

ONDERWERP

De Krijgsman - verbinding damwand

ONZE REFERENTIE

4CYWCS3ZXYDR-849323092-1087:1.0

DATUM

17 april 2023

VAN

[REDACTED]

AAN

Waternet

KOPIE AAN

[REDACTED], [REDACTED]

Introductie

Voor de ontwikkeling van de Krijgsman door KNSF Vastgoed is een dijkverleggingsplan noodzakelijk. Hiervoor zijn op 31 augustus 2022 de documenten geleverd die zijn beschreven onder "referenties". Onderdeel van het dijkverleggingsplan is een hoogteschermbestaaude uit een damwandconstructie. In de rapportage betreffende het hoogteschermbestaaude [2] zijn twee varianten voorgesteld:

- een stalen damwand van het type AZ12-700, en
- een kunststofdamwand, type Sigma met 4 stalen buispalen Ø88,9x4,85 mm/m'.

Hierop volgend heeft op 30 september een overleg plaatsgevonden bij KNSF. Hierbij zijn door Waternet vragen gesteld over de toepassing van een hoogteschermbestaaude. Dit memo beantwoordt de vragen die gesteld zijn in dit overleg en de aanvullende vragen die in de verschillende mailwisselingen naar voren zijn gekomen.

- Gebruik als hoogteschermbestaaude
- Sterkte damwandconstructie
- Duurzaamheid Prolock damwandconstructies
- Bepaling verticale belasting
- Afdracht verticale belasting

Referenties

De volgende referenties zijn gehanteerd bij het opstellen van dit memo:

1. Bijlage C Dijkverlegging De Krijgsman - rapportage leggerzoneringen
2. Bijlage D Damwandontwerp De Krijgsman
3. CUR 166 Damwandconstructies, 6^e herziene druk, deel 1 en 2
4. RAP_20201002_DEF_Handleiding berekenen functiescheidend scherm V2
5. LCA-rapportage van Prolock-oeverbescherming Cat. 1 LCA, GWW Hoofdstuk 41.1, Openbare versie

Gebruik als hoogteschermbestaaude

Binnen het areaal van Waternet worden al kunststof damwanden toegepast. Bij het project Dijkverbetering de Aa in opdracht van Waternet wordt over een strekking van 200 m een kunststof scherm geplaatst met stalen palen. Hiermee is het gebruik van kunststof damwanden (Prolock Omega) binnen het areaal van Waternet niet ongebruikelijk. Het gebruik van een Prolock damwandconstructie als hoogteschermbestaaude is mogelijk als het voldoet aan de vervormings- en sterkte eisen gesteld door het waterschap.

Sterkte damwandconstructie

De sterkte van de damwandconstructie, exclusief de constructieve verbindingen, is uitgewerkt in referentie [2]. Hieruit blijkt dat de damwandconstructie voldoet aan de eisen met betrekking tot sterkte en vervormingen die gesteld worden door Waternet in [4].

Duurzaamheid Prolock damwandconstructies

De duurzaamheid van Prolock damwandconstructies is onderzocht in [5]. Uit dit rapport blijkt de minimale technische levensduur van de PVC damwand-panelen gelijk is aan 60 jaar.

Dit blijkt uit onderzoek waar PVC-damwanden zonder coating na 50 jaar zijn verwijderd uit zompige moerasgronden van de rivierendelta's in New Orleans. De geteste damwanden vertoonden weinig uiterlijke slijtage en de slagvastheid, buigzaamheid en trekkracht van het materiaal waren nog van prima kwaliteit [5]. Door de kunststof panelen van een toplaag te voorzien wordt het materiaal tevens voorzien van een UV-filter.

De stalen buispalen zijn conform [4] getoetst met afname door corrosie getoetst, dit is beschreven in [2].

Hiermee voldoet het functiescheidend scherm conform de gegevens van de leverancier aan een planperiode van 30 jaar conform het PvE van de Gemeente Muiden aan de eisen die gesteld zijn. De volledige LCA-rapportage is opgenomen in Bijlage A.

Bepaling verticale belasting

Conform de CUR 166 voor het ontwerp van damwandconstructies deel 2 pagina 350 [3] dient een damwand verticale belasting af te kunnen dragen in het geval;

- De wand een verticaal dragende functie heeft;
- Een anker onder een helling geplaatst wordt;
- Een ophoging aan de actieve zijde op slappe ondergrond wordt uitgevoerd waarbij de damwand met de ophoging mee zakt.

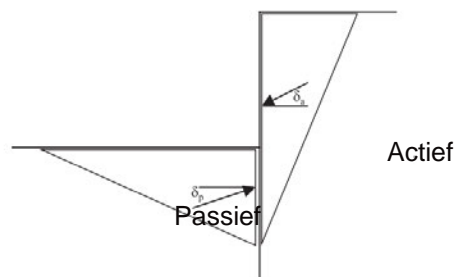
De damwand heeft geen dragende functie, er worden geen funderingen of andere zaken op geplaatst. Het betreft een onverankerde damwand. Er vindt geen netto ophoging aan de actieve zijde plaats waardoor geen negatieve kleef wordt afgedragen richting de damwand.

Echter bestaat de Prolock Sigma (weergegeven in Figuur 1) uit een gecombineerd systeem bestaande uit kunststof panelen en stalen palen die de panelen vernagelen in de grond. De grond die tegen de panelen rust, dient via de stalen palen afgedragen te worden richting de ondergrond (de vernageling), zoals geschematiseerd in Figuur 2. Om te voorkomen dat de panelen van het functiescheidende scherm zakken, dient de verbinding tussen de stalen palen en kunststof panelen op stuk getoetst te worden. Dit memo inclusief de bijlagen toetst de verbinding tussen de stalen palen en kunststof panelen.

Er wordt tevens opgemerkt dat vanwege de plaatsingstolerantie (scheefstand) van de stalen palen (1% per m normaalgesproken) in de ondergrond de kunststof panelen reeds geklemd worden en zakking niet verwacht wordt. In de berekening is echter theoretisch geen rekening gehouden met de klemmeffect of enige andere wrijving langs de panelen. Alle verticale kracht dient door de boutverbinding overgedragen te worden.



Figuur 1 Prolock Sigma [bron: Prolock]



A. Veel voorkomend krachtenspel bij op buiging belaste damwand

Figuur 2 Krachtenspel onverankerde damwand [3]

Voor de verticale belasting vanuit de grond is een kracht van 15kN/m aangehouden (per strekkende meter damwand in de lengterichting). Dit is bepaald op basis van de berekeningen met D-Sheet Piling die zijn gerapporteerd als onderdeel van de dijkverlegging [1][2].

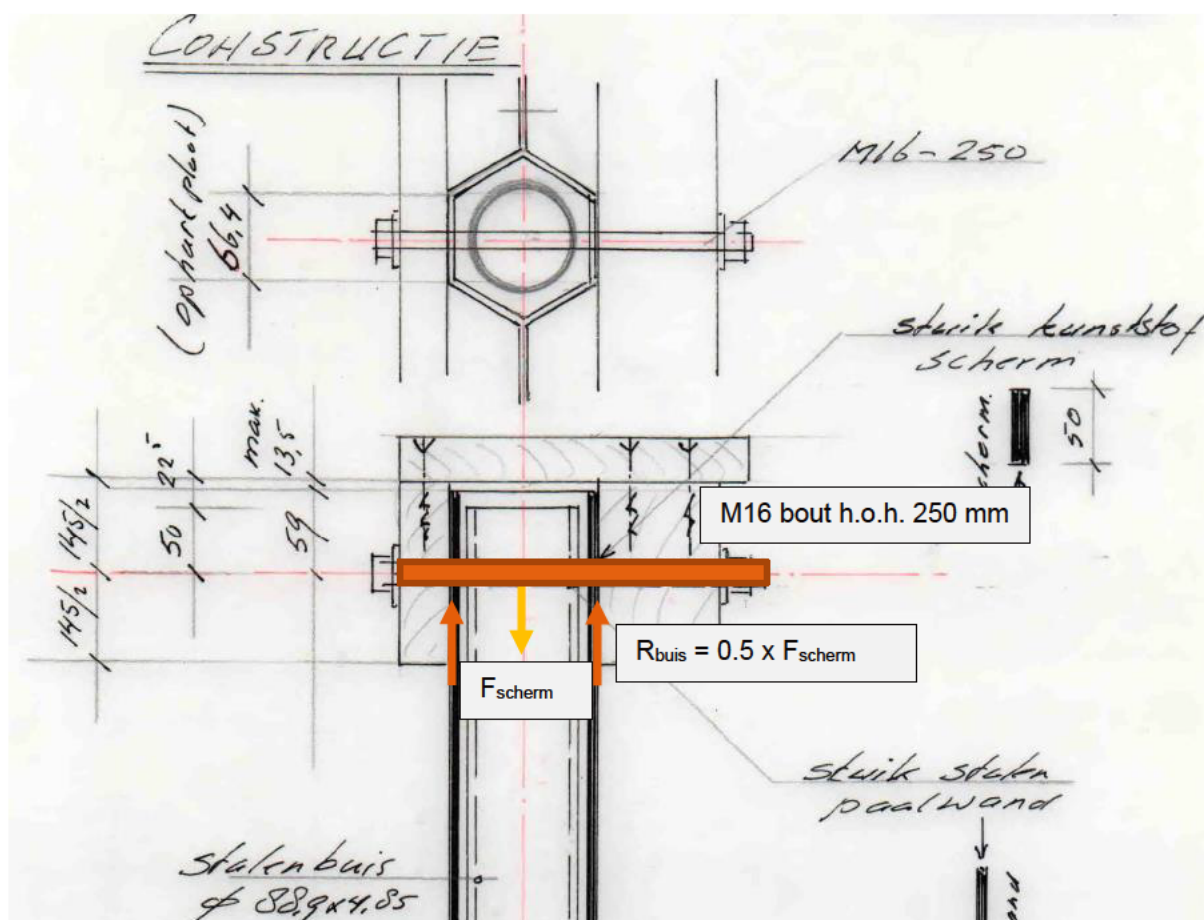
Als onderdeel van deze memo is een verificatie berekening gemaakt met behulp van D-Foundations. Hierbij zijn twee berekeningen gemaakt;

- Afdracht verticale belasting aan actieve zijde. De totale kracht aan beide zijdes van de damwand is maximaal 13 kN conform bijlage B. Gegeven het feit dat maar een zijde van de damwand actief belast wordt, weergegeven in Figuur 2, dient 6,5 kN meegenomen te worden.
- Afdracht verticale belasting aan passieve zijde. De totale kracht aan beide zijdes van de damwand is maximaal 1 kN conform bijlage B. Gegeven het feit dat maar een zijde van de damwand passief belast wordt, weergegeven in Figuur 2, dient 0,5 kN meegenomen te worden.

De totale verticale belasting die afgedragen dient te worden conform D-Foundation is gelijk aan 7,0 kN/m. Er wordt uitgegaan van de 15 kN/m zoals bepaald middels D-Sheet Piling.

Afdracht verticale belasting

Ingenieursbureau voor bouwtechniek, IVB, heeft een controle van de bouten en damwand uitgevoerd, weergegeven in Bijlage A. In deze berekening is rekening gehouden met de invloed van de verticale kracht vanuit de grond op de panelen, weergegeven in Figuur 3, en daarmee op de bouten die de kracht afdragen. Hierbij is de stuikspanning van de draagbouten M16 met een h.o.h. afstand van 250 mm gecontroleerd. Hiermee is elk scherm voorzien van minimaal twee draagbouten. De conclusie is dat de stuikspanning voldoet voor deze boutafstand.



Figuur 3 Schematisatie krachtsafdracht

Op basis van de theoretische berekening voldoet de stuikweerstand van de kunststof panelen. Indien gewenst kan dit aangetoond worden door meerdere proefstukken proef te belasten. Dit om naast de theoretische toetsing aan te tonen dat de weerstand van de kunststof doorsnede voldoende is.

Conclusie

Op basis van de in dit memo weergegeven analyse blijkt dat de verticale kracht als gevolg van de grond die tegen de damwand rust overgedragen kan worden van de kunststof panelen naar de stalen palen.

Hiermee wordt gegarandeerd dat het Prolock-systeem op hoogte voldoet.

Bijlage A: LCA-rapportage_van_Prolock-oeverbescherming_openbare versie



LCA-rapportage van Prolock-oeverbescherming

Cat. 1 LCA, GWW Hoofdstuk 41.1

Openbare versie



LCA-rapportage van Prolock-oeverbescherming

Cat. 1 LCA, GWW Hoofdstuk 41.1

Openbare versie

Dit rapport is geschreven door:

■■■■■ (CE Delft) en ■■■■■ (Stimular)

CE Delft & Stimular, februari 2022

Publicatienummer: 22.210321.033

LCA / PVC / Materiaalhergebruik / Oevers / Damwanden / GWW

VT: Recycling / Beschoeiing / Damwanden

Opdrachtgever: Profextru B.V.

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij ■■■■■ (CE Delft) en ■■■■■ (Stimular)

© copyright, CE Delft, Delft

Inhoud

1	Inleiding	3
	1.1 Doelstelling en doelgroep	3
	1.2 Verantwoording	4
	1.3 Verificatie	4
	1.4 Leeswijzer	4
2	Methode	5
	2.1 Aanpak	5
	2.2 Scope CROW	5
	2.3 Productbeschrijvingen	5
	2.4 Functionele eenheid	12
	2.5 Systeemgrenzen	14
3	Levenscyclusinventarisatie (LCI)	17
	3.1 Dataverzameling	17
	3.2 Decompositie in materialen en processen	20
	3.3 Productie (Module A1 en A3)	21
	3.4 Transport (Module A2 en A4)	27
	3.5 Aanlegfase (Module A5)	28
	3.6 Gebruiksfase (Module B1-B5)	31
	3.7 Sloop- en verwerkingsfase (Module C1-D)	31
4	Resultaten	36
	4.1 Berekening milieuprofiel	36
	4.2 Gekarakteriseerde resultaten en parameters	36
	4.3 Gewogen resultaten	44
	4.4 Zwaartepuntanalyse	47
	4.5 Sensitiviteitsanalyse	53
5	Literatuur	59

1 Inleiding

Dit rapport is de openbare versie van het LCA rapport. In deze versie is bedrijfsvertrouwelijke informatie verwijderd, dat wil zeggen dat namen van leveranciers en productieomvang zijn verwijderd. Ook zijn de bijlagen verwijderd.

Profextru Productie B.V. is producent van Prolock-schermen die worden gemaakt van gerecycled PVC. De schermen worden onder andere toegepast als beschoeiingen, damwanden en kwelschermen. Er zijn vier soorten Prolock-schermen: Sigma, Omega, Delta en Aqua.

In 2017 is een levenscyclusanalyse (LCA) uitgevoerd voor het Prolock-assortiment ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase (NMD). In dit rapport voeren we een update uit van de LCA van de Prolock damwanden conform de geldende eisen en richtlijnen binnen de LCA-methodiek, waarbij we de uitgangspunten en resultaten voor Prolock damwanden van Profextru beschrijven. De resultaten in dit rapport worden gepubliceerd als productkaarten in de Nationale Milieudatabase. De beschrijving van de verschillende productkaarten voor de eindgebruiker zijn beschreven in Hoofdstuk 2.

De GWW-data in de Nationale Milieudatabase wordt gebruikt voor het berekenen van de Milieukostenindicator (MKI) van materialen, producten en processen voor de realisatie van een GWW-werk. Deze MKI-waarde wordt berekend door middel van de bepalingen in de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken'¹. Met software-instrumenten zoals DuboCalc² kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Opdrachtgevers in de GWW-sector gebruiken deze MKI-berekeningen om in de ontwerpfase van het project afwegingen te kunnen maken tussen verschillende materialen of ontwerp-opties. Ze vergelijken dan de MKI-waarde van de verschillende oplossingen en kunnen vervolgens voor het duurzaamste materiaal (het product met de laagste MKI-waarde) kiezen. Ook kan in de aanbesteding van een project een gunningscriterium toegepast worden waarbij de inschrijver met de laagste MKI-waarde de hoogste fictieve korting krijgt³.

1.1 Doelstelling en doelgroep

In deze studie stellen we milieuprofielen op van meerdere Prolock damwanden. Het doel van de studie is om:

- de milieu-impact van de Prolock-damwand in de gehele levenscyclus te bepalen, in diverse samenstellingen (met naalddhouten, hardhouten en stalen palen);
- de informatie over deze producten over te dragen aan de Nationale Milieudatabase (categorie 1-data, merkgebonden en getoetst door derden), zodat deze beschikbaar komen in software zoals Dubocalc;
- de milieu-impact van de producten te kunnen communiceren naar klanten en andere relevante partijen.

¹ [Meer informatie over de Bepalingsmethode](#)

² [Meer informatie over DuboCalc](#)

³ [Meer informatie over het gebruik van de MKI-waarde als gunningscriterium](#)

De onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieu-data te documenteren als verantwoording. De inhoud van de rapportage is vertrouwelijk. Het eindresultaat, namelijk de milieuprofielen van de Prolock damwanden en de milieu-verklaringen, is voor externen beschikbaar via de Nationale Milieudatabase en DuboCalc. Ook kan Profextru Productie B.V. zelf de milieuprofielen aan partijen verstrekken.

Deze studie stellen we op voor de volgende doelgroepen:

- Profextru Productie B.V. als eigenaar van de data;
- Stichting NMD als beheerder van de NMD;
- opdrachtgevers in de GWW-sector als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies, en voor gebruik in aanbestedingen;
- marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de GWW-sector als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.

1.2 Verantwoording

We voeren de LCA uit conform de eisen en richtlijnen uit de *Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken (juli 2020) inclusief het wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019, het wijzigingsblad d.d. januari 2020 en het wijzigingsblad d.d. februari 2021*, en het *NMD-toetsingsprotocol (versie 1.0, juli 2020 + Amendement 1, februari 2021)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO 14044* en de *EN 15804:2012+A2 (2019)*⁴.

De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van augustus 2021 tot en met november 2021, waarna aansluitend de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld.

1.3 Verificatie

SGS heeft het dossier met het CE Delft & Stimular rapport “LCA-rapportage van Prolock-oeverbescherming, Cat. 1 LCA, GWW hoofdstuk 41.1” (finale conceptversie gedateerd 10 en ontvangen 22 februari 2022) beoordeeld. Het rapport beschrijft helder de uitgangspunten, de modellering en de resultaten.

De conclusie luidt: De methodologie, dataverzameling en rapportage voldoen aan de eisen van de “Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken, versie 1.0 - juli 2020 met wijzigingsbladen oktober 2020 en februari 2021, EN 15804 en onderliggende normen.

De betreffende 12 productkaarten (5 Sigma 4 Omega, 2 Aqua en 1 Delta) zijn per 22 februari 2022 gepubliceerd en beschikbaar via de NMD. Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 beschrijven we de methode voor de LCA. Hierin stellen we onder andere de scope, systeemgrenzen en de functionele eenheid vast.

In Hoofdstuk 3 gaan we in op de levenscyclusinventarisatie. De productbeschrijving, productsamenstelling en de inventarisatie van de levenscyclusanalyse komen hierin aan bod.

In Hoofdstuk 4 geven we de resultaten en de gevoeligheidsanalyse.

⁴ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie Paragraaf 4.6) valt buiten de ISO 14044.

2 Methode

2.1 Aanpak

In dit rapport beschrijven we meerdere Prolock damwanden. Deze damwanden vormen het hoofdproduct, die opgebouwd is uit verschillende deelproducten (zie Paragraaf 2.3). Voor deze deelproducten beschrijven we de volledige levenscyclus.

We voeren de LCA-berekening uit met SimaPro v9.2.0.2-software. De toegepaste referentiedatabases zijn:

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.4.
- Ecoinvent-database versie 3.6.

Daarnaast maken we voor materialen waar mogelijk gebruik van materiaalspecifieke LCA-data van de materiaalproducenten.

2.2 Scope CROW

De studie is gericht op Hoofdstuk 41.1 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 (CROW, 2020).

Deze LCA betreft een cradle-to-grave-studie. Dit betekent dat we de productie van de grondstoffen, de productie van de onderdelen van de damwand, de aanleg in een werk, tot en met de verwijdering van de damwand en de verwerking van de materialen meenemen (Module A1 t/m D).

Het gaat hier om Categorie 1 (cat.1) LCA's. Een cat.1-LCA wordt opgesteld op basis van merkgebonden data van fabrikanten en toeleveranciers⁵. De resultaten van deze LCA-studie worden gepubliceerd als productkaarten in de NMD, maar de inhoud van deze rapportage is vertrouwelijk. Hieronder volgt een beschrijving van de Prolock damwanden.

2.3 Productbeschrijvingen

Prolock damwanden worden gebruikt voor oeverbescherming van kanalen, rivieren, meren en jachthavens. Deze damwanden zijn samengesteld uit deelproducten: een scherm van gerecycled PVC-profielen en palen van naaldhout (voornamelijk vuren), hardhout of staal. Afhankelijk van de toepassing van de damwand, wordt de damwand ook voorzien van een gording van hardhout. Een gording dient als stootrand en wordt met regelmaat toegevoegd aan de Sigma en Omega damwanden.

De schermen zijn opgebouwd uit profielen van 0,5 m breed met een variabele lengte. Door de combinatie van kunststof scherm en palen, is er relatief weinig kunststof nodig. De lengte van het scherm is daardoor kleiner dan de lengte van bijvoorbeeld houten of stalen damwanden in dezelfde toepassing.

Het scherm van gerecycled PVC wordt door Profextru geproduceerd in de fabriek in Hardenberg. Profextru werkt samen met een aantal leveranciers die de palen produceren en rechtstreeks naar de bouwlocatie transporteren, waar de palen in het Prolock-scher

⁵ <https://milieudatabase.nl/database/nationalemilieudatabase/>

worden geplaatst. Op de bouwlocatie worden de onderdelen aan elkaar bevestigd. In de volgende sectie worden de Prolock-schermen in meer detail besproken.

De bovenzijde van de beschoeiing kan worden afgewerkt met een complementaire deksloof van kunststof of hout. Daarnaast is het mogelijk om de damwanden vrijstaand of verankerd toe te passen. De keus om een deksloof of verankering toe te voegen, heeft geen effect op de damwanden. Deze deksloof en verankeringen zijn namelijk geen integraal onderdeel van het product en worden bij de meeste damwanden niet toegepast. Deze twee complementaire onderdelen laten we daarom buiten beschouwing binnen deze LCA.

2.3.1 Varianten Prolock damwanden

Profextru produceert vier typen Prolock-profielen die als schermen worden toegepast in damwanden:

1. Sigma.
2. Omega.
3. Delta.
4. Aqua.

In Tabel 1 tonen we de eigenschappen van vier damwanden, per type Prolock-scherf.

Tabel 1 - Eigenschappen Prolock damwanden, per type

	Sigma	Omega	Delta	Aqua
Functie	Oeverbescherming voor vijvers en sloten	Oeverbescherming voor kanalen, rivieren, meren en jachthavens	Bescherming tegen kwelwater en piping	Onderwaterbeschoeiing van vijvers en sloten
Toepassing	Beschoeiing en lichte damwandconstructies	Zware damwandconstructie	Dijken, aquaducten, stuwen, peilscheidingen, bodemsanering	Onderwaterbeschoeiing
Palen	Twee of vier palen per meter oeverlengte. Dunnere palen dan bij Omega	Twee palen per meter oeverlengte	Geen	Twee of vier palen per meter oeverlengte. Vergelijkbaar met Sigma
Lengte	Lengte scherm en lengte palen is variabel en afhankelijk van toepassing	Lengte scherm en lengte palen is variabel en afhankelijk van toepassing	Tot 12 meter	Lengte scherm en lengte palen is variabel en afhankelijk van toepassing
Overig			Met waterdichte afdichtingslip	

De lengte van het scherm en de afmeting van de palen is variabel en afhankelijk van de projectspecifieke eisen en lokale omstandigheden. De verhouding lengte scherm versus lengte palen is ook variabel. Voor de palen kan daarnaast gekozen worden uit hardhout, naaldhout en staal. Omega, Sigma en worden met palen toegepast, Delta wordt zonder palen toegepast.

In deze LCA bereken we het milieuprofiel van twaalf Prolock damwanden met de meest voorkomende scherm lengte, paallengte en paaldikte. Deze worden weergegeven in Tabel 2. Een vertaling van de damwanden naar één vierkante meter geven we in Paragraaf 3.2 (Tabel 7).

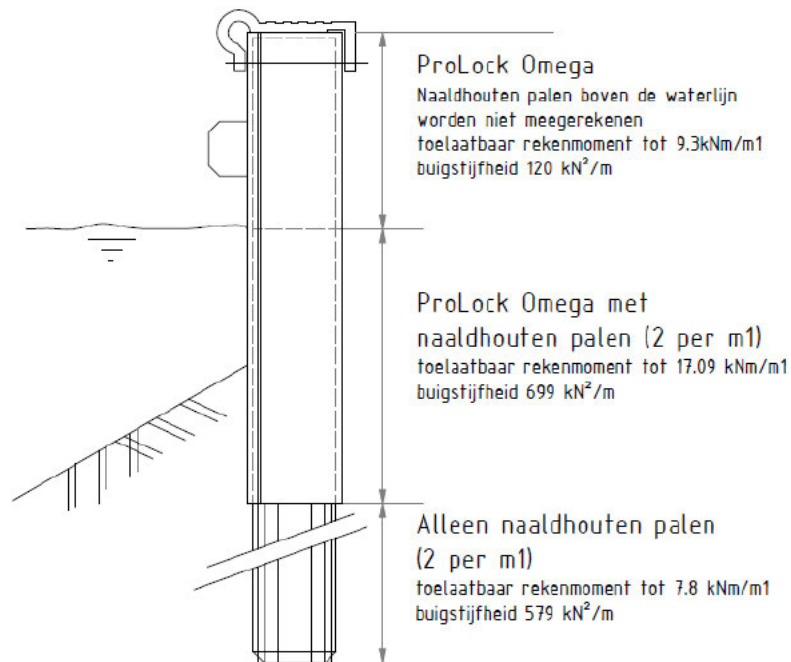
De informatie in Tabel 1 en Tabel 2 is aanwezig in de beschrijving van de productkaarten in de NMD.

Tabel 2 - Gekozen Prolock-damwandsystemen voor de LCA, per strekkende meter damwand

Type	Scherf	Palen				Gording		
	Hoogte (m)	Type	Afmeting	Aantal per m ¹	Lengte (m)	Ja/nee	Type	Afmeting
Sigma								
1 m, paal naaldhout 3 m	1	Naaldhout	Ø 100 mm	2	3	Nee		
1,5 m, paal naaldhout 4 m	1,5	Naaldhout	Ø 100 mm	4	4	Nee		
1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	1,6	Naaldhout	Ø 100 mm	2	4	Ja	Azobé	45 mm dik, 95 mm hoog
1 m, paal Azobé 3 m, gording	1	Azobé	70 x 70 mm	2	3	Ja	Azobé	95 mm dik, 95 mm hoog
1 m, paal staal 3 m	1	Staal S235	S3 Ø 89 mm, 3 mm dik	2	3	Nee		
Omega								
2 m, paal naaldhout 5 m	2	Naaldhout	Ø 160 mm	2	5	Nee		
2 m, paal naaldhout 5 m, gording	2	Naaldhout	Ø 160 mm	2	5	Ja	Azobé	95 mm dik, 145 mm hoog
2 m, paal staal 5 m	2	Staal S235	S4 Ø 140 mm, 5,6 mm dik	2	5	Nee		
3,5 m, paal Cloeziana 6 m, gording	3,5	Cloeziana	Ø 160 mm	2	6	Ja	Azobé	95 mm dik, 145 mm hoog
Delta								
5 m	5	Geen				Nee		
Aqua								
1 m, paal naaldhout 3 m	1	Naaldhout	Ø 100 mm	2	3	Nee		
1,5 m, paal naaldhout 3 m	1	Naaldhout	Ø 100 mm	4	3	Nee		

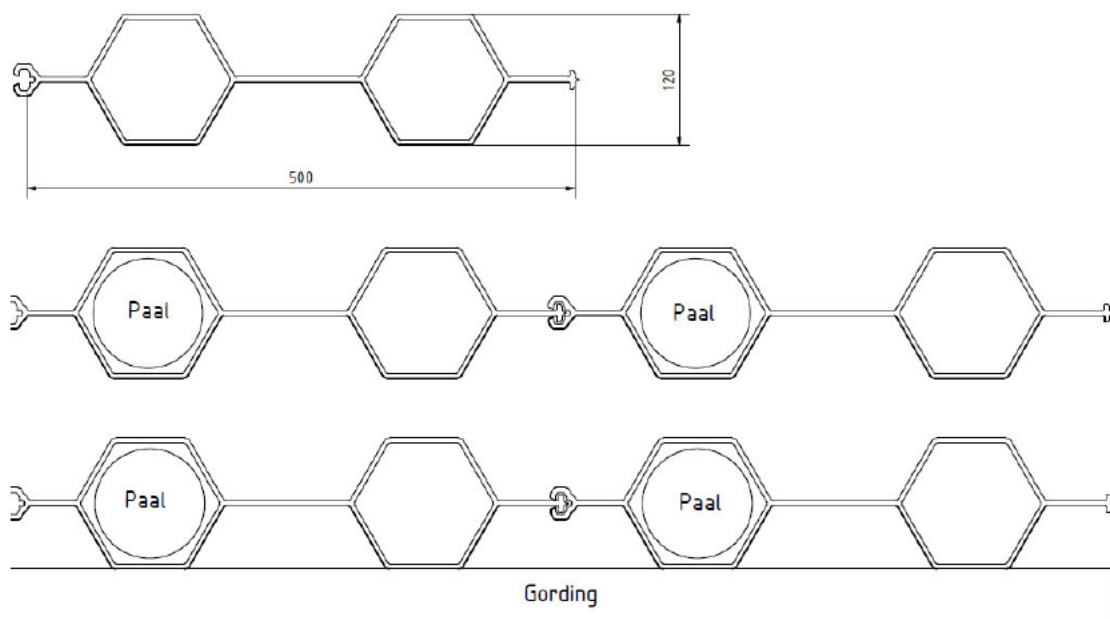
Hierna geven we enkele illustraties van de verschillende typen damwanden. In Figuur 1 tonen we een doorsnede (zijaanzicht) van een complete damwand. Als voorbeeld gebruiken we hier de Prolock Omega damwand met naaldhouten palen.

Figuur 1 - Doorsnede Prolock Omega damwand met naaldhouten palen

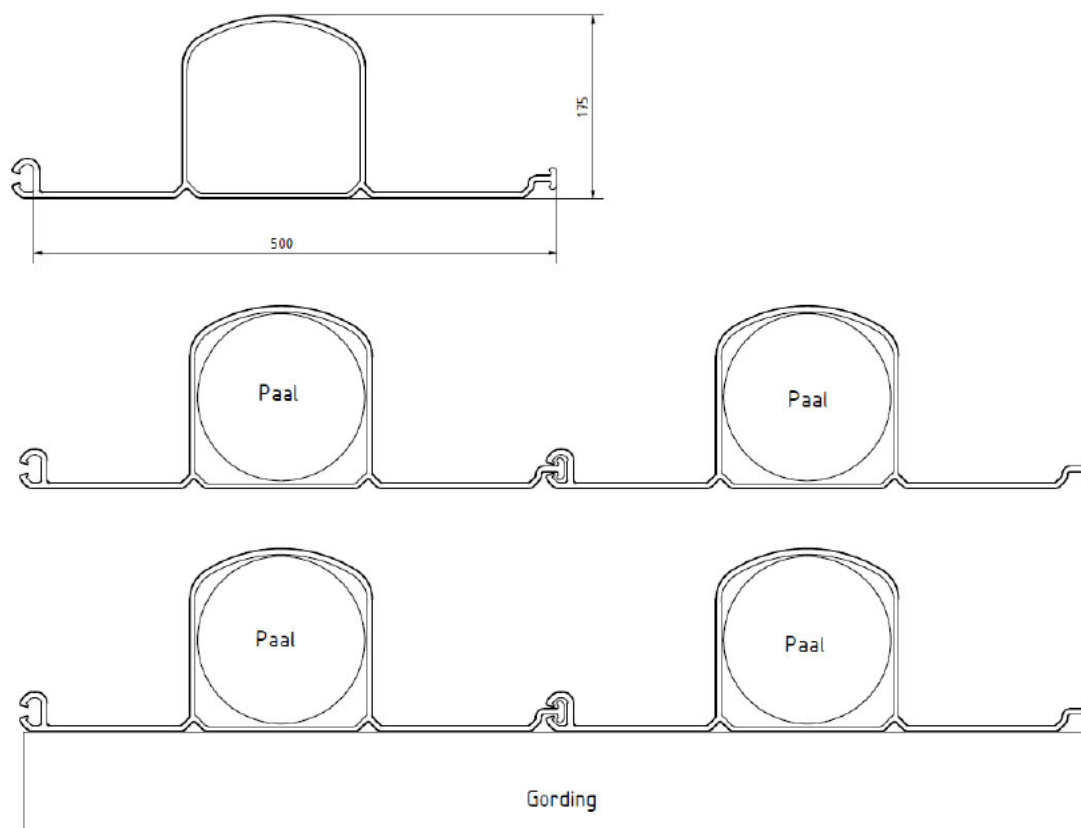


In Figuur 2 t/m Figuur 5 tonen we een doorsnede (bovenaanzicht) van de verschillende typen Prolock-damwandsystemen. Per type geven we eerst een enkel profiel, met daar-
onder in de toepassing als damwand.

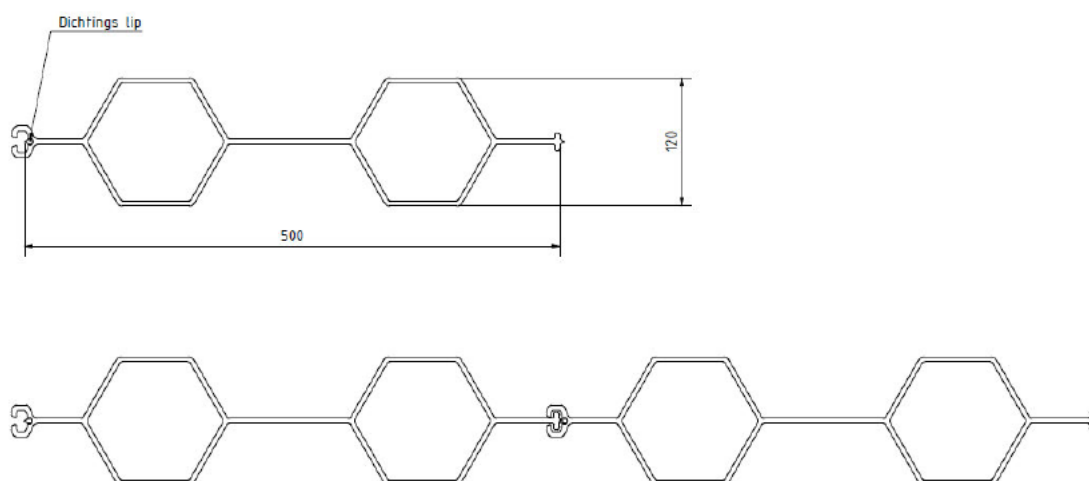
Figuur 2 - Prolock Sigma: enkel profiel, als scherm in functionele toepassing en als scherm in functionele toepassing met gording



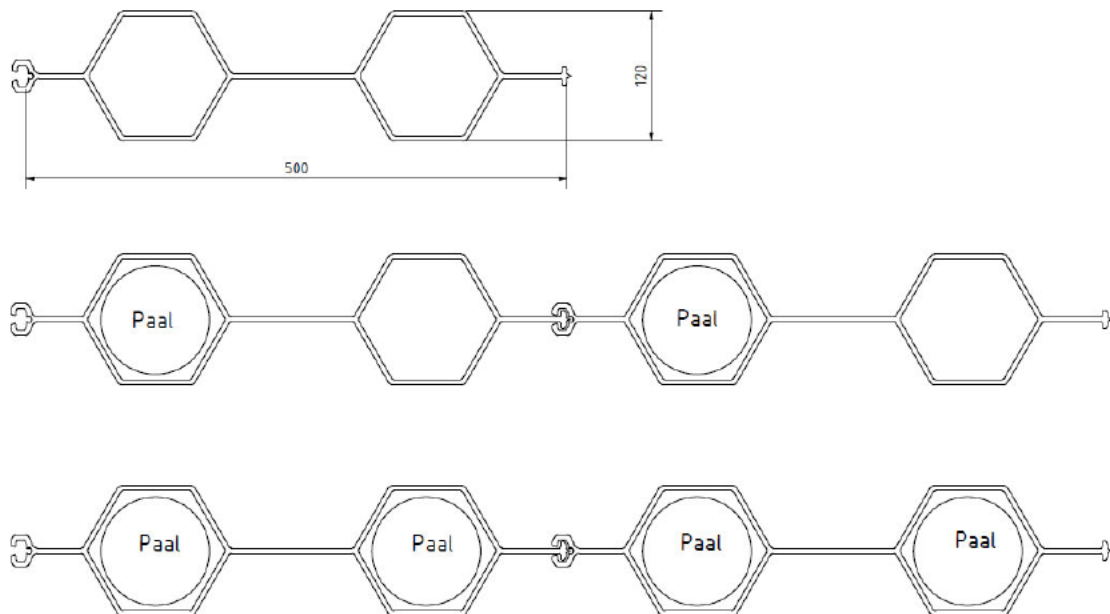
Figuur 3 - Prolock Omega: enkel profiel, als scherm in functionele toepassing en als scherm in functionele toepassing met gording



Figuur 4 - Prolock Delta: enkel profiel en als scherm in functionele toepassing

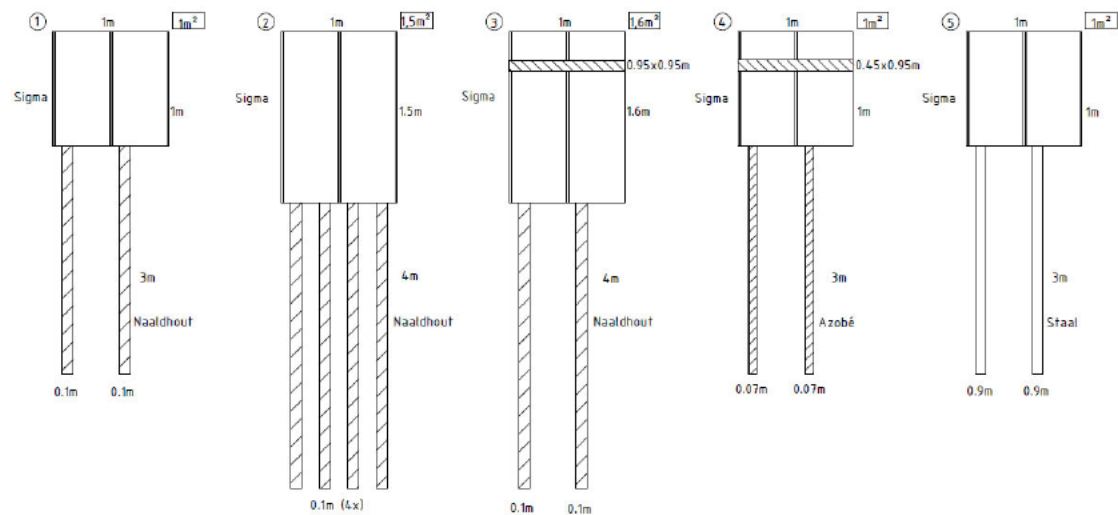


Figuur 5 - Prolock Aqua: enkel profiel en als scherm in functionele toepassingen (1 en 2 palen per profiel)

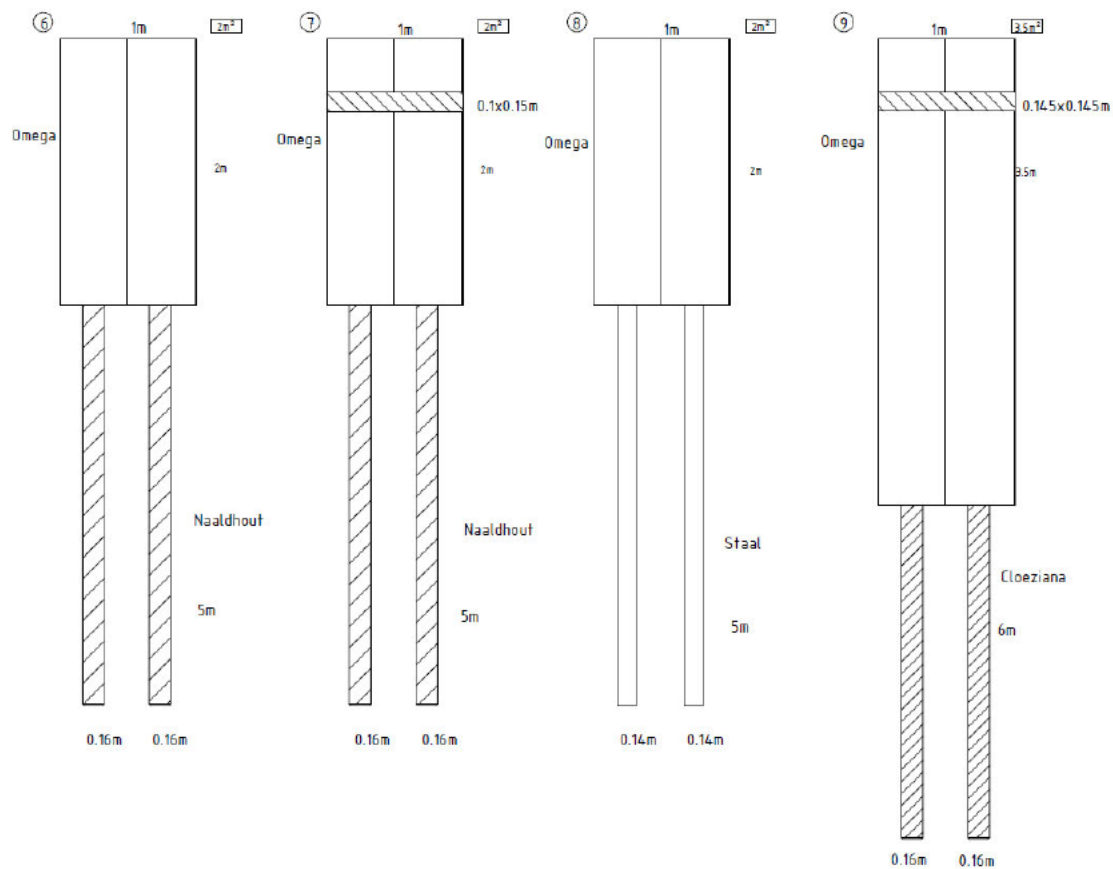


In Figuur 6 t/m Figuur 9 tonen we ten slotte het vooraanzicht van de verschillende typen Prolock-damwandssystemen.

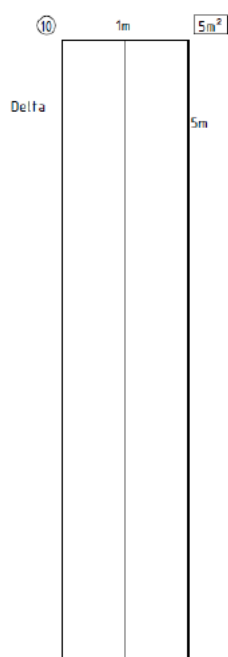
Figuur 6 - Dwarsdoorsneden Prolock Sigma damwandstelsel



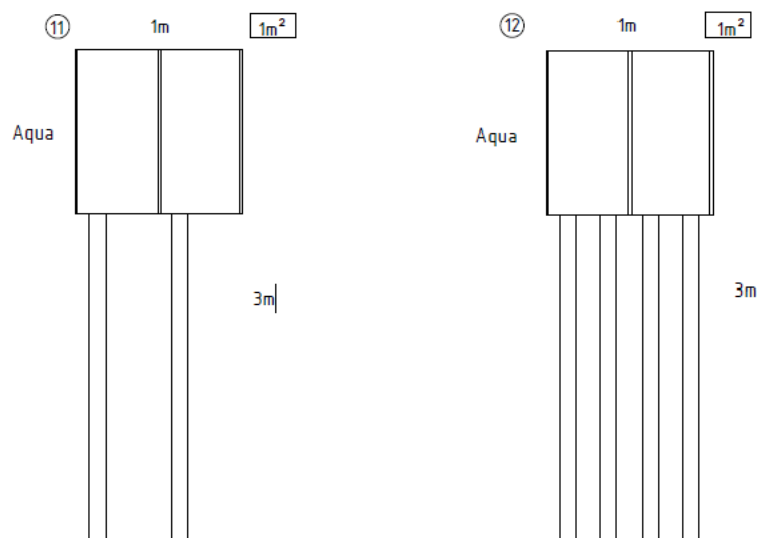
Figuur 7 - Dwarsdoorsneden Prolock Omega damwandsysteem



Figuur 8 - Dwarsdoorsnede Prolock Delta damwandsysteem



Figuur 9 - Dwarsdoorsnede Prolock Aqua damwandsysteem



2.3.2 Opdeling volgens CUAS-systematiek

Het hoofdproduct (de damwanden) kan worden opgedeeld in elementen volgens de CUAS-systematiek (Constructie, Uitwerking, Afwerking, Schilderwerk). Deze geven we weer in Tabel 3.

Tabel 3 - Elementen binnen hoofdproduct Prolock-damwand Aqua, Sigma, Omega en Delta van één vierkante meter

CUAS-categorie	Element	Eenheid
C (constructie)	Damwandscherm	m
C (constructie)	Palen	Stuk
U (uitrusting)	Gording	Stuk

In dit rapport gaan we uit van het hoofdproduct, waarbij we geen expliciet onderscheid maken tussen de CUAS-elementen. In de inventarisatie gaan we in op de materialen en onderdelen. Alle resultaten geven we weer voor het volledige hoofdproduct, per damwand-systeem.

2.4 Functionele eenheid

De functionele eenheid is productonafhankelijk. Voor damwanden is voor opname in de Nationale Milieudatabase een vaste functionele eenheid 'm² damwand' vastgesteld. In deze LCA-rapportage berekenen we de milieu-impacts van de Prolock damwanden daarom per m² damwand, met een levensduur van 60 of 100 jaar. De levensduur is verder toegelicht in Paragraaf 2.4.1.

De palen zijn langer dan het scherm. Voor één m² damwand gaan we uit van de oppervlakte van het scherm. De afmeting van de palen en gording staan daarmee los van het totale oppervlakte van de damwanden. De palen en gording nemen we uiteraard wel mee in de milieu-impact, waarbij we uitgaan van één m² damwandscherm.

Voorbeeld: Omega scherm 2 m, paal naaldhout 5 m, gording

In 1 m oeverlengte van deze damwand zit een scherm van 2 m hoog, oftewel 2 m² scherm in totaal. Daarnaast bevat deze damwand per strekkende meter 2 palen van 5 m lang en 1 m gording.

Om aan te sluiten bij de functionele eenheid van één vierkante meter damwand, delen we het formaat van al deze onderdelen door 2. Dus in 1 m² damwand zitten 1 m² scherm, 2 palen van 2,5 m lang en 0,5 m gording.

Op verzoek van Profextru zijn ook de milieuprofielen op van de losse onderdelen van de damwand bepaald. Profextru kan deze milieuprofielen indien gewenst aanleveren aan klanten (zoals Rijkswaterstaat of een aannemer), zodat deze klanten projectspecifieke berekeningen uit kunnen voeren.

2.4.1 Levensduur PVC en hout

De Prolock-damwandsystemen Sigma, Omega en Aqua hebben een technische levensduur van minimaal 60 jaar. De levensduur geldt zowel voor het PVC-scherm als de houten palen, aangezien deze allen onder de waterlijn staan. Het Prolock-damwandsysteem Delta heeft een levensduur van 100 jaar, omdat deze volledig ondergronds wordt toegepast en niet onderhevig is aan UV-straling.

De levensduren baseren we op de ervaring van Profextru en op basis van literatuuronderzoek naar de levensduur van PVC. Dit literatuuronderzoek beschrijven we hieronder.

Levensduur PVC-damwand

Het US Army Corps of Engineers (Dutta & Vaidya, 2003), de Amerikaanse Rijkswaterstaat, heeft in de regio New Orleans onderzoek gedaan naar het gebruik van PVC-damwanden. Het betrof damwanden van nieuw PVC zonder coating. Uit dit onderzoek bleek dat de oudste PVC-damwanden die 50 jaar geleden in de zompige moerasgronden van de rivieren-delta's in New Orleans zijn geplaatst, nauwelijks waren aangetast. De damwanden vertoonden weinig uiterlijke slijtage en de slagvastheid, buigzaamheid en trekkracht van het materiaal waren nog van prima kwaliteit.

De resultaten van het US Army Corps of Engineers zijn in 2007 door Profextru en een student aan de Hogeschool Arnhem Nijmegen getoetst aan Europese standaarden. In Europa komen lagere temperaturen vaker voor dan in New Orleans. Uit de test blijkt dat PVC in damwanden prima gedijt tot ver onder nul (-20°C). De veroudering van het materiaal wordt tegengegaan door het aanbrengen van een toplaag die fungeert als UV-filter. Behalve tegen zonlicht wordt het materiaal hierdoor ook tegen andere invloeden van buitenaf beschermd (Feenstra, 2017).

De damwanden in de hierboven beschreven testen zijn gemaakt van nieuw (primaire) PVC. De resultaten zijn volgens Profextru ook van toepassing op gerecycled PVC. Hierbij baseren ze zich op onderzoek van [REDACTED] (2001), waarbij mechanisch gerecycled PVC na vier recyclecycli nog steeds vergelijkbare fysische eigenschappen (sterkte, slagvastheid) had als nieuw PVC en een levensduur had van meer dan 100 jaar. Pas bij de vijfde keer recycleren verminderde de levensduur van PVC naar minder dan 50 jaar.

Het is aannemelijk dat het gerecyclede PVC dat bij Profextru wordt aangeleverd niet al vijf keer gerecycled is, aangezien PVC-recycling een relatief nieuwe ontwikkeling is en de levensduur van de meeste PVC-producten over het algemeen lang is. Zo worden bijvoorbeeld PVC-leidingen uit de jaren '30 van de 20^e eeuw nu nog steeds gebruikt als riolering en drinkwaterleidingen (TEPPFA, 2019). De levensduur van dergelijke PVC-producten is daarom in het verleden al ingeschat op meer dan 100 jaar (TEPPFA, 2019, TNO, 2006).

Levensduur palen en gording

Volgens SHR (2016) is de levensverwachting voor vurenhouten palen onder water 80 tot 100 jaar, waarmee hun maximale levensduur binnen de 60 jaar levensduur van de damwanden valt. De levensduur van hardhouten en stalen palen is vergelijkbaar.

2.5 Systeemgrenzen

In Tabel 4 geven we weer welke informatie per levenscyclusfase beschouwd moet worden, volgens de EN 15804 en de Bepalingsmethode. In deze LCA berekenen we de milieu-impact over de gehele levenscyclus.

Tabel 4 - Systeemgrenzen

	Productiefase			Bouw-fase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productie-systeem
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
	Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finale afvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
Cradle-to-gate met opties	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

X: Module meegenomen in LCA-studie, M.N.D: module niet gedeclareerd.

De selectie van processen en bepaling van cut-offs vindt plaats op basis van de beschrijving van systeemgrenzen (Paragraaf 2.6.3.5. en Bijlage III van de Bepalingsmethode) en cut-off-criteria (Paragraaf 2.6.3.6. van de Bepalingsmethode) in de Bepalingsmethode. We hebben geen vermoeden dat relevante in- en outputs zijn weggelaten.

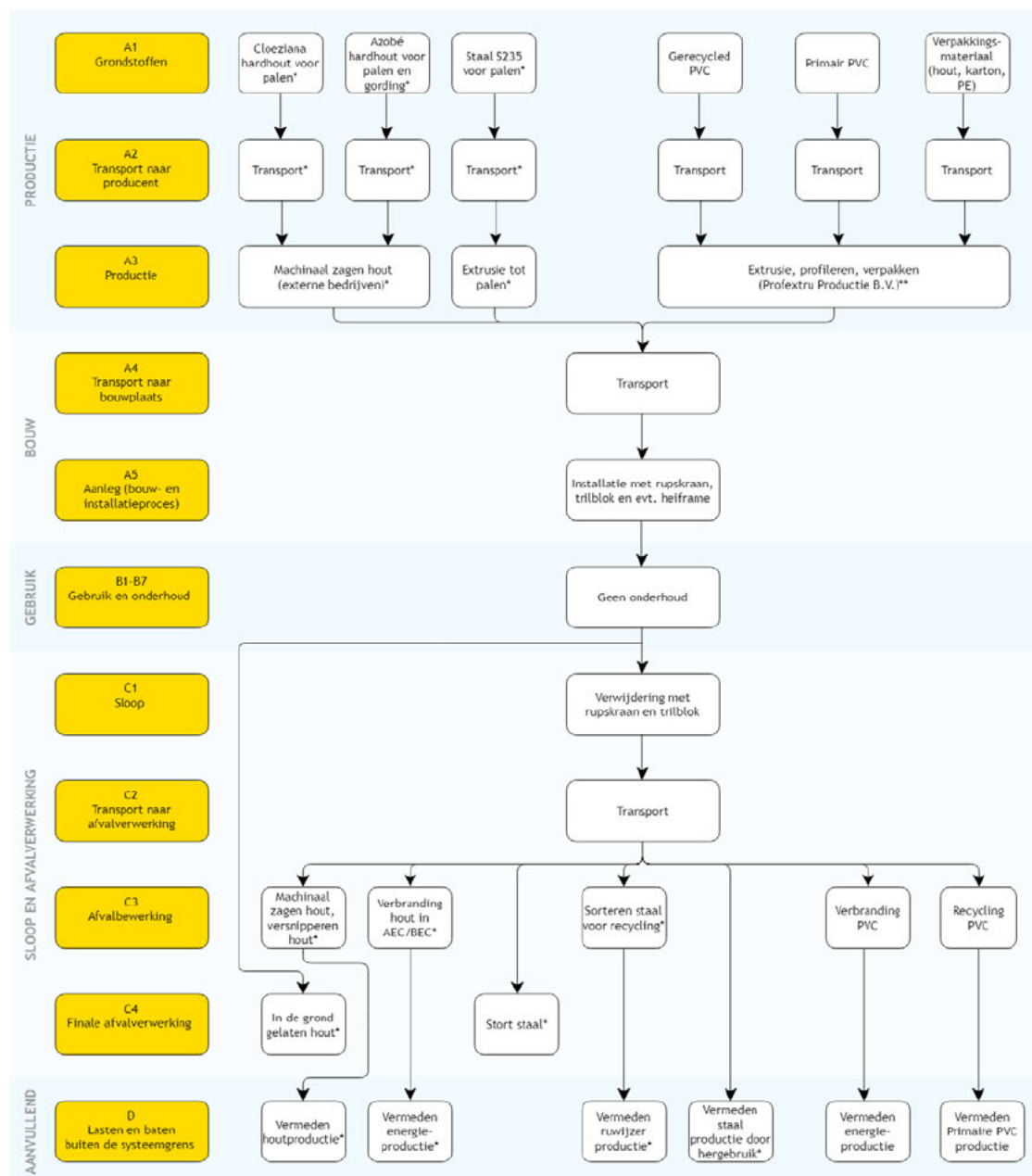
We nemen daarnaast de vereiste emissies mee, zoals gesteld in Paragraaf 2.6.4.1. van de Bepalingsmethode. Deze emissies zijn onderdeel van de basisprocessen uit de NMD en Ecoinvent:

- emissies naar lucht bij het gebruik van thermische energie van CO₂, CO, NO_x, SO₂, C_xH_y en fijnstof (PM₁₀: deeltjes < 10 µm);
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM₁₀: deeltjes < 10 µm);
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen.

GWP-biogeen moet volgens EN 15804+A2 over de levenscyclus in balans – dus 0 – zijn. Waar we tijdelijke opslag van biogene koolstof in biomassa is gemodelleerd in achtergrondprocessen, is tevens de emissie hiervan aan het eind van de levenscyclus gemodelleerd.

De levenscyclusfasen en belangrijkste processtappen van een Prolock-damwand geven we weer in Figuur 10, inclusief palen en gording.

Figuur 10 - Gesimplificeerde procesboom met levenscyclusfasen, modules en belangrijkste processtappen van een Prolock-damwand, inclusief verschillende typen palen en eventuele gording



* Deze processtappen zijn niet van toepassing op elke damwand: de materialisatie van de palen verschilt per damwand en niet elke damwand is van een gording voorzien.

** Alleen de extrusie, profilering en verpakking van de PVC-profielen vindt plaats bij Profextru. Profextru werkt samen met een aantal leveranciers die de palen produceren en rechtstreeks naar de bouwlocatie transporteren, waar de palen in het Prolock-scherm worden geplaatst.

3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk beschrijven we de levenscyclusinterpretatie voor de Prolock damwanden. In Paragraaf 3.1 gaan we in op de dataverzameling, waarbij we ook de modellering van alle opgevraagde LCA-data beschrijven. Vervolgens geven we in Paragraaf 3.2 de samenstelling van alle damwanden, waarbij we onderscheid maken tussen de verschillende onderdelen.

In Paragraaf 3.3 t/m 3.7 gaan we ten slotte per levensfase (Module A1 t/m D) in op hoe de materialen, processen en activiteiten van de verschillende typen damwanden en hun onderdelen gemodelleerd zijn. Hierbij inventariseren we hoeveel en welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn:

- 3.3: Productie (Module A1 en A3).
- 3.4: Transport (Module A2 en A4).
- 3.5: Aanlegfase (Module A5).
- 3.6: Gebruiksfase (Module B1-B5).
- 3.7: Sloop- en verwerkingsfase (Module C1-D).

3.1 Dataverzameling

Voor het berekenen van de levenscyclusanalyse zijn gegevens verzameld van de verschillende productieprocessen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie en reproduceerbaarheid van de gegevens.

Voor het bepalen van de productsamenstelling, het materiaalgebruik en de bijbehorende processen maken we gebruik van ontwerp- en praktijkkennis van deskundigen van Profextru. Daarnaast hebben we bij al Profextru's leveranciers van kunststoffendata opgevraagd over de productie van deze materialen. De verzamelde data is zodanig technologisch, temporaal en geografisch representatief voor het productieproces van Profextru.

De productie van de palen en gording wordt uitgevoerd door leveranciers van Profextru. De palen en gording worden door deze leveranciers rechtstreeks naar de bouwlocatie getransporteerd, waar de palen in het Prolock-scherm worden geplaatst. Voor de modellering van deze onderdelen heeft Profextru bij de leveranciers informatie opgevraagd over de herkomst, productiewijze, eigenschappen en transport van de palen. Voor modellering van deze onderdelen gaan we uit van proceskaarten uit de NMD en Ecoinvent.

De Bepalingsmethode geeft ook forfaitaire waarden en NMD-processen voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden als specifieke gegevens niet beschikbaar zijn. Het betreft hierbij voornamelijk de processen voor energieopwekking en transport. Voor activiteiten buiten Nederland (zoals productie in Duitsland), gaan we uit van proceskaarten uit Ecoinvent van het betreffende land of de regio.

3.1.1 Ontvangen data

We hebben informatie ontvangen van vier leveranciers van gerecycled PVC en van de leverancier van primair PVC.

De modellering van gerecycled PVC beschrijven we in Paragraaf 3.1.2. De modellering van primair PVC beschrijven we in Paragraaf 3.1.3.

3.1.2 Modelleren gerecycled PVC

Bij de producenten van gerecycled PVC, was informatie van twee leveranciers uitgebreid genoeg om mee te nemen in deze LCA-studie.

Gerecycled PVC van deze twee leveranciers schatten we in als representatief voor al het gerecyclede PVC binnen de scope van dit onderzoek. Ongeveer 80% van al het gerecyclede PVC dat Profextru verwerkt voor de productie van Prolock-schermen is afkomstig van deze twee leveranciers. We gaan voor de milieu-impacts van het gerecyclede PVC uit van deze verhouding voor 100% input van PVC verdeeld conform het aandeel in de levering van deze twee leveranciers. De kwaliteit van dit PVC-granulaat is identiek aan primair PVC-granulaat, volgens Profextru. Het wordt zonder additieven toegepast in de Prolock damwanden.

De productie van gerecycled PVC is een multi-outputproces. Naast gerecycled PVC-granulaat, levert het productieproces namelijk ook metaalschroot voor recycling op. Deze metalen worden echter al aan het begin van het productieproces verwijderd, samen met de andere onzuiverheden. Het overgrote deel van het energie- en waterverbruik is alleen van toepassing op de productie van gerecycled PVC (smelten, extrusie, etc.), nadat het metaal verwijderd is. De exacte verdeling van dit verbruik over verschillende processtappen is niet bekend. We gaan er echter vanuit dat het energie- en waterverbruik van deze eerste stap in het recycleproces verwaarloosbaar klein is. We alloceren daarom al het verbruik van energie en water naar het hoofdproduct gerecycled PVC-granulaat.

De afvalverwerking van het overige afval dat vrijkomt tijdens deze eerste stap in het recycleproces alloceren we wel naar zowel het gerecyclede PVC en het metaalschroot. Aangezien de waarde van de verschillende co-producten niet bekend is, alloceren we deze impact op basis van de standaardverdeelsleutel uit de Bepalingsmethode (massabasis voor multi-outputprocessen). Dit is een worst-casebenadering voor het gerecyclede PVC.

Binnen deze studie hebben we de einde-afvalstatus bepaald op het moment dat PVC is gesorteerd in een bruikbare fractie voor verdere recycling. Alle verwerkingsstappen tot en met sorteren rekenen we daarom toe aan het voorgaande, afval producerende product-systeem. Gesorteerd PVC komt dus vrij van milieu-impacts het productsysteem van de Prolock damwanden binnen. Alle opvolgende recycling- en verwerkingsstappen worden daarom toegerekend aan het productsysteem van de Prolock damwanden.

De leveranciers kopen gesorteerd pre- en post-consumer PVC in als materiaal voor recycling. Er is dus een markt voor dit gesorteerde PVC, aangezien dit materiaal direct toepasbaar is voor de productie van PVC en voldoet aan de technische voorschriften voor het recycleproces. Voor zover bekend heeft het gebruik van gesorteerd PVC voor recycling over het geheel genomen ook geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.

Voor het transport van gesorteerd PVC naar recycling gaan we uit van de forfaitaire transportafstand voor materialen, volgens de Bepalingsmethode: 150 km. Voor het transport van het restafval, gaan we uit van de forfaitaire transportafstand voor verbranding in een AVI: 100 km.

Al het transport vindt plaats met een vrachtwagen. Hierbij gaan we uit van een forfaitaire vrachtwagen uit de NMD, aangezien niet bekend is welke vrachtwagens exact toegepast worden:

- 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)

Leverancier 1 van gerecycled PVC

Voor de productie van gerecycled PVC bij leverancier 1 is in deze studie gebruik gemaakt van een inventarisatie van hun productieproces in 2016. Een LCA-rapport uit 2017 bleek niet compleet genoeg om volledig te reproduceren. Zo ontbreekt inventarisatiedata, is de methode niet transparant beschreven, is de allocatie naar co-producten niet opgegeven, en missen de toegepaste proceskaarten in het rapport.

De output in 2016 was in een verhouding 30:4 gerecycled PVC-granulaat en metaalschroot. Omdat we de afvalverwerking voortkomend uit het productieproces alloceren over deze twee co-producten op basis van hun massa, wordt 88% van de afvalverwerkingsimpact gealloceerd naar het gerecyclede PVC-granulaat en 12% naar het metaalschroot.

De productie van gerecycled PVC in 2016 geven we weer in Tabel 5 per kilogram gerecycled PVC. De productielocatie is in Duitsland.

Tabel 5 - Productie van gerecycled PVC, per kg PVC (productie 2016)

Materiaal/proces	Hoeveelheid	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
PVC-afval (industriële + huishoudelijk)	1,15 kg	N.v.t.	Onbewerkt secundair materiaal, vrij van impact conform Bepalingsmethode. Exclusief secundair metaal.
Elektriciteit	0,28 kWh	Electricity, low voltage {DE} market for	Duitse elektriciteitsmix uit Ecoinvent 3.6 cut-off.
Aardgas	1,33E-04 m ³	0111-pro&Aardgas, algemeen gebruik, per m ³ **	Uitgegaan van aardgasverbruik uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van gemiddeld Europees aardgas.
Diesel	1,12E-03 liter	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter**	Diesel voor intern transport. Uitgegaan van diesel uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van een globaal gemiddelde voor diesel.
Water	3,99E-02 kg	0289-fab&Water, drinkwater**	Uitgegaan van waterverbruik uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van gemiddeld Europees kraanwater. 998 kg/m ³ .
Afvalwater	4,00E-05 m ³	XXXX Afvalwaterzuivering, RWZI**	Uitgegaan van afvalwaterzuivering uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van een globaal gemiddelde voor afvalwaterzuivering in RWZI.
Afval: glas	1,44E-02 kg	0272-reC&Recycling vlakglas**	Gealloceerde deel afvalverwerking per 1 kg gerecycled PVC (87% van totale afval is gealloceerd naar gerecycled PVC, 13% naar secundair metaal). Deel afvalverwerking dat gealloceerd is naar secundair metaal, is hier niet weergegeven. 100% recycling, volgens de leverancier.
Afval: PVC	1,39E-01 kg	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg)**	Gealloceerde deel afvalverwerking per 1 kg gerecycled PVC (87% van totale afval is gealloceerd naar gerecycled PVC, 13% naar secundair metaal). Deel afvalverwerking dat gealloceerd is naar secundair metaal, is hier niet weergegeven. 100% verbranding volgens de leverancier.

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4, tenzij anders aangegeven.

** De namen van NMD-proceskaarten zijn verkort weergegeven.

Leverancier 2 van gerecycled PVC

Voor de productie van gerecycled PVC bij leverancier 2 is een inventarisatie gemaakt van hun productieproces in 2020. Ook bij deze leverancier komt metaalschroot en gerecycled PVC vrij. De verhouding is hier 15,5:1. Omdat we de afvalverwerking voortkomend uit het productieproces alloceren over deze twee co-producten op basis van hun massa, wordt 93,5% van de afvalverwerkingsimpact gealloceerd naar het gerecyclede PVC-granulaat en 6,5% naar het metaalschroot.

De productie van gerecycled PVC bij leverancier 2 in 2020 geven we weer in Tabel 6 per kilogram gerecycled PVC. De productielocatie is in België.

Tabel 6 - Productie van gerecycled PVC bij leverancier 2, per kg PVC (productie 2020)

Materiaal/proces	Hoeveelheid	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
PVC-afval (industriële + huishoudelijk)	1,27 kg	N.v.t.	Onbewerkt secundair materiaal, vrij van impact conform Bepalingsmethode. Exclusief metaalschroot.
Elektriciteit	0,41 kWh	Electricity, low voltage {BE} market for	Belgische elektriciteitsmix uit Ecoinvent 3.6 cut-off.
Diesel	3,28E-03 liter	0095-pro& Diesel, gasolie, gebruik, liter**	Diesel voor intern transport. Uitgegaan van diesel uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van een globaal gemiddelde voor diesel.
Water	6,60E-01 kg	0289-fab& Water, drinkwater**	Uitgegaan van waterverbruik uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van gemiddeld Europees kraanwater. 998 kg/m ³ .
Afvalwater	6,61E-04 m ³	XXXX Afvalwater-zuivering, RWZI**	Uitgegaan van afvalwaterzuivering uit de NMD, aangezien deze proceskaart uitgaat van een globaal gemiddelde voor afvalwaterzuivering in RWZI.
Afval: PVC	2,67E-01 kg	0265-avC& Verbranden PVC (21,51 MJ/kg)**	Gealloceerde deel afvalverwerking per 1 kg gerecycled PVC (93% van totale afval is gealloceerd naar gerecycled PVC, 7% naar secundair metaal). Deel afvalverwerking dat gealloceerd is naar secundair metaal, is hier niet weergegeven. 100% verbranding, volgens de leverancier.

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4, tenzij anders aangegeven.

** De namen van NMD-proceskaarten zijn verkort weergegeven.

3.1.3 Modellerings primair PVC

Voor de primaire PVC voor de PVC-toplaag is de basis de proceskaart '0356-fab&PVC, granulaat' uit de NMD 3.4, aangevuld met data van de leverancier. Aan het primaire PVC zijn additieven toegevoegd, waar in de modellering rekening mee is gehouden.

3.2 Decompositie in materialen en processen

In Tabel 7 geven we per m² damwand een overzicht van het gewicht van de damwandtypen, waarbij we ook onderscheid maken tussen de verschillende onderdelen. Voor het gewicht van de schermen en bevestigingsmiddelen van de gording gaan we uit van het gewicht dat

Profextru doorgegeven heeft. Het gewicht van de paal en de gording berekenen we op basis van de beschrijving van de damwanden en hun onderdelen in Tabel 2. Het gewicht van ronde palen berekenen we met $\pi * r^2 * \text{hoogte paal}$, het gewicht van rechthoekige palen en de gording met $\text{dikte} * \text{breedte} * \text{hoogte (lengte in plaats van hoogte voor de gording)}$.

Hierbij houden we de volgende soortelijke gewichten aan:

- naaldhout: 460 kg/m³;
- Azobé hout: 1.060 kg/m³;
- Cloeziana hout: 860 kg/m³;
- staal S235: 7.850 kg/m³.

In Paragraaf 3.3 t/m 3.7 gaan we per levensfase (Module A1 t/m D) in op de inventarisatie van deze damwanden en hun onderdelen.

Tabel 7 - Massa scherm, paal en gording, per m² damwand

Nr.	Damwand type	Scherf (kg)	Paal (kg)	Gording (kg)	Bevestigings-middelen gording (kg)	Gewicht totaal (kg)
1	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naaldhout 3 m	13,48	21,68	N.v.t.	N.v.t.	35,16
2	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	13,48	38,54	N.v.t.	N.v.t.	52,02
3	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	13,48	18,06	2,83	0,15	34,52
4	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	13,48	31,16	9,57	0,15	54,36
5	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	13,48	19,42	N.v.t.	N.v.t.	32,90
6	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naaldhout 5 m	16,17	46,24	N.v.t.	N.v.t.	62,41
7	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naaldhout 5 m, gording	16,17	46,24	7,30	0,15	69,86
8	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	16,17	47,37	N.v.t.	N.v.t.	63,54
9	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloeziana 6 m, gording	16,17	59,28	N.v.t.	N.v.t.	79,77
10	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	13,68	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	13,68
11	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naaldhout 3 m	13,05	21,68	N.v.t.	N.v.t.	34,73
12	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 3 m	13,05	43,35	N.v.t.	N.v.t.	56,41

3.3 Productie (Module A1 en A3)

De Prolock damwanden bestaan uit schermen van Prolock-profielen, palen en voor een deel van de damwanden een gording. Een Prolock-damwand kan worden uitgevoerd met naaldhouten, hardhouten of stalen palen.

Het transport van de materialen (Module A2 en Module A4) beschrijven we apart van de productie (Module A1 en A2) in Paragraaf 3.4.

3.3.1 Prolock-profielen

De Prolock-schermen zijn opgebouwd uit profielen van PVC. Prolock Sigma, Prolock Omega en Prolock Delta zijn gemaakt van gerecycled PVC en worden voorzien van een UV-bestendige toplaag van virgin PVC met additieven. Prolock Aqua (dicht-/kwelscherm) bestaat uit 100% gerecycled PVC. De productie van gerecycled PVC en primair PVC beschreven we in respectievelijk Paragraaf 3.1.2 en 3.1.3. De kwaliteit van dit PVC-granulaat is identiek aan primair PVC-granulaat, volgens Profextru. Het wordt zonder additieven toegepast in de Prolock damwanden.

In de fabriek van Profextru in Hardenberg worden de Prolock-profielen geproduceerd door extrusie van PVC-granulaat, gevolgd door een profileringsstap. Vervolgens worden de profielen verpakt. Voor het productieproces bij Profextru gaan we uit van productiedata uit 2020.

Profextru heeft voor 2021 een windcertificaat van Powerhouse (Garantie van Oorsprong, GVO). Met deze GVO wordt gegarandeerd dat de productie van 3.968 MWh windenergie van Nederlandse windturbines op land en zee alleen toegerekend wordt aan het elektriciteitsverbruik van Profextru. Hiermee wijken we af van het productiejaar 2020, toen 55% wind en 45% elektriciteit van het net werd gebruikt. Aangezien Profextru aangeeft vanaf nu altijd met 100% wind te produceren, is 100% wind echter meer representatief voor de productieprocessen van Profextru.

In Tabel 8 staat het gewicht per m² van de Prolock-profielen in 2020.

Tabel 8 - Gewicht per Prolock-profiel in 2020

Productiegegevens (bruto)	Gewicht per m ² profiel (kg)
Productie Sigma	13,48
Productie Omega	16,17
Productie Delta	13,68
Productie Aqua	13,05

In Tabel 9 staat het verbruik aan energie, brandstof en water, en afval bij Profextru in 2020. Naast emissies door het gebruik van diesel in transportmiddelen zoals heftrucks, vinden er geen directe emissies van stoffen naar lucht, water of bodem plaats tijdens de productie van Prolock-profielen.

Tabel 9 - Verbruik van energie, brandstof en water, productie van afval bij Profextru in 2020 per kg product*

Energie/brandstof/afval	Verbruik (per kg product)	Eenheid
Elektriciteit	3,31E-01	kWh
Diesel (intern transport)	8,97E-04	liter
Water	9,21E-04	m ³
Afvalwater	9,21E-04	m ³

* Verbruik van gas en productie van bedrijfsafval is niet meegenomen. Gas wordt verbruikt voor ruimte- en kantoorverwarming, bedrijfsafval komt vrij door kantooractiviteiten.

Om het totaalverbruik van energie, brandstof en water, en de productie van afval te alloceren naar de Prolock-profielen, berekenden we het verbruik per 1 kg product op basis van de totale productie bij Profextru in 2020. Vervolgens alloceren we de dit naar de Prolock-profielen op basis van hun gewicht per vierkante meter (Tabel 9).

De Prolock-profielen worden ook verpakt, voordat deze naar het werk gebracht worden. Voor de verpakking is gebruik gemaakt van cijfers uit 2016, aangezien deze gegevens niet beschikbaar zijn voor 2020. Volgens Profextru is de wijze van verpakking in 2020 niet veranderd ten opzichte van 2016.

Het verbruik van verpakkingsmateriaal is in Tabel 10 te zien per kg Prolock-profiel, op basis van gegevens in 2016.

Tabel 10 - Verpakking voor Prolock in 2016 per kg profiel

Verpakkingsmateriaal	Verpakking per kg Prolock-profiel (kg)
Staalband	3,31E-03
Houten kaders	5,28E-02
Kartonnen plaat	1,43E-03
PE-plaat	1,55E-03

In Tabel 11 combineren we bovenstaande data en geven we een overzicht van alle inputs en outputs van de productie per vierkante meter Prolock-profiel. Hier geven we de gekozen proceskaart ook weer. Volgens Profextru wordt alle uitval in de fabriek intern gerecycled. Er is daarom bij het productieproces geen sprake van afval dat extern verwerkt moet worden.

Tabel 11 - Productie Prolock-profielen bij Profextru, per m² profiel

Materiaal/ proces	Sigma	Omega	Delta	Aqua	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
PVC-recyclaat	12,62 kg	15,39 kg	13,63 kg	13,05 kg	Zie Paragraaf 3.1.2	
PVC-toplaag (Coex)	0,86 kg	0,77 kg	0,05 kg	0 kg	Zie Paragraaf 3.1.3	
Elektriciteit	4,46 kWh	5,35 kWh	4,52 kWh	4,32 kWh	63% Electricity, high voltage {NL} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore 37% Electricity, high voltage {NL} electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore Electricity, low voltage {NL} market for (voor transmissie en distributie)	Proceskaarten uit Ecoinvent 3.6 cut-off. 63% op land, 37% op zee (CBS, 2021a). Gemiddelde capaciteit 2 MW in 2020 (CBS, 2021b). Transmissie en distributie gemodelleerd o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for
Diesel (intern transport)	1,21E-02 liter	1,45E-02 liter	1,23E-02 liter	1,17E-02 liter	0095-pro& Diesel, gasolie, gebruik, liter**	
Water	12,41 kg	14,88 kg	12,59 kg	12,02 kg	0289-fab& Water, drinkwater**	Water uit de kraan
Afvalwater	1,24E-2 m ³	1,49E-2 m ³	1,26E-2 m ³	1,20E-2 m ³	XXXX Afvalwaterzuivering, RWZI**	Afvalwaterzuivering in RWZI
Verpakking: staalband	4,46E-02 kg	5,35E-02 kg	4,52E-02 kg	4,32E-02 kg	0317-fab& Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal**	Materiaal en verwerking tot staalband

Materiaal/ proces	Sigma	Omega	Delta	Aqua	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
Verpakking: houten kaders	7,11E-01 kg	8,53E-01 kg	7,22E-01 kg	6,89E-01 kg	0067-fab&Hout, zachthout, vuren, grenen, lariks, douglas**	Materiaal en verwerking tot kaders
Verpakking: kartonnen plaat	1,92E-02 kg	2,31E-02 kg	1,95E-02 kg	1,86E-02 kg	0058- fab&Papier/karton**	Materiaal en verwerking tot plaat
Verpakking: PE-plaat	2,09E-02 kg	2,51E-02 kg	2,12E-02 kg	2,03E-02 kg	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd**	Materiaal en verwerking tot plaat

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4, tenzij anders aangegeven.

** De namen van NMD-proceskaarten zijn verkort weergegeven.

3.3.2 Palen, naaldhout

De naaldhouten palen worden geleverd door Nederlandse houthandelaren. Het hout is voornamelijk afkomstig uit België en in mindere mate uit Nederland en Duitsland. Het hout wordt in het land van herkomst gekapt en ter plaatse op maat gezaagd en geschaafd. De houtsoort is voornamelijk vuren. De naaldhouten palen worden niet behandeld, aangezien deze volledig onder water worden toegepast. De dichtheid is doorgegeven door de leverancier: 460 m³/kg.

De gekozen proceskaart voor beide houtsoorten geven we weer in Tabel 12. De naaldhouten paal komt alleen in ronde vorm voor. Het gewicht en de afmetingen van de palen verschilt per damwand. We hebben dit gewicht en de afmetingen weergegeven in Tabel 7.

Tabel 12 - Productie houten paal, naaldhout

Materiaal	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
Naaldhouten paal	0067-fab&Hout, zachthout, vuren, grenen, lariks, douglas (o.b.v. Sawnwood, softwood, dried (u=10%), planed {RER} production Cut-off, U en 1 m3 = 460 kg)	Naaldhouten palen voor de Europese markt

* De proceskaart is afkomstig van de NMD v3.4.

3.3.3 Palen, hardhout (Azobé of Cloeziana)

De hardhouten palen worden geleverd door Nederlandse houthandelaren. Er worden twee 100% FCS gecertificeerde houtsoorten gebruikt, waarvan de dichtheid is doorgegeven door de leverancier:

- Azobé (1.060 kg/m³);
- Cloeziana (860 kg/m³).

Beide houtsoorten zijn afkomstig uit Afrikaanse landen. In het land van herkomst worden de bomen gekapt en wordt het hout op maat gezaagd. Schaven vindt plaats in Nederland.

De gekozen proceskaart voor beide houtsoorten geven we weer in Tabel 13. De Azobé-houten paal alleen in rechthoekige vorm voor, de Cloeziana-paal alleen in ronde vorm. Het gewicht en de afmetingen van de palen verschilt per damwand. We hebben dit gewicht en de afmetingen weergegeven in Tabel 7.

Tabel 13 - Productie houten paal, hardhout

Azobé-houten paal	0182-fab&Hout, tropisch hardhout, Afrikaans, gezaagd (o.b.v. Savnwood, azobe from sustainable forest management, planed, air dried {GLO} market for Cut-off, U + 7.000 km ocean transport en 1.150 kg/m³)	Hardhouten palen uit duurzaam beheerde bossen in Afrika. De dichtheid van het hout wijkt af van de dichtheid die de NMD aangehouden heeft. Dit verschil hebben we gecorrigeerd in SimaPro.
Cloeziana-houten paal	0182-fab&Hout, tropisch hardhout, Afrikaans, gezaagd (o.b.v. Savnwood, azobe from sustainable forest management, planed, air dried {GLO} market for Cut-off, U + 7.000 km ocean transport en 1.150 kg/m³)	Hardhouten palen uit duurzaam beheerde bossen in Afrika. De dichtheid van het hout wijkt af van de dichtheid die de NMD aangehouden heeft. Dit verschil hebben we gecorrigeerd in SimaPro.

* De proceskaart is afkomstig van de NMD v3.4.

3.3.4 Palen, staal

De stalen palen worden geleverd door Nederlandse staalconstructiebedrijven. De palen worden gemaakt van warmgewalst bandstaal. Er wordt geen extra coating toegepast.

De gekozen proceskaart voor beide houtsoorten geven we weer in Tabel 14. Het gewicht van de palen verschilt per damwand. We hebben dit gewicht weergegeven in Tabel 7.

Tabel 14 - Productie stalen paal

Materiaal	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
Stalen paal (staal S235)	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	Bewerking van staal tot palen is al meegenomen in de proceskaart.

* De proceskaart is afkomstig van de NMD v3.4.

3.3.5 Gording

De gording wordt gemaakt van het FSC hardhout Azobé en wordt geleverd door Nederlandse houthandelaren. Niet alle Prolock damwanden worden met gording uitgevoerd. De dichtheid is doorgegeven door de leverancier: 1.060 m³/kg.

Het hardhout is afkomstig uit Afrika. In het land van herkomst worden de bomen gekapt en wordt het hout op maat gezaagd. Schaven vindt plaats in Nederland. Op locatie wordt de gording met stalen bouten en moeren bevestigd aan de Prolock-schermen in de damwand.

De gekozen proceskaart voor beide houtsoorten geven we weer in

Tabel 15. Azobé hardhout heeft een dichtheid van 1.060 kg/m³. Het gewicht van de gording verschilt per damwand. We hebben het gewicht van het hout en de bevestigingsmiddelen in de gording los weergegeven in Tabel 7.

Tabel 15 - Productie houten gording

Materiaal	Proceskaart*	Toelichting keuze proceskaart
Azobéhouten gording	0182-fab&Hout, tropisch hardhout, Afrikaans, gezaagd (o.b.v. Sawmwood, azobe from sustainable forest management, planed, air dried {GLO} market for Cut-off, U + 7.000 km ocean transport en 1.150 kg/m³)	Hardhouten gording uit duurzaam beheerde bossen in Afrika. De dichtheid van het hout wijkt af van de dichtheid die de NMD aangehouden heeft. Dit verschil hebben we gecorrigeerd in SimaPro.
Stalen bout en moer	0416-fab&Staal, laaggelegeerd, verzinkt (o.b.v. 98,6% Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U + Wire drawing; 1,4% Zinc {GLO} market for Cut-off, U + Zinc coat, coils)	Stalen bouten en moeren zijn geproduceerd van verzinkt staal. Deze proceskaart omvat materiaalproductie, bewerking van metaal tot onder andere moeren en verzinking.

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4.

3.4 Transport (Module A2 en A4)

Al het transport vindt plaats met een vrachtwagen. Hierbij gaan we uit van een forfaitaire vrachtwagen uit de NMD, aangezien niet bekend is welke vrachtwagens exact toegepast worden:

- 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)

3.4.1 Transport van materialen

De transportafstand van de materialen in een Prolock-damwandsysteem zijn ingeschat door Profextru in Tabel 16.

Tabel 16 - Transportafstand per materiaal

Materiaal	Productielocatie	Transportafstand (km)
PVC-recyclaat	België en Duitsland.	250
PVC-toplaag (Coex)	Hardenberg, maar PVC komt van elders.	3 + 150
Verpakking: staalband	Nederlandse leveranciers, forfaitaire transportafstand gekozen.	150
Verpakking: houten kaders		
Verpakking: kartonnen plaat		
Verpakking: PE-plaat		
Palen: Naaldhout	Productiebos in België en Duitsland.	130
Palen/gording: Azobéhout	Leverancier in België. Hout uit Afrika, met transport tot België is in NMD-proceskaart 0182 al rekening mee gehouden.	130
Palen: Cloezianahout	Leverancier in België. Hout uit Afrika, met transport tot België is in NMD-proceskaart 0182 al rekening mee gehouden.	130
Palen: Staal S235	Nederlandse leveranciers, forfaitaire transportafstand gekozen.	150

3.4.2 Transport naar bouwplaats

Het transport vindt plaats door of in opdracht van de klanten van Profextru. De Prolock-profielen worden getransporteerd vanaf Hardenberg naar de bouwlocatie. De palen en de materialen voor de gording worden rechtstreeks vanaf de leveranciers naar de bouwlocatie vervoerd.

Voor het transport van de Prolock-profielen, de palen en de gording naar de bouwplaats hanteren we de forfaitaire waarde voor een enkele reis van producten naar de bouwplaats uit de Bepalingsmethode: 150 km.

3.5 Aanlegfase (Module A5)

De Prolock damwanden worden op diverse locaties in Nederland geplaatst. Tijdens de plaatsing wordt het verpakkingsmateriaal afgedankt.

3.5.1 Aanleg

Op de bouwlocatie worden de profielen naast elkaar geplaatst om het scherm van de damwand te vormen, waarna de palen in de profielen worden getrild met een rupskraan. Het trilblok wordt aangedreven door de motor van de rupskraan. Per Omega-profiel wordt één paal toegepast, per Sigma- of Aqua-profiel één of twee palen. De Delta-profielen worden zonder palen geplaatst.

De benodigde tijd voor plaatsing is afhankelijk van het type paal (materiaal en dikte) en het aantal palen. Profextru heeft ingeschat hoeveel meter scherm per uur wordt geplaatst, op basis van de informatie van aannemers die Prolock-schermen hebben geplaatst. Hiermee is de benodigde tijd per meter oeverlengte ingeschat. Dit geven we weer in Tabel 17.

Tabel 17 - Plaatsing damwand: benodigde tijd per oeverlengte

Type scherm	Type paal	Aantal palen	m oever per uur	Tijd per m oever (min.)
Sigma	Naaldhout	2	15	4,0
	Naaldhout	4	12	5,0
	Hardhout	2	15	4,0
	Staal	2	18	3,3
Omega	Naaldhout	2	10	6,0
	Hardhout	2	10	6,0
	Staal	2	12	5,0
Delta	N.v.t.	0	12	5,0
Aqua	Naaldhout	2	15	4,0
	Naaldhout	4	12	5,0

Het dieselverbruik van een rupskraan is voor Profextru in 2017 ingeschat door aannemingsbedrijf Stienstra van der Wal. Volgens deze aannemer verbruikt een rupskraan bij het installeren van de damwanden gemiddeld 10 liter diesel per uur. De NMD houdt voor diesel een LHV van 35,9 MJ/liter aan, waarmee het uurverbruik van diesel neerkomt op 359 MJ/uur. Per minuut is dit 0,167 liter (5,98 MJ) diesel.

Op basis van de schermhoogte per damwand in Tabel 2, berekenen we in

Tabel 18 de hoeveelheid oever per m² damwand. Met de informatie in Tabel 17, berekenen we vervolgens voor alle typen damwanden hoeveel diesel per m² damwand wordt verbruikt tijdens de aanleg.

Tabel 18 - Energieverbruik per m² damwand

Type damwand	m oever per m ² scherm	Tijd (min.)	Energie (MJ)
Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naaldhout 3 m	1,00	4,00	23,93
Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	0,67	3,33	19,94
Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	0,63	2,50	14,96
Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	1,00	4,00	23,93
Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	1,00	3,30	19,75
Omega gerecycled PVC 2 m, paal naaldhout 5 m	0,50	3,00	17,95
Omega gerecycled PVC 2 m, paal naaldhout 5 m, gording	0,50	3,00	17,95
Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	0,50	2,50	14,96
Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloeziana 6 m, gording	0,29	1,71	10,26
Delta gerecycled PVC 5 m	0,20	1,00	5,98
Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naaldhout 3 m	1,00	4,00	23,93
Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 3 m	0,67	2,67	15,96

Voor het dieselverbruik van de rupskraan maken we, in lijn met ander dieselverbruik door materieel in de NMD, gebruik van de volgende proceskaart:

- 0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U).

Specifiek voor de Omega damwanden wordt tijdens de plaatsing gebruik gemaakt van een 'Prolock heiframe'. Profextru heeft acht van deze heiframes in eigen bezit, die worden uitgeleend aan aannemers. Deze heiframes gaan al mee sinds de oprichting van Prolock en worden toegepast voor alle damwanden met Omega schermen. Profextru gaat er vanuit dat de heiframes nog minstens zo lang meegaan als dat ze nu in gebruik zijn. Omdat deze heiframes zo lang meegaan en voor alle Omega schermen worden toegepast, schatten we in dat de impact van hun productie aan de functionele eenheid verwaarloosbaar klein (<<1%) is.

Er komt voor zover bekend geen afval vrij tijdens de aanleg.

3.5.2 Afvalverwerking verpakkingsmateriaal

Het verpakkingsmateriaal van de Prolock-schermen wordt afgedankt tijdens de aanlegfase. Aangezien dit materiaal vrijkomt tijdens de aanleg, is dit onderdeel van Module A5. Baten en eventuele lasten door deze afvalverwerking van verpakkingsmateriaal declareren we in Module D⁶, conform de Bepalingsmethode.

In Tabel 19 geven we de afvalverwerking per verpakkingsmateriaal weer, inclusief proceskaartkeuze.

Tabel 19 - Afvalverwerking verpakkingsmateriaal en proceskaartkeuze

Materiaal	Afvalverwerking	Proceskaart*	Toelichting
Verpakking: staalband	100% recycling	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer**	We nemen aan dat verpakkingsmateriaal 100% gerecycled wordt. Dit is een grove aanname, die weinig invloed heeft op de totale
Verpakking: houten kaders		0296-pro&Verspanen, hout, elektrisch, per kg**	
Verpakking: kartonnen plaat		Waste paper, sorted {Europe without Switzerland} treatment of waste paper, unsorted, sorting	

⁶ EN15804 2012+A2_2019: p. 32 & p. 40.

Verpakking: PE-plaat		0286-rec&verwerking kunststof voor recycling**	impact van de damwanden (< 1%) Voor papier is een proceskaart uit Ecoinvent v3.6 cut-off gekozen.
----------------------	--	--	--

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4, tenzij anders aangegeven.

** De namen van NMD-proceskaarten zijn verkort weergegeven.

3.6 Gebruiksfase (Module B1-B5)

Tijdens de gebruiksfase van de Prolock-damwand wordt geen energie of water verbruikt. Er is geen specifiek onderhoud nodig. De PVC-toplaag biedt namelijk een mechanische bescherming tegen verwerking en slijtage. Deze toplaag blijft gedurende de levensduur van de Prolock-damwand zijn functie behouden. Voor zover bekend treden er geen emissies op naar bodem, water of lucht.

Er zijn geen vervangingen nodig gedurende de functieduur van de functionele eenheid.

3.7 Sloop- en verwerkingsfase (Module C1-D)

Aan het einde van de levensduur vinden de volgende processen plaats:

- sloop van de damwand;
- transport van het afval naar de verwerker;
- verwerking van de materialen.

Deze processen lichten we hierna toe. Daarnaast gaan we ook in op de baten en lasten in Module D.

3.7.1 Sloop

De Prolock-damwand wordt machinaal uit de grond getrokken en afgevoerd. We nemen aan dat het energieverbruik voor verwijdering gelijk is aan het energieverbruik voor de plaatsing van de damwand. Dit hebben we beschreven in Paragraaf 3.5.1.

3.7.2 Transport afval

Net als bij het transport in Module A, vindt al het transport plaats met een vrachtwagen. Hierbij gaan we uit van een forfaitaire vrachtwagen uit de NMD:

- 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified [GLO] | market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)

Voor het transport van afvalmaterialen hanteren we de forfaitaire waarde voor een enkele reis van afval naar de verwerkingslocatie uit de Bepalingsmethode:

- van slooplocatie naar sorteer- en/of breekinstallatie: 50 km;
- van sloop- of sorteerlocatie naar stortlocatie: 50 km;
- van sloop- of sorteerlocatie naar afvalverbrandingsinstallatie (AVI): 100 km.

3.7.3 Recycling, verbranding en stort

De afvalverwerking van de gebruikte materialen baseren we op forfaitaire afvalscenario's van de Bepalingsmethode.

Voor PVC-schermen nemen we hierbij aan dat de PVC-schermen in ieder geval gedeeltelijk gerecycled zullen worden. Er is momenteel weliswaar nog geen systeem opgezet voor het recyclen van PVC-damwanden binnen de branche, maar het is aannemelijk dat in ieder geval een deel van het PVC gerecycled zal gaan worden.

Om zo aannemelijk mogelijk te maken dat het PVC gerecycled wordt, geeft Profextru op hun website en bij de beschrijving van hun producten een terugnamegarantie van hun PVC-producten. Dit betekent dat Profextru het proces van inname en verwerking van hun PVC-producten in de toekomst zelf organiseert. Het gehele bedrijfsproces van Profextru is al toegespitst op het verwerken en vermarkten van kunststof oplossingen van gerecycled PVC. Profextru kan daarnaast retourgenomen PVC met diens huidige technische infrastructuur zelf breken en direct toepassen in hun producten, wat voor Profextru een kostenefficiënte wijze is om tot nieuwe grondstoffen te komen. Het is voor marktpartijen daarnaast aantrekkelijk om het PVC in te leveren, aangezien Profextru een marktconforme kg-prijs voor het retourgekomen PVC biedt.

Omdat Profextru een goed onderbouwde terugnamegarantie aanbiedt die aan alle eisen van Paragraaf 2.6.3.9 van de Bepalingsmethode voldoet, achten wij het aannemelijk dat de PVC-damwanden in de toekomst gerecycled zullen worden. Hiervoor gaan we uit van het huidige forfaitaire afvalscenario voor PVC-leidingen. Dit afvalscenario is niet het meest optimistische forfaitaire scenario beschikbaar (dat is het afvalscenario voor PVC-kozijn-profielen), waarmee we bewust niet voor een best-case kiezen.

Tabel 20 - Afvalverwerking materiaal en proceskaartkeuze

Materiaal	Afvalverwerking	Proceskaart*	Toelichting
PVC-scherm (PVC-recycalaat)	70% recycling	0286-reC&Verwerking kunststof voor recycling**	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor PVC, leidingen.
	20% AVI	0265-avC&Verbranden PVC**	
	10% stort	0252-sto&Stort PVC**	
PVC-scherm (PVC-toplaag)	70% recycling	0286-reC&Verwerking kunststof voor recycling**	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor PVC, leidingen.
	20% AVI	0265-avC&Verbranden PVC**	
	10% stort	0252-sto&Stort PVC**	
Houten palen en gording (Naaldhout, Azobé & Cloeziana hardhout)	10% laten zitten	Geen impact	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor hout, waterbouw: damwanden, vlonders, steigers, beschoeiing.
	90% AVI	0262-avC&Verbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg)**	
Stalen palen (S235 staal)	12% hergebruik	Geen impact	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor staal, licht: o.a. profielen, platen, leidingen.
	87% recycling	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer**	
	1% stort	0253-sto&Stort staal**	
Verzinkt stalen bevestigingsmiddelen	99% recycling	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer**	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor staal, bevestigingsmiddelen.
	1% stort	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink**	

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4.

** De namen van NMD-proceskaarten zijn verkort weergegeven.

3.7.4 Module D: Baten en lasten

Door hergebruik en recycling wordt de productie van primaire materialen vermeden. Dit wordt berekend op basis van de netto secundaire output per materiaal. Voor staal (palen, bevestigingsmiddelen) en het verpakkingsmateriaal wordt hierbij uitgegaan van de proceskaarten van de NMD, waarin het secundaire aandeel aangegeven staat in de naam. Voor gerecycled PVC is 100% van het materiaal secundair, voor primair PVC en houten producten 0%.

Door verbranding in een AVI wordt energie van het net vermeden. Dit leidt tot baten die we in Module D meenemen. Het PVC-recyclaat in de damwanden bestaat echter al uit 100% gerecycled materiaal, maar wordt niet volledig gerecycled of hergebruikt na de sloop van de damwanden. Het deel van dit materiaal dat niet gerecycled wordt (20% AVI, 10% stort), gaat daarom verloren. Dit verlies nemen we mee als last in Module D. De baten van verbranding van PVC nemen we ook mee, maar deze wegen niet op tegen de lasten door het verloren materiaal.

In Tabel 21 geven we voor elk materiaal de toegepaste proceskaarten voor Module D weer, waarbij we aangeven of de proceskaart een netto baat of last betreft. In deze tabel nemen we Module D van de verpakkingsmaterialen die worden ontdaan in Module A5 ook mee.

Tabel 21 - Baten en lasten afvalverwerking materiaal en verpakkingsmateriaal en proceskaartkeuze

Materiaal	Afvalverwerking	Proceskaart baten en lasten*	Toelichting
PVC-scherf (PVC-recycalaat)	70% recycling	Last: Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER} polyvinylchloride production, suspension polymerisation	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor PVC, leidingen. 70% van het PVC-recycalaat wordt in Module C aangeboden als 'materiaal voor recycling'. Er gaat zodanig 30% secundair materiaal verloren. Dit nemen we mee als last in Module D.
	20% AVI	Baat: 0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	
	10% stort	N.v.t.	
PVC-scherf (PVC-toplaag, primair PVC)	70% recycling	Baat: Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER} polyvinylchloride production, suspension polymerisation Last: recycling PVC tot granulaat, volgens proces bij leveranciers. Identiek gemodelleerd als in Paragraaf 3.1.2	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor PVC, leidingen. De PVC-toplaag is primair PVC in Module A1. Secundair PVC vermijdt 0,77 kg primair PVC (1,31 kg afval PVC per kg gerecycled PVC). Om functionele gelijk te zijn aan PVC granulaat, moet het secundaire PVC eerst worden gerecycled tot granulaat. Dat nemen we in Module D mee als last. We gaan voor de volgende levensfase uit van recycling bij de leveranciers, in lijn met Module A1. De kwaliteit van gerecycled PVC-granulaat is identiek aan primair PVC-granulaat (grondstoffenequivalent), volgens Profextru (geen kwaliteitsfactor).
	20% AVI	Baat: 0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	
	10% stort	N.v.t.	
Houten palen en gording (Naaldhout, Azobé & Cloeziana hardhout)	10% laten zitten	N.v.t.	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor hout, waterbouw: damwanden, vlonders, steigers, beschoeiing. Met houtverbranding wordt energie uit biogene grondstoffen vermeden.
	90% AVI	Baat: 0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	
Stalen palen (S235 staal)	12% hergebruik	Baat: 0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor staal, licht: onder andere profielen, platen, leidingen. Bij stalen palen is al 13,4% secundair materiaal aanwezig in Module A1.
	87% recycling	Baat: 0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot**	
	1% stort	N.v.t.	
Verzinkt stalen bevestigingsmiddelen	99% recycling	Baat: 0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot**	Afvalverwerking volgens forfaitair scenario voor staal, bevestigingsmiddelen.
	1% stort	N.v.t.	

Materiaal	Afvalverwerking	Proceskaart baten en lasten*	Toelichting
			Verzinkt staal is 98,6% staal, waarvan 43% secundair materiaal is in Module A1.
Verpakking: staalband	100% recycling	Baat: 0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot**	<p>We nemen aan dat verpakkingsmateriaal 100% gerecycled wordt. Dit is een grove inschatting die weinig invloed heeft op de totale impact van de damwanden (< 1%). Bij staalband is al 17,3% secundair materiaal aanwezig in Module A1.</p> <p>Voor papier is een proceskaart van de grondstof voor papier en karton uit Ecoinvent v3.6 cut-off gekozen. Secundair papierpulp vermijdt 1,48 kg pulphout, op basis van fluting medium in Ecoinvent (1,88 kg pulphout staat gelijk aan 1,09 kg secundair papierpulp voor de productie van 1 kg fluting medium. Er is 1,16 kg kartonafval nodig per 1 kg papierpulp).</p> <p>Secundair PE vermijdt 0,91 kg primair PE (1,10 kg afval PE per kg gesorteerd PE).</p>
Verpakking: houten kaders		Baat: 0276-reD&Module D, houtspaanders, per kg NETTO geleverd**	
Verpakking: kartonnen plaat		Baat: Pulpwood, softwood, measured as solid wood under bark {Europe without Switzerland} market for	
Verpakking: PE-plaat		Baat: 0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd**	

* Alle proceskaarten zijn afkomstig van de NMD v3.4.

** De namen van NMD-proceskaarten zijn verkort weergegeven.

4 Resultaten

4.1 Berekening milieuprofiel

In deze LCA passen we de volgende rekenprocedures toe:

- De berekeningen in deze LCA maken we volgens de eisen en richtlijnen van EN 15804:2012+A2 (2019) en de Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken (juli 2020).
- De milieu-ingrepen berekenen we met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie feb 2021, NMD 3.4). Deze resultaten geven we aan als 'set 1'.
- De milieu-ingrepen berekenen we ook met de methoden die zijn omschreven in EN 15804:2012+A2 (2019). Deze resultaten geven we aan als 'set 2'.
- Indien van toepassing volgen we de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit EN 15804:2012+A2 (2019), overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen voeren we uit met SimaPro 9.2.0.2
- Ecoinventprocessen rekenen we door inclusief infrastructuurprocessen en kapitaal-goederen.
- Ecoinventprocessen rekenen we door exclusief lange termijn (> 100 jaar) emissies.

Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode rekenen we de milieu-impactcategorieën uit de CML-VLCA-rekenmethode om naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's. De weegfactoren voor deze omrekening geven we weer in Tabel 22.

Tabel 22 - Weegfactoren MKI per milieu-impactcategorie

Milieu-impactcategorie	Eenheid	Weegfactor (€/kg eenheid)
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	Sb-eq.	€ 0,16
002. abiotic depletion, fuel (AD)	Sb-eq.	€ 0,16
004. global warming (GWP)	CO ₂ -eq.	€ 0,05
005. ozone layer depletion (ODP)	CFC-11-eq.	€ 30,00
006. photochemical oxidation (POCP)	C ₂ H ₄ -eq.	€ 2,00
007. acidification (AP)	SO ₂ -eq.	€ 4,00
008. eutrophication (EP)	PO ₄ -eq.	€ 9,00
009. human toxicity (HT)	1,4-DCB-eq.	€ 0,09
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	1,4-DCB-eq.	€ 0,03
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	1,4-DCB-eq.	€ 0,0001
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	1,4-DCB-eq.	€ 0,06

4.2 Gekarakteriseerde resultaten en parameters

De totale gekarakteriseerde resultaten zijn voor alle Prolock damwanden per m² damwand weergegeven Tabel 23 en Tabel 24 voor set 1 en in Tabel 25, Tabel 26, Tabel 27 en Tabel 28 voor set 2. De hoeveelheid biogene koolstof in de producten is weergegeven in Tabel 29 en Tabel 30, berekend op basis van de biogene CO₂ in de producten en hun verpakkingsmateriaal.

Tabel 23 - Totale gekarakteriseerde resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 1 (deel 1)

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb-eq.	6,18E-04	7,76E-04	1,23E-03	1,22E-03	1,53E-03	9,24E-04
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb-eq.	2,11E-01	2,35E-01	2,01E-01	2,59E-01	3,05E-01	2,73E-01
004. global warming (GWP)	kg CO ₂ -eq.	34,85	38,09	33,59	44,29	49,32	44,46
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11-eq.	8,44E-06	8,64E-06	8,21E-06	9,45E-06	9,48E-06	1,02E-05
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	1,58E-02	1,71E-02	1,44E-02	2,18E-02	2,78E-02	1,93E-02
007. acidification (AP)	kg SO ₂ -eq.	1,14E-01	1,18E-01	1,09E-01	2,02E-01	1,77E-01	1,32E-01
008. eutrophication (EP)	kg PO ₄ --- eq.	1,70E-02	1,54E-02	1,53E-02	2,48E-02	3,14E-02	1,65E-02
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB-eq.	1,26E+01	1,33E+01	1,29E+01	1,58E+01	2,23E+01	1,55E+01
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB-eq.	2,54E-01	2,74E-01	2,56E-01	2,92E-01	1,18E+00	3,20E-01
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB-eq.	9,10E+02	1,02E+03	8,97E+02	1,16E+03	1,63E+03	1,19E+03
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB-eq.	8,35E-02	8,76E-02	9,42E-02	9,21E-02	1,36E+00	1,05E-01

Tabel 24 - Totale gekarakteriseerde resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 1 (deel 2)

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m, gording	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloezianna 6 m, gording	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 3 m
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb-eq.	1,59E-03	3,20E-03	1,43E-03	4,01E-04	5,91E-04	7,93E-04
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb-eq.	2,90E-01	5,24E-01	3,43E-01	1,51E-01	2,03E-01	2,30E-01
004. global warming (GWP)	kg CO ₂ -eq.	47,24	82,62	59,45	26,42	33,59	37,23
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11-eq.	1,04E-05	1,31E-05	1,18E-05	7,55E-06	8,19E-06	8,35E-06
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	2,10E-02	5,06E-02	3,00E-02	9,82E-03	1,53E-02	1,64E-02
007. acidification (AP)	kg SO ₂ -eq.	1,52E-01	3,01E-01	2,94E-01	7,55E-02	1,09E-01	1,10E-01
008. eutrophication (EP)	kg PO ₄ --- eq.	1,83E-02	5,37E-02	3,23E-02	1,18E-02	1,65E-02	1,35E-02

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m, gording	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloeziana 6 m, gording	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 3 m
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB-eq.	1,70E+01	3,99E+01	2,07E+01	1,00E+01	1,20E+01	1,28E+01
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB-eq.	3,41E-01	2,59E+00	3,84E-01	2,02E-01	2,39E-01	2,61E-01
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB-eq.	1,28E+03	3,03E+03	1,59E+03	6,72E+02	8,56E+02	9,87E+02
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB-eq.	1,17E-01	3,22E+00	1,14E-01	7,75E-02	8,18E-02	8,67E-02

Tabel 25 - Totale gekarakteriseerde resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (deel 1)

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
051. Climate change	kg CO ₂ -eq.	35,31	38,60	33,87	42,44	50,21	45,06
052. Climate change - Fossil	kg CO ₂ -eq.	35,28	38,55	33,84	42,42	50,02	45,00
053. Climate change - Biogenic	kg CO ₂ -eq.	0	0	0	0	0	0
054. Climate change - Land use and LU ch	kg CO ₂ -eq.	0,03	0,05	0,03	0,01	0,20	0,06
055. Ozone depletion	kg CFC ₁₁ -eq.	8,72E-06	9,00E-06	8,42E-06	1,00E-05	9,67E-06	1,05E-05
056. Acidification	mol H ⁺ -eq.	1,41E-01	1,42E-01	1,34E-01	2,49E-01	2,22E-01	1,58E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P-eq.	1,09E-03	1,23E-03	1,08E-03	1,01E-03	2,71E-03	1,47E-03
058. Eutrophication, marine	kg N-eq.	4,32E-02	4,37E-02	3,76E-02	7,32E-02	5,68E-02	4,72E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N-eq.	4,19E-01	3,82E-01	3,71E-01	7,09E-01	6,02E-01	4,00E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC-eq.	1,40E-01	1,46E-01	1,23E-01	2,32E-01	1,86E-01	1,59E-01
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb-eq.	6,18E-04	7,76E-04	1,23E-03	1,22E-03	1,53E-03	9,24E-04
062. Resource use, fossils	MJ	4,47E+02	4,92E+02	4,27E+02	5,48E+02	6,20E+02	5,74E+02
063. Water use	m ³ depriv.	1,78E+01	1,83E+01	1,79E+01	1,83E+01	3,18E+01	2,23E+01
064. Particulate matter	disease inc.	3,13E-06	3,79E-06	2,63E-06	3,48E-06	3,89E-06	4,23E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235-eq.	1,66E+00	1,85E+00	1,57E+00	2,12E+00	2,36E+00	2,16E+00
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,95E+02	7,12E+02	9,02E+02	6,67E+02	1,62E+03	8,41E+02

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
067. Human toxicity, cancer	CTUh	2,30E-08	2,77E-08	2,47E-08	2,99E-08	2,09E-07	3,28E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,13E-07	4,93E-07	5,54E-07	5,07E-07	5,86E-06	5,82E-07
069. Land use	Pt	4,54E+03	7,88E+03	4,74E+03	1,34E+04	3,49E+02	9,45E+03

Tabel 26 - Totale indicator/parameter resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (deel 1)

Indicator/parameter	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
111. Energy, primary, renewable, exclusi	MJ	2,37E+02	3,83E+02	3,07E+02	1,50E+03	7,31E+01	4,59E+02
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	3,14E+02	5,49E+02	3,03E+02	5,80E+02	1,03E+01	6,59E+02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,51E+02	9,32E+02	6,10E+02	2,08E+03	8,36E+01	1,12E+03
112. Energy, primary, non-renewable, excl.	MJ	4,74E+02	5,23E+02	4,53E+02	5,82E+02	6,60E+02	6,10E+02
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	2,91E+02	2,91E+02	2,91E+02	2,91E+02	2,91E+02	3,49E+02
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,65E+02	8,14E+02	7,44E+02	8,73E+02	9,51E+02	9,59E+02
108. Secondary material (kg)	kg	1,26E+01	1,26E+01	1,27E+01	1,27E+01	1,52E+01	1,54E+01
109. Secondary fuel, renewable*	MJ	0	0	0	0	0	0
110. Secondary fuel, non-renewable*	MJ	0	0	0	0	0	0
104. Water, fresh water use (m ³)	m ³	3,11E-01	3,38E-01	3,12E-01	3,35E-01	6,74E-01	4,04E-01
106. Waste, hazardous (kg)	kg	7,90E-04	9,80E-04	7,97E-04	1,07E-03	1,26E-03	1,14E-03
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	8,29E+00	1,00E+01	8,28E+00	1,01E+01	1,28E+01	1,20E+01
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,84E-03	2,05E-03	1,70E-03	2,52E-03	2,31E-03	2,36E-03

Indicator/parameter	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
120. Components for re-use (kg)	kg	2,17E+00	3,85E+00	2,09E+00	4,07E+00	2,33E+00	4,62E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,02E+01	1,02E+01	1,04E+01	1,04E+01	2,71E+01	1,23E+01
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	2,22E+01	3,74E+01	2,15E+01	3,94E+01	2,70E+00	4,49E+01
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	5,96E+01	9,78E+01	5,78E+01	1,03E+02	1,04E+01	1,17E+02
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	1,05E+02	1,73E+02	1,02E+02	1,77E+02	1,80E+01	2,08E+02

*Er wordt niet direct gebruik gemaakt van secundaire brandstoffen in de voorgrondprocessen of in de toegepaste proceskaarten.

Tabel 27 - Totale gekarakteriseerde resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (deel 2)

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m, gording	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloeiziana 6 m, gording	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naald-hout 3 m
051. Climate change	kg CO ₂ -eq.	47,44	84,30	55,64	26,77	34,02	37,73
052. Climate change - Fossil	kg CO ₂ -eq.	47,38	83,83	55,61	26,75	33,99	37,68
053. Climate change - Biogenic	kg CO ₂ -eq.	0	0	0	0	0	0
054. Climate change - Land use and LU ch	kg CO ₂ -eq.	0,06	0,46	0,02	0,02	0,03	0,05
055. Ozone depletion	kg CFC ₁₁ -eq.	1,09E-05	1,33E-05	1,26E-05	7,52E-06	8,46E-06	8,70E-06
056. Acidification	mol H ⁺ -eq.	1,82E-01	3,73E-01	3,57E-01	9,46E-02	1,36E-01	1,31E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P-eq.	1,51E-03	5,51E-03	1,33E-03	8,88E-04	1,05E-03	1,24E-03
058. Eutrophication, marine	kg N-eq.	5,37E-02	8,78E-02	9,96E-02	2,29E-02	4,21E-02	4,03E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N-eq.	4,66E-01	9,14E-01	9,43E-01	2,49E-01	4,06E-01	3,32E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC-eq.	1,80E-01	2,94E-01	3,18E-01	7,36E-02	1,37E-01	1,37E-01
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb-eq.	1,59E-03	3,20E-03	1,43E-03	4,01E-04	5,91E-04	7,93E-04
062. Resource use, fossils	MJ	6,08E+02	1,04E+03	7,24E+02	3,30E+02	4,32E+02	4,84E+02
063. Water use	m ³ depriv.	2,26E+01	5,66E+01	2,29E+01	1,85E+01	1,84E+01	1,90E+01

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m, gording	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloezia 6 m, gording	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naald-hout 3 m
064. Particulate matter	disease inc.	4,52E-06	6,78E-06	4,42E-06	1,10E-06	3,08E-06	3,77E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235-eq.	2,30E+00	4,06E+00	2,85E+00	1,20E+00	1,64E+00	1,86E+00
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,72E+02	2,55E+03	6,54E+02	1,10E+03	8,51E+02	6,11E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	3,72E-08	4,88E-07	4,04E-08	1,58E-08	2,23E-08	2,82E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	6,23E-07	1,36E-05	5,88E-07	5,15E-07	4,96E-07	4,65E-07
069. Land use	Pt	1,18E+04	5,39E+02	2,62E+04	2,48E+02	4,53E+03	8,82E+03

Tabel 28 - Totale indicator/parameter resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (deel 2)

Indicator/parameter	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	7,19E+02	1,16E+02	3,25E+03	5,14E+01	2,36E+02	4,23E+02
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	7,61E+02	1,23E+01	8,42E+02	1,04E+01	3,13E+02	6,16E+02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,48E+03	1,28E+02	4,09E+03	6,21E+01	5,50E+02	1,04E+03
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	6,46E+02	1,10E+03	7,69E+02	3,50E+02	4,59E+02	5,14E+02
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	3,49E+02	3,49E+02	3,49E+02	2,95E+02	2,82E+02	2,82E+02
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	9,95E+02	1,45E+03	1,12E+03	6,45E+02	7,41E+02	7,96E+02
109. Secondary fuel, renewable*	kg	1,55E+01	2,18E+01	1,54E+01	1,37E+01	1,31E+01	1,31E+01
110. Secondary fuel, non-renewable*	MJ	0	0	0	0	0	0
110. Secondary fuel, non-renewable	MJ	0	0	0	0	0	0
104. Water, fresh water use (m³)	m³	4,18E-01	1,30E+00	4,30E-01	2,77E-01	3,01E-01	3,35E-01
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,30E-03	2,42E-03	1,47E-03	3,95E-04	7,82E-04	1,01E-03

Indicator/parameter	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,28E+01	2,37E+01	1,44E+01	6,02E+00	8,02E+00	1,02E+01
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,55E-03	3,74E-03	3,40E-03	1,20E-03	1,83E-03	2,04E-03
120. Components for re-use (kg)	kg	5,35E+00	5,68E+00	5,93E+00	0,00E+00	2,17E+00	4,34E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	1,24E+01	5,35E+01	1,23E+01	1,04E+01	9,91E+00	9,91E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	5,14E+01	3,23E+00	5,66E+01	2,74E+00	2,21E+01	4,16E+01
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	1,34E+02	1,25E+01	1,56E+02	1,06E+01	5,92E+01	1,08E+02
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	2,36E+02	2,16E+01	2,69E+02	1,82E+01	1,05E+02	1,92E+02

* Er wordt niet direct gebruik gemaakt van secundaire brandstoffen in de voorgrondprocessen of in de toegepaste proceskaarten.

Tabel 29 - Biogene koolstofinhoud bij 'factory gate', per m² damwand (Deel 1)

Biogene koolstofinhoud	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
Biogene koolstofinhoud in product*	kg	17,45	31,36	16,36	22,91	0	38,18
Biogene koolstofinhoud in verpakkingsmateriaal**	kg	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,70

* Houten palen en houten gording.

** Houten kaders en kartonnen plaat.

Tabel 30 - Biogene koolstof inhoud bij 'factory gate', per m² damwand (deel 2)

Biogene koolstofinhoud	Eenheid	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m, gording	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloeziana 6 m, gording	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naald- hout 3 m
Biogene koolstofinhoud in product*	kg	41,45	0	43,64	0	17,45	35,18
Biogene koolstofinhoud in verpakkingsmateriaal**	kg	0,70	0,70	0,70	0,59	0,56	0,56

* Houten palen en houten gording.

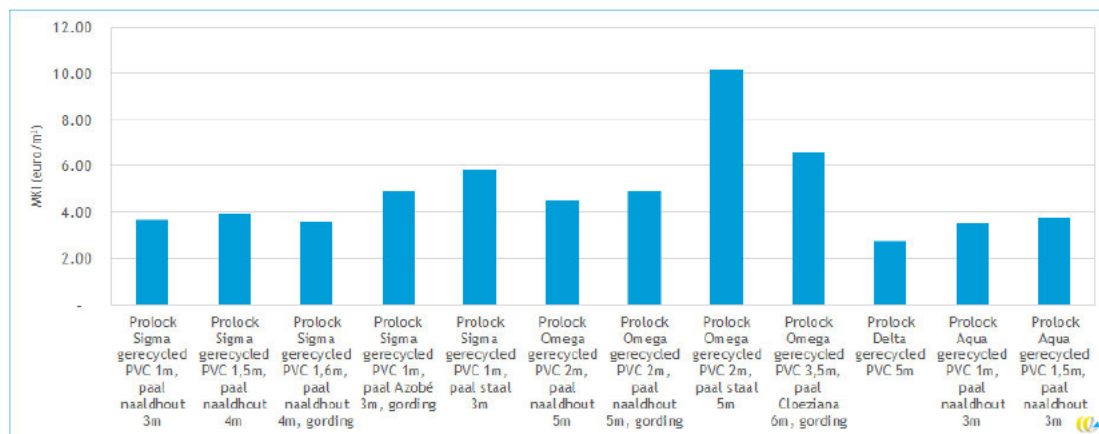
** Houten kaders en kartonnen plaat.

4.3 Gewogen resultaten

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieu-effectcategorieën worden omgezet naar een 1 punt-score zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de Bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW-werken, gebruik gemaakt van de MilieuKostenIndicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In de volgende twee sub-paragrafen worden de gewogen resultaten per deelproduct per functionele eenheid en in de hoeveelheden waarin de deelproducten in het hoofdproduct toegepast worden.

De totale gewogen resultaten zijn voor alle Prolock damwanden per m² damwand weer-gegeven in Figuur 11, Tabel 31 en Tabel 32.

Figuur 11 - Totale gewogen resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (MKI, €/m²)



Tabel 31 - Totale gewogen resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (deel 1)

Impactcategorie	Eenheid	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 4 m	Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6 m, paal naaldhout 4 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal Azobé 3 m, gording	Prolock Sigma gerecycled PVC 1 m, paal staal 3 m	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m
MKI (totaal)	€	3,65	3,90	3,57	4,89	5,85	4,51
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	€	9,89E-05	1,24E-04	1,97E-04	1,95E-04	2,44E-04	1,48E-04
002. abiotic depletion, fuel (AD)	€	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04
004. global warming (GWP)	€	1,74	1,90	1,68	2,21	2,47	2,22
005. ozone layer depletion (ODP)	€	2,53E-04	2,59E-04	2,46E-04	2,84E-04	2,85E-04	3,05E-04
006. photochemical oxidation (POCP)	€	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,04
007. acidification (AP)	€	0,45	0,47	0,44	0,81	0,71	0,53
008. eutrophication (EP)	€	0,15	0,14	0,14	0,22	0,28	0,15
009. human toxicity (HT)	€	1,13	1,20	1,16	1,42	2,00	1,39
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	€	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	€	0,09	0,10	0,09	0,12	0,16	0,12
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	€	5,01E-03	5,25E-03	5,65E-03	5,53E-03	8,16E-02	6,28E-03

Tabel 32 - Totale gewogen resultaten Prolock damwanden, per m² damwand. Set 2 (deel 2)

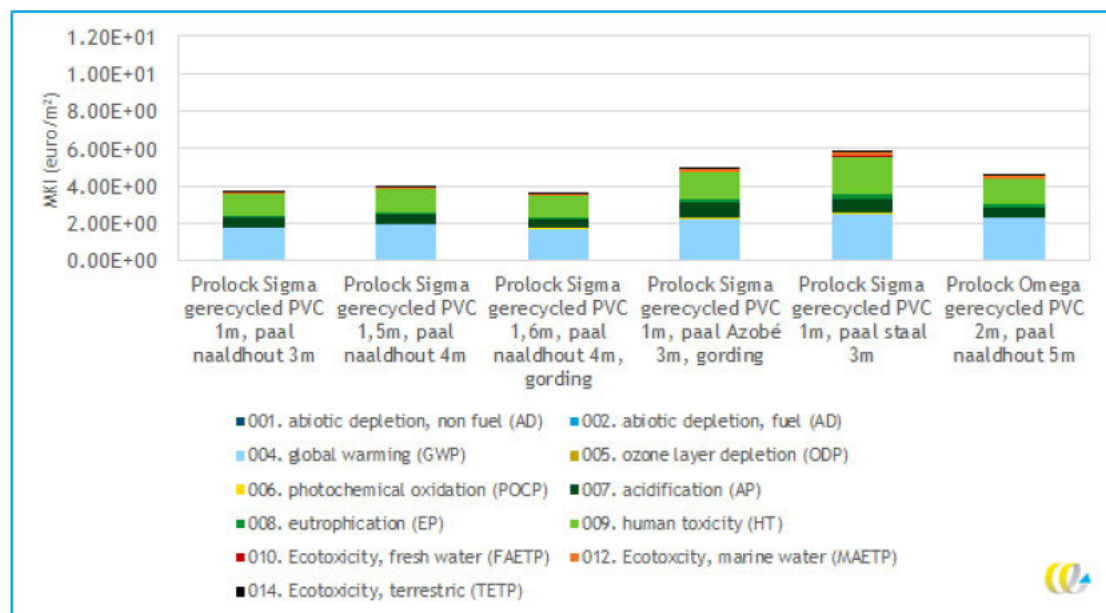
Impactcategorie	Eenheid	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal naald- hout 5 m, gording	Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m	Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloezianna 6 m, gording	Prolock Delta gerecycled PVC 5 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naald- hout 3 m	Prolock Aqua gerecycled PVC 1,5 m, paal naaldhout 3 m
MKI (totaal)	€	4,90	10,17	6,60	2,75	3,51	3,75
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	€	2,54E-04	5,13E-04	2,29E-04	6,41E-05	9,46E-05	1,27E-04
002. abiotic depletion, fuel (AD)	€	0,05	0,08	0,05	0,02	0,03	0,04
004. global warming (GWP)	€	2,36	4,13	2,97	1,32	1,68	1,86
005. ozone layer depletion (ODP)	€	3,13E-04	3,92E-04	3,54E-04	2,27E-04	2,46E-04	2,51E-04
006. photochemical oxidation (POCP)	€	0,04	0,10	0,06	0,02	0,03	0,03
007. acidification (AP)	€	0,61	1,20	1,17	0,30	0,44	0,44
008. eutrophication (EP)	€	0,16	0,48	0,29	0,11	0,15	0,12
009. human toxicity (HT)	€	1,53	3,59	1,87	0,90	1,08	1,15
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	€	0,01	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	€	0,13	0,30	0,16	0,07	0,09	0,10
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	€	7,05E-03	1,93E-01	6,86E-03	4,65E-03	4,91E-03	5,20E-03

Om te onderzoeken hoe de milieu-impacts van de Prolock damwanden bijdragen aan de totale impact van de damwanden, kijken we naar de MKI. Hierbij kijken we naar de bijdrage van verschillende facetten.

De bijdrage van de verschillende impactcategorieën aan de totale MKI is voor alle Prolock damwanden weergegeven in Figuur 12 en Figuur 13.

Stacked bar chart showing the environmental impact (MKI) of different PVC recycling scenarios. The Y-axis represents MKI in euro/m², ranging from 0.00E+00 to 1.20E+01. The X-axis lists six scenarios: Prolock Sigma gerecycled PVC 1m, paal naaldhout 3m; Prolock Sigma gerecycled PVC 1,5m, paal naaldhout 4m; Prolock Sigma gerecycled PVC 1,6m, paal naaldhout 4m, gording; Prolock Sigma gerecycled PVC 1m, paal Azobé 3m, gording; Prolock Sigma gerecycled PVC 1m, paal staal 3m; and Prolock Omega gerecycled PVC 2m, paal naaldhout 5m. The legend identifies 14 impact categories: 001. abiotic depletion, non fuel (AD); 002. abiotic depletion, fuel (AD); 004. global warming (GWP); 005. ozone layer depletion (ODP); 006. photochemical oxidation (POCP); 007. acidification (AP); 008. eutrophication (EP); 009. human toxicity (HT); 010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP); 012. Ecotoxicity, marine water (MAETP); and 014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP).

Figuur 13 - Contributie analyse Prolock damwanden per impactcategorie, per m² damwand (Module A1-D, deel 2)

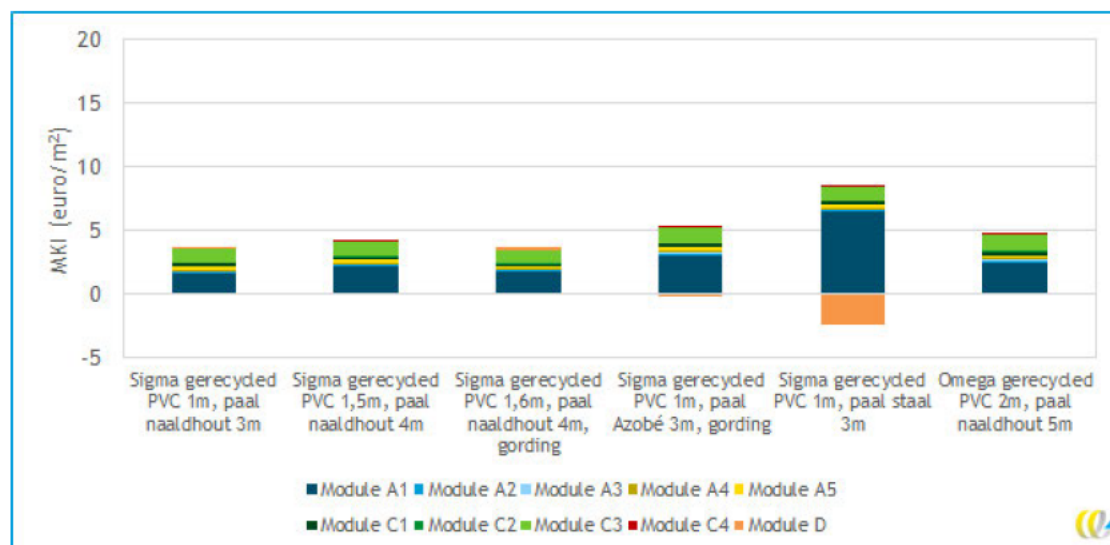


Uit deze figuren maken we op dat met name klimaatverandering en humane toxiciteit veel bijdragen aan de totale MKI van de Prolock damwanden, met een kleinere bijdrage van acidificatie.

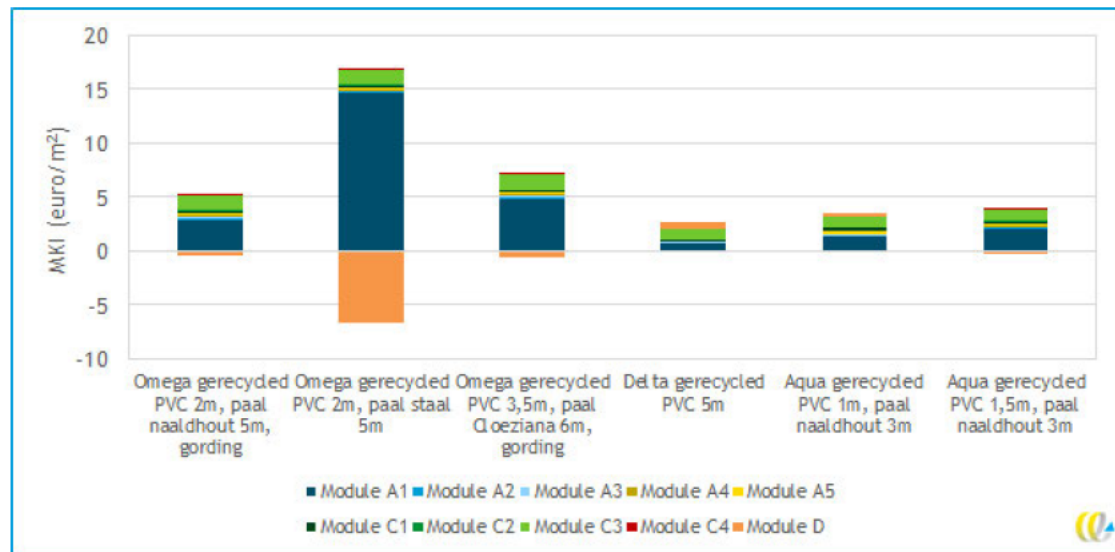
4.4.2 Analyse bijdrage modules

De bijdrage van de verschillende modules aan de totale MKI is voor alle Prolock damwanden weergegeven in Figuur 14 en Figuur 15.

Figuur 14 - Contributie analyse Prolock damwanden per module, per m² damwand (Module A1-D, deel 1)



Figuur 15 - Contributie analyse Prolock damwanden per module, per m² damwand (Module A1-D, deel 2)

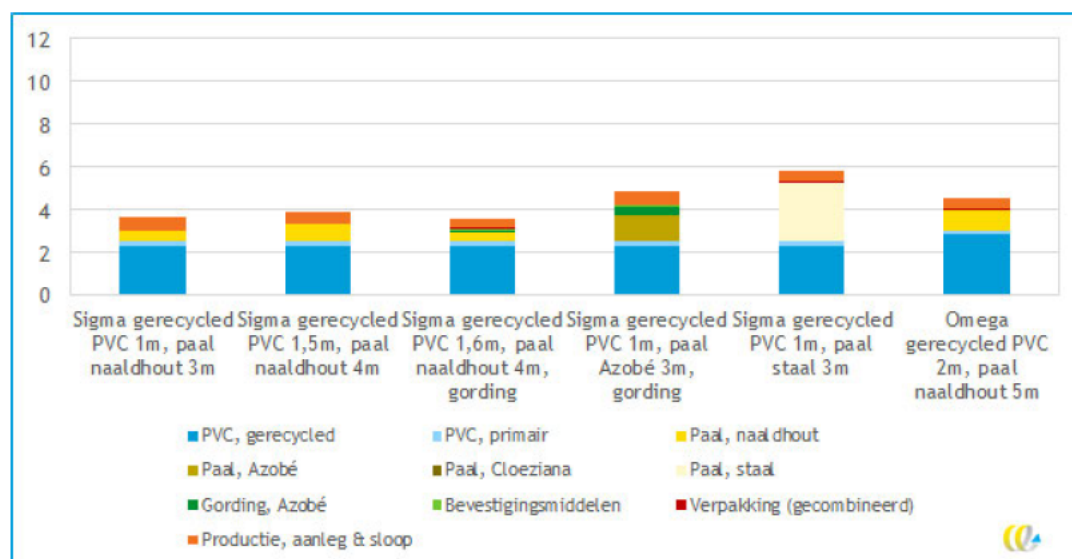


Uit deze figuren blijkt dat met name Module A1, Module A3 en Module D van invloed zijn op de totale MKI van de Prolock damwanden. Opvallend is dat de MKI van Module A1 aanzienlijk groter is bij damwanden met stalen palen, doordat de MKI van staal relatief hoog is. Bij damwanden met stalen palen is Module D echter ook sterk negatief (netto baat), doordat staal grotendeels gerecycled en zelfs gedeeltelijk hergebruikt wordt na sloop van de damwanden. De productie van de Prolock-schermen in Module A3 heeft een minder grote invloed en wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door elektriciteitsverbruik. Omdat Profextru gebruik maakt van windenergie, is de impact van dit elektriciteitsverbruik beperkt.

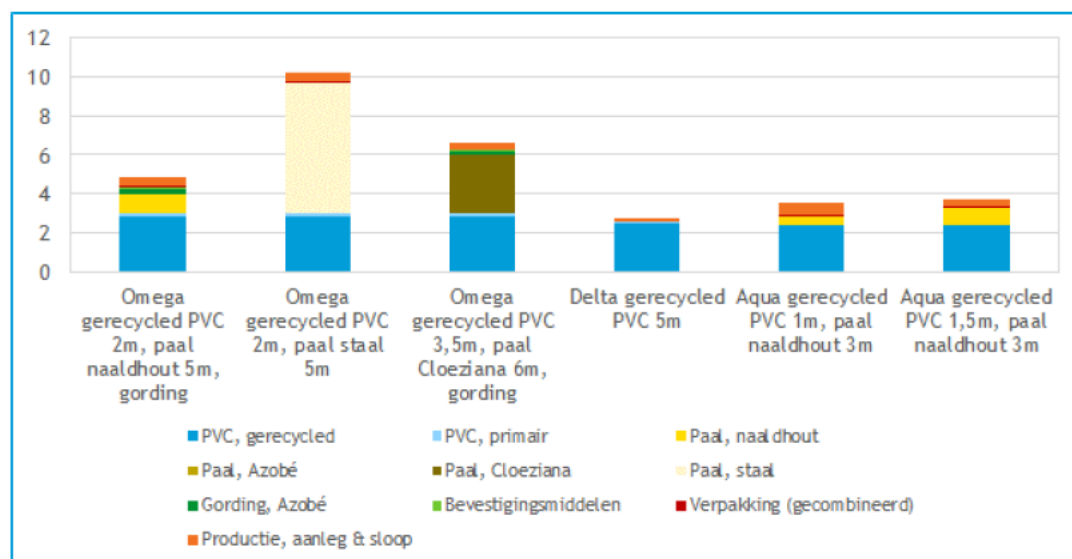
4.4.3 Analyse bijdrage materialen en productieproces Profextru

De bijdrage van de verschillende materialen en van het productieproces van de Prolock-schermen bij Profextru aan de totale MKI is voor alle Prolock damwanden weergegeven in Figuur 16 en Figuur 17.

Figuur 16 - Contributie analyse Prolock damwanden per materiaal en activiteit, per m² damwand (Module A1-D, deel 1)



Figuur 17 - Contributie analyse Prolock damwanden per materiaal en activiteit, per m² damwand (Module A1-D, deel 2)



In bovenstaande figuren is goed te zien dat met name het gerecyclede PVC van de Prolock-schermen bijdraagt aan de MKI van de Prolock damwanden. Hierin speelt het productieproces van de Prolock-schermen maar een kleine rol, voornamelijk het materiaal zelf draagt veel bij. Zoals in Figuur 14 en Figuur 15 ook al opviel, is de impact van de stalen palen ook groot. Uit bovenstaande figuren blijkt de impact van de stalen palen zelfs groter te zijn dan het gerecyclede PVC. Bij damwanden met hardhouten palen is de bijdrage al kleiner, maar in het geval van Cloeziana-palen nog ongeveer even groot als de bijdrage van het gerecyclede PVC. Bij de damwanden met naaldhouten palen is de contributie van de palen aanzienlijk kleiner.

Uit voorgaande figuren is echter nog niet op te maken waar de impact van gerecycled PVC vandaan komt. In Figuur 18 kijken we daarom specifiek naar de impact van 1 kg gerecycled PVC, opgedeeld per module. Hierbij zijn alleen materiaal-specifieke modules meegenomen: Module A1, A2, A4, C2, C3, C4 en D. Productspecifieke modules (A3, A5 en C1) zijn buiten beschouwing gelaten, aangezien deze modules afhankelijk zijn van het type product, niet het type materiaal.

Figuur 18 - Contributie analyse gerecycled PVC (70% leverancier 1, 30% leverancier 2) per module, per kg PVC



Uit Figuur 18 blijkt dat de impact van gerecycled PVC grotendeels afkomstig is van Module C3 (recyclen en verbranden na sloop) en Module D (verloren gerecycled PVC). Module C3 draagt meer dan een derde bij aan de totale MKI, Module D bijna een derde. Module A1 (productie van gerecycled PVC) is verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van de totale MKI.

De impact in Module C3 is voor ongeveer de helft afkomstig van verbranding van 20% van het gerecyclede PVC. De andere helft is afkomstig van het sorteren van 70% van het gerecyclede PVC, zodat dit nogmaals gerecycled kan worden.

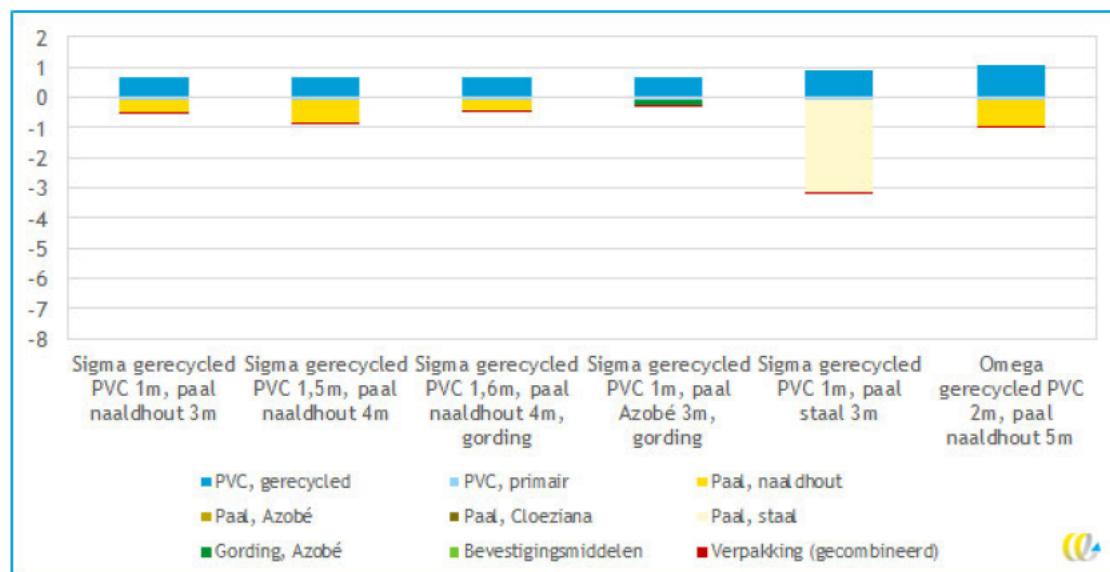
De impact in Module D is volledig afkomstig van het verlies van 30% gerecycled PVC (last in Module D). Dit verlies wordt gedeeltelijk gecompenseerd door het PVC dat verbrand wordt voor energieteterugwinning (baat in Module D), maar deze baat is zo'n zes keer lager dan de last door het verloren materiaal.

4.4.4 Analyse opbouw Module D

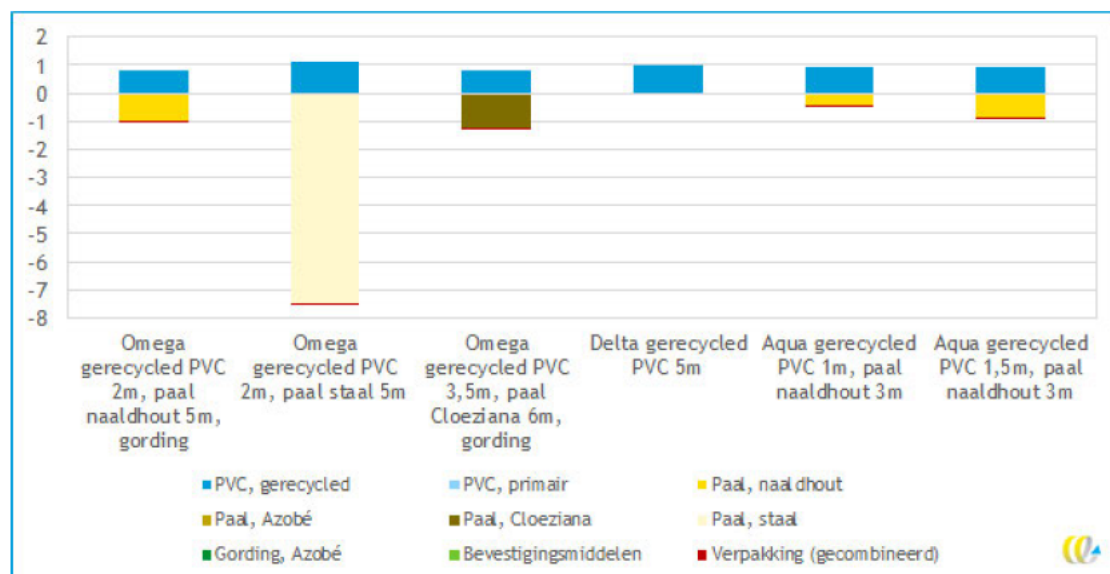
Als we alleen naar Module D kijken, is in Figuur 14 en Figuur 15 te zien dat er in deze module flinke verschillen tussen de verschillende Prolock damwanden zijn. Hier speelt gerecycled PVC een grote rol, aangezien er gerecycled PVC verloren gaat. In Figuur 18 is al te zien dat dit verlies van gerecycled materiaal leidt tot een last in Module D. Bij alle andere materialen gaat er minder materiaal verloren dan gerecycled wordt, dus Module D is bij alle damwanden een optelsom van de netto lasten van gerecycled PVC en de baten van de andere materialen.

Om te onderzoeken waar dat verschil vandaan komt, kijken we in Figuur 19 en Figuur 20 specifiek naar Module D van elke Prolock-damwand, om te zien hoe deze module is opgebouwd.

Figuur 19 - Contributie analyse Prolock damwanden Module D per materiaal, per m² damwand (Module D, deel 1)



Figuur 20 - Contributie analyse Prolock damwanden Module D per materiaal, per m² damwand (Module D, deel 2)



Uit bovenstaande figuren blijkt dat de last in Module D van gerecycled PVC redelijk vergelijkbaar is tussen de verschillende typen Prolock-schermen. Binnen de damwanden is met name de baat in Module D van de palen van grote invloed op de totale MKI van Module D. Stalen palen zorgen voor een flinke baat in Module D, zoals ook al duidelijk werd uit de analyse van de modules in Paragraaf 4.4.2. Hierbij moet in gedachten gehouden worden dat de stalen palen de totale MKI van de damwanden flink verhogen ten opzichte van damwanden met houten palen, doordat de MKI van stalen palen in Module A1 hoger is dan de vermeden impact in Module D.

Bij damwanden met houten palen is variatie te zien in de baten in Module D. Dit komt niet door het type hout, maar door de grootte en hoeveelheid van deze houten palen. Alle houten palen worden immers grotendeels verbrand, waarmee energieproductie elders vermeden wordt. Hoe meer hout er verbrand wordt, hoe meer energie er opgewekt en dus vermeden wordt. Ook hier geldt echter dat meer en grotere houten palen de totale MKI van de damwanden verhoogt, doordat hun MKI in Module A1 hoger is dan de vermeden impact in Module D.

4.5 Sensitiviteitsanalyse

Om de invloed van verschillende aannames en onderliggende data te bepalen, voeren we een sensitiviteitsanalyse uit. Hierbij kijken we naar de volgende variabelen:

- productie van gerecycled PVC;
- afvalverwerking van PVC;
- bron elektriciteit bij Profextru;
- aanleg en sloop.

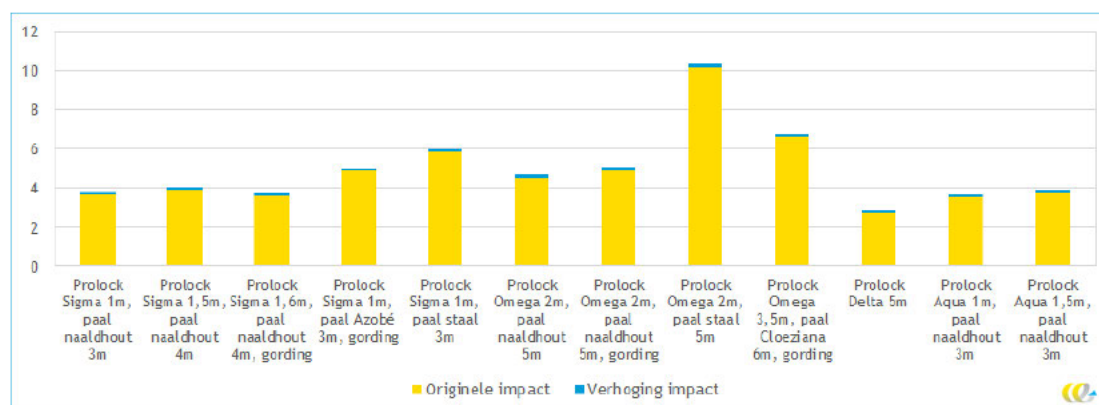
4.5.1 Gerecycled PVC: 100% leverancier 1 of 100% leverancier 2

Voor gerecycled PVC zijn we uitgegaan van de verhouding in de geleverde hoeveelheden door de twee leveranciers.

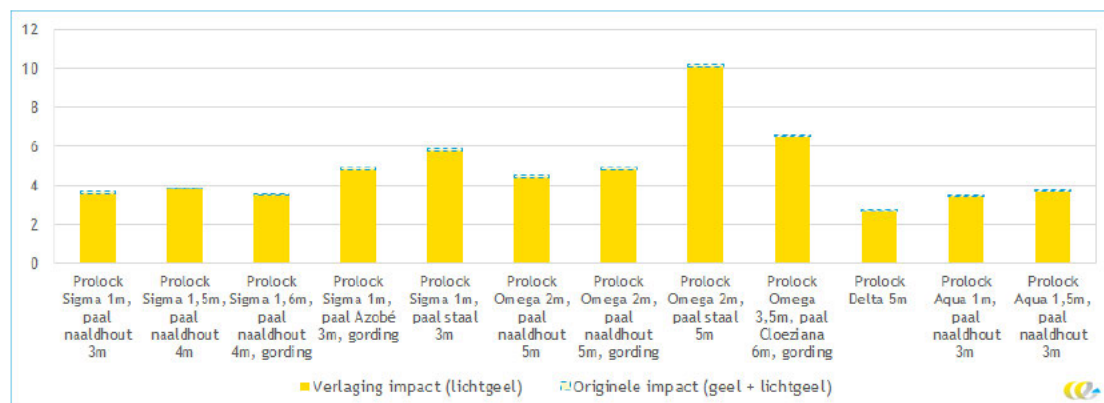
Productiejaren verschillen, dus het zou voor kunnen komen dat er gebruik gemaakt wordt van 100% gerecycled PVC van een van beide leveranciers. Daarom analyseren we wat het effect hiervan zou zijn. Daarnaast analyseren we bij 100% PVC van leverancier 1 ook wat het effect zou zijn als we uit zouden zijn gegaan van data uit 2017. Deze data is incompleet, maar er zou mee gewerkt kunnen worden als extra aannames gedaan zouden worden.

De analyses geven we weer in Figuur 21, Figuur 22 en Figuur 23.

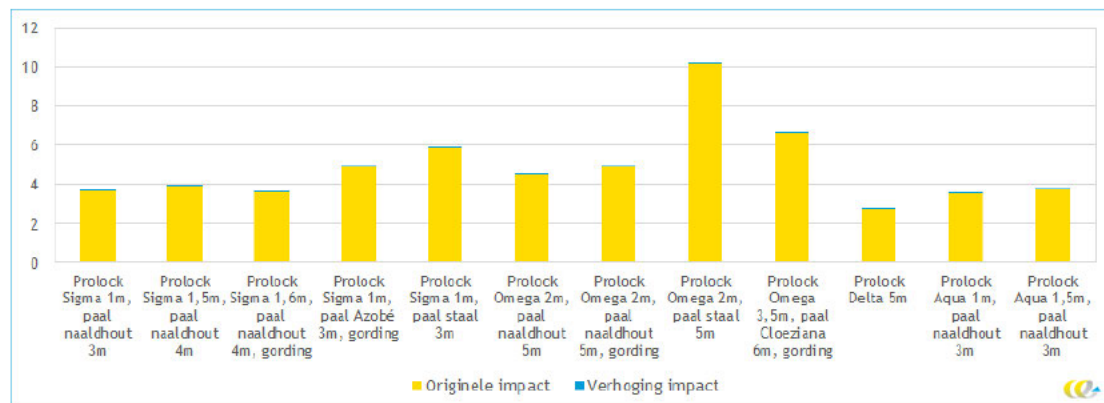
Figuur 21 - Sensitiviteitsanalyse 100% gerecycled PVC van leverancier 2 (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Figuur 22 - Sensitiviteitsanalyse 100% gerecycled PVC van leverancier 1 (2016-data) (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Figuur 23 - Sensitiviteitsanalyse 100% gerecycled PVC van leverancier 1 (2017-data) (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



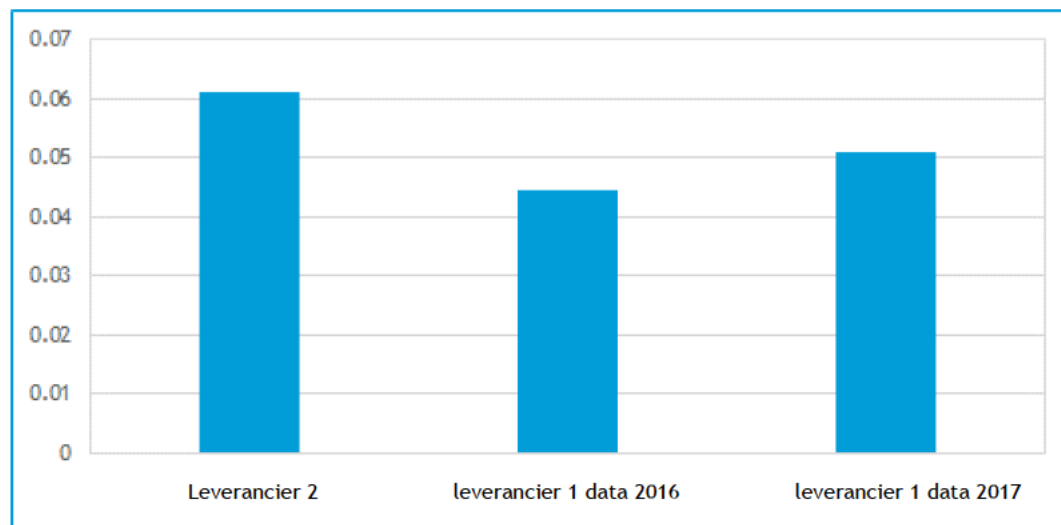
Het effect verschilt per variant, maar dit verschil is niet groot. Opvallend is dat het effect van 100% gerecycled PVC van leverancier met data uit 2017 op vrijwel exact dezelfde impact uitkomt als de huidige modellering. Het verschil is minder dan € 0,01 en is afgerond 0%.

Het verschil is het grootste bij gebruik van 100% gerecycled PVC van leverancier 2 en komt dan neer op een verhoging van 2% (Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m) tot 5% (Prolock Delta gerecycled PVC 5 m). Dit houdt een verhoging in van 0,14 €/m² voor Sigma damwanden, 0,15 €/m² voor Omega damwanden, 0,14 €/m² voor de Delta damwand en 0,13 €/m² voor Aqua damwanden.

Bij gebruik van 100% gerecycled PVC van leverancier met data uit 2016 is er sprake van een verlaging van 1% (Prolock Sigma 1 m, paal staal 3 m) tot 3% (Prolock Delta gerecycled PVC 5 m). Dit houdt een verlaging in van 0,08 €/m² voor Sigma damwanden, 0,10 €/m² voor Omega damwanden, 0,08 €/m² voor de Delta damwand en 0,08 €/m² voor Aqua damwanden.

Het verschil tussen de drie opties voor gerecycled PVC geven we weer in Figuur 24.

Figuur 24 - Impact gerecycled PVC (€/kg PVC)



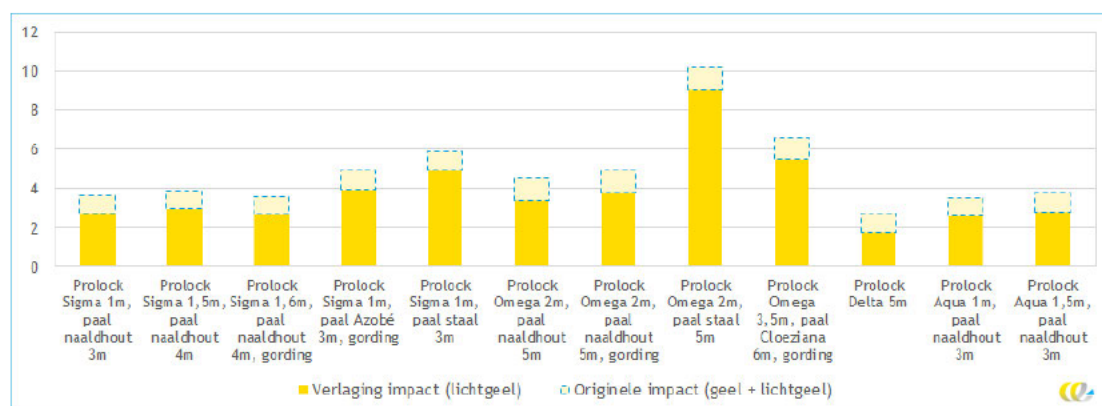
Dat de verschillen klein zijn, is te verklaren doordat de MKI van de productie relatief dicht bij elkaar ligt voor alle opties. Bovendien is de MKI van gerecycled PVC hoofdzakelijk afkomstig van de afvalverwerking (Module C3 en D, zie Figuur 18), niet van het productieproces waar we hier naar gekeken hebben.

4.5.2 Afvalverwerking PVC: 100% recycling

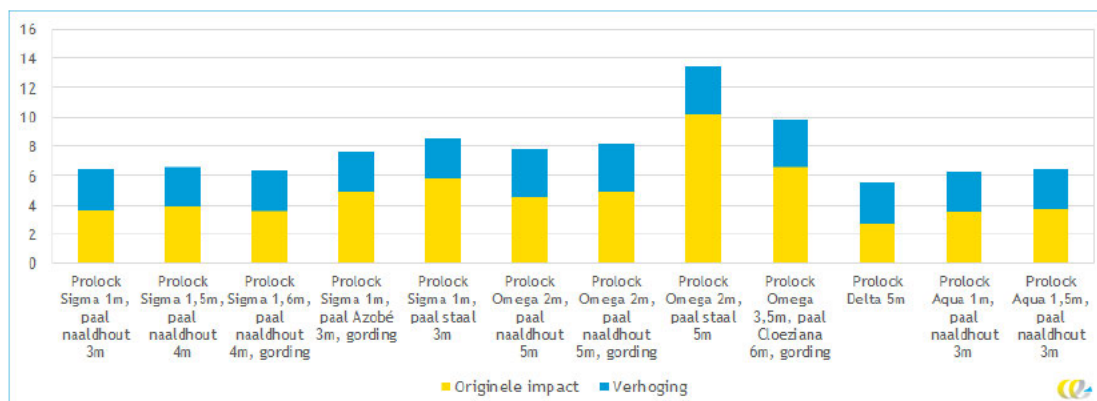
Uit de vorige sensitiviteitsanalyse bleek dat de invloed van PVC-productie beperkt is, doordat de MKI van gerecycled PVC hoofdzakelijk met afvalverwerking te maken heeft. In het huidige scenario wordt uitgegaan van 70% recycling, 20% AVI en 10% stort. In deze analyse kijken we naar de invloed van dit scenario, door een hypothetisch scenario met 100% recycling te berekenen.

De analyse geven we weer in Figuur 25 voor 100% recyclen en Figuur 26 voor 100% AVI.

Figuur 25 - Sensitiviteitsanalyse afvalscenario, 100% i.p.v. 70% recycling (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Figuur 26 - Sensitiviteitsanalyse afvalscenario, 100% AVI i.p.v. 70% recycling (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Het effect van het afvalscenario is groot. 100% recycling zou neerkomen op een verlaging van 11% (Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m) tot 35% (Prolock Delta gerecycled PVC 5 m). Dit houdt een verlaging in van 0,94 €/m² voor Sigma damwanden, 1,13 €/m² voor Omega damwanden, 0,98 €/m² voor de Delta damwand en 0,93 €/m² voor Aqua damwanden.

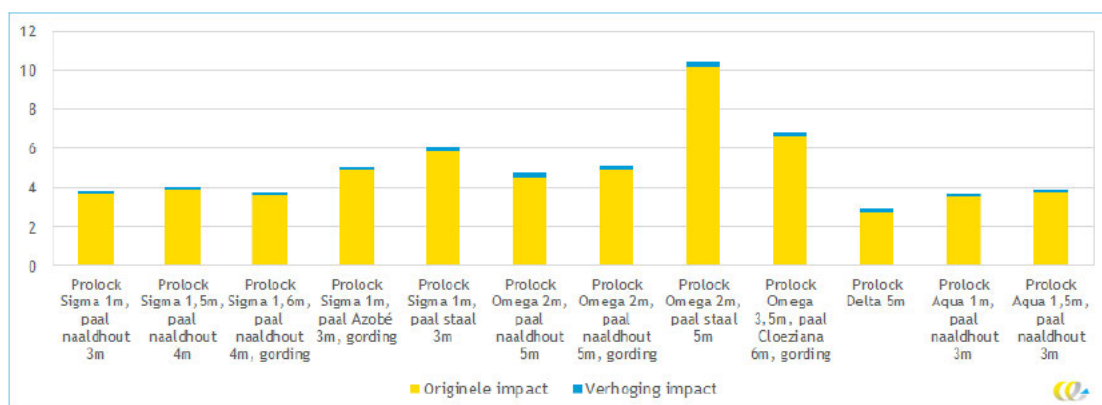
100% AVI is nog extremer en zou neerkomen op een verhoging van 32% (Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m) tot 102% (Prolock Delta gerecycled PVC 5 m). Dit houdt een verlaging in van 2,72 €/m² voor Sigma damwanden, 3,28 €/m² voor Omega damwanden, 2,82 €/m² voor de Delta damwand en 2,69 €/m² voor Aqua damwanden.

Als kan worden gegarandeerd dat de damwanden van Profextru gerecycled worden, kan de impact dus lager uitvallen. Als de damwanden echter worden verbrand, kan hun MKI meer dan verdubbelen.

4.5.3 Elektriciteit Profextru: van het net

Voor het elektriciteitsverbruik bij Profextru zijn we uitgegaan van 100% windenergie. Dit betreft echter productiejaar 2021, waar voor de rest van de gegevens gewerkt is met gegevens van productiejaar 2020. Daarom analyseren we wat het effect zou zijn als we voor productie bij Profextru uit zouden gaan van 'normale' elektriciteit van het Nederlandse elektriciteitsnet. Hierbij gaan we uit van de NMD-proceskaart voor elektriciteit: '0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}| market for | Cut-off, U)'. De analyse geven we weer in Figuur 27.

Figuur 27 - Sensitiviteitsanalyse bron elektriciteit bij Profextru, elektriciteit van het net i.p.v. windenergie (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Het effect van grijze elektriciteit is relatief klein en komt neer op een verhoging van 2% (Prolock Omega gerecycled PVC 2 m, paal staal 5 m) tot 6% (Prolock Delta gerecycled PVC 5 m). Dit houdt een verhoging in van 0,18 €/m² voor Sigma damwanden, 0,21 €/m² voor Omega damwanden, 0,18 €/m² voor de Delta damwand en 0,17 €/m² voor Aqua damwanden.

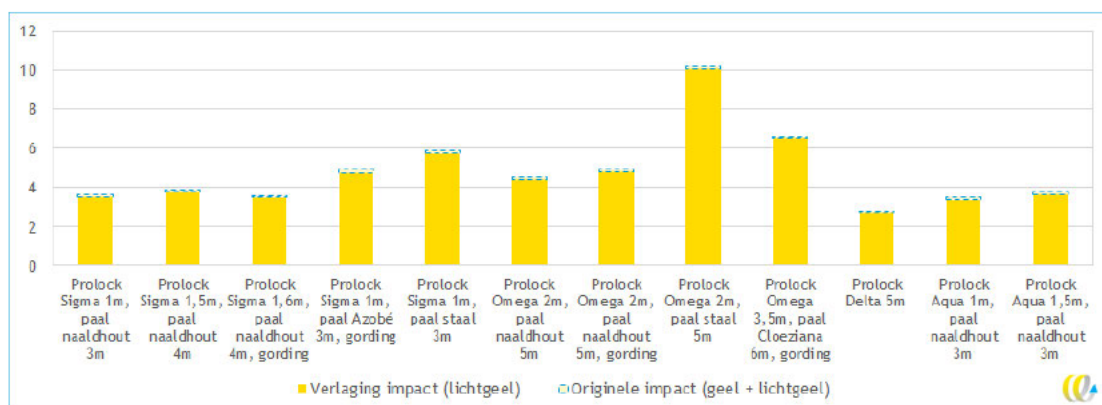
Elektriciteitsverbruik bij Prolock is ook met grijze elektriciteit relatief klein, ten opzichte van de impact van materiaalproductie en -afvalverwerking.

4.5.4 Aanleg en sloop: 50% meer en 50% minder tijd benodigd

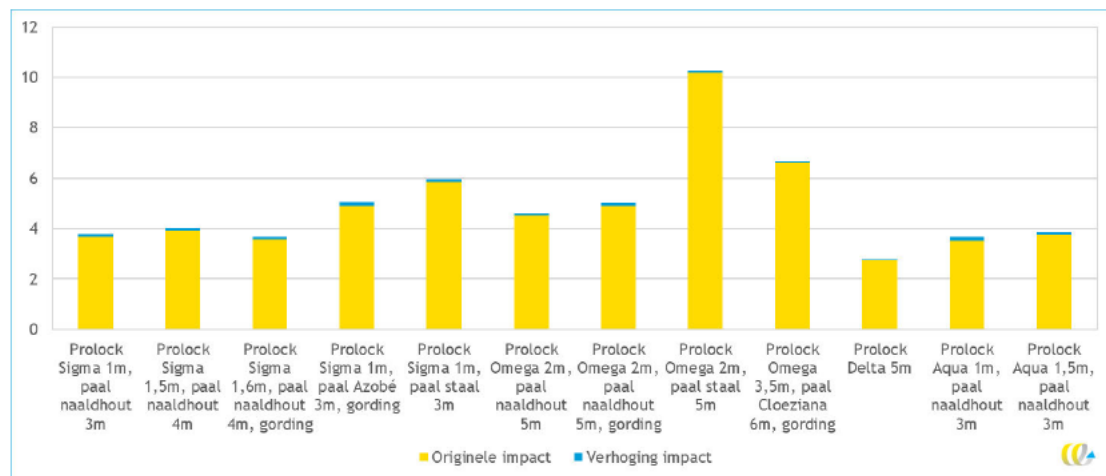
De benodigde tijd voor aanleg en sloop is ingeschat door aannemers en is daarmee relatief onzeker. Daarom analyseren we wat het effect zou zijn als deze inschatting 50% lager of hoger uit zou vallen.

De analyses geven we weer in Figuur 28 en Figuur 29.

Figuur 28 - Sensitiviteitsanalyse 50% minder tijd voor aanleg en sloop (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Figuur 29 - Sensitiviteitsanalyse 50% meer tijd voor aanleg en sloop (€/m² damwand, Module A1 t/m D)



Het effect van 50% meer of minder tijd voor aanleg en sloop is klein en komt neer op een verhoging of verlaging van 1% (Prolock Omega gerecycled PVC 3,5 m, paal Cloeziana 6 m, gording) tot 4% (Prolock Aqua gerecycled PVC 1 m, paal naaldhout 3 m). Dit houdt een verhoging of verlaging in van respectievelijk 0,06 €/m² tot 0,15 €/m² in.

De impact van aanleg en sloop is relatief klein, ten opzichte van de impact van materiaal-productie en -afvalverwerking.

5 Literatuur

- CBS. 2021a. *Hernieuwbare Energie in Nederland 2020* [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2021/hernieuwbare-energie-in-nederland-2020/4-windenergie> [Accessed 15 november 2021].
- CBS. 2021b. *Statline : Windenergie op land; productie en capaciteit per provincie* [Online]. CBS. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/70960ned?q=windenergie> [Accessed 2021].
- CROW, 2020. Standaard RAW Bepalingen 2020. CROW.
- Dutta & Vaidya. A Study of the Long-Term Applications of Vinyl Sheet Piles. 2003.
- Feenstra, 2017. Mechanische eigenschappen en meetmethode voor PVC-damwanden. Hogeschool Arnhem en Nijmegen, afdeling Polymeerchemie.
- SHR, 2016. Notitie over gedrag van houten palen onder water. Wageningen: SHR.
- TEPPFA. 2019. *100 years lifetime of PVC-U and PVC-Hi pressure pipe systems buried in the ground for water and natural gas supply* [Online]. Brussels: The European Plastic Pipes & Fittings Association. Available: <https://www.teppfa.eu/wp-content/uploads/TEPPFA-PVC4Pipes-Position-on-100years-lifetime-of-PVC-Pipes.pdf> [Accessed 2021].
- TNO, 2006. Levensduurverwachting van bestaande PVC-leidingen. Eindhoven, TNO.
- Yarahmadi, Jakubowicz & Gevert, 2001. Effects of repeated extrusion on the properties and durability of rigid PVC scrap. *Polymer Degradation and Stability*, 73, 93-99.

Bijlage B: Bepaling verticale krachtsafdracht D-Foundation

Report for D-Foundations 22.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company: <Not Registered>
<Not Registered>

Date of report: 17/04/2023
Time of report: 10:32:14
Report with version: 22.1.1.36055

Date of calculation: 31/03/2023
Time of calculation: 16:24:44
Calculated with version: 22.1.1.36055

File name: Negatieve kleeft actief

Project identification: KNSF Krijgsman
Bepaling negatieve kleeft actief
D-Foundations Negatieve kleeft actief

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile Sondering 301	4
2.7 Pile Types	4
2.7.1 Pile type : Section 20x980	4
2.8 Foundation Plan	5
2.8.1 View of Foundation Plan	5
2.9 Excavation Data	5
2.10 Overruled Parameters	6
2.11 Model Options	6
2.12 Model Options	6
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Indication Bearing Capacity	7
3.1 Errors and Warnings	7
3.2 Remarks	7
3.3 Calculation Parameters	7
3.3.1 Pile Factors	7
3.3.2 Pile type : Section 20x980	7
3.4 Results Bearing Forces for Pile type : Section 20x980	7
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	8

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant : MW
Design engineer superstructure : MW
Principal : MW
Title 1 : KNSF Krijgsman
Title 2 : Bepaling negatieve kleeft actief
Title 3 : D-Foundations Negatieve kleeft actief
Number of project : -
Location of project : Muiden

2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

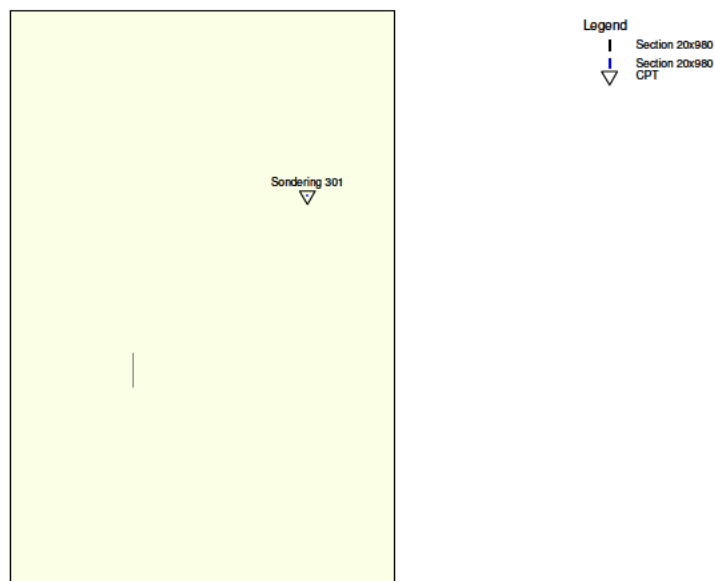
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 1
Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
Sondering..	-1,82	-1,82	-1,82	0,00	0,00

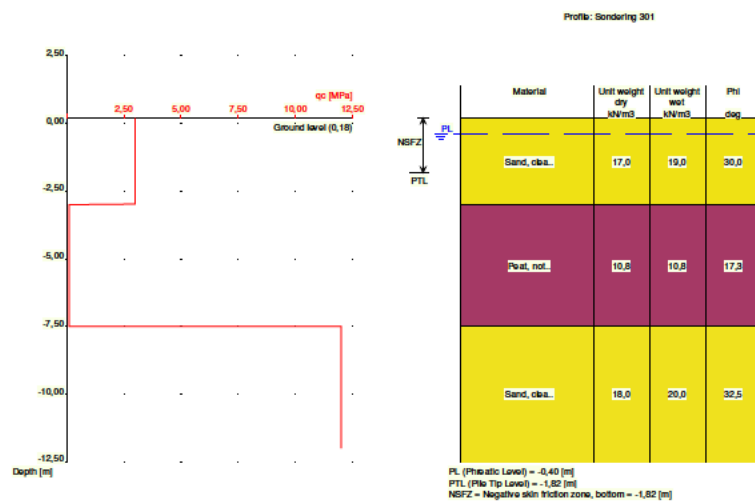
2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 1

2.6.1 Soil Profile Sondering 301

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :	Sondering 301
Phreatic level in [m. reference level] :	0,18
Pile tip level in [m. reference level] :	-0,40
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-1,82
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-1,82
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	3



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma;sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	0,180	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200
2	-3,000	10,80	10,80	17,28	Peat	--
3	-7,500	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Section 20x980

Pile type :	Steel section
Materialtype for pile :	Steel

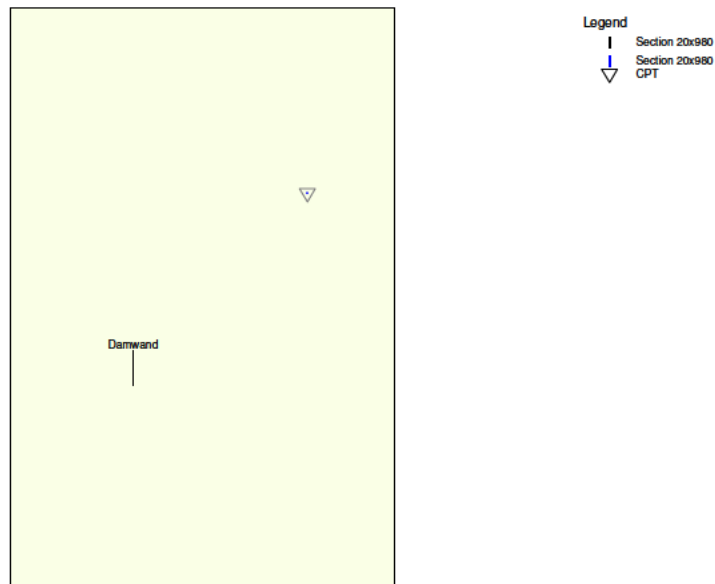
Slip layer : None
 Pile shape : Section
 beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1:2016.
 s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1:2016.

Pile dimensions :
 Smallest side pile tip [m] : 0,020
 Largest side pile tip [m] : 0,980

2.8 Foundation Plan

Number of piles : 1
 Number of collaborating piles* : 1
 * : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

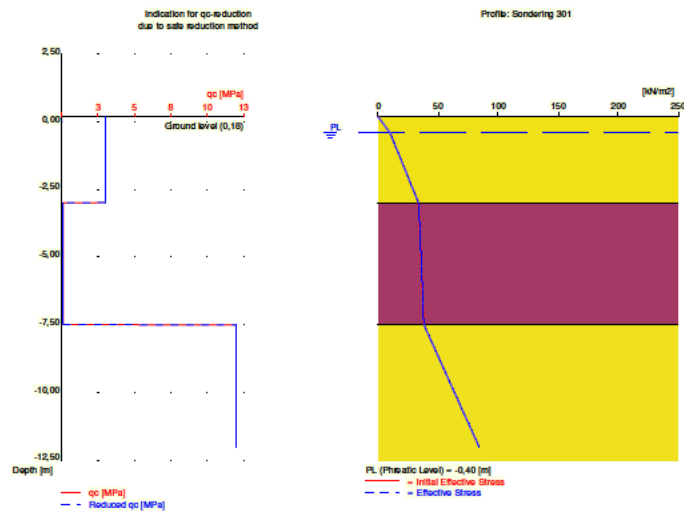
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (EQU/STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: Damwan...	-5,00	-5,00	0,00	0,00	0,00	0,18

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : 0,18
 Reduction model : Safe (NEN)



2.10 Overruled Parameters

All parameters according to standard.

2.11 Model Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
 Do not create intermediate results file
 Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
 Use the influence of excavations (standard).

2.12 Model Options

Selected pile types :
 -Section 20x980

Selected profiles :
 -Sondering 301

Trajectory
 -begin [m] : -1,57
 -end [m] : -1,82
 -interval [m] : 0,25

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Indication Bearing Capacity

3.1 Errors and Warnings

Pile Type Section 20x980:

Warning : the ratio between the smallest (a) and the largest (b) side of the crosssection of the pile base does not comply with the criterium set in NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(e): $b \leq 1.5a$. Following NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(e) Deq is set to a (Deq = a).

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9997-1:2016 art. 3.2.3 section (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state EQU/STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
xi3 (NEN 9997-1:2016, table A.10a, for N = 1) :	1,39
xi4 (NEN 9997-1:2016, table A.10a, for N = 1) :	1,39

3.3.2 Pile type : Section 20x980

Pile type :	Steel section
Materialtype for pile :	Steel
Slip layer :	None
Pile shape :	Section
beta (Shape factor: figure 7.i, NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(g) : Pile tip) :	1,00
s (NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	0,62
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0,020
Largest side pile tip [m] :	0,980

Number/Name CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1:Sonderin..	--	--	0,7000

3.4 Results Bearing Forces for Pile type : Section 20x980

Number/Name CPT	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;k [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------------	------------------

Number/Name CPT	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;k [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1:Sonderin..	-1.57	25	0	25	15	10	10	5
1:Sonderin..	-1.82	25	0	25	15	13	13	2

* $R_{c;net;d} = R_{c;d} - F_{nsf;d}$

3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

Number/Name CPT	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	Section 20x980 Rc;net;d [kN]
1:Sonderin..	0,18	-1,57	5,00
1:Sonderin..	0,18	-1,82	2,00

End of Report

Report for D-Foundations 22.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Company: <Not Registered>
<Not Registered>

Date of report: 17/04/2023
Time of report: 10:33:24
Report with version: 22.1.1.36055

Date of calculation: 17/04/2023
Time of calculation: 10:32:45
Calculated with version: 22.1.1.36055

File name: Negatieve kleeft passief

Project identification: KNSF Krijgsman
Bepaling negatieve kleeft passief
D-Foundations Negatieve kleeft passief

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Bearing Piles	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	4
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile Sondering 301	4
2.7 Pile Types	5
2.7.1 Pile type : Section 20x980	5
2.8 Foundation Plan	5
2.8.1 View of Foundation Plan	6
2.9 Excavation Data	6
2.10 Overruled Parameters	7
2.11 Model Options	7
2.12 Model Options	7
3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Indication Bearing Capacity	8
3.1 Errors and Warnings	8
3.2 Remarks	8
3.3 Calculation Parameters	8
3.3.1 Pile Factors	8
3.3.2 Pile type : Section 20x980	8
3.4 Results Bearing Forces for Pile type : Section 20x980	9
3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN	9

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant : MW
Design engineer superstructure : MW
Principal : MW
Title 1 : KNSF Krijgsman
Title 2 : Bepaling negatieve kleef passief
Title 3 : D-Foundations Negatieve kleef passief
Number of project : -
Location of project : Muiden

2.3 Application Area Model Bearing Piles

The verifications performed by the model BEARING PILES of D-FOUNDATIONS concern pile foundations on which axial static or quasi-static loads cause pressures in the piles. The calculations of pile forces and pile displacements are based on Cone Penetration Tests. Possible rise of (tension-)piles and horizontal displacements of piles and/or pile groups are not taken into account.

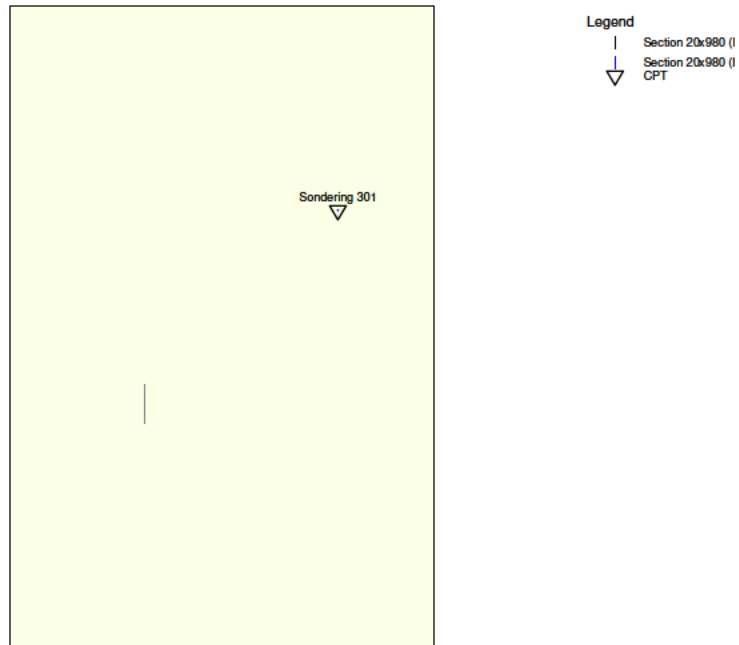
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 1
Timing of CPT's : CPT - Excavation - Install

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



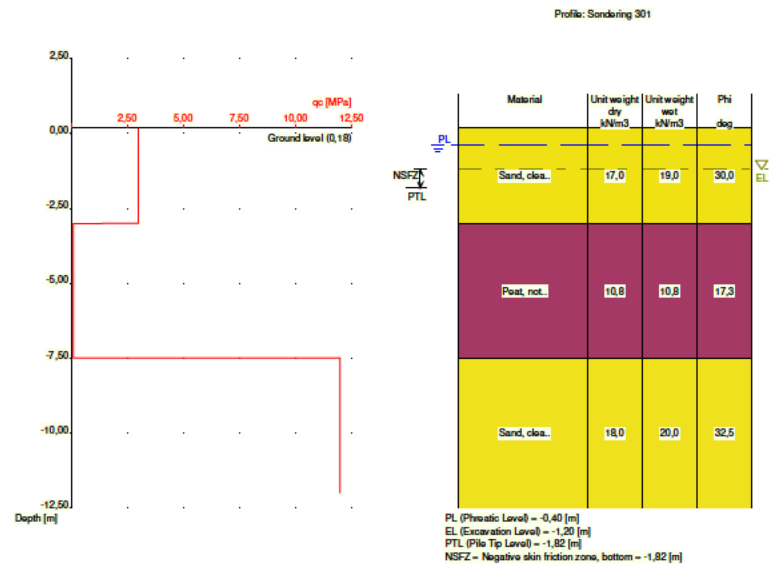
Name CPT	Pile tip level [m R.L.]	Top of pos. friction zone [m R.L.]	Bottom of neg. friction zone [m R.L.]	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]
Sondering..	-1,82	-1,82	-1,82	0,00	0,00

2.6 Soil Data

Number of soil profiles (= number of CPT's) : 1

2.6.1 Soil Profile Sondering 301

Belonging to CPT	Sondering 301
Surface level in [m. reference level] :	0,18
Phreatic level in [m. reference level] :	-0,40
Pile tip level in [m. reference level] :	-1,82
Top of positive skin friction zone in [m. reference level] :	-1,82
Bottom of negative skin friction zone in [m. reference level] :	-1,82
OCR-value foundation layer :	1,00
Expected groundlevel settlement in [m] :	0,11
Number of layers in profile :	3



Number layer	Top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma,sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Soil Type	Median (Sand/Gravel) [mm]
1	0,180	17,00	19,00	30,00	Sand	0,200
2	-3,000	10,80	10,80	17,28	Peat	--
3	-7,500	18,00	20,00	32,50	Sand	0,200

2.7 Pile Types

2.7.1 Pile type : Section 20x980

Pile type :

Steel section

Materialtype for pile :

Steel

Slip layer :

None

Pile shape :

Section

beta (Shape factor) according to figure 7.i, NEN 9997-1:2016.

s (factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) according to NEN 9997-1:2016.

Pile dimensions :

Smallest side pile tip [m] :

0,020

Largest side pile tip [m] :

0,980

2.8 Foundation Plan

Number of piles :

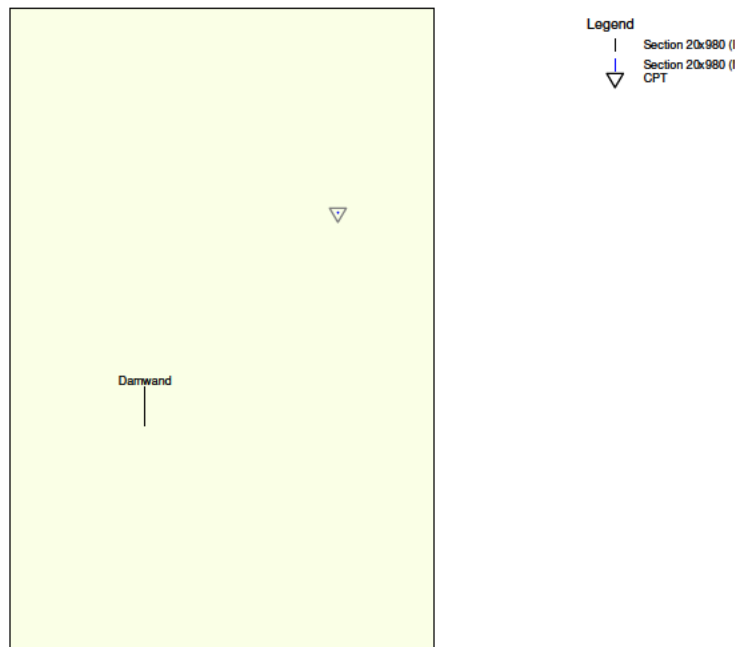
1

Number of collaborating piles* :

1

* : 0 = not defined, 1 = non rigid superstructure, >1 = rigid superstructure

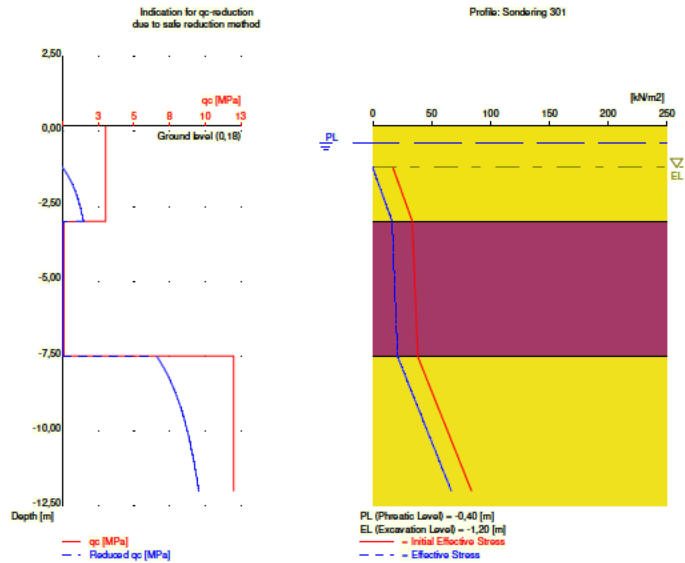
2.8.1 View of Foundation Plan



Pile nr/name	X-coordinate [m]	Y-coordinate [m]	Fc;d (EQU/STR/GEO) [kN]	Fc;d (SLS) [kN]	P0 [kN/m2]	Pile head level [m R.L.]
1: Damwan...	-5,00	-5,00	0,00	0,00	0,00	0,18

2.9 Excavation Data

Excavation level in [m. reference level] : -1,20
 Reduction model : Safe (NEN)



2.10 Overruled Parameters

All parameters according to standard.

2.11 Model Options

Use pilegroup for negative skin friction (standard)
 Do not create intermediate results file
 Use reduction for continuous flight auger piles (standard)
 Use the influence of excavations (standard).

2.12 Model Options

Selected pile types :
 -Section 20x980

Selected profiles :
 -Sondering 301

Trajectory
 -begin [m] : -1,57
 -end [m] : -1,82
 -interval [m] : 0,25

3 Bearing Piles (EC7-NL): Results Preliminary Design, Indication Bearing Capacity

3.1 Errors and Warnings

Pile Type Section 20x980:

Warning : the ratio between the smallest (a) and the largest (b) side of the crosssection of the pile base does not comply with the criterium set in NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(e): $b \leq 1.5a$. Following NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(e) Deq is set to a (Deq = a).

3.2 Remarks

When checking the survey and testing of soil according to NEN 9997-1:2016 art. 3.2.3 section (e), the program uses the provided CPT test level. It does NOT take into account possible different pile tip levels. When different pile tip levels are used in this calculation, the user itself must check for possibly required additional survey and testing of soil.

Note : The calculations performed are based on a single pile for limit state EQU/STR/GEO (= ultimate limit state). Due to the nature of preliminary design, a single pile is always assumed. A possible pileplan is disregarded when using the preliminary design option. Hence a non rigid superstructure is assumed and pile group effects are not considered.

3.3 Calculation Parameters

3.3.1 Pile Factors

gamma;b (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1,20
gamma;b (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
gamma;s (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, Limit State EQU/STR/GEO) :	1,20
gamma;s (NEN 9997-1:2016, table A.6 A.7 A.8, the Serviceability Limit State) :	1,00
xi3 (NEN 9997-1:2016, table A.10a, for N = 1) :	1,39
xi4 (NEN 9997-1:2016, table A.10a, for N = 1) :	1,39

3.3.2 Pile type : Section 20x980

Pile type :	Steel section
Materialtype for pile :	Steel
Slip layer :	None
Pile shape :	Section
beta (Shape factor: figure 7.i, NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(g) : Pile tip) :	1,00
s (NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3(h) : factor for the influence of the shape of the crosssection of the pile base) :	0,62
Pile dimensions :	
Smallest side pile tip [m] :	0,020
Largest side pile tip [m] :	0,980

Number/Name CPT	Alpha_s Sand/ Gravel	Alpha_s Clay/Loam Peat	Alpha_p
1:Sonderin..	--	--	0,7000

3.4 Results Bearing Forces for Pile type : Section 20x980

Number/Name CPT	Level [m R.L.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nsf;k [kN]	Fnsf;d [kN]	Rc;net;d [kN]
1:Sonderin..	-1.57	10	0	10	6	0	0	6
1:Sonderin..	-1.82	12	0	12	7	1	1	6

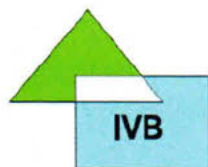
* Rc;net;d = Rc;d - Fnsf;d

3.5 Summary Net Bearing Capacity in kN

Number/Name CPT	Groundlevel [m R.L.]	Level [m R.L.]	Section 20x980 Rc;net;d [kN]
1:Sonderin..	0,18	-1,57	6,00
1:Sonderin..	0,18	-1,82	6,00

End of Report

Bijlage C: Ingenieursbureau voor bouwtechniek, IVB, controle Ophangbouten Sigma-scherf



[Redacted]
Ruysdaellaan 17
1231AR Loosdrecht

tel: (035) 5826409
mob: (06) [Redacted]
[Redacted]

Ingenieursbureau voor bouwtechniek

Project:	De Krijgsman fase 8 Variant Sigma beschoeiing
Opdrachtgever:	Expl. Mij De Krijgsman
Aannemer:	MRS Waterbouw Boesingheliede

Onderwerp: Ophangconstructie Sigma Prolock scherm

Inhoud:	Belastingen en toelichting	Blad A1
	Berekeningen	Blad A2
	Constructie	Blad A3
	Rekenschema's en proefopstelling	Blad A4
	Stuikcontroles	Blad C32
	Gegevens Prolock scherm	Blad PL1

Gevolgklasse: CC2

Materialen:

Hout	D60
Boutkwaliteit (M16)	4.6
Constructiestaal:	S235

Fundering:

Op stalen buispalen, afm. rond 88,9x4,85 mm2
Paalafstanden: h.o.h 250 mm
Berekende paalbelasting maximaal $F_{d,max}=5,66$ kN
Inheinniveau: 8,00 m -/- NAP

Tekening MRS nr. F8.SIG d.d. 13-10-2022

Werknr: 2022-2007
Berekend: [Redacted]
Datum: 18 december 2022
Gewijzigd: 11 maart 2023
Status: definitief

Sterktecontrole ophanging damwandscherm

Belastingen per m1 damwand

							Bel. Coëff.
e.g. scherm kunststof	0,150	kN/m ²	H=2,25m	g(rep)=	0,34	kN/m	x 1,2
Negatieve grondwrijving (kleef) volgens opdr.gever				F _{nk;rep} =	15,00	kN/m	x 1,4
Rekenwaarde totaalbelasting op scherm			1,2g+1,0F _{nk}	q _{d;sch} =	21,41	kN/m	
dekplank hout	10,0	kN/m ³	290	35	0,10	kN/m	
gordingen hout	10,0	kN/m ³	133	145	0,19	kN/m	
Totaal permanente belasting				g(rep;tot)=	0,29	kN/m	x 1,2
Variabele belasting:	40%	5,0	290	q(rep)=	0,58	kN/m	x 1,5
Rekenwaarde belasting op gordingen			1,2g+1,5q	q _d =	1,22	kN/m	
Totale belasting scherm + gordingen				q _{d(totaal)} =	22,63	kN/m	
				Palen h.o.h.=	0,25	m	
Rekenwaarde paalbelasting:				F _d =	5,66	kN	
Rekenwaarde belasting op boutsteel per zijde				F _{v;Ed} =	2,83	kN	

Materialen

Stalen buispalen		S235
Kunststof damwand	Buigtreksterkte f _{m;0;rep} =	60,00 N/mm ²
Materiaalfactor	γ _m =	1,20
Modificatiefactor lange duur	k _{mod} =	0,45
Rekenwaarde lange duur sterkte	f _{u;d} =	22,50 N/mm ²

Toelichting

Elke paal wordt belast met de afdracht van de verticale schermbelasting q_d=21,41 kN/m (F_d;paal=5,66 kN)
 De belasting wordt via een bout aan twee zijden gelijk op de paal afgedragen. (2,83 kN per zijde)
 De houten gordingen hebben geen dragende functie anders dan een toevallige bijdrage aan lastspreiding.

Controleberekeningen

1. De kunststof damwand wordt getoetst op stuik voor contactvlak kunststof/boutsteel
2. De schuifspanning boven het gat in de kunststof plaat wordt gecontroleerd
3. De wand van de stalen buispaal wordt getoetst op stuik voor contactvlak buiswand/boutsteel
4. De toe te passen bout wordt berekend op buiging en dwarskracht

Opmerking

Het kunststof materiaal PVC is isotroop (betreft geen wand met verticale glasvezel versterking)
 Voor berekening 1 en 2 zijn de staaltoetsregels toegepast met als rekensterkte 22,50 N/mm²
 Om aanvullend zekerheid te stellen voor de kunststof/boutsteel verbinding is een proefbelasting nodig
 Voor een eenvoudige proefopstelling zie blad A4

Berekeningen (voor schema's zie blad A4)

Blad A2
WN 2007

1. Stuikbelasting op kunststofwand

Wanddikte	5,0	mm
bout, belast op de steel (niet op de draad)	16,0	mm
bouten h.o.h.	250	mm
stuikbelasting per wandzijde	2,83	kN
UGT stuikkracht (voor kunststof $f_{u;d}=22,5\text{N/mm}^2$)	3,60	kN
berekend volgens staalformules U.C. =	0,79	akkoord
zie blad C32		

2. Schuifspanning boven het gat

Gatdiameter	18,0	mm
lengte schuifvlakken boven het gat	50	mm
Plaatdikte	5,0	mm
oppervlak van twee schuifvlakken	2A= 500	mm ²
Schuifkracht	2,83	kN
Schuifspanning boven gat	5,7	N/mm ²
Toegestane schuifspanning	Wortel($3 \times 22,5^2$)= 13,0	N/mm ²
	U.C.= 0,44	akkoord

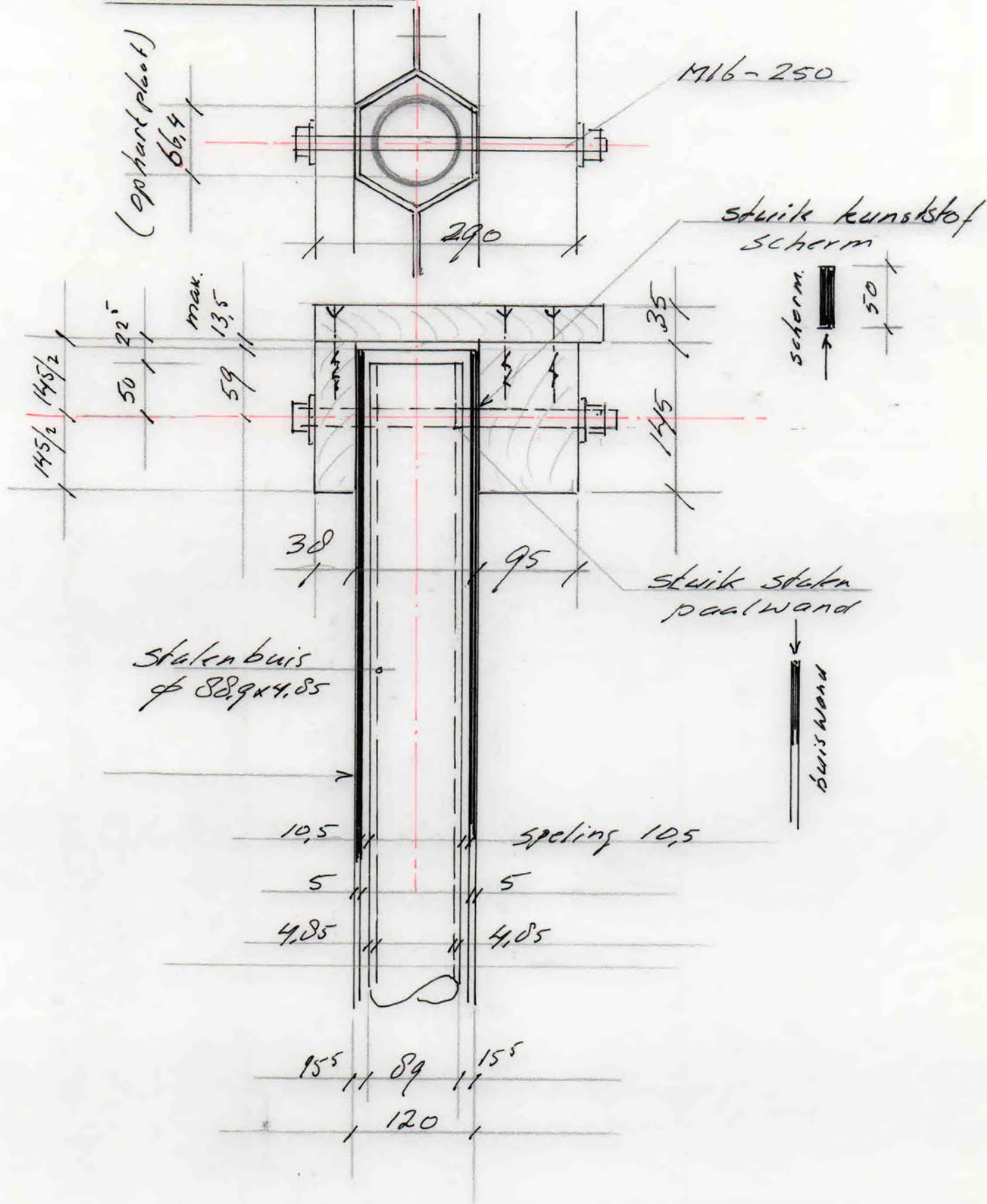
3. Stuikbelasting op wand stalen buispaal

Belasting op buiswand	$F_v, E_d =$ 2,83	kN
Contactvlak bout/buiswand	A= 77,6	mm ²
Staalsoort buis (S235)	$f_c, d =$ 235,0	N/mm ²
UGT stuikkracht	$F_b, R_d =$ 36,5	kN
Zie blad C32	U.C.= 0,08	akkoord

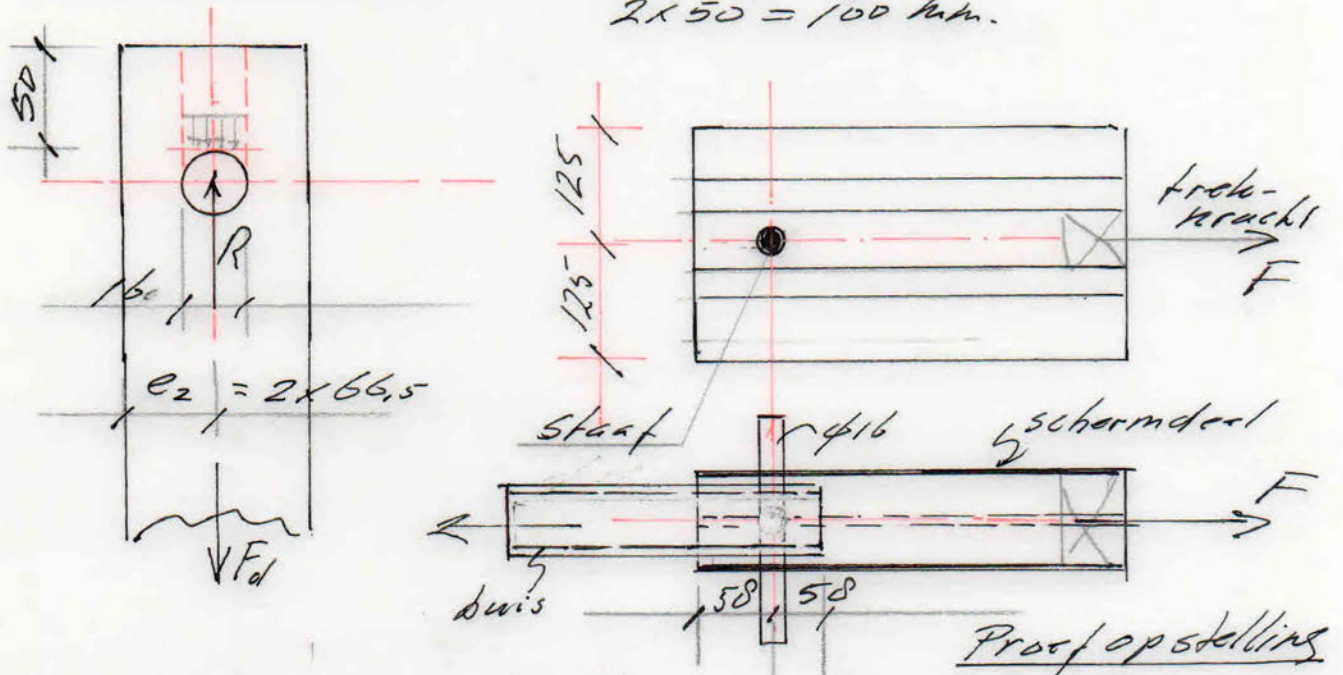
4. Sterktecontrole boutsteel

Schermwanddikte	120	mm	
Kunststof wanddikte	5	mm	
Uitwendige buisdiameter	88,9	mm	
Buiswanddikte buis R88,9x4,85	4,85	mm	
Straal hart buiswand	42,0	mm	
Boutdiameter	16,0	mm	
gathoek buiswand	21,9	gr	
buiswanden t.p.v. bout r16 h.o.h.	83,3	mm	
Prolockwanden h.o.h.	115,0	mm	
Ruimte tussen paalwand en Prolockwand	21,1	mm	totaal
afstand hart schermwand en paalwand	15,9	mm	centrische paalstand
max. afst. tussen schermwand en paalwand	26,4	mm	excentrische paalstand
belasting op de boutsteel	2,83	kN	
Moment op boutsteel	$M_d; \max =$ 0,0747	kNm	doorsnede toetsing
Toe te passen bout M16 (4.6)	$A(\text{nom}) =$ 200	mm ²	NEN-EN1993-1-1(6.12): UC = 0,
D(kern)= 14,7 mm	$A(\text{kern}) =$ 170	mm ²	
Weerstandsmoment boutsteel R16	402	mm ³	boutkwal. 4.6
Buigspanning boutsteel	186	N/mm ²	
Schuifspanning bout op de steel	14,1	N/mm ²	op de steel
Gecombineerde spanning buiging + schuif	187,4	N/mm ²	< 240 N/mm ² , akk.
	U.C.= 0,78		

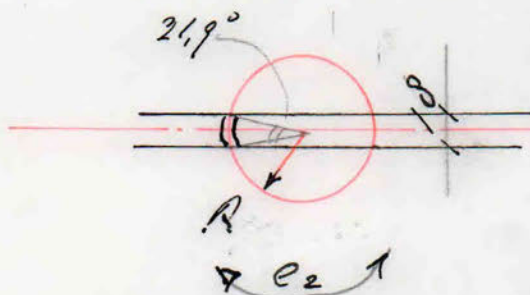
CONSTRUCTIE



stuk schermwand en schuiflaag
 $2 \times 50 = 100 \text{ mm.}$



stuk stalen buiswand

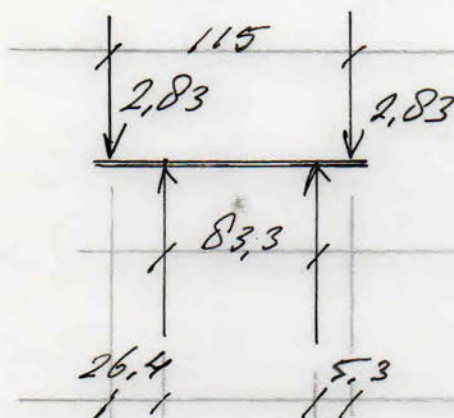


$$R = 42 \text{ mm (gemidd.)}$$

$$e_2 \approx 17R - 18 = 114$$

$$\text{Verticaal: } e_1 = 1000 \text{ (fictief)}$$

Buiging bootsteel



$$M_d = 2.83 \times 0.0264 = 0.0747$$

$$V_d = 2.83 \text{ kN} \quad \text{kNm}$$

Boutcontrole volgens NEN-EN 1993-1-8+C2

Op stuk belast	$\gamma_{M2} =$	1,25	
buiswand	$F_{v,Ed} =$	2,83	kN
kunststof scherm	$F_{v,Ed} =$	2,83	kN
bout op de steel belast			

stuikweerstand buiswand/boutsteel

$f_{u,d} =$	235	N/mm ²	staalsterkte	
$e_1 =$	59,4	mm	$\max 4t + 40 =$	59,4
$e_2 =$	59,4	mm	$\max 4t + 40 =$	59,4
$p_1 =$	67,9	mm	max. 14t	
$p_2 =$	67,9	mm	max. 14t	
$d_s =$	16	mm	steel	
$d_o =$	18	mm	gat	
$t =$	4,85	mm	plaat	
$k_1 =$	2,50	min. -->	3,58	2,50
$\alpha_b =$	1,00	eindbout	1,00	1,10
$F_{b,Rd} =$	36,5	kN		
$F_{v,Ed} =$	2,83	kN		
U.C. =	0,08	akkoord		

stuikweerstand scherm/boutsteel

$f_{u,d} =$	22,5	N/mm ²	treksterkte materiaal	
$e_1 =$	58	mm	$\max 4t + 40 =$	60
$e_2 =$	60	mm	$\max 4t + 40 =$	60
$d_s =$	16	mm	steel	
$d_o =$	18	mm	gat	
$p_1 =$	70	mm	max. 14t	
$p_2 =$	70	mm	max. 14t	
$t =$	5,00	mm	plaat	
$k_1 =$	2,50	min. -->	3,74	2,50
$\alpha_b =$	1,00	min. -->	1,00	1,07
$F_{b,Rd} =$	3,60	kN		
$F_{v,Ed} =$	2,83	kN		
U.C. =	0,79	akkoord		

Schuifweerstand boutsteel

$F_{v,Rd} =$	23,04	kN	Bouten M16 (4.6)
U.C. =	0,123	akkoord	NEN-EN 1993-1-8 tabel 3.4

2,82

Afschuiving + trek

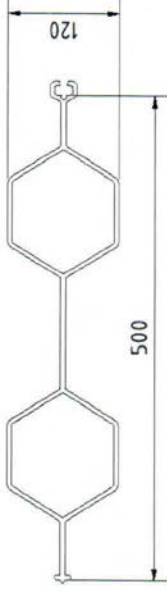
$F_{t,Ed} =$	10	kN	licht aangedraaide bouten
$F_{t,Rd} =$	48	kN (steel)	
U.C. =	0,272	tabel 3.4	

Buigspanning bout	$M/W_{(steel)} =$	74700/402 =	185,8	N/mm ²
Afschuiving + trek + buigtrek	U.C. =	0,824		



sustainable bank protection

Prolock Sigma



Prolock scherm				PVC			
Buigstijfheid		EI_{rep}		34.7		$[kNm^2/m]$	
Max karakteristiek moment		M_{ix}		13.35		$[kNm/m]$	
Max representatief moment (lange/korte duur)		M_{rep}		6.01 / 6.68		$[kNm/m]$	
Modificatiefactor (lange/korte duur)		k_{mod}		0.45 / 0.5		$[-]$	
Materiaal factor		Y_m		1.2		$[-]$	
Hoogte		h		120		$[mm]$	
Breedte		b		500		$[mm]$	
Sectie oppervlak		A		100.9		$[cm^2/m]$	
Weerstandsmoment		W_{el}		222.5		$[cm^3/m]$	
Traagheidsmoment		I_y		1335		$[cm^4/m]$	
Buigsterkte		$f_{m,rep}$		60.0		$[N/mm^2]$	
Max Rekenmoment (lange/korte duur)		M_{red}		5.0 / 5.6		$[kNm/m]$	

PVC				Staal 355			
Buigsterkte		$f_{m,rep}$		5235		5235	5355
Materiaal factor		Y_m		0		0	0
Modificatiefactor (lange/korte duur)		k_{mod}		88.9		88.9	88.9
Modificatiefactor korteduur		k_{mod}		3		4.85	4.85
Krimpfactor		k_{kri}		2		4	4
Buigsterkte		$f_{m,red}$		314		477	953
E modulus		E_{red}		791		23.99	36.25
Gewicht (vierkante meter)		G		100		100	100
Gewicht (strekende meter)		G		7.91		23.99	36.25

Palen				Staal 235				Staal 355			
Kwaliteit		C18		C24		C24		5235		5235	5355
Vorm		●		●		●		0		0	0
Afmeting		100		100		100		88.9		88.9	88.9
Wanddikte		d						3		4.85	4.85
Aantal		2		4		4		2		4	4
Sijfheid		88		177		108		314		477	953
Max karakteristiek moment		M_{ix}		3.53		7.07		7.91		23.99	36.25
Max representatief moment (lange/korte duur)		M_{rep}		2.11 / 2.68		4.22 / 5.37		7.91		23.99	36.25
Modificatiefactor (lange/korte duur)		k_{mod}		0.60 / 0.76		0.60 / 0.76		100		100	100
Materiaal factor (lange/korte duur)		Y_m		1.3		1.3		1		1	1
Sectie oppervlak		A		157		314		16		26	51
Weerstandsmoment		W_{el}		196		393		34		51	102
Karakteristieke buigsterkte		$f_{m,rep}$		18		18		235		235	355
Max Rekenmoment (lange/korte duur)		M_{red}		1.62 / 2.06		3.24 / 4.13		6.77 / 8.62		15.81	23.99

Combinatie				Staal 235				Staal 355			
Buigstijfheid		EI_{rep}		123		211		511		988	988
Max karakteristiek moment		M_{ix}		16.88		20.42		25.35		37.34	49.60
Max representatief moment (lange/korte duur)		M_{rep}		8.12 / 9.36		10.22 / 12.04		18.00 / 18.67		30.00 / 30.67	42.25 / 42.92
Modificatiefactor (lange/korte duur)		k_{mod}		0.48 / 0.55		0.50 / 0.59		0.75 / 0.77		0.80 / 0.82	0.85 / 0.87
Materiaal factor (lange/korte duur)		Y_m		1.22 / 1.23		1.24 / 1.06		1.06 / 1.03		1.03 / 1.02	1.02 / 1.01
Element breedte		b		500		500		500		500	500
Sectie oppervlak		A		258		415		133		152	152
Weerstandsmoment		W_{el}		419		615		274		325	325
Max Rekenmoment (lange/korte duur)		M_{red}		6.63 / 7.63		8.25 / 11.41		17.00 / 18.21		29.00 / 30.21	41.25 / 42.47

Prolock is product van

Profex tru

Onder voorbehoud van verm- en zelfouden

Nederland

Bruchtenweg 88, Hardenberg | T +31 (0) 523 654 011 | www.prolock.nl

PVC

Buigsterkte	$f_{m;0,rep}$	60	[N/mm ²]
Materiaal factor	γ_m	1,2	[-]
Modificatiefactor langeduur	k_{mod}	0,45	[-]
Modificatiefactor korteduur	k_{mod}	0,5	[-]
Krimpfactor	k_{def}	1,5	< 15j
	k_{def}	2,3	> 15j
Buigsterkte	$f_{u;d}$	22,5	[N/mm ²]
	$f_{u;d}$	25,0	[N/mm ²]
E modulus	E_{rep}	2600	[N/mm ²]
Gewicht (vierkante meter)	G	14,6	[kg/m ²]
Gewicht (strekken meter)	G	7,1	[kg/m']

Azobé	Azobé	Staal 235	Staal 235	Staal 235	Staal 235	Staal 355
D70	D70	S235	S235	S235	S235	S355
■	■	0	0	0	0	0
76	76	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9
		3	3	4,85	4,85	4,85

Prolock scherm

PVC

Buigstijfheid		EI_{rep}	34,7	$[kNm^2/m']$
Max. karakteristiek moment		$M_{r;k}$	13,35	$[kNm/m']$
Max. representatief moment (lange/korte duur)		$M_{r;r,rep}$	6,01 / 6,68	$[kNm/m']$
Modificatiefactor (lange/korte duur)		k_{mod}	0,45 / 0,5	$[-]$
Materiaal factor		γ_m	1,2	$[-]$
Hoogte		h	120	$[mm]$
Breedte		b	500	$[mm]$
Sectie oppervlak		A	100,9	$[cm^2/m']$
Weerstands moment		W_{el}	222,5	$[cm^3/m']$
Traagheidsmoment		I_y	1335	$[cm^4/m']$
Buigsterkte		$f_{m;0;r,rep}$	60,0	$[N/mm^2]$
Max. Rekenmoment (lange/korte duur)		$M_{r;d;el}$	5,0 / 5,6	$[kNm/m']$

Naaldhout Naaldhout Naaldhout

Kwaliteit		C18	C18	C24	C24
Vorm		●	●	●	●
Afmeting	D_{out}	100	100	100	100
Wanddikte	d				
Aantal		2	4	2	4