoordeel op.

We kunnen met dit model ook een omslagpunt berekenen, oftewel het aantal keer gebruik waarna het herbruikbare speculum beter of vergelijkbaar scoort dan de eenmalige fossiele variant. Het herbruikbare speculum moet zeven keer worden gebruikt om een lagere klimaatimpact te hebben dan een fossiel eenmalig speculum.

#### Tekstbox 1 - Vergelijking klimaatimpact ABS

Voor dit onderzoek is voornamelijk gebruik gemaakt van de Ecoinvent LCA-database (versie 3.8, 2021). Ecoinvent is een non-profitorganisatie die een onafhankelijke milieudatabase levert voor onderzoek. Voor het maken van deze milieudatabase maakt Ecoinvent gebruik van verschillende informatiebronnen. Voor de informatie omtrent plastics zijn zowel universiteiten, laboratoria als de Europese branchevereniging PlasticsEurope geraadpleegd (Ecoinvent.org, sd).

De milieu-impact van de productie van het ABS-plastic dat voor eenmalige fossiele specula wordt gebruikt komt ook uit Ecoinvent. Dit is oudere data die al in Ecoinvent Versie twee beschikbaar was (oorspronkelijk gepubliceerd in 2007), maar deze is sindsdien door Ecoinvent wel aangepast.

PlasticsEurope heeft in 2015 nieuwere LCA-resultaten voor ABS-plastic gepubliceerd (PlasticsEurope, 2015). Deze resultaten melden een 35% lagere klimaatimpact (CO<sub>2</sub>-eq.) voor de productie van ABS dan Ecoinvent; de uitstoot van ABS is volgens PlasticsEurope 3,1 kg CO<sub>2</sub>-eq./kg, terwijl Ecoinvent uitkomt op 4,8 kg CO<sub>2</sub> eq./kg. Ecoinvent heeft eerder LCA-resultaten van PlasticsEurope overgenomen in haar database. Echter hebben zij dat bij deze nieuwe ABS-data van PlasticsEurope niet gedaan. Het is niet duidelijk waarom hiervoor gekozen is.

In dit onderzoek is ervoor gekozen om de data uit de Ecoinvent-database te gebruiken omdat dit een onafhankelijke en transparantere bron is. Als wij echter de waarde van PlasticsEurope meenemen in de impactberekening van het fossiele speculum, daalt de klimaatimpact van ABS-productie met 35%. De totale klimaatimpact van één onderzoek met het eenmalige fossiele speculum wordt daarmee 0,24 kg CO<sub>2</sub>-eq/gebruik. De conclusie dat zowel biobased als herbruikbare specula beter zijn voor het klimaat verandert daarmee niet.

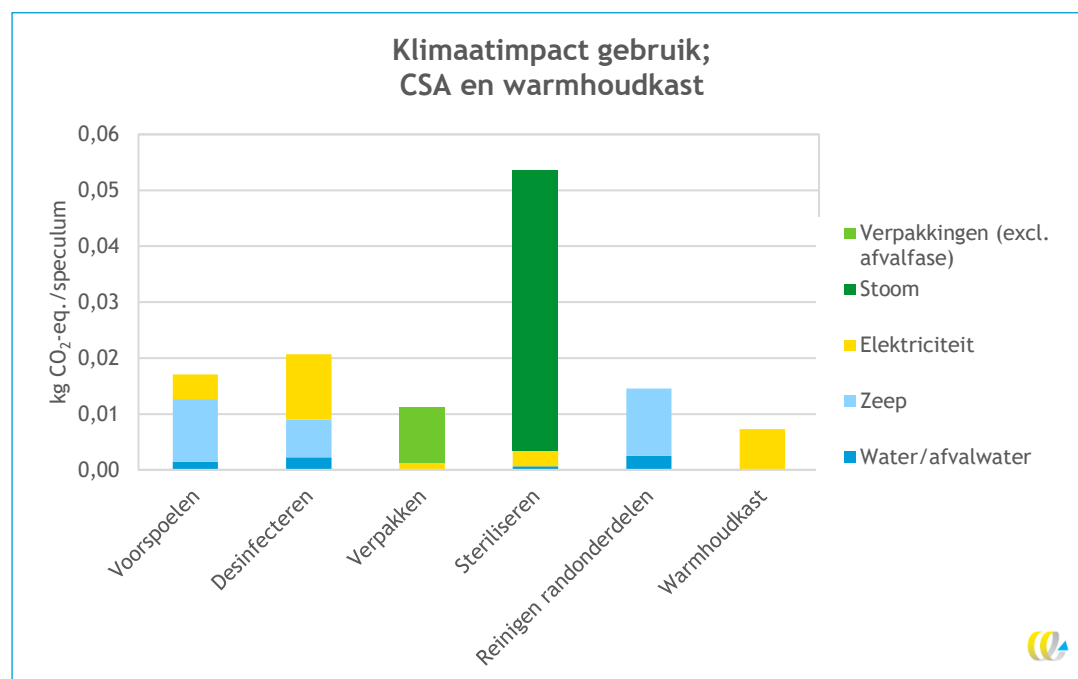
## 3.2 Klimaatimpact van het CSA-proces

Het reinigings- en sterilisatieproces bestaat uit de volgende stappen: ophalen/transport in transportwagens, voorspoelen, desinfecteren, verpakken en daarnaast het steriliseren. Als laatste worden de transportwagens ook gereinigd. Elk proces maakt gebruik van verschillende hulpmiddelen, zoals water, zeep, elektriciteit en stoom. Een deel van de productie van die hulpmiddelen vindt plaats binnen het UMC Utrecht. Ze maken voor een deel van de productie van elektriciteit en stoom gebruik van een wkk (warmtekrachtkoppeling). Daarnaast wordt er binnen het CSA-proces gebruik gemaakt van een warmte-terugwinsysteem, waarbij warmte wordt teruggewonnen en stoom wordt gebruikt om water op te warmen. Ook wordt een deel van het water bij het reinigen van de transportwagens hergebruikt bij een volgende cyclus.



In Figuur 5 is de klimaatimpact van de vijf processtappen van de CSA zichtbaar gemaakt voor de verschillende hulpmiddelen. Te zien is dat het steriliseren binnen de CSA circa 45% van de klimaatimpact veroorzaakt. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de stoom die gebruikt wordt binnen dit proces. Het gebruik van elektriciteit en zeep zorgt voor respectievelijk 22 en 24% van de klimaatimpact van het CSA-proces.

Figuur 5 - Klimaatimpact van het CSA-proces voor herbruikbare specula in het UMC Utrecht



Momenteel wordt er door de Utrechtse gynaecologen gekeken of het steriliseren van de herbruikbare specula noodzakelijk is, of dat grondige reiniging ook voldoende zou zijn. Dit zou de klimaatimpact van het CSA-proces verlagen; als de sterilisatiestap niet nodig zou zijn, daalt de klimaatimpact van herbruikbare specula tot 0,08 kg CO<sub>2</sub>-eq. per onderzoek (bij 500x gebruik), een reductie van 40%.

### 3.3 Gevoeligheidsanalyse - duurzamere elektriciteitsmix

In deze gevoeligheidsanalyse onderzoeken we de invloed van verwachte verduurzaming van het landelijke elektriciteitsnet. Doordat een steeds groter deel van de Nederlandse elektriciteit wordt opgewekt uit hernieuwbare bronnen, zal de klimaatimpact per kWh dalen.

Een deel van de klimaatimpact van de herbruikbare specula wordt veroorzaakt door het elektriciteitsgebruik van het CSA-proces. Deze elektriciteit wordt deels opgewekt in de wkk van het UMC Utrecht en komt deels van het landelijke net. Voor eenmalige specula kijken we naar de invloed van elektriciteit bij het spuitgietproces.

In Tabel 2 zijn vier scenario's weergegeven die we hier verder onderzoeken. Het eerste scenario komt overeen met de basisanalyse zoals besproken in Paragraaf 3.1. In het tweede scenario bekijken we wat er zou veranderen als het UMC Utrecht geen wkk zou hebben. Onderin de tabel is te zien dat de gemiddelde emissiefactor van de gebruikte elektriciteit

toeneemt ten opzichte van het eerste scenario. Dit komt doordat de wkk van het UMC Utrecht minder CO<sub>2</sub>-uitstoot per opgewekte kWh dan het landelijke net.

In het derde scenario blikken we vooruit naar 2030. Naar verwachting daalt de emissiefactor van de landelijke elektriciteit flink, doordat er meer hernieuwbare bronnen ingezet zullen worden. In het vierde scenario wordt gekeken wat het effect is als in 2030 alleen deze schonere netstroom wordt gebruikt.

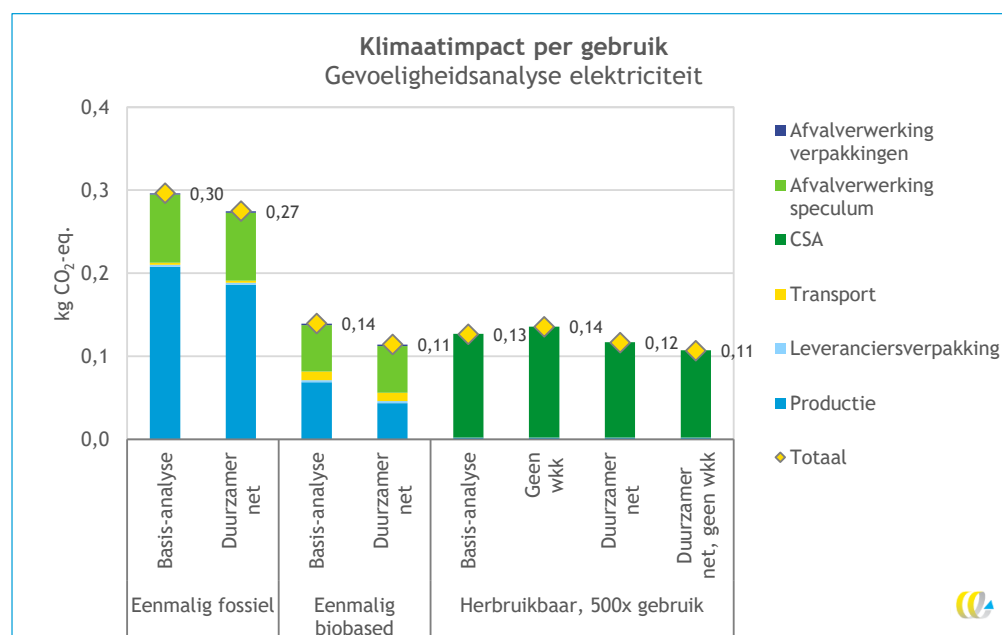
Voor de eenmalige kunststof specula vergelijken we de basisanalyse en het duurzamere elektriciteitsnet; de wkk van het UMC Utrecht heeft immers geen invloed op het spuitgietproces.

Tabel 2 - Scenario's gevoeligheidsanalyse groenere elektriciteitsmix

Parameters		Scenario en emissiefactor elektriciteit kg CO <sub>2</sub> -eq./kWh			
		Basisanalyse	Geen wkk	Duurzamer net	Duurzamer net, geen wkk
Landelijk net	Aandeel in UMC Utrecht	35%	100%	35%	100%
	Emissiefactor	0,46 (gemiddelde 2019)	0,46 (gemiddelde 2019)	0,12 (verwachting 2030)	0,120 (verwachting 2030)
Wkk	Aandeel in UMC Utrecht	65%	0%	65%	0%
	Emissiefactor	0,287	0,287	0,287	0,287
<b>Gemiddelde emissiefactor</b>		<b>0,339</b>	<b>0,435</b>	<b>0,229</b>	<b>0,120</b>

Figuur 6 toont de resultaten voor de verschillende elektriciteitsscenario's voor de herbruikbare specula. De verschillen zijn beperkt, omdat elektriciteit een relatief beperkte bijdrage levert aan de klimaatimpact van het CSA-proces (Figuur 5).

Figuur 6 - Gevoeligheidsanalyse groenere elektriciteitsmix, klimaatimpact specula per gebruik



In lijn met de gemiddelde emissiefactoren uit Tabel 2, zien we dat het huidige gebruik van een wkk de klimaatimpact van het CSA-proces verlaagt; als er geen wkk ingezet zou worden (Scenario 2), is de klimaatimpact zo'n 5% hoger (0,14 kg CO<sub>2</sub>-eq. per speculumonderzoek).

Richting 2030 gaat de klimaatimpact van herbruikbare specula autonoom omlaag omdat het landelijk net verduurzaamd wordt, wat de CSA van het UMC Utrecht ook schoner maakt. We schatten dat dit zorgt voor een reductie van zo'n 10% (0,12 kg CO<sub>2</sub>-eq. per speculumonderzoek). Als met een duurzamer landelijk net ook de wkk afgekoppeld zou kunnen worden zoals in het vierde scenario, neemt deze afname toe tot 15% (0,11 kg CO<sub>2</sub>-eq. per speculumonderzoek).

Bij de eenmalige specula zien we vergelijkbare reducties wanneer de specula worden geproduceerd met meer hernieuwbare elektriciteit. Ook het biobased speculum komt hierdoor uit op 0,11 kg CO<sub>2</sub>-eq. per speculumonderzoek.

In deze gevoeligheidsanalyses wordt de stoom voor de CSA op dezelfde manier opgewekt als in de basisanalyse. Als het UMC Utrecht geen wkk zou inzetten, zou deze stoom op een andere manier moeten worden opgewekt. Omdat de energiebehoefte om stoom op te wekken in de wkk of in stoomketels dicht bij elkaar ligt (uitgedrukt als Nm<sup>3</sup> aardgas per kg stoom), zou een overstap van de wkk naar stoomketels weinig invloed hebben op de resultaten.

### 3.4 Gevoeligheidsanalyse - stoom uit elektrische boilers

Bijna 40% van de klimaatimpact van de herbruikbare specula wordt veroorzaakt door het stoomgebruik bij de sterilisatie (zie Figuur 5). Deze stoom wordt in het UMC Utrecht op het moment deels opgewekt in de wkk, en deels met stoomboilers op aardgas. Op termijn zou men een overstap kunnen maken naar elektrische boilers, om zo 'van het gas af' te gaan. In deze gevoeligheidsanalyse verkennen we het effect van deze overstap. Zoals weergegeven in Tabel 3 vergelijken we een situatie waarin volledig wordt overgestapt op elektrische boilers (E-boilers). We bekijken hierbij zowel de huidige elektriciteitsmix als de verwachte (duurzamere) mix in 2030. Verder nemen we aan dat de elektrische boilers een energierendement van 99% hebben, terwijl de opwekking in de huidige situatie een rendement van 90% heeft.

Tabel 3 - Scenario's gevoeligheidsanalyse stoom uit elektrische boilers

Parameters	Scenario en emissiefactor kg CO <sub>2</sub> -eq./kWh		
	Basisanalyse	Elektrische boilers (huidige net)	Elektrische boilers (duurzamer net)
Aandeel stoom uit wkk/aardgasboilers	100%	0%	0%
Aandeel stoom uit elektrische boilers	0%	100%	100%
Emissiefactor elektriciteit, g CO <sub>2</sub> -eq./kWh		0,44 (gemiddelde 2019)	0,12 (verwachting 2030)
Gemiddelde emissiefactor stoom, kg CO <sub>2</sub> -eq./kg	0,25	0,42	0,12

De resultaten zijn weergegeven in Figuur 7. Als het huidige landelijke elektriciteitsnet gebruikt wordt (emissiefactor van 0,42 kg CO<sub>2</sub>-eq./kWh), neemt de klimaatimpact van speculumgebruik toe met zo'n 25%. Dit komt doordat de elektriciteit op dit moment nog grotendeels wordt opgewekt met fossiele brandstoffen (onder andere steenkool). Voor het

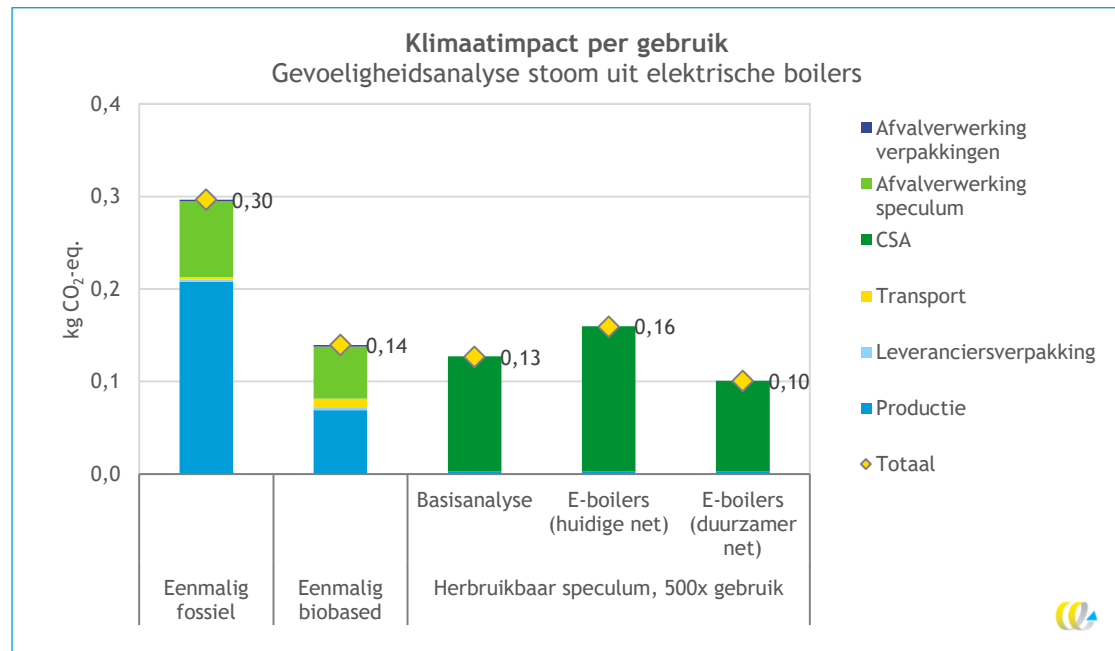




klimaat is het gunstiger om aardgas direct te gebruiken om stoom op te wekken in de wkk en stoomboilers van het UMC Utrecht.

Als we echter uitgaan van de landelijke mix in 2030 (emissiefactor van 0,12 kg CO<sub>2</sub>-eq./kWh), dan daalt de klimaatimpact van speculumgebruik met circa 20% tot 0,10 kg CO<sub>2</sub>-eq./onderzoek. De hogere inzet van hernieuwbare energiebronnen zorgt voor een veel lagere klimaatimpact dan in de huidige situatie.

**Figuur 7 - Gevoeligheidsanalyse stoom uit elektrische boilers, klimaatimpact specula per gebruik**



## 4 Conclusie en discussie

In deze verkennende levenscyclusanalyse wordt de klimaatimpact van het gebruik van herbruikbare vaginale specula van metaal vergeleken met die van eenmalige specula, die ofwel van fossiel kunststof ofwel van biobased kunststof gemaakt kunnen worden. Hoewel de herbruikbare specula na ieder gebruik gesteriliseerd worden in de CSA, heeft dit proces een lagere klimaatimpact dan de productie en het transport van eenmalige fossiele specula. De geschatte klimaatimpact van herbruikbare specula (als deze 500x gebruikt worden) ligt circa 55% lager dan die van eenmalige specula van fossiel plastic. Deze bevindingen zijn in lijn met een eerdere studie uit de Verenigde Staten (zie kader). De klimaatimpact van biobased eenmalige specula is ongeveer gelijk aan die van herbruikbare specula.

Bij deze conclusies kunnen een aantal methodologische opmerking worden geplaatst:

- Het CSA-proces voor de herbruikbare specula is gemodelleerd op basis van de situatie in het UMC Utrecht. De resultaten zijn dus niet per se representatief voor andere ziekenhuizen, waar een ander sterilisatieproces gevolgd kan worden en/of de gebruikte energie anders opgewekt kan worden.
- De analyse vergelijkt relatief lichte eenmalige specula met relatief zware herbruikbare specula. Dit is een conservatieve benadering vanuit het perspectief van de herbruikbare specula, waarmee we voorkomen dat we de voordelen van de herbruikbare variant overschatten.
- De analyse richt zich primair op het gebruik van eenmalige en herbruikbare specula in de huidige situatie. Hoewel er enkele mogelijke toekomstscenario's zijn onderzocht (zie Paragraaf 3.3 en 3.4), zijn deze niet uitputtend. Naar verwachting kan zowel het CSA-proces (herbruikbare specula) als de productie van eenmalige specula worden verduurzaamd. Voor de productie van het biobased kunststof PLA zijn door de producent verschillende verduurzamingsmaatregelen doorgerekend (Morão & de Bie, 2019).
- Er is aangenomen dat de eenmalige specula na productie niet gesteriliseerd worden (met ethyleenoxide). Als dit wel gebeurt, valt de klimaatimpact hoger uit dan in dit onderzoek gepresenteerd.
- De stoom die voor de sterilisatie gebruikt wordt levert een aanzienlijke bijdrage aan de klimaatimpact van het CSA-proces. Er is geen informatie beschikbaar over eventuele stoomverliezen die tussen de stoomproductie en het gebruik van de stoom kunnen optreden mee te nemen. De werkelijke impact kan hierdoor hoger liggen. De klimaatimpact van het CSA-proces als geheel zou echter een factor 2,2 hoger moeten uitkomen om de conclusie dat herbruikbare specula een lagere klimaatimpact dan eenmalige fossiele specula hebben te veranderen.
- In het CSA-proces zorgt het gebruik van zeep voor ongeveer een kwart van de klimaatimpact (zie Paragraaf 3.2). Voor zeep is een conservatieve aanname gemaakt, waardoor de klimaatimpact mogelijk overschat wordt<sup>7</sup>.
- De analyse richt zich op de klimaatimpact van de specula, oftewel de bijdrage aan wereldwijde klimaatverandering door de uitstoot van broeikasgassen. Er zijn echter ook andere vormen van milieuschade, zoals (eco)toxiciteit, fijnstofuitstoot en verzuring. Deze andere milieueffecten zijn hier niet onderzocht, en ook andere overwegingen die

<sup>7</sup> Voor de zeep in het model is gebruik gemaakt van een dataset die een 'wereldwijd gemiddeld' productieproces voorstelt en waarbij (gemiddeld) transport richting de gebruiker meegenomen is (Ecoinvent: *Soap {GLO} | market for*). Hiermee komt de klimaatimpact van zeep op circa 5,4 kg CO<sub>2</sub>-eq./kg zeep. Andere beschikbare datasets komen op lagere waarden uit, bijvoorbeeld 2,4 kg CO<sub>2</sub>-eq./kg zeep bij een dataset voor Europees gemiddelde productie zonder transport naar de gebruiker (Ecoinvent: *Soap {RER} | production*). Als we deze datasets omwisselen in het model valt de klimaatimpact van het CSA-proces zo'n 15% lager uit.



- een rol kunnen spelen in de keuze van het UMC Utrecht (kosten, patiëntcomfort, gebruiksgemak, CSA-capaciteit, etc.) zijn niet expliciet meegenomen.
- Er is door het UMCU Utrecht een enquête uitgevoerd onder gynaecologische patienten naar het comfort van de verschillende typen specula. Hierover wordt apart gerapporteerd. Deze uitkomsten kunnen worden meegenomen in de beslissing welke type speculum in de toekomst gebruikt zal worden.

#### Tekstbox 2 - Literatuurvergelijking

Eerder is er in de Verenigde Staten door Donahue et al. (2020) de klimaatimpact van drie verschillende specula onderzocht. Het betrof hier twee herbruikbare specula (met een verschillende kwaliteit roestvaststaal) en een eenmalig speculum van acryl. Ook in deze analyse is gekeken naar de volledige levenscyclus: het ontginnen en de productie van de grondstoffen, de productie van het speculum, transport en distributie, de CSA (bij de herbruikbare varianten) en uiteindelijk het afvalverwerkingsproces. De auteurs concluderen dat bij 500 gynaecologische onderzoeken de herbruikbare specula vier keer beter scoren op klimaatimpact dan het eenmalige speculum. Het gaat om een totale uitstoot van 101 tot 107 kg CO<sub>2</sub>-eq. voor de herbruikbare specula en 439 kg CO<sub>2</sub>-eq. voor het eenmalige speculum.

De conclusie van het onderzoek van Donahue et al. en dit onderzoek is hetzelfde: het herbruikbare speculum is minder klimaatbelastend dan het eenmalige speculum. Echter zit er wel een verschil in de factor waarop het beter scoort. Bij Donahue et al. scoort het herbruikbare speculum ongeveer vier keer beter, terwijl wij concluderen dat het verschil in klimaatimpact ongeveer een factor 2,5 is (bij 500x gebruik).

Daarnaast verschillen de absolute getallen ook. Als we onze resultaten vermenigvuldigen met 500 onderzoeken komen we op een totale klimaatimpact van 66 kg CO<sub>2</sub>-eq. bij het herbruikbare speculum en 148 kg CO<sub>2</sub>-eq. bij het eenmalige fossiele speculum. De verschillen tussen de onderzoeken kunnen voortkomen uit:

- Een verschil in de gewichten van de specula. Bij het onderzoek van Donahue et al. gaat het om herbruikbare specula van 145 gram en een eenmalig speculum van 88 gram. Dit onderzoek is conservatiever; het eenmalige speculum is lichter (34,4 gram) en het herbruikbare speculum is juist zwaarder (181 gram).
- Een verschil in de productie van de specula. Donahue et al. maken gebruik van een oudere versie van de geraadpleegde databases. Mogelijk zorgt dit voor een verschil in de impact van de grondstoffen en de productie. Daarnaast is ook onbekend van welk type kunststof het acryl-speculum is gemaakt.
- Een minder milieuvriendelijke energiemix bij het reinigings- en sterilisatieproces. In de Verenigde Staten is de energiemix minder schoon omdat er meer gebruik wordt gemaakt van viezere fossiele brandstoffen als kolen. Dit zou mogelijk een verschil kunnen veroorzaken.
- Verschillen in afvalverwerking. Van het plastic afval uit de Verenigde Staten wordt er 75,4% gestort, 15,3% verbrand en wordt 9,3% gerecycled. De impact van de afvalverwerking van het plastic speculum is daarom mogelijk lager dan in deze analyse, omdat het storten van plastics nauwelijks CO<sub>2</sub>-emissies veroorzaakt.

De LCA biedt verschillende aanknopingspunten om de klimaatimpact van specula te verlagen. Voor eenmalige specula komt de klimaatimpact met name voort uit de productie van de materialen, de afvalverwerking en het transport. Deze kan verlaagd worden door over te stappen op duurzamere materialen; de analyse laat bijvoorbeeld zien dat het gebruiken van PLA, een biobased kunststof, een flinke reductie kan realiseren ten opzichte van fossiel kunststof (50% lagere klimaatimpact per speculumonderzoek). Dit biobased kunststof scoort beter ondanks de hogere transportafstand.

Omdat de gebruikte materialen zo'n grote rol spelen bij de eenmalige specula is het daarnaast nuttig om indien mogelijk het gewicht van de specula te verminderen. Tot slot is het wellicht mogelijk om de klimaatimpact van eenmalige specula te verlagen door gerecycled materiaal in te zetten en/of de specula na gebruik zelf te recyclen in plaats van te verbranden.



Voor de herbruikbare specula bepaalt het aantal keer hergebruik de klimaatimpact per speculumonderzoek. Als de herbruikbare specula minimaal zeven keer gebruikt worden, hebben ze een lagere klimaatimpact dan de fossiele eenmalige specula. De verwachting is dat eenmalige specula honderden keren hergebruikt kunnen worden, waardoor de klimaatimpact per onderzoek bepaald wordt door het CSA-proces; bij 500x hergebruik draagt deze bijvoorbeeld circa 99% bij aan de klimaatimpact.

De klimaatimpact van het CSA-proces wordt voor ongeveer twee derde bepaald door het energiegebruik (elektriciteit en stoom). Hiervoor gebruikt het UMC Utrecht deels eigen energieopwekking (wkk, stoomketels) en deels elektriciteit van het landelijke net. De emissiefactor (g CO<sub>2</sub>-eq./kWh) van het net zal naar verwachting flink afnemen in de komende jaren tot 2030. Hierdoor daalt ook de klimaatimpact van herbruikbare specula in het UMC Utrecht (circa 10%). Bij de eenmalige specula zien we vergelijkbare reducties wanneer het elektriciteitsnet wordt verduurzaamd.

Als de eigen wkk en/of stoomketels verduurzaamd kunnen worden, bijvoorbeeld door andere energiebronnen dan aardgas te gebruiken, kan de impact van het CSA-proces verder worden verkleind. De gevoeligheidsanalyse van elektrische boilers (Paragraaf 3.4) laat zien dat elektrische boilers de klimaatimpact van herbruikbare specula flink kunnen verlagen als het landelijke elektriciteitsnet wordt verduurzaamd.

Tot slot wordt door gynaecologen momenteel ook besproken of het steriliseren van herbruikbare specula noodzakelijk is, of dat grondige reiniging ook voldoende kan zijn. Mocht het zo zijn dat de sterilisatie met stoom vanuit medisch oogpunt niet nodig is, dan daalt de klimaatimpact van herbruikbare specula met ongeveer 40% (zie ook Paragraaf 3.2 Figuur 5). Omdat de specula niet steriel gebruikt hoeven te worden, zou ook gedacht kunnen worden aan het aanpassen/weglaten van de CSA-verpakking om de milieu-impact te verlagen.

#### Tekstbox 3 - Speculumgebruik in het UMC Utrecht op jaarbasis

Het UMC Utrecht gebruikt nu wisselend de eenmalige fossiele specula en de herbruikbare specula voor de 9.000 vaginale onderzoeken die jaarlijks worden uitgevoerd in het ziekenhuis. Hun eigen inschatting is dat in 66% van de gevallen het eenmalige fossiele specula wordt gebruikt, in de andere gevallen het herbruikbare speculum. In deze situatie komt de totale jaarlijkse klimaatimpact van het gebruik van de specula op circa 2.170 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Om de impact van het gebruik van deze instrumenten te verminderen, kan het UMC Utrecht overstappen op volledig gebruik van het herbruikbare speculum of het eenmalige biobased speculum. De klimaatimpact van deze specula komt bij 9.000 onderzoeken op ongeveer 1.250 kg CO<sub>2</sub>-eq./jaar voor het eenmalig biobased en 1.180 voor het herbruikbare speculum. Dat is een besparing van 970 kg CO<sub>2</sub>-eq. op jaarbasis.



## 5 Literatuur

- CE Delft, 2019. *Verwerkingsscenario's Vlaams huishoudelijk afval en gelijkaardig bedrijfsafval 2020-2030*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2020. *STREAM Goederenvervoer 2020*, Delft: CE Delft.
- Donahue, L. M. et al., 2020. A Comparative Carbon Footprint Analysis of Disposable and Reusable Vaginal Specula. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 223(2), pp. 225.e1-225.e7.
- Ecoinvent.org, sd *Chemicals and Plastics - data providers*. [Online]  
Available at: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/sectors/chemicals-and-plastics/#1631108858430-206f3b66-41561631627377657>  
[Geopend Oktober 2022].
- Ecoinvent, 2016. Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., Weidema, B. The ecoinvent database version 3 (part 1): overview and methodology.. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), pp. 1218-1230.
- ISO, 2006a. *14040 - Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework*, Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 2006b. *14044 - Environmental Management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines*, Geneva: International Organization for Standardization.
- KaWeMed, sd *Cusco vaginal specula standard*. [Online]  
Available at: <https://www.kawemed.com/en/product/cusco-vaginal-specula-standard/>  
[Geopend 6 september 2022].
- Morão, A. & de Bie, F., 2019. Life Cycle Impact Assessment of Polylactic Acid (PLA) Produced from Sugarcane in Thailand. *Journal of Polymers and the Environment*, Volume 27, pp. 2523-2539.
- PlasticsEurope, 2015. *Eco-profiles and environmental declarations: Styrene Acrylonitrile (SAN) and Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*, Brussel: PlasticsEurope.



# A Details LCA-model

Tabel 4 geeft een overzicht van welke processen zijn gemodelleerd en in welke hoeveelheden deze zijn meegenomen in de vergelijking voor één speculumonderzoek. Merk hierbij op dat dat een waarde van 0,002 overeenkomt met 1/500 (bijvoorbeeld één productieproces dat verdeeld wordt over 500x hergebruik). De waarde 1,002 komt overeen met 501/500 (omdat herbruikbare specula bij aankomst in het ziekenhuis worden gesteriliseerd, én na ieder gebruik).

Tabel 4 - Overzicht LCA-model voor klimaatimpact één speculumonderzoek (voor herbruikbare specula is hier uitgegaan van 500x hergebruik)

Categorie	Processen	Hoeveelheid		
		Herbruikbaar, metaal	Eenmalig, fossiel plastic	Eenmalig, biobased plastic
Productie	Productie metalen speculum	0,002		
	Productie fossiel kunststof speculum		1	
	Productie biobased kunststof speculum			1
Leveranciersverpakking	Productie leveranciersverpakking eenmalige specula	Niet meegenomen	1	1
Transport	Transport metalen speculum	0,002		
	Transport fossiel speculum		1	
	Transport biobased speculum			1
Sterilisatie (CSA) en gebruik	Voorspoelen	1,002		
	Desinfecteren	1,002		
	Samenstellen	1,002		
	Steriliseren	1,002		
	Reinigen randonderdelen	1,002		
	Warmhoudkast	1		
Afvalverwerking speculum	Afvalverwerking metalen speculum	0,002		
	Afvalverwerking fossiel speculum		1	
	Afvalverwerking biobased speculum			1
Afvalverwerking verpakkingen	Afvalverwerking leveranciersverpakkingen	Niet meegenomen	1	1
	Afvalverwerking CSA-verpakkingen	1,002		

In de volgende tabellen wordt dieper ingegaan op de modellering voor het herbruikbare speculum (Tabel 5), het eenmalige fossiele speculum (Tabel 6), en het eenmalig biobased speculum (Tabel 7). De hierin genoemde processen zijn gekoppeld aan achtergronddata zoals beschreven in Tabel 8.

Hierbij zijn de volgende opmerkingen van toepassing:

- Alle getallen zijn uitgedrukt per speculum. Voor de CSA-processen zijn ze uitgedrukt voor één CSA-cyclus van één speculum.
- De CSA-data is door het UMC Utrecht aangeleverd op basis van de opgave van de leverancier. Er is uitgegaan van een ‘charge’ van 96 specula. Het energieverbruik van de sealmachine van de CSA-verpakkingen is geschat door CE Delft (op basis van het opgegeven energieverbruik van een *Hawo hm 3010 DC-V/VI* sealmachine).

- Bij afvalverwerking zijn alleen fossiele CO<sub>2</sub>-emissies meegenomen. Biogene CO<sub>2</sub>-emissies zijn niet gemodelleerd, omdat de opname van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer bij het groeien van biomassa ook niet is meegenomen in de gebruikte datasets (bijvoorbeeld bij karton). Een uitzondering hierop is het PLA gebruikt voor het biobased speculum; omdat de gebruikte dataset de opname wel meeneemt (netto waarde van 0,501 kg CO<sub>2</sub>-eq./kg PLA), is de uitstoot bij end-of-life wél gemodelleerd (zie Tabel 7).

Tabel 5 - Overzicht LCA-model voor herbruikbare metalen specula. De genoemde hoeveelheden zijn gekoppeld aan de achtergronddata uit Tabel 8

(Sub-)processen	Hoeveelheid	Eenheid	Opmerkingen
<b>Productie metalen speculum</b>			
Productie metaal	181	g	
Metaalbewerking	181	g	
<b>Transport metalen speculum</b>			
Wegtransport	103	kgkm	181 g over 570 km (Aspen - Utrecht).
<b>CSA: Voorspoelen</b>			
Water (voorreinigen)	0,5	kg	
Elektriciteit UMCU (weken)	0,0026	kWh	
Water (weken)	0,26	kg	
Zeep (weken)	2,6	g	
Water (ultrasoon)	0,417	kg	
RO-water (ultrasoon)	0,156	l	
Zeep (ultrasoon)	1,56	g	
Elektriciteit UMCU (ultrasoon)	0,0104	kWh	
Verwerking afvalwater	1,33	l	Afvalwater van voorreinigen, weken en ultrasoon.
<b>CSA: Desinfecteren</b>			
Water (voorspoelen)	0,417	l	
Water (wassen)	0,417	l	
Zeep (wassen)	2,08	g	
Water (tussenspoelen)	0,417	l	
RO-water (desinfecteren)	0,417	l	
Zeep (desinfecteren)	0,417	g	
Elektriciteit (volledige cyclus)	0,0344	kWh	
Verwerking afvalwater	1,67	l	Afvalwater van voorspoelen, wassen, tussenspoelen en desinfecteren.
<b>CSA: Samenstellen</b>			
Papier	3	g	CSA-verpakking bestaat uit papier en gelamineerd plastic.
PET (gelamineerd plastic)	1,5	g	
LDPE (gelamineerd plastic)	1,5	g	
Folieproductie (plastic)	3	g	
Sealen	0,004	kWh	
<b>CSA: Steriliseren</b>			
Zacht water	0,104	l	
RO-water	0,188	l	
Stoom	0,198	kg	
Elektriciteit	0,0083	kWh	
Verwerking afvalwater	0,292	l	
<b>CSA: Reinigen randonderdelen</b>			
Water (reinigen)	0,222	l	70% hergebruikt bij volgende reinigingsproces.



(Sub-)processen	Hoeveelheid	Eenheid	Opmerkingen
Zeep (reinen)	3,7	g	
Water (tussenspoeling)	0,222	l	70% van vorige desinfectieproces gebruikt.
RO-water (desinfectie)	0,741	l	
Zeep (desinfectie)	0,741	g	
Verwerking afvalwater	1,19	l	
<b>Gebruik: warmhoudkast</b>			
Warmhouden	0,0214	kWh	
<b>Afvalverwerking metalen speculum</b>			
Uitgespaard ruwijzer	174	g	Aanname: 96% metaal teruggewonnen als ruwijzer.
<b>Afvalverwerking CSA-verpakkingen</b>			
Vermeden elektriciteit	0,00596	kWh	Verbrandingswaarde PE 43 MJ/kg, PET 22,95 MJ/kg en papier 14,7 MJ/kg. Elektrisch rendement 15% en thermisch rendement 28% (Nederlandse gemiddeldes).
Vermeden warmteproductie	0,0398	MJ	
CO <sub>2</sub> -emissies verbranding PE	4,73	g	86% van gewicht bestaat uit koolstof ((C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> ).
CO <sub>2</sub> -emissies verbranding PET	3,44	g	62,5% van gewicht bestaat uit koolstof ((C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> ).

Tabel 6 - Overzicht LCA-model voor fossiele specula. De genoemde hoeveelheden zijn gekoppeld aan de achtergronddata uit Tabel 8

(Sub-)processen	Hoeveelheid	Eenheid	Opmerkingen
<b>Productie fossiel speculum</b>			
Productie ABS	34,4	g	
Spuitgieten	34,4	g	
<b>Productie leveranciersverpakking fossiel speculum</b>			
LDPE	0,8	g	
Folieproductie	0,8	g	
<b>Transport fossiel speculum (inclusief verpakking)</b>			
Wegtransport	11	kgkm	35,2 g over 300 km (aanname).
<b>Afvalverwerking leveranciersverpakking fossiel speculum</b>			
Vermeden elektriciteit PE-verbranding	0,001	kWh	Verbrandingswaarde PE 43 MJ/kg. Elektrisch rendement 15% en thermisch rendement 28% (Nederlandse gemiddeldes).
Vermeden warmteproductie PE-verbranding	0,01	MJ	
CO <sub>2</sub> -emissies verbranding PE	2,52	g	86% van gewicht bestaat uit koolstof (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> .
<b>Afvalverwerking fossiel speculum</b>			
Vermeden elektriciteit ABS-verbranding	0,05	kWh	Verbrandingswaarde ABS 35,6 MJ/kg. Elektrisch rendement 15% en thermisch rendement 28% (Nederlandse gemiddeldes).
Vermeden warmteproductie ABS-verbranding	0,34	MJ	
CO <sub>2</sub> -emissies verbranding ABS	111	g	88% van gewicht bestaat uit koolstof (berekening CE Delft uitgaande van 15% acrylonitriël, 25% butadieen, 60% styreen).





Tabel 7 - Overzicht LCA-model voor biobased specula. De genoemde hoeveelheden zijn gekoppeld aan de achtergronddata uit Tabel 8

(Sub-)processen	Hoeveelheid	Eenheid	Opmerkingen
<b>Productie biobased speculum</b>			
Productie PLA	39,9	g	
Spuitsgieten	39,9	g	
<b>Productie leveranciersverpakking biobased speculum</b>			
LDPE	0,8	g	
Folieproductie	0,8	g	
<b>Transport biobased speculum (incl. verpakking)</b>			
Zee-transport	687	kgkm	40,7 g over 16.888 km (Bangkok - Rotterdam) (aannname).
Wegtransport	4,07	kgkm	40,7 g over 100 km (aannname).
<b>Afvalverwerking leveranciersverpakking biobased speculum</b>			
Vermeden elektriciteit PE-verbranding	0,001	kWh	Verbrandingswaarde PE 43 MJ/kg. Elektrisch rendement 15% en thermisch rendement 28% (Nederlandse gemiddeldes).
Vermeden warmteproductie PE-verbranding	0,01	MJ	
CO <sub>2</sub> -emissies verbranding PE	2,52	g	86% van gewicht bestaat uit ((C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> ).
<b>Afvalverwerking biobased speculum</b>			
Vermeden elektriciteit PLA-verbranding	0,03	kWh	Verbrandingswaarde PLA 17,9 MJ/kg. Elektrisch rendement 15% en thermisch rendement 28% (Nederlandse gemiddeldes).
Vermeden warmteproductie PLA-verbranding	0,21	MJ	
CO <sub>2</sub> -emissies verbranding PLA	73,1	g	50% van gewicht bestaat uit koolstof ((C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> ).

Tabel 8 - Gebruikte achtergronddata

(Sub-)processen	Achtergrondmodel
<b>Productie speculum</b>	
Productie metaal	Steel, chromium steel 18/8 {GLO}   market for   Cut-off, U.
Metaalbewerking	Steel product manufacturing, average metal working/RER U.
Productie ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO}   market for   Cut-off, U.
Productie PLA	Eigen model voor productie PLA door TotalCorbion in Thailand o.b.v. (Morão & de Bie, 2019). Inclusief opname biogene CO <sub>2</sub> .
Spuitsgieten	Injection moulding {RER}   Processing   Cut-off, U. Hierbij is de Europese elektriciteitsmix vervangen voor de Nederlandse elektriciteitsmix (Eigen model elektriciteitsmix Nederland 2019, in lijn met CO <sub>2</sub> emissiefactoren.nl), aangezien de specula in Nederland geproduceerd worden.
<b>Productie leveranciersverpakking</b>	
LDPE	Polyethylene, low density, granulate {GLO}   market for   Cut-off, U.
Folieproductie	Extrusion, plastic film {GLO}   market for   Cut-off, U.
<b>Transport</b>	
Zee-transport	Eigen model voor well-to-wheel emissies van een <i>bulk carrier (handysize)</i> , op basis van (CE Delft, 2020).
Wegtransport	Eigen model voor well-to-wheel emissies van vrachtwagens, op basis van (CE Delft, 2020).
<b>CSA</b>	
Water	Tap water {Europe without Switzerland}   market for   Cut-off, U.



(Sub-)processen	Achtergrondmodel
Elektriciteit UMC Utrecht	Eigen model voor elektriciteitsgebruik UMC Utrecht, zowel eigen opwekking in wkk als inkoop van het net. Zie Tabel 9.
Zeep	50% Soap {GLO}  market for   Cut-off, U (vast bestanddeel) en 50% Tap water {Europe without Switzerland}  market for   Cut-off, U (vloeibaar bestanddeel).
RO-water	Eigen model voor productie RO-water.
Zachtwater	Water, completely softened {RER}  market for water, completely softened   Cut-off, U.
Stoom UMC Utrecht	Eigen model voor opwekking stoom UMCU. Zie Tabel 10.
Productie papier	Kraft paper {RER}  market for kraft paper   Cut-off, U.
Productie LDPE	Packaging film, low density polyethylene {GLO}  market for   Cut-off, U.
Productie PET	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {Europe without Switzerland}  polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, recycled to generic market for amorphous PET granulate   Cut-off, U.
Verwerking afvalwater	Wastewater, average {Europe without Switzerland}  market for wastewater, average   Cut-off, U.
<b>Afvalverwerking</b>	
Vermeden elektriciteit	Eigen model elektriciteitsmix Nederland 2019, in lijn met CO2emissiefactoren.nl
Vermeden warmteproductie	Heat, district or industrial, natural gas {NL}  heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400 MW electrical   Cut-off, U.
Uitgespaard ruwijzer	Pig iron {RoW}  market for pig iron   Cut-off, U.

Tabel 9 - Opwekking 1 kWh elektriciteit UMC Utrecht (wkk + inkoop)

Onderdeel	Hoeveelheid per geproduceerde kWh	Toelichting
Opwekking stroom UMC Utrecht wkk	0,644 kWh	64,4% van de gebruikte elektriciteit wordt opgewekt in de wkk. Bij de productie van 1 kWh wordt 0,245 kg CO <sub>2</sub> uitgestoten (berekening UMC Utrecht).
Ingekochte stroom UMC Utrecht	0,356 kWh	35,6% van de gebruikte stroom wordt ingekocht van het net. Bij de productie van 1 kWh wordt 0,435 kg CO <sub>2</sub> uitgestoten (CO2emissiefactoren.nl). De inkoop van Garanties van Oorsprong is niet meegenomen in deze analyse.

Tabel 10 - Productie 1 kg stoom voor CSA (stoomketels + wkk)

Onderdeel	Hoeveelheid per kg stoom	Toelichting
Stoomproductie stoomketels	0,0376 Nm <sup>3</sup> aardgas	Er wordt 0,113 Nm <sup>3</sup> gas verbruikt per kg stoom. 33,2% van de stoom wordt opgewekt in stoomketels. Ecoinvent data voor productie van aardgas (excl. verbranding): Natural gas, high pressure {NL}  market for   Cut-off, U.
Stoomproductie wkk	4,98*10 <sup>-5</sup> Nm <sup>3</sup> aardgas	Er wordt 0,124 Nm <sup>3</sup> gas verbruikt per kg stoom. 66,8% van de stoom wordt opgewekt in de wkk. Ecoinvent data voor productie van aardgas (excl. verbranding): Natural gas, high pressure {NL}  market for   Cut-off, U.
CO <sub>2</sub> -emissies aardgasverbranding	0,215 kg CO <sub>2</sub>	Naast de productie van het aardgas, komen er ook emissies vrij bij de verbranding. We gaan uit van 56,5 kg CO <sub>2</sub> per GJ en een verbrandingswaarde van 31,65 MJ/Nm <sup>3</sup> .