

Methode voor vaststelling van emissiereductie CO₂-eq.

Type project:

Tertiaire cellulose,
grondstof voor bouw, infra en chemie

Datum: 7 juli 2023
Kenmerk: SNK-Tertiaire cellulose-001
Versie: 1.0
Status: Vastgesteld
Auteurs: Yme Flapper en Erik Pijlman (Recell Group B.V.)

1 Inhoud

1.	Inleiding	3
1.1	Beschrijving projecttype	3
2	Bepaling van additionaliteit van emissiereductie.....	5
3	Bepaling projectgrens.....	7
3.1	Projectgrens.....	9
3.2	Startdatum.....	9
3.3	Functionele eenheden.....	10
3.4	Structuur Methodedocument	12
4	Vaststelling van Baseline	13
4.1	levenscyclusfase 1: Afvalverwerkingsproces reststroom cellulose (1A)	14
4.1.1	Onderdeel 1A: Afvalverwerking	14
4.2	Levenscyclusfase 2: Cellulose voor de cellulosemarkt	15
5	Bepaling projectemissies	16
5.1	Onderdeel 1B: Tertiaire cellulose productieproces.....	17
6	Bepaling totale emissiereductie	18
7	Plan voor monitoring van projectvoortgang	19
8	Risico's	22
9	Bronnenlijst.....	23
	Bijlage 1, Verdieping emissie berekening.....	24
	Onderdeel 1: Verbranding	24
	Onderdeel 2: Productieprocessen cellulose: van houtige biomassa naar cellulosepulp	25
	Bijlage 2 - Voorbeeldberekening.....	26

Versie	Aanleiding	Datum
001	Vaststelling door bestuur	7 juli 2023

1. Inleiding

Cellulose is een belangrijke grondstof in onze economie. Het is het meest bekend als vezels in papier, maar het wordt ook in allerlei andere producten verwerkt, waaronder verf, gipsplaten, composieten, asfalt, incontinentiemateriaal en cosmetica.

Tertiaire cellulose is een hoogwaardig celluloseproduct dat wordt geproduceerd uit afval- en reststromen en dat in de plaats van nieuwe geproduceerde (primaire) cellulose kan worden gebruikt. Dit leidt tot reductie van broeikasgasemissies die gepaard gaan met productie van primaire cellulose. Dit methodedocument beschrijft voor verschillende stadia in de productie en toepassing van tertiaire cellulose als tussenproduct hoe de emissiereductie uit te rekenen en vast te stellen.

1.1 Beschrijving projecttype

Cellulose is afkomstig van bomen (primaire bron). Het hout wordt door de pulpindustrie ontdaan van lignine en hemicellulose, waarna cellulosepulp resteert voor de productie van bijvoorbeeld papier. Na gebruik wordt cellulose (papier) vaak gerecycled (secundaire bron, secundaire cellulose); in Nederland wordt zo'n 80% van het papier opnieuw gebruikt. In de rest van Europa ligt dat cijfer lager. Het resterende deel komt terecht in communaal en industrieel afval, zoals luiers, tissues, toiletpapier, drankenkartons en restanten van andere recyclingprocessen (bijvangst bij inzameling van o.a. plastics, glas, bouwmaterialen). Deze fractie wordt aangeduid als Tertiaire Cellulose en heeft in Nederland een omvang van meer dan één miljoen ton droge stof per jaar.



**FIGUUR 1: SAMPLE TERTIAIRE CELLULOSE VEZELS
GEWONNEN UIT EEN RIOOLWATERZUIVERING**

Het opwerken van deze bronnen naar een gestandaardiseerd cellulose product is inmiddels operationeel en de grondstof wordt toegepast in de sectoren bouw, infra en chemie. Met het aanwenden van tertiaire cellulose voor productie van goederen en chemicaliën wordt een significante duurzaamheidsbijdrage gerealiseerd:

1. De restanten worden niet verbrand, waardoor broeikasgasemissie i.v.m. verbranding wordt vermeden. Tijdens het verbranden wordt er weliswaar energie opgewekt, maar doordat de reststromen veel vocht bevatten is de netto energieopbrengst nihil.
2. Toepassing van tertiaire cellulose vermindert de vraag naar primaire en secundaire cellulose grondstoffen (vanuit bosbouw en reguliere recycling). Voor toepassing in de chemische industrie is veelal sprake van vervanging van fossiele bronnen¹. Bij het gebruik van tertiaire cellulose in de bouw- en infrasector wordt inzet van primaire en secundaire cellulose voor dat deel vermeden. In al deze toepassingen worden emissies i.v.m. primaire en secundaire processen gereduceerd.

¹ Ook ten opzichte van reguliere biobased productie op basis van G1 (teelten) en G2 (agro-reststromen) heeft tertiaire cellulose belangrijke voordelen: 1) er is nooit sprake van voedselconcurrentie en 2) de herwonnen cellulosevezel door de papierindustrie zijn reeds gescheiden van lignine en hemicellulose. Terwijl dit energie-intensieve proces bij G2-productie wel noodzakelijk is.

2 Bepaling van additionaliteit van emissiereductie

In dit hoofdstuk wordt getoetst in hoeverre de maatregel van terugwinning en toepassing van tertiaire cellulose additioneel is conform de SNK-additionaliteitsregel. Dit wordt gedaan door analyse van relevant beleid en bestaande beleidsinstrumenten. De SNK-additionaliteitsregel is leidend en daarmee bovengeschiedt aan onderstaande analyse.

De **Nederlandse overheid** streeft naar een circulaire economie in 2050. Het terugwinnen van grondstoffen uit afval- en reststromen maakt daar nadrukkelijk deel van uit. Deze ambitie wordt ook ondersteund vanuit het Klimaatakkoord van Parijs en de Nederlandse invulling daarvan in een nationaal Klimaatakkoord. Het doel is om de Nederlandse CO₂-eq-uitstoot in 2030 met 60% te verminderen ten opzichte van 1990. Dit streven heeft echter nog niet geleid tot geïnstrumenteerd beleid voor de keten van tertiaire cellulose, zoals hieronder wordt besproken:

- In Nederland zijn veel middelgrote bedrijven gehouden aan de **Meerjarenafspraken energie-efficiëntie** (MJA3). De kern van deze afspraken is dat bedrijven verplicht zijn investeringen te doen die tot energiebesparing leiden als deze binnen 5 jaar terugverdiend kunnen worden. De in dit methodedocument uitgewerkte maatregel valt niet onder de zogenaamde RVO Erkende maatregelen en is daarmee additioneel ten opzichte van MJA3.
- Het **Europese Emissions Trading System** (EU ETS) bevat momenteel geen installaties die gebruikers zijn van tertiaire cellulose. Daarom is het EU ETS niet relevant binnen deze methodiek.
- In 2020 is de SDE+-regeling verbreed naar de **SDE++**. Nieuw hierbij is dat naast categorieën voor de productie van hernieuwbare energie, ook CO₂-emissiereducerende opties anders dan hernieuwbare energie in aanmerking komen voor subsidie (bron: PBL). Het gebruik van tertiaire cellulose wordt echter niet actief financieel gestimuleerd binnen deze regeling.

*De conclusie is dat het positieve koolstofeffect van tertiaire cellulose binnen het huidige beleidsregime als additioneel mag worden aangemerkt. Omdat de beleidscontext voor tertiaire cellulose aan verandering onderhevig kan zijn, moet een **periodieke evaluatie op additionaliteit** worden gedaan.*

Naast beleidsadditionaliteit wordt additionaliteit ook getoetst aan de common practice, dat wil zeggen de mate waarin de maatregel al gangbare praktijk is in Nederland. Er draait momenteel een pilotinstallatie waarbij zo'n 8 ton per jaar wordt geproduceerd (SMART-Plant 2022). In 2022 is er nog geen sprake van grotere productieschaal, waarmee ruimschoots aan de gestelde marktaandeelgrens (SNK) van 20% wordt voldaan. Uitgaande van waterzuiveringsinstallaties als bron van tertiaire cellulose zou deze grens van 20% bij zo'n 30 tot 35 projecten worden bereikt (STOWA 2020-01).

SNK (RuleBook) schrijft specifiek voor over periodieke evaluatie en dat is ook hier van toepassing. Er is sprake van een onderscheid tussen bestaande en nieuwe projecten. Nieuwe projectplannen worden altijd getoetst aan de actuele beleidscontext die ieder jaar wordt vastgesteld door de SNK en op basis van de jaarlijks gepubliceerde Klimaat en Energie Verkenning (KEV). Bij nieuw verkregen inzichten over de additionaliteit worden de bepalingen van het SNK-Rulebookdocument “Additionaliteit van emissiereducties” gevolgd.

Projectplannen ontwikkeld volgens dit methodedocument kunnen uitgaan van een projectduur van 10 jaar. Deze kan mogelijk verkort worden n.a.v. ontwikkelingen in vigerend beleid (zie de regel “Additionaliteit van emissiereducties”).

3 Bepaling projectgrens

Tertiaire cellulose heeft zowel aan de bronzijde als aan de toepassingszijde van de beoogde keten impact op broeikasgasemissies. Om de CO₂ prestatie van maatregelen o.b.v. tertiaire cellulose te kunnen vaststellen wordt de impact over de gehele keten beschouwd. Als leidraad wordt in dit Methodedocument gebruik gemaakt van het RIVM-model uit het (SSML) rapport 'Creating Safe and Sustainable Material Loops in a Circular Economy' (RIVM 2019), waarmee de duurzaamheidsimpact van een nieuwe methode voor het recyclen en hergebruiken van grondstoffen kan worden beoordeeld. Deze methode is in samenwerking met LCA experts van het RIVM tot stand gekomen en is als zodanig ook opgenomen in het RIVM 2022-0029 rapport Recycling of materials (RIVM 2022-0029). Dit wordt gedaan door de duurzaamheidsimpact te vergelijken tussen de gerecyclede grondstof en de te vervangen (primaire) grondstof, aan de hand van drie vragen:

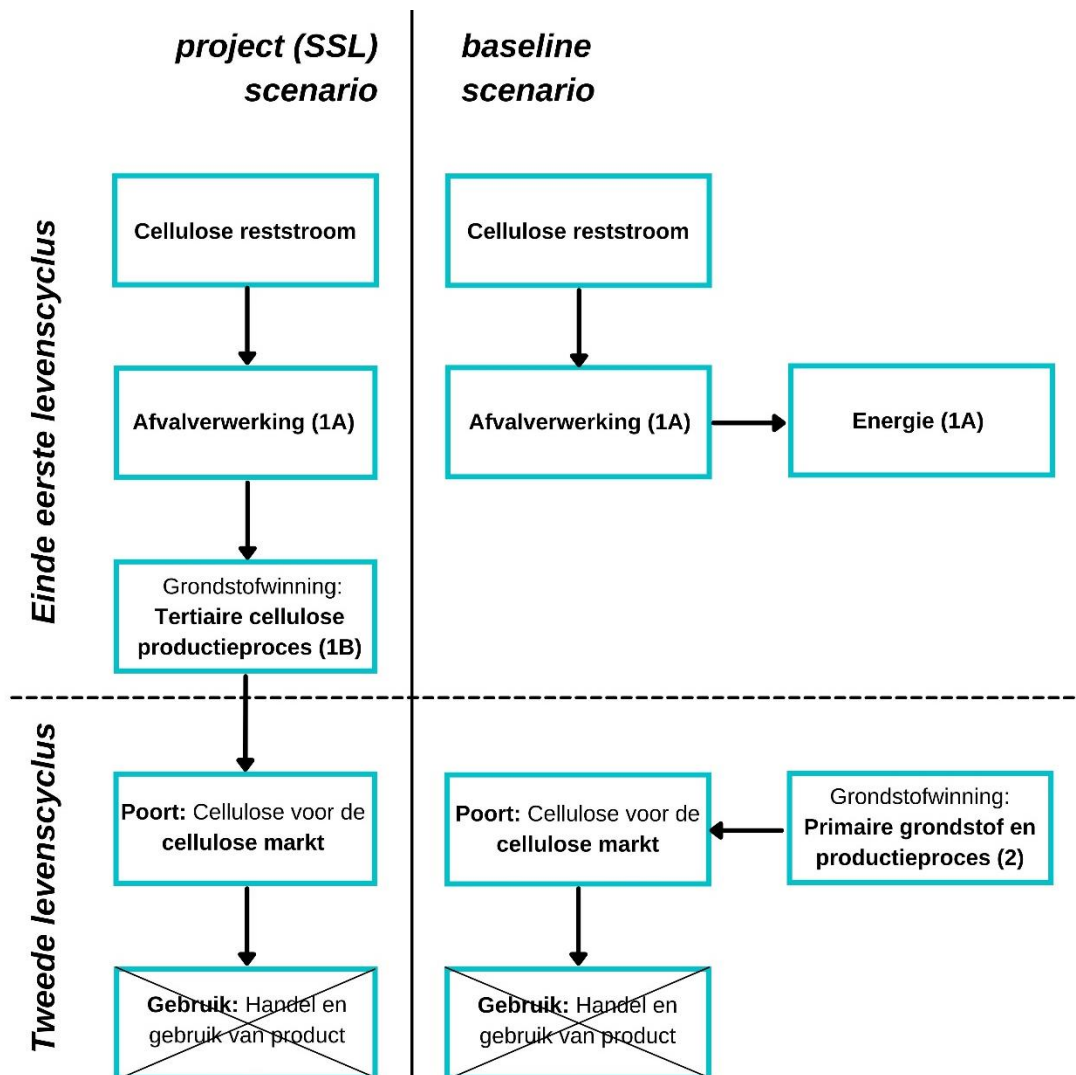
- i. Welke reststromen worden beoordeeld?
- ii. Welk referentieproduct wordt vervangen door de toepassing van de gerecyclede grondstof?
- iii. Wat zijn de systeemgrenzen?

In dit project gaat het om de reststroom cellulose (i), wordt regulier cellulose vervangen (ii) en loopt de systeemgrens van grondstofwinning tot gebruiksfase, aangezien deze opvolgende fasen gebruik- en eindgebruiksfase² voor beide celluloseketens vergelijkbaar zijn (iii), (zie ook figuur 2).

Dit betekent dat er in het methodedocument zowel in de baseline als in het project wordt gestart met dezelfde cellulose reststroom, dat een verwerkingsproces ingaat (einde eerste levenscyclus). Hierbij wordt alleen het cellulose dat uiteindelijk opgewerkt wordt tot tertiaire cellulose in de reststroom meegenomen. Daarnaast wordt er in de baseline en het project geëindigd met een cellulose grondstof geschikt voor de cellulosemarkt (tweede levenscyclus).

De tertiaire cellulose grondstof wordt hiermee vervangen voor een primaire grondstof in dit geval cellulose. In de toekomst zou dit bijvoorbeeld kunnen veranderen wanneer de cellulose ter vervanging van plastics in composietmateriaal wordt verwerkt. Echter wordt in dit methodedocument er van uit gegaan dat de tertiaire cellulose 100% vervangen wordt voor de primaire grondstof cellulose.

² De gebruiksfase is de fase waarin het product verhandelt en gebruikt wordt en eindgebruiksfase is de verwijdering, zoals storten of verbranden, van het product



FIGUUR 2: SYSTEEMOVERZICHT INCLUSIEF PROJECTGRENZEN OP BASIS VAN EEN VEREENVOUDIGING VAN DE SSML METHODE VAN HET RIVM. LINKS HET PROJECT EN RECHTS DE BASELINE BEIDEN VOOR DE EERSTE EN TWEDE LEVENSCYCLUS [RIVM, 2019]

3.1 Projectgrens

Figuur 2 toont het proces vanaf winning van de tertiaire cellulose (eerste levenscyclus; de afvalverwerkingsroute) tot en met toepassing ervan in de markt voor cellulose (tweede levenscyclus). Een vergelijkbaar proces wordt beschreven in het baseline-scenario, d.w.z. wat gebeurt er als geen tertiaire cellulose wordt gewonnen en toegepast. Beide scenario's hebben hetzelfde beginpunt – de reststroom cellulose – maar waar in het baseline scenario de reststroom verbrand wordt, daar wordt deze in het projectscenario opgewerkt tot tertiaire cellulose voor gebruik op de markt (Poort, figuur 2). In de baseline wordt de markt gevoed met primair geproduceerde cellulose.

In dit methodedocument geldt de Europese cellulosemarkt als basis. Deze cellulosemarkt is opgebouwd uit diverse sectoren en producten, zoals papier en karton, bouwmaterialen en farmaceutische producten. De tertiaire cellulose is alleen economisch interessant voor partijen die dit nuttig toepassen als vervanging van de reguliere cellulose.

Traditioneel worden LCA's en CO₂-footprints vooral uitgelegd op energie en hieraan gerelateerde emissies. Wanneer ook hergebruik van grondstoffen – grondbeginsel van circulaire economie – wordt meegenomen, is een bredere benadering noodzakelijk. Tertiaire cellulose als grondstof aanwenden voor productie verlaagt de behoefte aan primaire grondstoffen bij een stabiele volumevraag naar cellulosepulp in de markt. Dit geldt voor tertiaire cellulose net zoals dat al gold en geldt voor de inzet van regulier gerecyclede cellulose. Deze benadering wordt onderschreven door experts van het RIVM en is in lijn met Laurijssen *et al.* 2010 waarin wordt gesteld dat “ervan uitgegaan wordt dat een teruggewonnen papieroverschot bijdraagt aan een verminderde productie van primaire cellulose (pulp), terwijl een tekort een impuls geeft aan de productie van primaire cellulose”. Dit uitgangspunt wordt versterkt door de nog groeiende cellulosemarkt (ENECE & FAO, 2019) (CEPI, 2020) (CEPI, 2003). Daarmee kan elke extra ton dus direct of indirect door tertiaire cellulose worden ingevuld.

Naar verwachting zal de druk op de bosbouw toenemen vanwege een toenemende vraag naar producten uit houtige biomassa door CO₂ reductie-/klimaatdoelen, een opkomende biobased productmarkt en een groeiende vraag naar houtproducten voor bouw en infra (ENECE & FAO, 2019) (CEPI, 2020) (CEPI, 2003).

3.2 Startdatum

De startdatum van het project is het moment waarop de installatie op locatie wordt gebouwd. Voor regels over de start van het project wordt verwezen naar de SNK-regel “Proces van projectplan tot uitgifte van certificaten”.

3.3 Functionele eenheden

Om de CO₂ prestatie van tertiaire cellulose te kunnen bepalen, d.w.z. om het baselinescenario te vergelijken met het projectscenario, wordt gebruik gemaakt van de **Functionele eenheid: 1 ton cellulose(pulp) in de Europese papier- en pulpindustrie.**

De onderstaande tabel geeft weer welke bronnen en welke broeikasgassen zijn voorgeschreven in dit methodedocument.

TABEL 1 PROJECTGRENSEN VOOR SOURCES EN SINKS

Source/Sink	GHG ³	Inbegrepen	Toelichting
Eerste Levenscyclus			
Cellulose reststroom	CO ₂	Nee	Inputstroom van het proces. In het projecttype tertiaire cellulose zijn geen significante veranderingen in de inputstroom t.o.v. de baseline.
Afvalverwerkingsproces en energietेरugwinning (1A)			
Energiegebruik	CO ₂	Ja	Dit betreft de gebruikte procesenergie die benodigd is om de cellulose via het huidige proces (de baseline route) te verwerken. De impact daarvan is gebaseerd op inzet van de marginale stroomproductie (modern aardgasvermogen) zoals het PBL die hanteert: 0,523 kg CO ₂ /kWh (marginale stroomproductie PBL 2022).
Hulpstoffen	CO ₂	Ja	Dit is het gebruik van hulpstoffen in het afvalverwerkingsproces. Belangrijke parameters zijn de soort hulpstoffen en de dosering. Hulpstoffen kunnen o.a. zijn FeCl ₃ en polymeer.
Verbranding Energieopbrengst/ Energiecredits/ Asrestant	CO ₂ , CH ₄ en N ₂ O	Ja	Dit is de energie opbrengst die wordt behaald bij het verbranden van de cellulose uit de afvalstroom. Belangrijke parameters zijn de lage calorische waarde, de gebruikte warmte voor eventuele voordroging en, het type verbranding met daarbij de recovery naar elektriciteit. Tevens ook de besparing van brandstof voor de productie van elektriciteit door verbranding. Het materiaal dat achterblijft na de verbranding moet ook worden verwerkt oftewel gestort
Transport	CO ₂	Ja	Dit is de energie/grondstof die het kost om de cellulose te transporteren naar de verdere verwerkingslocatie. Belangrijke parameters hierin zijn de droge stof, het volume en het aantal km. De impact van het transportgebruik is te vinden in Ecolnvent database v3.6. Deze is voor een Europese vrachtauto (7,5-16 ton EURO6) 0,21 kg CO ₂ per t*km.
Grondstofwinning			
Tertiaire cellulose productieproces (1B)			
Elektrisch energiegebruik	CO ₂	Ja	Dit betreft de gebruikte elektrische procesenergie die benodigd is om de cellulose uit de afvalstroom te halen en op te werken tot een hernieuwbare grondstof. Belangrijke parameter is de gebruikte energiebron. De impact daarvan is gebaseerd op inzet van de marginale stroomproductie (modern aardgasvermogen) zoals het PBL die hanteert: 0,523 kg CO ₂ /kWh (marginale stroomproductie PBL 2022).
Thermisch energiegebruik	CO ₂	Ja	Dit betreft de gebruikte thermische energie die benodigd is om de cellulose te drogen. Belangrijke parameter is de gebruikte energiebron. Dit kan verschillen tussen o.a. de afvalverbrandingsinstallatie (26,84 kg CO ₂ per GJ) of restwarmte zonder bijstook (8,8 kg CO ₂ per GJ) afkomstig van CE Delft, 2022.
Hulpstoffen	CO ₂	Ja	Dit is het gebruik van hulpstoffen in het tertiaire cellulose productieproces. Belangrijke parameters zijn de soort hulpstoffen en de dosering. De impact van deze hulpstoffen zijn te vinden in de Ecolnvent database v3.6.

³ GHG: Greenhouse gas = broeikasgas

Transport	CO ₂	Ja	Dit is de energie/grondstof die het kost om de cellulose eventueel te transporteren naar de verdere verwerkingslocatie. In de praktijk is het mogelijk dat de verwerkingslocatie dezelfde is als de productielocatie. Belangrijke parameters hierin zijn de droge stof, het volume en het aantal km. De impact van het transportgebruik is te vinden in Ecolnvent database v3.6. Deze is voor een Europese vrachtauto (7,5-16 ton EURO6) 0,21 kg CO ₂ per t*km.
Tweede Levenscyclus			
Poort: Cellulose voor de cellulosemarkt			
Primaire cellulose	CO ₂	Ja	De Nederlandse gebruikte en verkochte primaire cellulose wordt geheel geïmporteerd (CBS, 2018), (CEPI, 2020), er is geen primaire cellulose productiefaciliteit in Nederland. Voor berekening van de impact wordt de Europese cellulosemarkt als referentie gebruikt. Afname van gebruik primaire grondstoffen (houtige biomassa) door toepassen projecttype tertiaire cellulose geproduceerd in Nederland.
Secundaire cellulose	CO ₂	Nee	Vraag en aanbod naar secundaire cellulose blijft gelijk.
Tertiaire cellulose	CO ₂	Ja	Door productie tertiaire cellulose komt er meer (tertiair) cellulose op de markt.
Totale markt	CO ₂	Nee	Er wordt van uitgegaan dat de totale cellulose markt gelijk blijft. Naar verwachting zal in de toekomst de druk op bosbouw toenemen vanwege een toenemende vraag naar producten uit houtige biomassa in opkomende markten in Azië, door CO ₂ reductie-/klimaatdoelen, een opkomende biobased productmarkt en een groeiende vraag naar houtproducten voor bouw en infra (ENECE & FAO, 2019) (CEPI, 2020) (CEPI, 2003).
Grondstofwinning			
Grondstof en productieprocessen			
Houtige biomassa	CO ₂	Nee	De houtige biomassa wordt gebruikt als input voor primaire cellulose en verlaagd door toepassen projecttype tertiaire cellulose. We nemen hierbij het fysieke aandeel van de houtige biomassa dat bestemd is voor de papier- en kartonindustrie. Zo bestaat houtige biomassa voor 49,4% uit koolstof (Ecolnvent v3.6) en wordt er in Europa 43% van de houtige biomassa (incl. resthout) aangewend door de papier- en kartonindustrie (Sustainable forest management, Ecolnvent v3.6). Deze impact past niet in het kader van de SNK en is daarom niet meegenomen.
Landgebruik	CO ₂	Nee	Primaire cellulose wordt door de pulpindustrie geproduceerd uit houtige biomassa afkomstig van bosbouw en uit houtige reststromen waarvoor landgebruik benodigd is (CEPI, 2021). Aangezien dit lastig te kwantificeren is, wordt het buiten de scope gehouden.
Transport	CO ₂	Nee	Cellulosegrondstoffen voor de bouw en infrasector zoals Project deze produceert, worden bij de Baseline voor de Nederlandse markt vooral vanuit het buitenland (o.a. Duitsland) geïmporteerd. Nationale en regionale levering zal daarom lagere milieu-impact hebben. Aangezien dit lastig te kwantificeren is, wordt het buiten de scope gehouden.
Productieproces primaire cellulose	CO ₂	Ja	Primaire cellulose wordt door de pulpindustrie geproduceerd uit houtige biomassa afkomstig van bosbouw en uit houtige reststromen. Voor de omzetting van houtige biomassa naar cellulosepulp is een kraft-proces noodzakelijk. Dit is een thermochemisch proces waarin cellulose wordt ontdaan van lignine en hemicellulose. Dit proces is hulpstof- en energie-intensief. Voor de berekening van de CO ₂ emissies van de processen zijn er naar rato van de verschillende chemische en niet-chemische pulp productieprocessen gemiddelde emissiewaarden opgesteld (CEPI, 2021 en Ecolnvent, v3.6). Door het projecttype tertiaire cellulose neemt dit af.
Gebruik en einde			
Gebruik en verwijdering	CO ₂	Nee	In het projecttype tertiaire cellulose wordt aangenomen dat er geen significante veranderingen zijn in het gebruik en de verwijdering van cellulose t.o.v. de baseline. In de verschillende toepassingen wordt de cellulose namelijk vervangen door tertiaire cellulose.

3.4 Structuur Methodedocument

Conform het model SSML (RIVM, 2019) en zoals geïllustreerd in Figuur 2, wordt in dit methodedocument v.w.b. de levenscyclus van tertiaire cellulose twee fasen onderscheiden:

1. Afvalverwerkingsproces (eerste levenscyclus)

- A. Afvalverwerkingsproces: emissies i.v.m. afvalverwerking
- B. Tertiaire cellulose productieproces: emissies i.v.m. opwerking reststroom tot tertiaire cellulose

2. Cellulose voor toepassing in de cellulosemarkt (tweede levenscyclus)

- Primaire cellulose productieproces: emissies i.v.m. opwerking van houtige biomassa tot cellulose

Voor het baseline-scenario worden deze cycli ook onderscheiden met bepaling van emissies, waardoor per onderdeel twee waarden voor de CO₂-emissies worden gevonden: bijvoorbeeld 1A_{baseline} en een 1A_{project}. Het verschil tussen de waarden door de keten heen bepaalt de emissiereductie als gevolg van het project. In de tabel hieronder zijn de te verkrijgen onderdelen weergegeven.

TABEL 2. TE VERKRIJGEN CO₂-IMPACT WAARDES PER ONDERDEEL 1 EN 2

Onderdeel	Baseline-emissies	Project-emissies	Vershil = netto emissiereductie
1 Verwerkingsproces (Einde eerste levenscyclus)			
1A Afvalverwerkingsproces		NVT	
1B Tertiaire cellulose productieproces	NVT		
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Tweede levenscyclus)			
Productieprocessen		NVT	
Totaal			

De gedefinieerde onderdelen worden in dit methodedocument verder aangeduid zoals hierboven weergegeven. In hoofdlijnen zijn de verschillen tussen Baseline en Project te duiden zoals beschreven in tabel 2.

De groene delen worden voor de baseline ingevuld in H4 en voor het project in hoofdstuk H5. De witte delen zijn niet van toepassing (NVT). In H6 wordt de netto emissiereductie (=verschil) uitgewerkt. De baseline bestaat uit 2 componenten (1A en 2). Het project bestaat uit 1 component (1B). In de baseline is er namelijk geen tertiaire cellulose productieproces, aangezien hier geen tertiaire cellulose wordt opgewerkt. Daarnaast zijn in de baseline primaire grondstoffen nodig om de grondstoffenbalans gelijk te houden. Het project bestaat alleen uit het tertiaire cellulose productieproces, aangezien het tertiaire cellulose hier opgewerkt wordt tot cellulose, is er geen afvalverwerkingsproces, primaire grondstoffen of productieprocessen nodig.

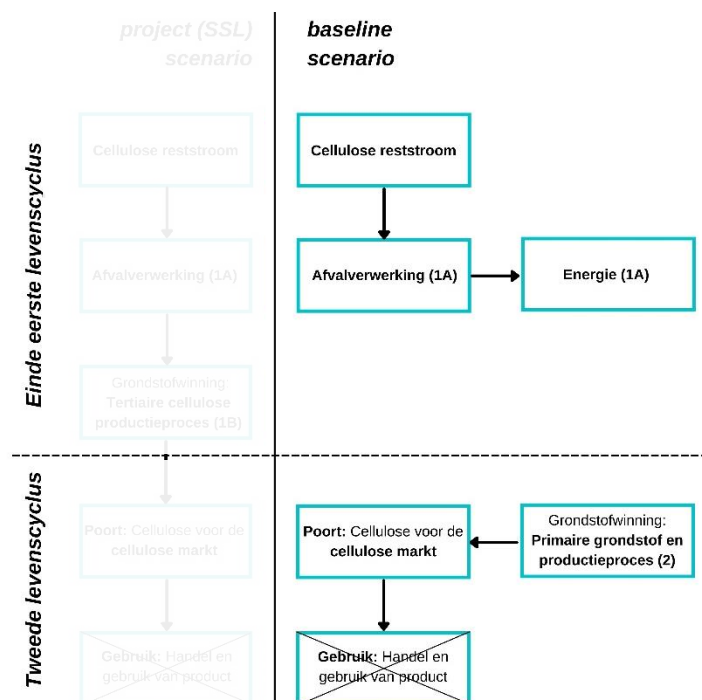
4 Vaststelling van Baseline

De projecteigenaar stelt de baseline vast door de keten voor de eerste en tweede levenscyclus te beschrijven en per onderdeel de emissies te berekenen (zie Tabel 3 en Figuur 3). Deze methode is in samenwerking met LCA experts van het RIVM tot stand gekomen en is als zodanig ook opgenomen in het RIVM 2022-0029 rapport Recycling of materials (RIVM 2022-0029).

TABEL 3 TE VERKRIJGEN CO₂-IMPACT WAARDES PER ONDERDEEL 1 EN 2 VOOR DE BASELINE

Onderdeel	Baseline-emissies
1 Verwerkingsproces (Einde eerste levenscyclus)	
1A Afvalverwerkingsproces	
1B Tertiaire cellulose productieproces	NVT
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Tweede levenscyclus)	
Productieprocessen	
Totaal	

Zoals te zien in tabel 3 bestaat het vaststellen van de baseline uit 2 componenten (1A en 2).



FIGUUR 3: SYSTEEMOVERZICHT BASELINE SCENARIO [SSML RAPPORT RIVM, 2019]

4.1 levenscyclusfase 1: Afvalverwerkingsproces reststroom cellulose (1A)

4.1.1 Onderdeel 1A: Afvalverwerking

In de baseline geldt dat de cellulose (de beoogde tertiaire cellulose bron) wordt verwerkt als afval in een afvalverwerkingsproces. Dit is normaliter verbranding met energiewinning, echter door de natte reststroom is de netto energieopbrengst 0 (STOWA, 2016-22). De impact van de verbranding is verder uitgewerkt in bijlage 1. De impact van deze totale afvalverwerking wordt als volgt berekend per ton verwerkte cellulose; een voorbeeldberekening is opgenomen in bijlage 2-1A:

$$Impact_{1A} = \text{Procesenergie} * \text{emissie} + \text{Hulpstoffen} * \text{emissie} + \text{Transportgebruik} * \text{emissie} + \text{Verbranding} * \text{emissie}$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Impact_1A	tCO ₂ -e	Totale impact voor onderdeel 1A: Afvalverwerkingsproces
Procesenergie	tCO ₂ -e	Dit betreft de gebruikte elektrische procesenergie die benodigd is om de cellulose via het huidige proces (de baseline route) te verwerken. Belangrijke parameter is de gebruikte energiebron. De impact daarvan is gebaseerd op inzet van de marginale stroomproductie (modern aardgasvermogen) zoals het PBL (2022) die hanteert: 0,523 kg CO ₂ /kWh.
Hulpstoffen	tCO ₂ -e	Dit is het gebruik van hulpstoffen in het afvalverwerkingsproces. Belangrijke parameters zijn de soort hulpstoffen en de dosering. Hulpstoffen zijn o.a. FeCl ₃ en polymeer. De impact van deze hulpstoffen is te vinden in de EcoInvent database v3.6.
Transportgebruik	tCO ₂ -e	Dit is de energie/grondstof die het kost om de cellulose te transporteren naar de verdere verwerkingslocatie. Belangrijke parameters hierin zijn de droge stof, het volume en het aantal km. De impact van het transportgebruik is te vinden in EcoInvent database v3.6.
Verbranding	tCO ₂ -e	Dit is de emissie voor de verbranding van de tertiaire cellulose in de afvalstroom. Belangrijke parameters zijn de thermische energie voor het drogen, de emissies die vrijkomen bij de verbranding en de energie opbrengst van de verbranding.

De waardes en bronnen voor deze berekening dienen tot stand te komen op basis van erkende LCA-software (Ecochain) en actuele databases/bronnen, denk aan EcoInvent, PBL en IPCC.

4.2 Levenscyclusfase 2: Cellulose voor de cellulosemarkt

In de baselinesituatie moet er een reguliere cellulose beschikbaar worden gemaakt voor de cellulosemarkt. Reguliere cellulose wordt door de pulpindustrie geproduceerd uit houtige biomassa afkomstig van bosbouw en uit houtige reststromen. De Nederlandse gebruikte cellulose wordt vrijwel geheel geïmporteerd (CBS, 2018), (CEPI, 2020). Voor berekening van de impact van onderdeel 2 wordt daarom gekeken naar de Europese cellulosemarkt. Hierbij wordt alleen de impact van de productieprocessen meegenomen, waarbij cellulose voor de markt vanuit houtige biomassa wordt geproduceerd. De impact van het gebruik van de grondstoffen (houtige biomassa) wordt hier buiten beschouwing gelaten. Redenen hiervoor zijn dat 1) niet aantoonbaar gemaakt kan worden dat de houtachtige biomassa specifiek aangewend wordt voor de productie van cellulose en 2) dat een dergelijke aanwending voor koolstof als kort cyclisch beschouwd wordt.

De cellulose-industrie gebruikt primaire grondstoffen met een CO₂ impact om cellulose te produceren. Deze cellulose wordt geproduceerd uit houtige biomassa afkomstig van bosbouw en uit houtige reststromen. Houtige biomassa bestaat uit cellulose, lignine en hemicellulose. Het bestaat (onder andere) uit koolstof (C) en zorgt voor een koolstofvoorraad in houtige biomassa. Voor de omzetting van houtige biomassa naar cellulosepulp is een kraft-proces noodzakelijk. Dit is een thermochemisch proces waarin cellulose wordt ontdaan van lignine en hemicellulose. Het proces is hulpstof- en energie-intensief. De impact van deze verwerking wordt als volgt berekend per ton cellulose verwerkt, in de bijlage 1-2 is de berekening voor de grondstof en het productieproces verder uitgewerkt:

$$Impact_2 = Productieproces * Emissies$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Impact_2	tCO ₂ -e	Totale impact voor onderdeel 2: Grondstof en productieprocessen.
Productieproces verdeling	tCO ₂ -e	Dit betreft de verdeling in het kraftproductieproces van cellulose. Verdeling tussen de mechanical & semi-chemical pulp, sulfite pulp production en sulfate pulp production is afkomstig uit het rapport CEPI 2021 ⁴ .
Emissies verdeling	tCO ₂ -e	Dit betreft de emissies op basis van de verdeling die vrijkomen bij de verschillende kraftproductieprocessen. Data zijn afkomstig uit EcoInvent v3.6.

⁴ Deze waarden zijn gebaseerd op de Europese waarden met betrekking tot energievoorziening.

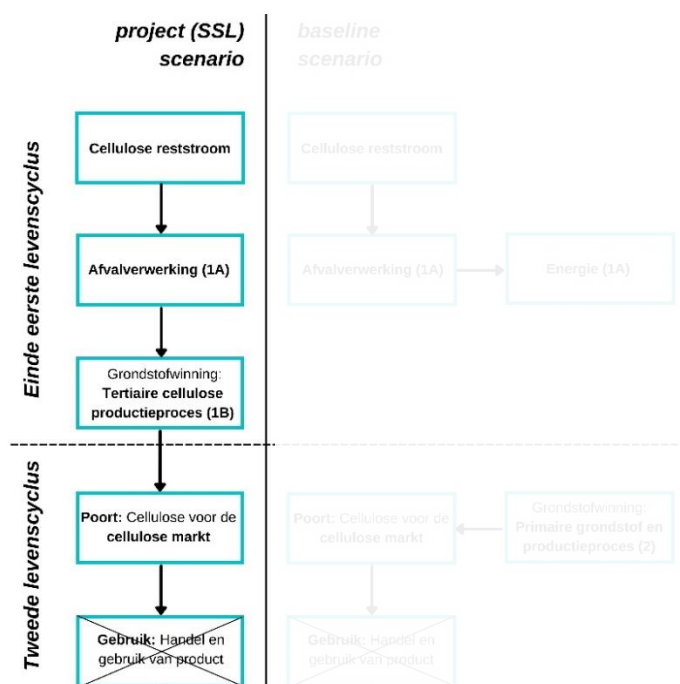
5 Bepaling projectemissies

De projecteigenaar stelt de projectemissies vast door het tertiaire cellulose productieproces te beschrijven (zie Tabel 4 en Figuur 4). Deze methode is in samenwerking met LCA experts van het RIVM tot stand gekomen en is als zodanig ook opgenomen in het RIVM 2022-0029 rapport (RIVM 2022-0029).

TABEL 4 TE VERKRIJGEN CO₂-IMPACT WAARDES PER ONDERDEEL 1 EN 2 VOOR HET PROJECT

Onderdeel	Project-emissies
1 Verwerkingsproces (Einde eerste levenscyclus)	
1A Afvalverwerkingsproces	NVT
1B Tertiaire cellulose productieproces	
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Tweede levenscyclus)	
Productieprocessen	NVT
Totaal	

Zoals te zien in tabel 4 bestaat het vaststellen van het project uit 1 component (1B).



FIGUUR 4: SYSTEEMOVERZICHT PROJECT SCENARIO [SSML RAPPORT RIVM, 2019]

In figuur 4 is de route van een projectscenario weergegeven. Het project start met de tertiaire cellulose reststroom bij een afvalverwerker (deze wordt in de baseline afgevoerd en verbrand). In het project wordt deze stroom via het tertiaire cellulose productieproces opgewerkt tot een cellulose grondstof geschikt voor de markt. Het verschil met de baseline is dat er rechtstreeks een pijl gaat van het afvalverwerkingsproces (1A) naar het tertiaire cellulose productieproces (1B). Vanuit dit proces gaat de pijl direct naar de cellulosemarkt. Deze cellulose grondstof is dan beschikbaar voor een inkoper van cellulose. Vanuit het project is er voor dat deel van de cellulosemarkt geen reguliere cellulose benodigd (2).

5.1 Onderdeel 1B: Tertiaire cellulose productieproces

Voor de productie van tertiaire cellulose is een proces noodzakelijk. Er kunnen verschillende productieprocessen worden gebruikt voor het terugwinnen van tertiaire cellulose. Belangrijke technische processtappen zijn, het scheiden van verontreinigingen, het drogen van de cellulose en het eventuele gebruik van hulpstoffen. De impact van het project wordt als volgt berekend:

$$Impact_{1B} = \text{Procesenergie} * \text{emissie} + \text{Thermisch energiegebruik} * \text{emissie} + \text{hulpstoffen} * \text{emissie} + \text{transportgebruik} * \text{emissie}$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Impact_1B	tCO ₂ -e	Totale impact per 1 ton cellulose voor onderdeel 1B: Tertiaire cellulose productieproces.
Procesenergie en emissie	tCO ₂ -e	Dit betreft de gebruikte elektrische procesenergie die benodigd is om de cellulose uit de afvalstroom te halen en op te werken tot een hernieuwbare grondstof. Belangrijke parameter is de gebruikte energiebron. De impact daarvan is gebaseerd op inzet van de marginale stroomproductie (modern aardgasvermogen) zoals het PBL die hanteert: 0,523 kg CO ₂ /kWh (marginale stroomproductie PBL 2022).
Thermisch energiegebruik en emissie	tCO ₂ -e	Dit betreft de gebruikte thermische energie die benodigd is om de cellulose te drogen. Belangrijke parameter is de gebruikte energiebron. Dit kan verschillen tussen o.a. de afvalverbrandingsinstallatie (26,84 kg CO ₂ per GJ) of restwarmte zonder bijstook (8,8 kg CO ₂ per GJ) afkomstig van CE Delft, 2022.
Hulpstoffen en emissie	tCO ₂ -e	Dit is het gebruik van hulpstoffen in het tertiaire cellulose productieproces. Belangrijke parameters zijn de soort hulpstoffen en de dosering. De impact van deze hulpstoffen zijn te vinden in de Ecolnvent database v3.6.
Transportgebruik	tCO ₂ -e	Dit is de energie/grondstof die het kost om de cellulose eventueel te transporteren naar de verdere verwerkingslocatie. In de praktijk is het mogelijk dat de verwerkingslocatie dezelfde is als de productielocatie. Belangrijke parameters hierin zijn de droge stof, het volume en het aantal km. De impact van het transportgebruik is te vinden in Ecolnvent database v3.6.

6 Bepaling totale emissiereductie

Alle Project Impact Categorieën zijn uitgediept en nu kunnen de individuele resultaten bij elkaar opgeteld worden. Een voorbeeldberekening is in bijlage 2 opgenomen.

TABEL 5 TE VERKRIJGEN CO₂-IMPACT WAARDES PER ONDERDEEL 1 EN 2

Onderdeel	Baseline-emissies	Project-emissies	Verschil = netto emissiereductie
1 Verwerkingsproces (End of first life cycle)			
1A Afvalverwerkingsproces		NVT	Netto impact 1A*
1B Tertiaire cellulose productieproces	NVT		Netto impact 1B*
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Second life cycle)			
Productieprocessen		NVT	Netto impact 2*
Totaal			Totaal Netto Impact

De berekening van het verschil in de netto emissiereductie is per 1A*, 1B* en 2* als volgt, in het voorbeeld is de berekening voor 1A uitgewerkt, voor 1B en 2 geldt dezelfde berekening:

$$Netto\ Impact_{1A} = (Project_{Netto-impact_{1A}} - Baseline_{Netto-impact_{1A}}) * Geproduceerd\ TC$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Netto impact_..	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor onderdeel 1A, 1B en 2
Netto impact_baseline	tCO ₂ -e	Netto impact voor de baseline van onderdeel 1A, 1B en 2
Netto impact_project	tCO ₂ -e	Netto impact voor het project baseline van onderdeel 1A, 1B en 2
Geproduceerd TC	Ton	De hoeveelheid tertiaire cellulose die wordt geproduceerd in het project.

De netto impact van de losse onderdelen 1A, 1B en 2 zijn nu berekend. De netto impact kan dan worden berekend door alle impacts bij elkaar op te tellen, de berekening van de totale netto impact is als volgt:

$$Totale\ Netto\ Impact = Netto\ Impact_{1A} + Netto\ Impact_{1B} + Netto\ Impact_2$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Totale Netto Impact	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor het totale project met alle onderdelen.
Netto impact_1A	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor onderdeel 1A: Afvalverwerkingsproces.
Netto impact_1B	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor onderdeel 1B: Tertiaire cellulose productieproces.
Netto impact_2	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor onderdeel 2: Grondstof en productieprocessen.

Bovenstaande waarde is het resultaat van de genoemde aannames, uitgangspunten en bronnen binnen het project.

Oftewel de netto impact van het project t.o.v. de baseline is simpelweg:

$$Totale\ Netto\ Impact = Baseline\ 1A\ emissie_{1A} + Baseline\ 2\ emissie_2 - Project\ 1B\ emissie_{1B}$$

7 Plan voor monitoring van projectvoortgang

Met dit document is een methode opgesteld voor de CO₂eq-prestatie van een Tertiaire Cellulose Project ten opzichte van een Baseline. De methodiek laat zien hoe projectplannen voor Tertiaire Cellulose projecten moeten worden opgezet en welke informatie ze moeten bevatten, dit is verder uitgewerkt in de SNK-beleidsregel uit het Rulebook 'van projectplan tot uitgifte van certificaten'. De penvoerder van het project heeft de verantwoordelijkheid om een monitoringsrapport op te stellen waarin voor het project relevante processtappen betrouwbaar worden gedocumenteerd en te controleren zijn.

Monitoring vindt plaats op volgende onderdelen (correctiefactoren); de penvoerder van het project is hiervoor verantwoordelijk, d.w.z. dient hierin te voorzien bij de verificatie van de resultaten:

- **Elektriciteit:** Tijdens het project wordt de werkelijke elektriciteitsvraag van de processen in het project per maand bijgehouden d.m.v. geijkte elektriciteitsmeters. Per kalenderjaar worden deze gegevens van de toeleveranciers ontvangen. Deze waarden worden vermenigvuldigd met de actuele PBL emissiefactoren (zie tabel 6).
- **Thermische energie:** Tijdens het project wordt de gebruikte energiebron weergegeven. Daarnaast wordt de werkelijke thermische energievraag d.m.v. gas, elektriciteit of restwarmte per maand bijgehouden d.m.v. geijkte meters. Per kalenderjaar worden deze gegevens van de toeleveranciers ontvangen. Deze waarden worden vermenigvuldigd met de actuele PBL emissiefactoren of de CE Delft waardes (zie tabel 6).
- **Hulpbronnen:** bestaan in dit geval met name uit de hierboven beschreven benodigde ofwel geleverde energie. Daarnaast worden wellicht hulpstoffen toegevoegd. De dosering hiervan moet met geijkte weegschalen worden gemeten of de hoeveelheid geleverde grondstoffen kunnen d.m.v. facturen worden aangetoond. Deze waarden worden vermenigvuldigd met de actuele emissiefactoren uit de EcoInvent database (zie tabel 6).
- **Transport:** transport van de afvalstroom naar het afvalverwerkingsproces en het transport van de reststroom naar het tertiaire cellulose productieproces wordt meegenomen. Overige transporten van de cellulose producten worden in principe buiten beschouwing gelaten, zoals beschreven in hoofdstuk Projectgrens. In de praktijk zal het waarschijnlijk zo zijn dat het tertiaire cellulose productieproces op de locatie van de reststroom opgewerkt wordt tot tertiaire cellulose waardoor er geen transport plaatsvindt. Dit zal in het project moeten worden aangetoond. De volgende uitgangspunten worden gehanteerd: het werkelijk aantal gereden kilometers van deur tot deur, bepaalt middels de snelst mogelijke route op Google Maps onderbouwt met vrachtbronnen. Deze waarden worden vermenigvuldigd met de actuele emissiefactoren van transport uit de EcoInvent database (zie tabel 6).
- **Nivelleren 1A en 1B:** Het is waarschijnlijk dat de onderdelen 1A en 1B elkaar nagenoeg nivelleren. Als dit kwantitatief voldoende wordt onderbouwd in het projectplan en dit minder dan 5% scheelt op de totale netto impact van het project, is het mogelijk beide tegen elkaar weg te strepen. Onderdeel 1A en 1B worden dus voor elk project in het projectplan berekend. Als de impact lager dan de grenswaarde is, vervallen 1A en 1B en hoeven deze tijdens de projectperiode dus niet gemonitord te worden. Dit is ter beoordeling aan projectvalidator.

- Het werkelijk geproduceerde en verhandelde **hoeveelheid** Tertiaire Cellulose wordt op basis van gewicht met geijkte weegschalen jaarlijks vastgesteld (deze weging is waarschijnlijk al integraal onderdeel van de handelsactiviteiten). Deze waardes zullen ook terug te vinden zijn op de facturen. De tertiaire cellulose is alleen economisch interessant voor partijen die dit nuttig toepassen als vervanging van primaire of secundaire cellulose.
- **Input reststroom:** Er wordt gerekend met de functionele unit van verhandelde tertiaire cellulose. Aangezien alleen de tertiaire cellulose die uit de afvalstroom wordt opgewerkt tot verhandelde cellulose wordt meegenomen in de baseline en het project, zoals beschreven in het hoofdstuk Projectgrens. Is dit dezelfde waarde als de totaal geproduceerde en verhandelde hoeveelheid tertiaire cellulose, conform de massabalans. De tonnen tertiaire cellulose zijn daarom in 1A, 1B en 2 gelijk. In 1B tertiaire productieproces komt niet 100% van de cellulose die het proces in gaat ook uit, het verlies wordt via de reguliere afvalverwerking verwerkt. Dit betekent dat alleen het tertiaire cellulose dat route 1B uitkomt niet via de reguliere afvalverwerking 1A hoeft worden verwerkt. Deze tertiaire cellulose kan daarnaast 1 op 1 worden vervangen door de vermeden productie van 2.
- **Verkoopbewijs:** Er wordt pas CO₂ bespaard wanneer de tertiaire cellulose daadwerkelijk verkocht wordt aan een marktpartij die voorheen cellulose inkocht (baseline) en de tertiaire cellulose toepast (project). Er moet jaarlijks d.m.v. verkoopbewijzen worden aangetoond hoeveel cellulose is verkocht. Daarnaast moet worden aangetoond dat er voorheen cellulose werd gebruikt door de inkopende partij van cellulose. Dit kan automatisch gezegd worden voor markten als de papierindustrie en de asfaltindustrie.
- **Termijnen:** De kengetallen en condities van de processen worden voor zowel de baseline als het project om de twee jaar gecheckt en dan opnieuw vastgesteld voor de projectperiode. In tabel 6 staan de gebruikte kengetallen met eenheid en bron weergegeven. De geactualiseerde bron moet het liefst van dezelfde organisatie/database afkomstig zijn, mocht dit niet mogelijk blijken dan moet de bron minstens van vergelijkbare kwaliteit zijn.

Voor de uitgifte van CO₂ certificaten wordt gebruik gemaakt van de regels in het Rulebook. Deze zijn beschreven in het document “proces van projectplan tot uitgifte van certificaten”.

TABEL 6: KENGETALLEN VAN PROCESSEN GEBRUIKT IN DIT METHODEDOCUMENT

Parameter	Kengetal	Eenheid	Bron
1 Verwerkingsproces (Einde eerste levenscyclus)			
Procesenergie	Marginale stroomproductie (modern aardgasvermogen)	Kg CO ₂ /kWh	PBL 2022
Thermisch energieverbruik	Gebruikte energiebron	kg CO ₂ per GJ	CE Delft, 2022
Hulpstoffen	FeCl ₃ en polymeer	kg CO ₂ /kg	EcoInvent database v3.6
Transportgebruik	Europese vrachtauto (7,5-16 ton EURO6)	kg CO ₂ /t*km	EcoInvent database v3.6
Verbranding	Thermische droogenergie op basis van aardgas	Kg CO ₂ /Nm ³	PBL 2022
	Verbrandingsemissies Vrijkomende emissies en omrekening naar CO ₂	kg CO ₂ /kg N ₂ O	IPCC, 2014 (Nieuwe versie in 2023)
	Verwerking asrestant Storten	kg CO ₂ /ton as	EcoInvent database v3.6
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Tweede levenscyclus)			
Productieproces verdeling	Verdeling tussen Mechanical & semi-chemical pulp, Sulfite pulp production (bleached) en Sulfate pulp production (kraft)	%	CEPI 2021
Productieproces emissies	Emissies van Mechanical & semi-chemical pulp, Sulfite pulp production (bleached) en Sulfate pulp production (kraft)	tCO ₂ -e	EcoInvent database v3.6

8 Risico's

De in dit methodedocument behandelde keten is nieuw. Voor het overgrote deel betreft dat risico's die ondernemer-gebonden zijn zoals technisch-economische en juridische risico's. Risico's voor wat betreft milieu-impact en bruikbaarheid van dit methodedocument zijn hier specifiek relevant en worden onderstaand per onderdeel (1A, 1B en 2) beschreven. De hier relevante risico's zijn specifiek voor de betrouwbaarheid van onderliggende data en onderzoeken plus de mate van impact op basis van werkelijke productie. Voor onderliggende data wordt hier per onderdeel een beschrijving gegeven:

1A Afvalverwerkingsproces

In dit methodedocument is een berekening opgezet om de impact voor het afvalverwerkingsproces in de baseline te berekenen. Door de brede range in de afvalverwerkingsprocessen is het van belang om hier een LCA expert voor in te schakelen. Hierdoor kan worden gegarandeerd dat alle relevante processen worden meegenomen en de weergeven erkende bronnen zoals EcoInvent worden gebruikt.

1B Productieproces tertiaire cellulose

Op basis van *detailed engineering* wordt een berekening gemaakt voor het energieverbruik van het productieproces. Het ligt in de verwachting dat dit een nauwkeurige benadering is, al was het alleen maar omdat de ondernemer dit als een significante post mee moet nemen in het verdienmodel, daarnaast zijn er al verschillende pilots uitgevoerd. Mogelijk zal in de praktijk een afwijkend energieverbruik waarneembaar zijn. Op basis van daadwerkelijk energieverbruik gecombineerd met de meest recente emissiefactoren wordt hierop monitoring uitgevoerd en wordt een verschil verrekend in de projectimpact.

2 Grondstof en productieprocessen

De impact van dit onderdeel wordt in de baseline vastgesteld op basis van kentallen uit de literatuur, vermenigvuldigd met de geproduceerde en toegepaste (ex post vastgestelde) hoeveelheid tertiaire cellulose. Beide factoren zijn controleerbaar en verifieerbaar en vormen daarmee geen risico in het Project. Daarnaast is het mogelijk dat de baseline in de toekomst verandert, door optimalisatie van het primaire cellulose productieproces. In de monitoring is een periodieke update van de baseline getallen opgenomen om dit risico weg te nemen.

Theoretisch zou het zo kunnen zijn dat tertiair cellulose wordt verkocht, maar dat dit vervolgens niet wordt ingezet om cellulose te vervangen. Dit zal echter in de praktijk niet voorkomen omdat de business case van dat scenario (zeer) onaantrekkelijk is. Daarnaast wordt het materiaal alleen verkocht aan erkende bedrijven. Momenteel zijn de geïnteresseerde marktpartijen in tertiaire cellulose vooral marktpartijen die momenteel primair of secundair cellulose gebruiken. In de toekomst zou dit kunnen veranderen als cellulose ter vervanging van plastics in composiet materiaal wordt verwerkt. Dan zal de baseline voor onderdeel 2 opnieuw moeten worden vastgesteld. Voor dit methodedocument is dit risico uitgesloten aangezien er alleen geleverd wordt aan erkende marktpartijen die momenteel primaire of secundaire cellulose gebruiken.

9 Bronnenlijst

SSML Rapport RIVM, 2019, Creating Safe and Sustainable Material Loops in a Circular Economy Proposal for a tiered modular framework to assess options for material recycling RIVM Report 2018-0173 J.T.K. Quik | J.P.A. Lijzen | J. Spijker.

Kompetenzzentrum Wasser Berlin (2020-3 publication date) *LCA of cellulose recovery at WWTP*, Deutschland.

Laurijssen, Jobien & Marsidi, Marc & Westenbroek, Annita & Worrell, Ernst & Faaij, Andre. (2010). Paper and biomass for energy? The impact of paper recycling on energy and CO₂ emissions. Resources, Conservation and Recycling. 54. 1208-1218. Pag. 1210 10.1016/j.resconrec.2010.03.016.

Greenhouse Gas Protocol | World Resources Institute". www.wri.org.

CEPI (2003) WOOD SUPPLY FOR THE GROWING EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY. Beschikbaar op: <http://www.fao.org/3/XII/0904-C1.htm#fnB1>.

Kompetenzzentrum Wasser Berlin (2012-4) *Project CoDiGreen WP2: LCA study of sludge treatment line in WWTP Berlin-Waßmannsdorf*, Deutschland.

IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC, Geneva, Switzerland.

CEPI (2021) KEY STATISTICS 2019 European pulp & paper industry.

CEPI (2020). The Forest Fibre Industry 2050 Roadmap to a low-carbon bio-economy. Beschikbaar op: https://www.pita.org.uk/images/PDF/CEPI_2050_Roadmap.pdf.

ENECE/FAO (2019) Forest Products Annual Market Review 2018-2019.

CBS (2018). Hout en Houtproducten in Nederland via <http://www.bosenhoutcijfers.nl/de-houtmarkt/houtverbruik/>.

Santos A. et al. (2012). Influence on pulping yield and pulp properties of wood density of Acacia melanoxylon (Table 4).

Ecoinvent (v3.6) Database voor specifieke CO₂ emissies: pulp processen, C content van hout en hulpstoffen.

CE Delft (2022) CO₂ emissiefactor warmtelevering. [https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-
emissiefactoren/#warmtelevering](https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-
emissiefactoren/#warmtelevering).

PBL (2022) Marginale stroomproductie.

RIVM 2022-0029. Recycling of materials. Needs and considerations in the assessment of safety and sustainability.

SMART-Plant (2022). <https://www.smart-plant.eu/index.php/geestmerambacht>

SNK Rulebook (2021) Proces van projectplan tot uitgifte van certificaten en additionaliteit van emissiereducties.

STOWA (2016-22). Levenscyclusanalyse van grondstoffen uit rioolwater.

STOWA (2020-01). Monitoring Cellu2PLA: Het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van bioplastic

Bijlage 1, Verdieping emissie berekening

Onderdeel 1: Verbranding

In de baseline geldt dat de cellulose (de beoogde tertiaire cellulose bron) wordt verwerkt als afval in een afvalverwerkingsproces. Dit is normaliter verbranding met energiewinning, echter door de natte reststroom is de netto energieopbrengst 0 (STOWA, 2016-22). De impact van deze verwerking (verbranding) wordt als volgt berekend per ton verwerkte cellulose;

$$\text{Verbranding} = \text{Droogenergie} + \text{Emissie verbranding} + \text{Verwerking asrestant} - \text{Energiecredits}$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Verbranding	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor verbranding van het afvalverwerkingsproces
Droogenergie	tCO ₂ -e	Dit is de thermische energie die benodigd is om het tertiaire cellulose te drogen. Belangrijke parameter is de gebruikte warmte. Op basis van aardgas (6700 kWh/t) is de impact die PBL hanteert: 2,085 kg CO ₂ /Nm ³ , met een inhoud van 35,17 MJ/m ³ . Voordroging van 1 ton tertiaire cellulose resulteert in een emissie van 1,43 t CO ₂ /ton tertiaire cellulose.
Emissie verbranding	tCO ₂ -e	Dit zijn de emissies die vrijkomen bij de verbranding van tertiaire cellulose. Belangrijke emissie is lachgas (N ₂ O), waarbij 100 g N ₂ O vrijkomt bij de verbranding van 1 ton tertiaire cellulose (KWB, 2012). Deze emissie is met het rekenmodel uit het rapport van IPCC (IPCC, 2014) om te rekenen naar CO ₂ -eq. Hierbij is 1 ton N ₂ O gelijk aan 256 ton CO ₂ . Geeft 0,0256 ton CO ₂ per ton verbranding van tertiaire cellulose.
Verwerking asrestant	tCO ₂ -e	Het materiaal dat achterblijft na de verbranding moet worden verwerkt oftewel gestort. Hierbij wordt het transport niet meegenomen. Er blijft 20% van het inputmateriaal achter als as. De gemiddelde impact van de verwerking of storting van het verbrandingsresidu (asrestant) is te vinden in Ecoinvent database v3.6: 330 kg CO ₂ per ton as. (Treatment of average incineration residue, residual material landfill)
Energiecredits (vermeden brandstof)	tCO ₂ -e	Dit is de energie opbrengst die wordt behaald bij het verbranden van de cellulose uit de afvalstroom vertaald in energiecredits. Oftewel de bespaarde alternatieve brandstof voor de verbrande tertiaire cellulose. Belangrijke parameters zijn opgewekte energie tijdens verbranden (1475 kWh/t), de calorische waarde (15,8 MJ/kg), en het type verbranding met daarbij de recovery naar elektriciteit (30%). De impact van bovenstaande punten is te vinden in PBL 2022; 0,523 kg CO ₂ /kWh. De energieopbrengst voor de verbranding van 1 ton tertiaire cellulose resulteert in een vermeden uitstoot van 1,46 t CO ₂ /ton tertiaire cellulose, waardoor deze CO ₂ credits worden afgetrokken van de totale CO ₂ emissies in de baseline.

Onderdeel 2: Productieprocessen cellulose: van houtige biomassa naar cellulosepulp

In de baseline geldt dat de primaire cellulose wordt gebruikt als input voor de cellulosemarkt. Voor de omzetting van houtige biomassa naar cellulosepulp is een kraft-proces noodzakelijk. Dit is een thermochemisch proces waarin cellulose wordt ontdaan van lignine en hemicellulose. Het proces is hulpstof- en energie-intensief. In dit methodedocument wordt uitgegaan van een representatieve, gewogen gemiddelde productie als referentie voor de totale cellulose markt. Dit is een veilige aanname die praktisch uitvoerbaar is, aangezien kwaliteiten en prijzen niet transparant beschikbaar zijn.

De impact van deze verwerking wordt als volgt berekend per ton cellulose verwerkt, in de bijlage 2 is een voorbeeld berekening opgenomen:

$$Netto\ Impact_2 = Productieproces_{1,0} * Emissies_{1,0} + Productieproces_{2,0} * Emissies_{2,0} + Productieproces_{3,0} * Emissies_{3,0}$$

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Netto impact_2	tCO ₂ -e	Totale Netto impact voor onderdeel 2.
Productieproces verdeling	%	Dit betreft de verdeling in het kraftproductieproces van primaire cellulose. Verdeling tussen de mechanical & semi-chemical pulp, sulfite pulp production en sulfate pulp production is afkomstig uit het rapport CEPI 2021 ⁵ .
Productieproces1.0 Mechanical & semi-chemical pulp	%	Dit productieproces betreft 23,2% van de totale cellulose markt en is evenredig onderverdeeld in Chemi-thermomechanical & Thermo-mechanical pulp production. (CEPI, 2021).
Productieproces2.0 Sulfite pulp production (bleached)	%	Dit productieproces betreft 4,3% van de totale cellulose markt. (CEPI, 2021).
Productieproces3.0 Sulfate pulp production (kraft)	%	Dit productieproces betreft 72,5% van de totale cellulose markt. (CEPI, 2021).
Emissies	tCO ₂ -e	Dit zijn de emissies die vrijkomen bij de verschillende kraftproductieprocessen. Data zijn afkomstig uit Ecolnvent v3.6.
Emissies1.0 Mechanical & semi-chemical pulp	tCO ₂ -e	Dit proces heeft een impact van 1,10 tCO ₂ -e per ton cellulose. Data is afkomstig uit database Ecolnvent v3.6: Europe: chemi-thermomechanical pulp production en Europe: thermo-mechanical pulp production.
Emissies 2.0 Sulfite pulp production (bleached)	tCO ₂ -e	Dit proces heeft een impact van 1,13 tCO ₂ -e per ton cellulose. Data is afkomstig uit database Ecolnvent v3.6: Europe: sulfite pulp production, bleached.
Emissies 3.0 Sulfate pulp production (kraft)	tCO ₂ -e	Dit proces heeft een impact van 0,36 tCO ₂ -e per ton cellulose. Data is afkomstig uit database Ecolnvent v3.6: Europe: sulfate pulp production, from softwood, bleached.

⁵ Deze waarden zijn gebaseerd op de Europese waarden met betrekking tot energievoorziening.

Bijlage 2 - Voorbeeldberekening

In deze bijlage wordt een kwantificering van impact als voorbeeld berekend voor de **waardeketen RWZI tot bouwsector met de inzet van cellulose vezelgrondstof** voor toepassingen waarbij de tertiaire cellulose andere vormen van cellulose vervangt, zoals voor **functioneel additief** in wegen en fietspaden.

In deze voorbeeldberekening wordt tabel 7 ingevuld en wordt uitgegaan van tertiaire cellulose uit een rioolwaterzuivering (rwzi) die wordt toegepast als vervanging van een mix van primaire en secundaire cellulose. De productie bedraagt in dit scenario 1.000 ton per jaar aan tertiaire cellulose en daarmee is ook het rekvolume voor de baseline 1.000 ton cellulose.

TABEL 7 TE VERKRIJGEN CO₂-IMPACT WAARDES PER ONDERDEEL 1 EN 2

Onderdeel	Baseline-emissies	Project-emissies	Verskil = netto emissiereductie
1 Afvalverwerkingsproces (End of first life cycle)			
1A Afvalverwerkingsproces		NVT	
1B Tertiaire cellulose productieproces	NVT		
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Second life cycle)			
2 Productieprocessen		NVT	
Totaal			

Baselinescenario

Het baselinescenario is hier uitgewerkt op basis van de formules in H4. Voor dit exemplarische baselinescenario wordt het terugwinnen van tertiaire cellulose uit de waterzuivering gebruikt.

1A Afvalverwerkingsproces

Voor het afvalverwerkingsproces is een LCA uitgevoerd dat gebaseerd is op de formules in H4.

Uitgangspunten in het LCA rapport (Kompetenzzentrum Wasser Berlin, 2020-3) zijn een rwzi met een capaciteit van 200.000 PE⁶ en een bijbehorende jaarproductie van 1.260 ton Recell® (gemiddelde waarde); de impact hiervan wordt teruggerekend naar de verwachte productiehoeveelheid. In dit voorbeeld wordt uitgegaan van 1.000 ton productie. Uit het rapport blijkt dat de netto impact op de rwzi resulteert in uitstoot van 0,70 ton CO₂-eq per ton cellulose. Dit resulteert in:

$$\text{Netto Impact}_{1A} = 0,70 * 1.000 = 700 \text{ ton CO}_2$$

⁶ PE staat voor population equivalent. Het getal geeft de individuele vervuilingbelasting weer. Een vervuilingseenheid is een heffingsmaatstaf voor de waterschapsbelastingen zuiverings- en verontreinigingsheffing. 1 vervuilingseenheid is de gemiddelde vervuiling van water die 1 persoon per jaar veroorzaakt. Vervuiling van het water ontstaat door (af) te wassen, de wc door te trekken, etc.

2 Productieprocessen

De netto impact voor het productieproces is als volgt. Dit onderdeel is in bijlage 1 omschreven. Dit resulteert in:

$$\text{Netto impact}_2 = 23,2\% * 1,1 + 4,3\% * 1,13 + 72,5\% * 0,36 * 1.000 = 564 \text{ ton CO}_2$$

Dit resulteert in de volgende baseline emissies:

TABEL 8 CO₂-IMPACT BASELINE (IN TON CO₂ PER 1.000 TON TERTIAIRE CELLULOSE)

Onderdeel	Baseline-emissies	Project-emissies	Vershil = netto emissiereductie
1 Afvalverwerkingsproces (End of first life cycle)			
1A Afvalverwerkingsproces	700	NVT	
1B Tertiaire cellulose productieproces	0		
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Second life cycle)			
2 Productieprocessen	564	NVT	
Totaal	1.264		

Projectscenario

Voor het projectscenario wordt uitgegaan van tertiaire cellulose uit een waterzuivering (rwzi) die wordt toegepast als vervanging van een mix van primaire en secundaire cellulose. De productie bedraagt in dit scenario 1.000 ton per jaar aan tertiaire cellulose (Recell).

1B Tertiaire cellulose productieproces

Voor de productie van tertiaire cellulose is een productieproces noodzakelijk. De impact daarvan wordt als volgt berekend:

$$\text{Netto Impact}_{1B} = (\text{Procesenergie} + \text{Thermisch energiegebruik} + \text{hulpstoffen} + \text{transport}) \\ * \text{Geproduceerd TC}$$

Voor het tertiaire cellulose productieproces is een LCA uitgevoerd dat gebaseerd is op de formules in H5. Uit het LCA rapport (Kompetenzzentrum Wasser Berlin, 2020-3) blijkt dat de netto impact op de rwzi resulteert in uitstoot van 0,58 ton CO₂-eq per ton Recell®, daarnaast wordt dit op dezelfde locatie teruggewonnen als opgewerkt waardoor het transport 0 is.

$$\text{Netto Impact}_{1B} = 0,58 * 1.000 = 580 \text{ ton CO}_2$$

Dit resulteert in de volgende project emissies:

TABEL 9 CO₂-IMPACT BASELINE EN PROJECT (IN TON CO₂ PER 1.000 TON TERTIAIRE CELLULOSE)

Onderdeel	Baseline-emissies	Project-emissies	Vershil = netto emissiereductie
1 Afvalverwerkingsproces (End of first life cycle)			
1A Afvalverwerkingsproces	700	0	
1B Tertiaire cellulose productieproces	0	580	
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Second life cycle)			
2 Grondstof en productieprocessen	564	0	
Totaal	1.264	580	

Bepaling totale emissiereductie

De totale netto emissiereductie voor het project is als volgt. De onderdelen van onderstaande formule zijn in H6 omschreven. Dit resulteert in:

$$\text{Totale Netto Impact} = -700 + 580 - 564 = -684 \text{ ton CO}_2 \text{ per jaar}$$

Dit resulteert in de volgende project emissies:

TABEL 10 CO₂-IMPACT TOTALE NETTO EMISSIEREDUCTIE (IN TON CO₂ PER 1.000 TON TERTIAIRE CELLULOSE)

Onderdeel	Baseline-emissies	Project-emissies	Verschil = netto emissiereductie
1 Afvalverwerkingsproces (End of first life cycle)			
1A Afvalverwerkingsproces	700	0	-700
1B Tertiaire cellulose productieproces	0	580	580
2 Cellulose voor de cellulosemarkt (Second life cycle)			
2 Grondstof en productieprocessen	564	0	-564
Totaal	1.264	580	-684

Elke ton Recell geproduceerd uit tertiaire cellulose zoals een rwzi en toegepast in de bouwsector als vervanger van gerecyclede cellulose **levert** over de gehele keten beschouwd **0,7 ton CO₂-eq emissiereductie op ten opzichte van de referentiesituatie (de baseline).**

Bovenstaande waarde is het resultaat van de genoemde aannames, uitgangspunten en bronnen binnen het opgevoerde voorbeeldproject. Onderdeel 1A kan variëren als de specificaties van het afvalverwerkingsproces verschillen t.o.v. het voorbeeldproject. 1B kan variëren als de bron van de tertiaire cellulose verschilt t.o.v. het voorbeeldproject. 2 bestaat uit stabiele waardes aangezien deze processen en grondstoffen al jarenlang gebruikt worden. Hierbij hebben de geproduceerde hoeveelheden tertiaire cellulose veel invloed op de totale netto impact van het project.

Bij elk project zal de project specifieke setup inclusief gebruikte hulpbronnen tot een project specifieke impactberekening leiden (zie hiervoor de genoemde variabelen in hoofdstukken Baseline en Project). De berekening kan in alle gevallen conform dit Methodedocument worden uitgevoerd door de projecthouder om tot een eenduidige en uniforme aanpak te komen.