

LCA Rapportage categorie 3 productkaarten

Hoofdstuk 56:05 warmtedistributie; verwarmingslichamen

Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)
Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren,

Datum rapportage: 6 April 2023
Versie rapportage: 2.0

Opdrachtgever: Stichting Nationale Milieudatabase
Opdrachtnemer(s): Dispersed & Arcadis Nederland B.V.

Auteur(s): Edwin van Leth, Dispersed
Vince Evers, Dispersed
Marie Ernst, Arcadis Nederland B.V.
Peer reviewer(s): Gert-Jan Vroege, Eco-Intelligence

(Deel)producten / Productkaarten onderdeel LCA-rapportage
Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)
Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren, leidingen: PE-Rt + toebehoren

Wijzigingenregister

Versie rapport	Datum	Opsteller	Peer Reviewer	Gewijzigde productkaarten	Toelichting
1.0	21-03-2023	<i>Edwin van Leth</i>	Gert-Jan Vroege	n.v.t	Nieuwe productkaart
2.0	5-4-2023	Edwin van Leth	Gert-Jan Vroege	n.v.t	Nieuwe productkaart
3.0	11-12-2023		Gert-Jan Vroege		Laatste aanpassingen nav invoer en schaling aangepast

Toelichting: Wanneer er verschillende versies zijn gehanteerd voor de (deel)producten / productkaarten in het rapport (bijv. als er (deel)producten / productkaarten op een later moment zijn toegevoegd), dient dit hier duidelijk te zijn aangegeven welke (deel)producten / productkaarten zijn opgesteld met de desbetreffende versie van het rapport

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
1. Inleiding	5
Doelstelling en doelgroep	6
Verantwoording	6
Leeswijzer	7
2. Methode	8
Aanpak	8
Scope	8
Productbeschrijving	8
Systeemgrenzen	9
3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)	10
Dataverzameling	10
Specificatie en decompositie deelproducten in materialen en processen	10
3.2.2 Decompositie Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat) & Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren	11
4. Resultaten	26
Berekening milieuprofiel	26
Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat	27
Gekarakteriseerde en gewogen resultaat variant 1: vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)	27
Gekarakteriseerde en gewogen resultaat variant 2: vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren	29
Duiding van de resultaten (Zwaartepuntanalyse)	31
Zwaartepuntanalyse variant 1: vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)	31
Zwaartepuntanalyse variant 2: vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren	33
Gevoeligheidsanalyse	35
5. Referenties	36
6. Bijlagen	37
Bijlage I: Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat per module per deelproduct	37
Bijlage II: Schalingformules	39

1. Inleiding

Deze LCA¹-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in Hoofdstuk 56.5 in de Nationale Milieudatabase².

De B&U-data in de Nationale Milieudatabase wordt gebruikt voor het berekenen van de materiaalgebonden milieuprestatie van bouwwerken (MPG-berekening). De milieuprestatie wordt berekend door middel van de bepalingen in de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken'³. Met rekeninstrumenten zoals GPR Materiaal⁴ kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MPG-berekening voor een bouwwerk berekend worden.

De milieuprestatieberekening is een objectief hulpmiddel in het ontwerpproces en het kan gebruikt worden in een Programma van Eisen om het resultaat van een ontwerpproces vast te leggen.

Stichting NMD wil regelmatig de categorie 3 data in de Nationale Milieudatabase actualiseren en verbeteren. Hierop kan iedereen inspraak geven. In de paragraaf "Verantwoording" wordt toegelicht hoe verbeterpunten voor de categorie 3 data bij Stichting NMD kunnen worden aangedragen.

Categorie 3 data wordt automatisch geactualiseerd als Stichting NMD de NMD-basisprocessendatabase actualiseert, bijvoorbeeld als gevolg van een update van de EcoInvent database of wijziging in verwerking-scenario's einde leven. Dit kan betekenen dat de waarden die in deze rapportage zijn beschreven, zullen verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de NMD-Basisprocessendatabase en van de Bepalingsmethode zijn gebruikt voor het opstellen van de data en deze rapportage. De meest actuele categorie 3 data kan altijd ingezien worden in de gevalideerde rekeninstrumenten, zoals GPR Materiaal.

¹ LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

² Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

³ Meer informatie over de Bepalingsmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

⁴ Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van warmtedistributiesystemen op basis van hoofdstuk 56. van de functionele beschrijvingen B&U. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de categorie 3 productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD).

De onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage zal, naast de ingevoerde productkaarten, worden aangeboden aan de NMD en via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt aan de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de B&U-sector als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de B&U-sector als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.
- Opstellers van LCA's om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van de categorie 3 data.

Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten B&U", welke in lijn is met de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de laatste versies van de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804-A2*)⁵. Bij het uitvoeren is gebruik gemaakt van de databronnen conform **Fout!**

Verwijzingsbron niet gevonden..

De LCA is in samenwerking met Stichting Nationale Milieudatabase, uitgevoerd door Dispersed en Arcadis Nederland B.V. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode Januari 2023 tot Maart 2023 waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld, is niet volledig getoetst conform het toetsingsprotocol door een erkend LCA deskundige. Echter de studie is wel intern getoetst door Gert-Jan Vroege van Eco-Intelligence met behulp van de "peer review" conform "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten B&U". In deze crosscheck is gekeken naar o.a. de uitgangspunten van productsamenstelling en materiaalgebruik op basis van ontwerp- en praktijkkennis. Ook is de rekenwijze gecontroleerd.

De productkaarten zoals deze op basis van deze studie zijn ingevoerd, zijn in beheer bij Stichting NMD. De studie is zorgvuldig uitgevoerd. Indien echter een derde van mening is dat de ingevoerde productkaarten en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan er een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek conform haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail gestuurd worden aan info@milieudatabase.nl.

⁵ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** wordt de methode voor de LCA beschreven. Hierin zijn onder andere de scope, systeemgrenzen en de functionele eenheid vastgelegd.

In hoofdstuk 3 staat de levenscyclusinventarisatie. De productbeschrijving, productsamenstelling en de inventarisatie van de levenscyclusanalyse komen hierin aan bod.

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de zwaartepuntanalyse beschreven.

2. Methode

Aanpak

Dit rapport beschrijft alle (deel)producten binnen dit B&U-hoofdstuk, welke binnen hetzelfde hoofdstuk als een productkaart in de NMD staan.

Voor alle deelproducten geldt dat de voorgrond -en achtergronddata is geïnventariseerd conform eisen en richtlijnen uit het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten B&U", waarbij alle componenten en bijbehorende onderbouwingen beschreven zijn.

Scope

De studie is gericht op hoofdstuk 56.5 van de functionele beschrijvingen B&U, waarbij de volgende onderdelen meegenomen in deze studie:

- Het geheel van afgiftevoorzieningen van vloerverwarming
- Geïntegreerde regelingen en metingen

Productbeschrijving

Productomschrijvingen

56.05 warmteditributiesystemen, verwarmingslichamen

Functionele eenheid van warmteditributie, verwarmingslichamen; per m2

In de onderstaande **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de verschillende deelproducten opgenomen met daarbij de gebruikte versie van de Bepalingsmethode, NMD, EcolInvent, de rekenmethode en de gebruikte software.

Tabel 1 Deelproducten

Hoofdstuk 56.5: warmteditributie; verwarmingslichamen						
Deelproducten	Eenheid	Versie Bepalingsmethode	NMD-processendatabase versie	EcolInvent versie ⁶	Rekenmethode	Software incl. versie
Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)	Per m2	1.1	3.4	3.6	3.4	Simapro 9
Vloerverwarming, Industrieel	Per m2	1.1	3.4	3.6	3.4	Simapro 9

⁶ Wanneer er verschillende versies zijn gehanteerd, bijvoorbeeld als er productkaarten op een later moment zijn toegevoegd, dan dient dit hier duidelijk te zijn aangegeven welke productkaarten zijn opgesteld met de desbetreffende versie.

Systeemgrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In Tabel 2, volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen, waarbij in Tabel 2: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie, ND: niet gedeclareerd) Tabel 2 tevens de productkaarten zijn opgenomen die afwijkende systeemgrenzen hebben.

	Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productiesysteem
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
	Winning	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervanging	Verbouwen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finale afvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinn
Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabel 2: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie, ND: niet gedeclareerd)

In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

- emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO₂, CO, NO_x (N₂), SO₂, C_xH_x en fijnstof (PM10 deeltjes < 10µm);
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10µm);
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen.

3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk worden de productbeschrijving, productsamenstelling en de decompositie besproken van de onderdelen, zoals beschreven in de scope van hoofdstuk 2.

Dataverzameling

Voor het bepalen van de productsamenstelling, het materiaalgebruik en de bijbehorende processen is van generieke / gemiddelde producten en processen, welke representatief zijn voor het (deel)product inclusief onderbouwing. Per (deel)product zijn per module de uitgangspunten en bronnen beschreven en gebaseerd op:

- Forfaitaire achtergrondprocessen, transportafstanden en scenario's conform de NMD Bepalingsmethode
- Deskresearch, minimaal 2 verschillende gedocumenteerde en vastgelegde bronnen indien beschikbaar
- Expert judgement: praktijkinformatie (B&U-kennis) vanuit een ingenieursbureau, aannemer, opdrachtgever en/of producent met daarbij een korte onderbouwing van de achtergrond van de expert. Minimaal 2 verschillende bronnen indien beschikbaar.
- Vergelijkbare categorie 3 productkaarten in vergelijkbare toepassingen

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 conform eisen en richtlijnen uit het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten B&U".

Vanuit de NMD processendatabase geeft de Bepalingsmethode ook forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden.

Specificatie en decompositie deelproducten in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïnventariseerd. De gehanteerde decompositie is opgenomen in deze paragraaf waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In tabel 3 t/m 4 wordt per (deel)product aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn. Indien er (deel)producten met schaling zijn toegepast, is in Bijlage II de uitgebreide onderbouwing opgenomen.

3.2.2 Decompositie Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat) & Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren

Er zijn 2 varianten uitgewerkt, de eerste heeft een toepassing in een (nieuwbouw) woning, daarbij is het uitgangspunt voor de ruimtetemperatuur 20°C, de aanvoertemperatuur 45°C en de retourtemperatuur 35°C. Voor de afwerkvloer is uitgegaan van een gietvloer met een vloerafwerking van linoleum. Let wel, de afwerkvloer en vloerafwerking zijn geen onderdeel van het LCA-model, deze zijn enkel relevant voor het bepalen van de warmte afgifte per m² en het bepalen van de schaling. (WTH, 2023) (Zeventer, 2023)

De tweede variant heeft een industriële toepassing. Voor deze variant gelden dezelfde temperaturen als voor variant 1, echter is hier gekozen voor een afwerkvloer van zand/cement, in combinatie met een variso thermische vloerafwerking. Ook hier geldt, de gekozen afwerkvloer en vloerafwerking is niet van invloed op de materialisatie, dit is enkel relevant voor het bepalen van de warmte afgifte per m². Er is voor het bepalen van de warmte afgifte uitgegaan van de meest relevante opties in de huidige markt en dit is uitgebreid besproken met Eric van Zeventer (expert judgement). Ook worden hier PE-Rt buizen gebruikt met een grotere doorsnede. Dit wordt verder toegelicht onder Productiefase (A1-A3). Onderstaand worden eerst de standaardmaten van beide varianten toegelicht, waaropvolgend per fase wordt toegelicht wat er is meegenomen in het model. Tevens zal per fase worden aangegeven om welke variant het gaat, indien er verschillen zijn tussen de varianten. (WTH, 2023) (Zeventer, 2023)

Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)

- Korte omschrijving: Vloerverwarming voor toepassing in een (nieuwbouw) woning, met PE-Rt buizen van 16mm doorsnede, aangebracht op noppenplaat.
- Toepassing in het bouwwerk: De vloerverwarming wordt toegepast in een woning of industrieel gebouw
- (Functionele) Eenheid⁷: 1 m²
- Levensduur (jaar):
 - Levensduur vloerverwarming: 50 jaar
 - Levensduur verdeler: 20 jaar
 - Levensduur pomp: 20 jaar
- Schaling (indien van toepassing):
 - De standaardchalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 100mm
 - Warmte afgifte: 135 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.837kg
 - De minimale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 500mm
 - Warmte afgifte: 68 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.167kg
 - De maximale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 85mm
 - Warmte afgifte: 138 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.984kg

⁷ Conform stappenplan Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten

- Het aantal W/m² de bepalende factor in de schalingsformule. De schaling is geldig tussen 70 en 140 W/m² voor de waarde van x.
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) :
 - 2.12kg
- Dichtheden (kg/m³) :
 - PE buis 951 kg/m³; (Brass & Fittings, S.L., 2021)
 - Noppenplaat 40kg/m³; (Brass & Fittings, S.L., 2021)
 - EPS isolatie 40 kg/m³ (Brass & Fittings, S.L., 2021)
- Breedte (m) : 1
- Hoogte (m) : n.v.t
- (Buiten of binnen) Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m); n.v.t.

Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren

- Korte omschrijving: Vloerverwarming woning en industrieel
- Toepassing in het bouwwerk: De vloerverwarming wordt toegepast in een woning of industrieel gebouw
- (Functionele) Eenheid⁸: 1 m²
- Levensduur (jaar):
 - Levensduur vloerverwarming: 50 jaar
 - Levensduur verdeler: 20 jaar
 - Levensduur pomp: 20 jaar
- Schaling (indien van toepassing):
 - De standaardschalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 150mm
 - Warmte afgifte: 104 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.753kg
 - De minimale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 500mm
 - Warmte afgifte: 46 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.226kg
 - De maximale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 85mm
 - Warmte afgifte: 127 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 1.329kg
 - Het aantal W/m² de bepalende factor in de schalingsformule. De schaling is geldig tussen 45 en 130 W/m² voor de waarde van x.
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) :
 - 4.24kg
- Dichtheden (kg/m³) :
 - PE buis 951 kg/m³; (Brass & Fittings, S.L., 2021)
 - Noppenplaat 40kg/m³; (Brass & Fittings, S.L., 2021)
 - EPS isolatie 40 kg/m³ (Brass & Fittings, S.L., 2021)
- Breedte (m) : 1
- Hoogte (m) : n.v.t
- (Buiten of binnen) Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m); n.v.t.

⁸ Conform stappenplan Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten

Productiefase (A1-3)

- Variant 1, Vloerverwarming woning, leidingen: PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)
Deze variant heeft een toepassing in een (nieuwbouw) woning, daarbij is het uitgangspunt voor de ruimtetemperatuur 20°C, de aanvoertemperatuur 45°C en de retourtemperatuur 35°C. Voor de afwerkvloer is uitgegaan van een gietvloer met een vloerafwerking van linoleum. Let wel, de afwerkvloer en vloerafwerking zijn geen onderdeel van het LCA-model, deze zijn enkel relevant voor het bepalen van de warmte afgifte per m² en het bepalen van de schaling. De vloerverwarming gebruikt PE-Rt buizen met een doorsnede van 16mm en wanddikte van 2mm, dit zijn de meest toegepaste buizen in hedendaagse systemen, en zijn geschikt voor om te verwarmen tot maximaal 70 graden celcius. De hart-op-hart afstand is 10cm, een veelgebruikte afstand bij vloerverwarmingssystemen in woningen. Per m² is er dan 10m aan PE-Rt buis nodig (lengte). De PE-Rt buizen worden op noppenplaat vastgezet. Deze noppenplaten zijn veelal gemaakt van EPS (Brass & Fittings, S.L., 2021) (Interplast, 2021). De afwerking van de vloer is niet meegerekend in de functionele eenheid van de vloerverwarming. Wel is de verdeler gemodelleerd op basis van de EPD van Brass & Fittings, S.L. (2021). Ook is de waterpomp gemodelleerd. De gemodelleerde pomp is gebaseerd op een aanwezige pomp in de Ecolnvent database, te weten "pump production, 40W". Dit is een type waterpomp die ook in vloerverwarming voorkomt. Per m² is 1/100^e pomp nodig, de decompositie van de pomp is terug te vinden in tabel 3, als extra referentie is ook waterpompshop geraadpleegd voor specificaties en decomposities van verschillende pompen. De hoeveelheid benodigde elektronica in de pomp is ingeschat op basis van het gewicht van de pomp (2.1 kg), omdat in de pomp enkel wat slimme elektronica zit om de pomp aan te sturen is aangenomen dat het hier gaat om ongeveer <1% van het totaalgewicht. Dit is gecontroleerd middels expert judgement (Zeventer, 2023). De andere elementen van de pomp wegen aanzienlijk zwaarder. Van de hoeveelheid elektronica in de pomp is tevens geen goede referentie beschikbaar via EPDs of product specifieke informatie. Ook via waterpompshop.nl is geen informatie gevonden m.b.t de specifieke hoeveelheid elektronica in verschillende waterpompen. Op basis van de genoemde <1% is ingeschat dat de hoeveelheid actieve elektronica neerkomt op 20g per pomp. Per functionele eenheid is 1/100^e pomp vereist dus ook het aandeel elektronica per functionele eenheid wordt gedeeld door 100. De hoeveelheid verpakkingsmateriaal is gebaseerd op de EPD van Brass & Fittings. (Brass & Fittings, S.L., 2021) (Interplast, 2021) (Technea, 2022) (Waterpompshop, 2023)

- Variant 2, Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren
De tweede variant heeft een industriële toepassing. Ook daarbij is het uitgangspunt voor de ruimtetemperatuur 20°C, de aanvoertemperatuur 45°C en de retourtemperatuur 35°C. Ook hier geldt dat de gekozen afwerkvloer en vloerafwerking niet van invloed zijn op de materialisatie, dit is enkel relevant voor het bepalen van de warmte afgifte per m². Er is voor het bepalen van de warmte afgifte uitgegaan van de meest relevante opties in de huidige markt en dit is uitgebreid besproken met Eric van Zeventer (expert judgement). In deze variant worden PE-Rt buizen gebruikt met een doorsnede van 20mm en een wanddikte van 2mm. Een belangrijk verschil is echter de Hart-op-Hart (HoH) afstand tussen de buizen. In een industriële toepassing wordt vaak een ruimere HoH afstand gebruikt, er is in het model uitgegaan van een HoH van 15cm. Hierdoor is per m² slechts 7m PE-Rt buis nodig (lengte). Daarnaast wordt deze vloerverwarming toegepast in een betonvloer waarin ook draadstaalnetten aanwezig zijn. In dit type vloerverwarming is een isolatielaag aanwezig van 50mm, gemaakt van EPS (Brass & Fittings, S.L., 2021) (Interplast, 2021) (Technea, 2022) (Zeventer, 2023).

De afwerking van de vloer is niet meegerekend in de functionele eenheid van de vloerverwarming. De gemodelleerde pomp is gebaseerd op een aanwezige pomp in de Ecolnvent database, te weten “pump production, 40W”. Dit is een type waterpomp die ook in vloerverwarming voorkomt (Waterpompshop, 2023). Per m² is 1/100^e pomp nodig, de decompositie van de pomp is terug te vinden in tabel 3, als extra referentie is ook waterpompshop geraadpleegd voor specificaties en decomposities van verschillende pompen. De hoeveelheid benodigde elektronica in de pomp is ingeschat op basis van het gewicht van de pomp (2.1 kg), omdat in de pomp enkel wat slimme elektronica zit om de pomp aan te sturen is aangenomen dat het hier gaat om ongeveer <1% van het totaalgewicht. Dit is gecontroleerd middels expert judgement (Zeventer, 2023). De andere elementen van de pomp wegen aanzienlijk zwaarder. Van de hoeveelheid elektronica in de pomp is tevens geen goede referentie beschikbaar via EPDs of product specifieke informatie. Ook via waterpompshop.nl is geen informatie gevonden m.b.t de specifieke hoeveelheid elektronica in verschillende waterpompen. Op basis van de genoemde <1% is ingeschat dat de hoeveelheid actieve elektronica neerkomt op 20g per pomp. Per functionele eenheid is 1/100^e pomp vereist dus ook het aandeel elektronica per functionele eenheid wordt gedeeld door 100. De hoeveelheid verpakkingsmateriaal is gebaseerd op de EPD van Brass & Fittings (Brass & Fittings, S.L., 2021) (Interplast, 2021) (Technea, 2022) (Waterpompshop, 2023) (Zeventer, 2023)

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingsmethode zijn toegepast:

- 150 km transport naar bouwwerk
- 50 km transport voor einde-leven naar sorteerlocatie (is ook totale afstand voor gedeelte recycling)
- 100 km transport totaal voor einde-leven naar stort
- 150 km transport totaal naar AVI

Constructiefase (A5)

- Variant 1 (vloerverwarming woning, noppenplaat):

De vloerverwarming wordt op locatie aangebracht middels vastklikken op noppenplaat . Voor het installeren is gerekend met een bouwmachine van 600W die voor 30 seconden wordt gebruikt. Ook worden in deze fase forfaitaire installatieverliezen gerekend t.w.v. 5% van module A1-A3 in lijn met de bepalingsmethode voor in-situ producten, alsmede het transport, verwerken, storten en/of verbranden van deze verliezen.

- Variant 2 (Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren):

De vloerverwarming wordt op locatie aangebracht middels frezen in de vloer. Frezen gebeurt met een frees met een vermogen van 2.2kW. Er is ingeschat dat het per m² gemiddeld 5 minuten kost om te frezen en dat de frees niet continue op maximaal vermogen draait. We rekenen daarom met 1.8kW. Er wordt daarom per functionele eenheid (1 m²) gerekend met 0.15kWh. Ook worden in deze fase forfaitaire installatieverliezen gerekend t.w.v. 5% van module A1-A3 in lijn met de bepalingsmethode voor in-situ producten, alsmede het transport, verwerken, storten en/of verbranden van deze verliezen.

Gebruiksfase (B1-B5)

Binnen de functionele eenheid vind er vervanging plaats van onderdelen. Zo wordt in beide varianten de verdeler 1.5 maal vervangen binnen de functionele eenheid en de pomp wordt ook 1.5 maal vervangen binnen de levensduur van de vloerverwarming. Om deze reden wordt in module B4 1.5x de

productie, het transport, de installatie en het verwijderen en verwerken van de te vervangen componenten meegenomen.

Sloopfase (C1)

Variant 1

Variant 1 betreft een thuis systeem waarbij de vloerverwarming is vastgeklit op noppenplaat. Voor het verwijderen is dezelfde afname gedaan als voor het installeren, namelijk dat deze vloerverwarming kan worden verwijderd met een bouwmachine van 600W die voor 30 seconden wordt gebruikt per functionele.

Variant 2

Variant 2 betreft een industrieel systeem waarbij de vloerverwarming in een vloer ligt waar ook draadstaalnetten aanwezig zijn. Vanwege de robuustere toepassing en vloerafwerking dan bij variant 1 wordt deze vloerverwarming verwijderd met een sloophamer. Hiervoor is 1 minuut per functionele eenheid gerekend op basis van expert judgement (Zeventer, 2023).

Einde levensduur, afvalscenario en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

- Variant 1

Vermeden productie van PE, EPS en staal voor het recyclen van de PE buizen, de EPS isolatie en het draadstaalnet wordt gedeclareerd onder module D. Daarnaast wordt ook energie teruggewonnen uit PE en EPS dat bij de AVI terecht is gekomen. Door het recyclen van de pomp en verdeler wordt ook productie van PE, staal, koper, PVC, aluminium en gietijzer vermeden en op basis van de hoeveelheid PE en PVC die bij de AVI terechtkomt wordt ook energie teruggewonnen en gedeclareerd onder module D. Volgens de Bepalingsmethode geldt, aanvullend op de EN15804, dat wanneer een input, die minder bijdraagt dan 1% van het primaire energie verbruik en minder dan 1% van de totale massa van het betreffende proces en om die reden zou mogen worden weggelaten, naar verwachting meer dan naar schatting 5% bijdraagt aan een van de milieueffecten van het bouwproduct per module, bijvoorbeeld per module A1-A3, A4-A5, B1-B5, C3-C4 en D, deze wel moet worden meegenomen. Als aanvullende eis geldt dat de som van de milieubelasting per module die op deze manier niet wordt meegenomen, niet meer mag zijn dan 5 % van het totaal per milieu-impactcategorie over de gehele levenscyclus. De actieve elektronische component in de waterpomp van de vloerverwarming voldoet aan deze criteria, en is om deze reden niet meegenomen onder module C3-D.

- Variant 2

Vermeden productie van PE en EPS voor het recyclen van de PE buizen en de noppenplaat bestaande uit EPS wordt gedeclareerd onder module D. Daarnaast wordt ook energie teruggewonnen uit PE en EPS dat bij de AVI terecht is gekomen. Door het recyclen van de pomp en verdeler wordt ook productie van PE, staal, koper, PVC, aluminium en gietijzer vermeden en op basis van de hoeveelheid PE en PVC die bij de AVI terechtkomt wordt ook energie teruggewonnen en gedeclareerd onder module D. Volgens de Bepalingsmethode geldt, aanvullend op de EN15804, dat wanneer een input, die minder bijdraagt dan 1% van het primaire energie verbruik en minder dan 1% van de totale massa van het betreffende proces en om die reden zou mogen worden weggelaten, naar verwachting meer dan naar schatting 5% bijdraagt aan een van de milieueffecten van het bouwproduct per module, bijvoorbeeld per module A1-A3, A4-A5, B1-B5, C3-C4 en D, deze wel moet worden

meegenomen. Als aanvullende eis geldt dat de som van de milieubelasting per module die op deze manier niet wordt meegenomen, niet meer mag zijn dan 5 % van het totaal per milieu-impactcategorie over de gehele levenscyclus. De actieve elektronische component in de waterpomp van de vloerverwarming voldoet aan deze criteria, en is om deze reden niet meegenomen onder module C3-D.

Tabel 3 Decompositie variant 1: Vloerverwarming, woning, noppenplaat per m2

Vloerverwarming woning, noppenplaat + toebehoren, PE-Rt buizen Ø16mm, EPS noppenplaat, HoH afstand 100mm					
Fase	Materiaal / proces / productonderdeel	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1 – A3	PE-Rt buizen	0353-fab&Polyetheen, HDPE, granulaat (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U)	0,837	kg	HoH afstand 10cm 10m buis per m2 Ø 16mm Wanddikte 2mm Dichtheid PE: 951 kg/m3
A1-A3	Extrusie – PE-Rt buizen	0357-pro&Extruderen, kunststof, buizen (exclusief kunststof) (o.b.v. Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U; "1 kg of this process equals 0.996 kg of extruded plastic pipes.")	0,837	Kg	
A1 – A3	Noppenplaat 20mm dik	0048-fab&Polystyreen (o.b.v. Polystyrene, general purpose {GLO} market for Cut-off, U)	0,800	kg	Wanddikte 20mm Dichtheid PE: 40 kg/m3
A1 – A3	Lijm	0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	0.02	Kg	
A1-A3	Karton verpakking	0058-fab&Papier/karton (o.b.v. Core board {GLO} market for Cut-off, U; 24% primair, 76% secundair)	0.09	Kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (90%)
A1-A3	EPS verpakking	0007-fab&Polystyreen, EPS (o.b.v. Polystyrene foam slab {GLO} market for Cut-off, U; 87% primair, 13% secundair)	0.0036	Kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (90%)
A1 – A3	Staal – voor verdeler	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt (o.b.v. 98,6% Steel, unalloyed {GLO} market for Cut-off, U + Sheet rolling; 0,06 m2 Zinc coat, coils)	0.148	Kg	
A1 – A3	Koper – voor verdeler	0059-0-fab&Koper (o.b.v. Copper {GLO} market for Cut-off, U; 71% primair, 29% secundair) NMD 2.3	0.00248	Kg	
A1 – A3	PE – voor verdeler	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U)	0.000342	Kg	
A1 – A3	Karton – verpakking - verdeler	0058-fab&Papier/karton (o.b.v. Core board {GLO} market for Cut-off, U; 24% primair, 76% secundair)	0.01	Kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (10%)
A1 – A3	Plastic – verpakking - verdeler	0007-fab&Polystyreen, EPS (o.b.v. Polystyrene foam slab {GLO} market for Cut-off, U; 87% primair, 13% secundair)	0.0004	Kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (10%)
A1-A3	RVS – pomp	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	0.0092	Kg	
A1 – A3	Gietijzer – pomp	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO} market for Cut-off, U; 61,3% primair, 38,7% secundair)	0.0120	Kg	

A1 – A3	PVC – pomp	0199-fab&PVC, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for Cut-off, U + Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U)	0.0003	Kg	
A1 – A3	Koper – pomp	0059-0-fab&Koper (o.b.v. Copper {GLO} market for Cut-off, U; 71% primair, 29% secundair) NMD 2.3	0.0025	Kg	
A1 – A3	Actieve elektronische component – pomp	0057-fab&Elektronica, actieve componenten (o.b.v. Electronic component, active, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	0.0002	Kg	Aanname dat er 20g elektronica in de hele pomp zit. Per FE is 1/100 ^e pomp nodig dus 0,0002kg actieve elektronische component.
A4	Transport - buizen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	262.5	Kgkm	
A4	Transport – verdeler en pomp	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	27.8	Kgkm	
A5	Installeren vloerverwarming	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, bouwmaschine elektrisch, Grijs mix, per kWh input (elektriciteit: 3,6 MJ/kWh; 3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	0.15	kWh	Daarnaast zijn er forfaitaire installatieverliezen gerekend van 5% in lijn met de bepalingmethode voor in-situ producten.
A5	Installeren verdeler en pomp	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, bouwmaschine elektrisch, Grijs mix, per kWh input (elektriciteit: 3,6 MJ/kWh; 3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	0.15	kWh	Daarnaast zijn er forfaitaire installatieverliezen gerekend van 3% in lijn met de bepalingmethode voor prefab producten.
A5	Installatieverliezen	A1-A3; productie	A1-A3 * 0,05		5% forfaitair verlies
A5	Transport van verliezen naar bouwplaats	A4; transport	A4 * 0,05		5% forfaitair verlies
A5	Transport van verliezen van bouwplaats naar verwerking	C2; transport	C2 * 0,05		5% forfaitair verlies
A5	Verwerken van verliezen bouwafval	C3, verwerking	C3 * 0,05		5% forfaitair verlies
A5	Storten/verbranden van verliezen bouwafval	C4; stort	C4 * 0,05		5% forfaitair verlies
B4	1.5x vervangen van pomp en verdeler	n.v.t.	C4 * 1.5	A1-A3 * 1.5 A4 * 1.5 A5 * 1.5 C1 * 1.5 C2 * 1.5 C3 * 1.5	Enkel vermenigvuldigen met 1.5x de modules v.d. pomp en verdeler. De andere componenten worden gedurende de levensduur niet vervangen.
C1	Verwijderen vloerverwarming	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, bouwmaschine elektrisch, Grijs mix, per kWh input (elektriciteit: 3,6 MJ/kWh; 3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	30	S	600W, 30 seconden per m2

C1	Verwijderen verdeler en pomp	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, bouwmaschine elektrisch, Grijs mix, per kWh input (elektriciteit: 3,6 MJ/kWh; 3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	30	S	600W, 30 seconden
C2	Transport naar verwerker (Buizen en noppenplaat)	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	185.6	kgkm	Forfaitaire waarden
C2	Transport naar verwerker (pomp en verdeler)	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	9.36063	kgkm	Forfaitaire waarden
C3	Voorverwerken van PE, EPS en PVC (pomp en verdeler)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	1.640	kg	Toegevoegd verpakkingsmateriaal verwerking. Met profiel 245, 262, 285, 268, 276
C3	Voorverwerken van staal en koper (pomp en verdeler)	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	0.175	Kg	
C3	AVI van PVC (20%)(pomp en verdeler)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0.00006	Kg	
C3	AVI van PE (85%)(pomp en verdeler)	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0.000631	Kg	
C3	Voorverwerken van PE en EPS (buizen en noppenplaat)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	1.640	Kg	
C3	AVI van PE (85%)(buizen en noppenplaat)	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0.714	Kg	
C3	AVI van EPS (35%)(buizen en noppenplaat)	0261-avC&Verbranden EPS (32,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste expanded polystyrene {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0.28	Kg	
C4	Storten van PE (10%)(buizen en noppenplaat)	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	0.084	Kg	
C4	Storten van PE (10%)(pomp en verdeler)	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	7,42E-05	Kg	
C4	Storten van staal (5%)(pomp en verdeler)	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	7,86E-03	Kg	
C4	Storten van koper (5%)(pomp en verdeler)	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	2,67E-04	Kg	
C4	Storten van PVC (10%)(pomp en verdeler)	0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	3,00E-05	Kg	

C4	Storten van aluminium (3%)(pomp en verdeler	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	6,00E-06	Kg	
C4	Storten van gietijzer (5%)(pomp en verdeler	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	6,00E-04	Kg	
C4	AVI van aluminium (3%)(pomp en verdeler	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland}) treatment of scrap aluminium, municipal incineration Cut-off, U)	6,00E-06	Kg	
C4	AVI van gietijzer (5%)(pomp en verdeler	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, municipal incineration Cut-off, U)	6,00E-04	kg	
D	Voorkomen PE productie door recycling buizen	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,042	Kg	
D	Voorkomen EPS productie door recycling noppenplaat	0309-reD&Module D, EPS, per kg NETTO geleverd EPS (o.b.v. vermeden Polystyrene, expandable {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,9)	0,520	Kg	
D	Energieterugwinning verbranding PE buizen	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	30,1537	MJ	
D	Energieterugwinning verbranding noppenplaat	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	9,016	MJ	
D	Voorkomen PE productie recycling pomp	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	9,55E-05	Kg	
D	Voorkomen staal productie recycling verdeler	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	3,85E-01	Kg	
D	Voorkomen koper productie recycling verdeler	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	9,08E-03	Kg	
D	Voorkomen PVC productie recycling pomp	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER}) polyvinylchloride production, suspension kgpolymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	5,41E-04	kg	
D	Voorkomen aluminium productie recycling pomp	0269-reD&Module D, aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO}) aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER}) treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	1,03E-04	Kg	
D	Voorkomen gietijzer	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel	1,59E-02	kg	

	productie recycling pomp	methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)			
D	Energieterugwinning verbranding PE pomp	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	0.0705002	MJ	Hoeveelheid PE in AVI * LHV PE
D	Energieterugwinning verbranding PVC pomp	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	0.0033405	MJ	Hoeveelheid EPS in AVI * LHV PE

Tabel 4 Decompositie variant 2: Vloerverwarming industrieel + toebehoren

Vloerverwarming industrieel + toebehoren, PE-Rt buizen Ø20mm, EPS isolatie, HoH afstand 150mm					
Fase	Materiaal / proces / productonderdeel	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
A1 – A3	PE-Rt buizen	0353-fab&Polyetheen, HDPE, granulaat (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for Cut-off, U)	0.753	Kg	
A1- A3	Extrusie – PE-Rt buizen	0357-pro&Extruderen, kunststof, buizen (exclusief kunststof) (o.b.v. Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for Cut-off, U; "1 kg of this process equals 0.996 kg of extruded plastic pipes.")	0.753	Kg	
A1 – A3	EPS isolatie 50mm dik	0048-fab&Polystyreen (o.b.v. Polystyrene, general purpose {GLO}) market for Cut-off, U)	2.0	Kg	
A1 – A3	Staaldraadnet	0167-fab&Staal, wapening, ongelegeerd (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	1.190	Kg	
A1 – A3	Lijm	0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	0.02	Kg	
A1- A3	Karton verpakking	0058-fab&Papier/karton (o.b.v. Core board {GLO}) market for Cut-off, U; 24% primair, 76% secundair)	0.09	kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (90%)
A1- A3	EPS verpakking	0007-fab&Polystyreen, EPS (o.b.v. Polystyrene foam slab {GLO}) market for Cut-off, U; 87% primair, 13% secundair)	0.0036	Kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (90%)
A1 – A3	Staal – voor verdeler	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt (o.b.v. 98,6% Steel, unalloyed {GLO}) market for Cut-off, U + Sheet rolling; 0,06 m2 Zinc coat, coils)	0.148	Kg	
A1 – A3	Koper – voor verdeler	0059-0-fab&Koper (o.b.v. Copper {GLO}) market for Cut-off, U; 71% primair, 29% secundair) NMD 2.3	0.00284		
A1 – A3	PE – voor verdeler	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for Cut-off, U)	0.000342	kg	
A1 – A3	Karton – verpakking - verdeler	0058-fab&Papier/karton (o.b.v. Core board {GLO}) market for Cut-off, U; 24% primair, 76% secundair)	0.01	kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (10%)
A1 – A3	Plastic – verpakking - verdeler	0007-fab&Polystyreen, EPS (o.b.v. Polystyrene foam slab {GLO}) market for Cut-off, U; 87% primair, 13% secundair)	0.0004	Kg	Verdeling verpakkingsmateriaal op basis van massa (10%)
A1- A3	RVS – pomp	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}) market for Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	0.0092	Kg	
A1 - A3	Gietijzer – pomp	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO}) market for Cut-off, U; 61,3% primair, 38,7% secundair)	0.0120	Kg	

A1 – A3	PVC – pomp	0199-fab&PVC, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for Cut-off, U + Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U)	0.0003	Kg	
A1 – A3	Koper – pomp	0059-0-fab&Koper (o.b.v. Copper {GLO} market for Cut-off, U; 71% primair, 29% secundair) NMD 2.3	0.0025	Kg	
A1 – A3	Actieve elektronische component – pomp	0057-fab&Elektronica, actieve componenten (o.b.v. Electronic component, active, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	0.0002	Kg	
A4	Transport - buizen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	608.5	Kgkm	
A4	Transport – verdeler en pomp	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	27.8	Kgkm	
A5	Infrezen vloerverwarming	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0.15	kWh	Daarnaast zijn er forfaitaire installatieverliezen gerekend van 5% in lijn met de bepalingsmethode voor in-situ producten.
A5	Installatieverlies	A1-A3; productie	$A1-A3 * 0,05$		5% forfaitair verlies
A5	Transport van verliezen naar bouwplaats	A4; transport	$A4 * 0,05$		5% forfaitair verlies
A5	Transport van verliezen van bouwplaats naar verwerking	C2; transport	$C2 * 0,05$		5% forfaitair verlies
A5	Verwerken van verliezen bouwafval	C3, verwerking	$C3 * 0,05$		5% forfaitair verlies
A5	Storten/verbranden van verliezen bouwafval	C4; stort	$C4 * 0,05$		5% forfaitair verlies
A5	Installeren verdeler en pomp	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, bouwmachine elektrisch, Grijs mix, per kWh input (elektriciteit: 3,6 MJ/kWh; 3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	0.15	kWh	Daarnaast zijn er forfaitaire installatieverliezen gerekend van 3% in lijn met de bepalingsmethode voor prefab producten.
B4	1.5x vervangen van pomp en verdeler	n.v.t.	$A1-A3 * 1.5$ $A4 * 1.5$ $A5 * 1.5$ $C1 * 1.5$ $C2 * 1.5$ $C3 * 1.5$ $C4 * 1.5$		Enkel vermenigvuldigen met 1.5x de modules v.d. pomp en verdeler. De andere componenten worden gedurende de

					levensduur niet vervangen
C1	Verwijderen vloerverwarming met sloophamer	0131-pro&Sloophamer, hydr.aanb., 600-1900 kg, per uur (o.b.v. 1800 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	60	s	
C1	Verwijderen verdeler en pomp	0131-pro&Sloophamer, hydr.aanb., 600-1900 kg, per uur (o.b.v. 1800 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	30	s	
C2	Transport naar verwerker (Buizen en noppenplaat)	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	48.3	Kgkm	Forfaitaire warden
C2	Transport naar verwerker (pomp en verdeler)	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	9.3603	kgkm	Forfaitaire warden
C3	Voorwerken van PE, EPS en PVC (pomp en verdeler)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0.00104	Kg	
C3	Voorwerken van staal en koper (pomp en verdeler)	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	0.175	Kg	
C3	AVI van PVC (20%)(pomp en verdeler)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0.00006	Kg	
C3	AVI van PE (85%)(pomp en verdeler)	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0.000631	Kg	
C3	Voorwerken van PE en EPS (buizen en noppenplaat)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	2.756	Kg	
C3	Voorwerken van staal	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	1.190	kg	
C3	AVI van PE (85%)(buizen en noppenplaat)	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0.64	Kg	
C3	AVI van EPS (35%)(buizen en noppenplaat)	0261-avC&Verbranden EPS (32,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste expanded polystyrene {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0.70	Kg	
C4	Storten van PE (10%)(buizen en noppenplaat)	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	0.0756	Kg	Toegevoegd verpakkingmateriaal verwerking. Met profiel 245, 262, 285, 268, 276

C4	Storten van PE (10%)(pomp en verdeler)	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	7,42E-05	kg	
C4	Storten van staal (5%)(pomp en verdeler)	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	7,86E-03	kg	
C4	Storten van koper (5%)(pomp en verdeler)	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	2,67E-04	Kg	
C4	Storten van PVC (10%)(pomp en verdeler)	0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland} treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	3,00E-05	Kg	
C4	Storten van aluminium (3%)(pomp en verdeler)	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	6,00E-06	Kg	
C4	Storten van gietijzer (5%)(pomp en verdeler)	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	6,00E-04	kg	
C4	AVI van aluminium (3%)(pomp en verdeler)	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland} treatment of scrap aluminium, municipal incineration Cut-off, U)	6,00E-06	Kg	
C4	AVI van gietijzer (5%)(pomp en verdeler)	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, municipal incineration Cut-off, U)	6,00E-04	Kg	
D	Voorkomen PE productie door recycling buizen	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0.038	Kg	
D	Voorkomen EPS productie door recycling EPS isolatie	0309-reD&Module D, EPS, per kg NETTO geleverd EPS (o.b.v. vermeden Polystyrene, expandable {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,9)	1.300	Kg	
D	Energieterugwinning verbranding PE buizen	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	27.1808	MJ	Hoeveelheid PE in AVI * LHV PE
D	Energieterugwinning verbranding EPS isolatie	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	22.54	MJ	Hoeveelheid EPS in AVI * LHV EPS
D	Voorkomen PE productie recycling pomp	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	9,55E-05	Kg	
D	Voorkomen staal productie recycling verdeler	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	3,85E-01	Kg	
D	Voorkomen koper productie recycling verdeler	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	9,08E-03	Kg	

D	Voorkomen PVC productie recycling pomp	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER}) polyvinylchloride production, suspension kgpolymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	5,41E-04	Kg	
D	Voorkomen aluminium productie recycling pomp	0269-reD&Module D, aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO}) aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER}) treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)	1,03E-04	Kg	
D	Voorkomen gietijzer productie recycling pomp	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	1,59E-02	Kg	
D	Energieterugwinning verbranding PE pomp	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	7,05E-02	MJ	Hoeveelheid PE in AVI * LHV PE
D	Energieterugwinning verbranding PVC pomp	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	3,33E-03	MJ	Hoeveelheid PVC in AVI * LHV PVC

4. Resultaten

Berekening milieuprofiel

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804+A2 (set 1 en set 2) en het "*Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten B&U*".
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804+A2 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode. De gebruikte methode en Software versie per (deel)product is vastgelegd in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro:
 - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
 - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat

Gekarakteriseerde resultaten en het gewogen resultaat zijn in Tabel 5 t/m Tabel 8 weergegeven, per deelproduct en per functionele eenheid voor zowel Set 1 en Set 2. De uitgebreide resultaten per module zijn opgenomen in bijlage I.

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën 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, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt.

Gekarakteriseerde en gewogen resultaat variant 1: vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)

Tabel 5 Resultaten Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat) Set 1

Impact category	Unit	Total	MKI (€)
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,55E-03	€ 0,00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,24E-02	€ 0,00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	7,92E+00	€ 0,40
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,13E-08	€ 0,00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,65E-03	€ 0,01
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,32E-02	€ 0,13
008. eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	4,02E-03	€ 0,04
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,86E+00	€ 0,44
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,56E-01	€ 0,00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,23E+02	€ 0,03
014. Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,89E-02	€ 0,00
MKI (€)			€ 1,05

Tabel 6 Resultaten Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat) Set 2

Impact category	Unit	Total
051. Climate change	kg CO2 eq	7,98E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	8,10E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	-1,35E-01
054. Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq	6,39E-03
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,37E-08
056. Acidification	mol H+ eq	4,26E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,81E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	5,95E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	9,75E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,07E-02
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,55E-03
062. Resource use, fossils	MJ	1,07E+02
063. Water use	m3 depriv.	2,69E+00
064. Particulate matter	disease inc.	3,63E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,48E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,01E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	9,80E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,95E-07
069. Land use	Pt	2,84E+01
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	9,90E-04
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,03E+00
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	3,27E-01
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	3,22E-05
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,14E+02
108. Secondary material (kg)	kg	5,86E-06
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	7,14E-02
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,77E-04
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,08E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,33E-04
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,00E+00

Gekarakteriseerde en gewogen resultaat variant 2: vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren

Tabel 7 Resultaten Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren Set 1

Impact category	Unit	Total	MKI (€)
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,59E-03	€ 0,00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,39E-01	€ 0,00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	2,10E+01	€ 1,05
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,71E-06	€ 0,00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,27E-02	€ 0,03
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	1,15E-01	€ 0,46
008. eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	2,11E-02	€ 0,19
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,09E+00	€ 0,82
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,62E-01	€ 0,01
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,91E+02	€ 0,06
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,11E-02	€ 0,00
MKI (€)			€ 2,61

Tabel 8 Resultaten Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren Set 2

Impact category	Unit	Total
051. Climate change	kg CO2 eq	2,13E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,14E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	-8,18E-02
054. Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq	1,03E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,17E-06
056. Acidification	mol H+ eq	1,55E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	3,04E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	5,26E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	6,08E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,59E-01
061. Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,59E-03
062. Resource use, fossils	MJ	2,95E+02
063. Water use	m3 depriv.	4,38E+00
064. Particulate matter	disease inc.	3,19E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	8,20E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,93E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	2,62E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,02E-06
069. Land use	Pt	5,31E+01
111. Energy, primary, renewable, exclusi	MJ	4,95E-04
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,63E+00
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	1,63E-01

114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	1,61E-05
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	3,14E+02
108. Secondary material (kg)	kg	2,93E-06
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,19E-01
106. Waste, hazardous (kg)	kg	4,11E-04
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,78E+00
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,14E-03
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,00E+00

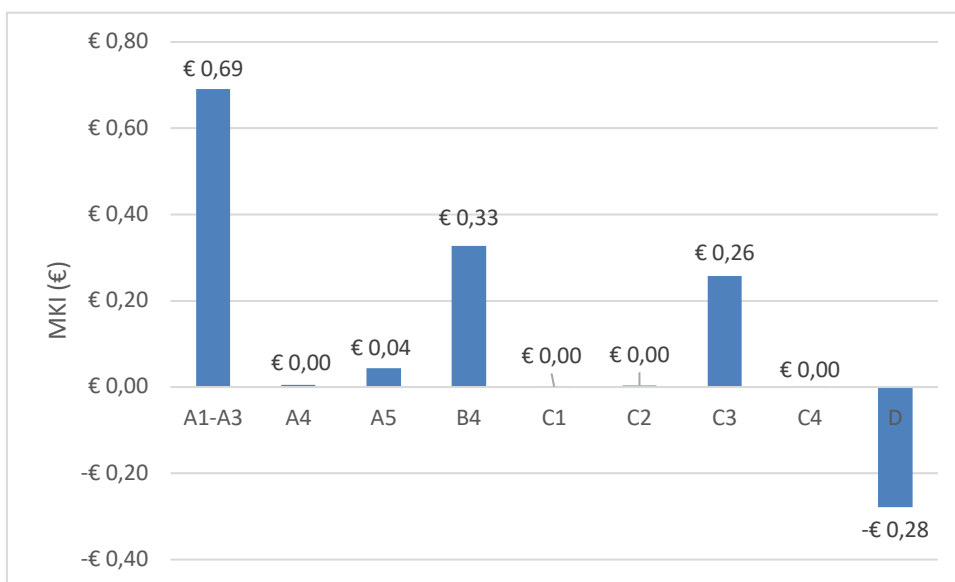
Duiding van de resultaten (Zwaartepuntanalyse)

Zwaartepuntanalyse variant 1: vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)

Voor variant 1 geldt dat de meeste MKI-waarde wordt veroorzaakt in de productiefase (modules A1-A3), zie figuur 1.

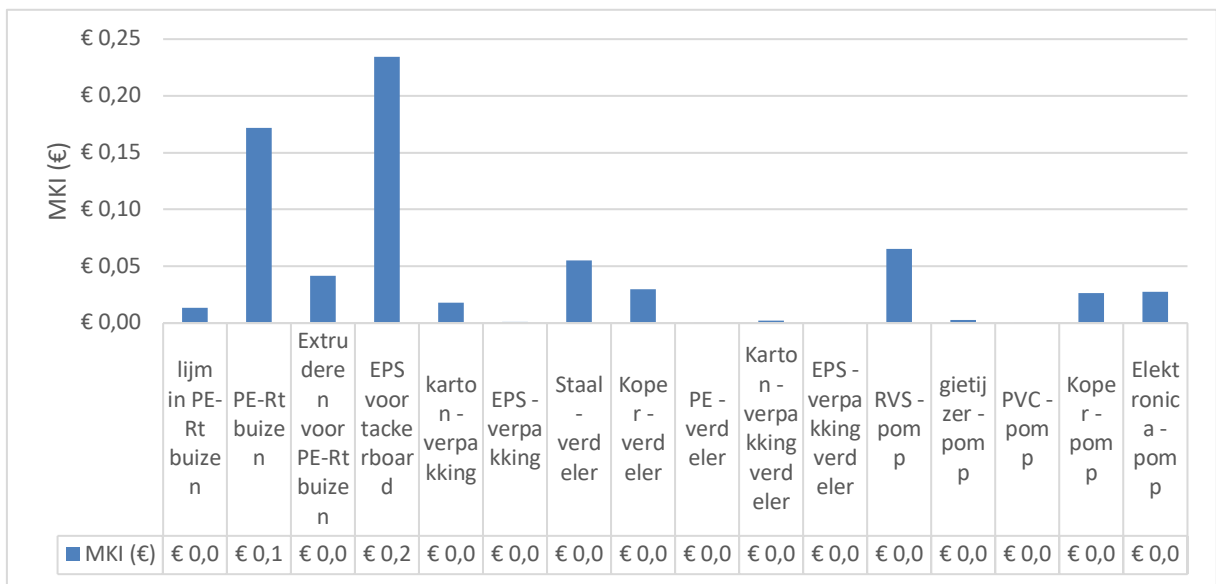
In de navolgende figuren zijn per product eenheid de zwaartepunt analyse weergegeven. De zwaartepunt analyse laat respectievelijk zien;

- welke levensfase het met meeste bijdraagt aan de gewogen rekenresultaten
- welke processen het meest bijdragen aan de gewogen rekenresultaten in module A1-A3
- welke processen het meest bijdragen aan de gewogen rekenresultaten in module D



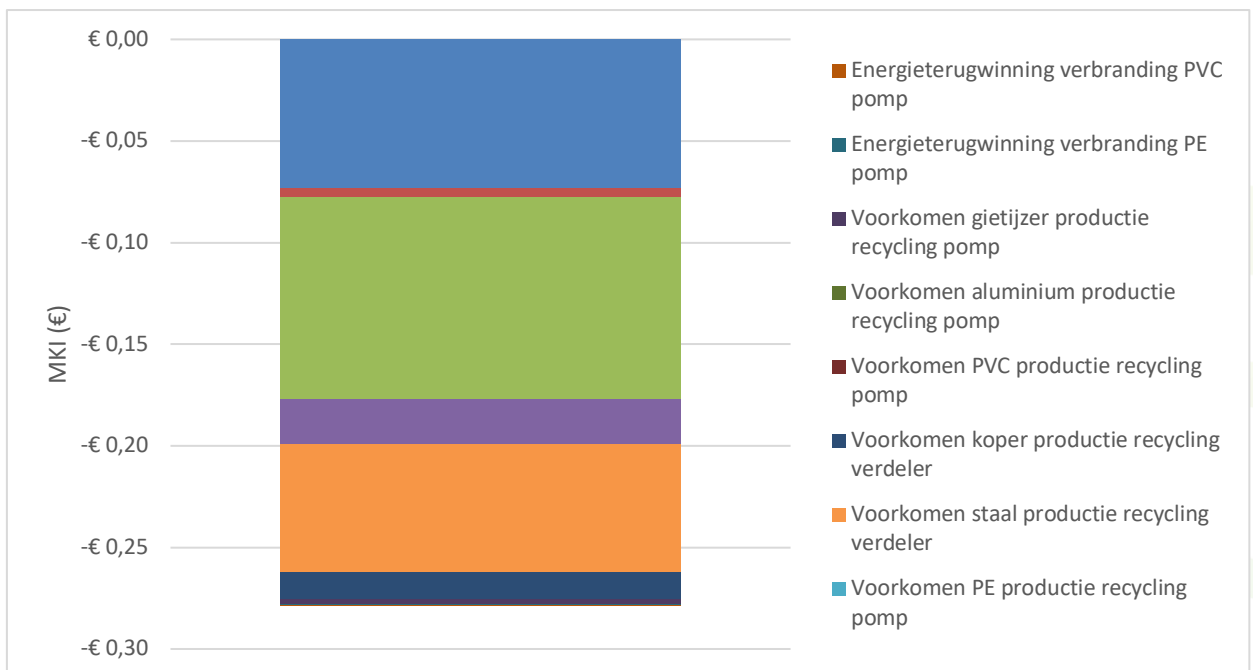
Figuur 1 Zwaartepuntanalyse variant 1 per module

Uit figuur 1 blijkt dat de productiefase (A1-A3) de grootste bijdrage levert aan de MKI-waarde van variant 1: vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat). Ook vallen de bijdragen van module B4, C3 en D op. De bijdrage van module B is te verklaren door het verschil in levensduur tussen de verdeler en de pomp, en de rest van de vloerverwarming. Doordat de verdeler en de pomp tijdens de levensduur van het systeem vervangen moeten worden is de bijdrage van module B4 sterk aanwezig. In figuur 2 een zwaartepuntanalyse van module A1-A3 weergegeven, opgesplitst per proces.



Figuur 2 Zwaartepuntanalyse variant 1 per component van module A1-A3

Uit figuur 2 blijkt dat de grootste bijdrage aan de MKI-waarde in de productiefase (A1-A3) wordt geleverd door het EPS dat wordt gebruikt voor het tackerboard (de noppenplaat). Daarnaast valt de bijdrage aan de MKI-waarde van de productie van de PE-Rt ook op.



Figuur 3, zwaartepuntanalyse van module D

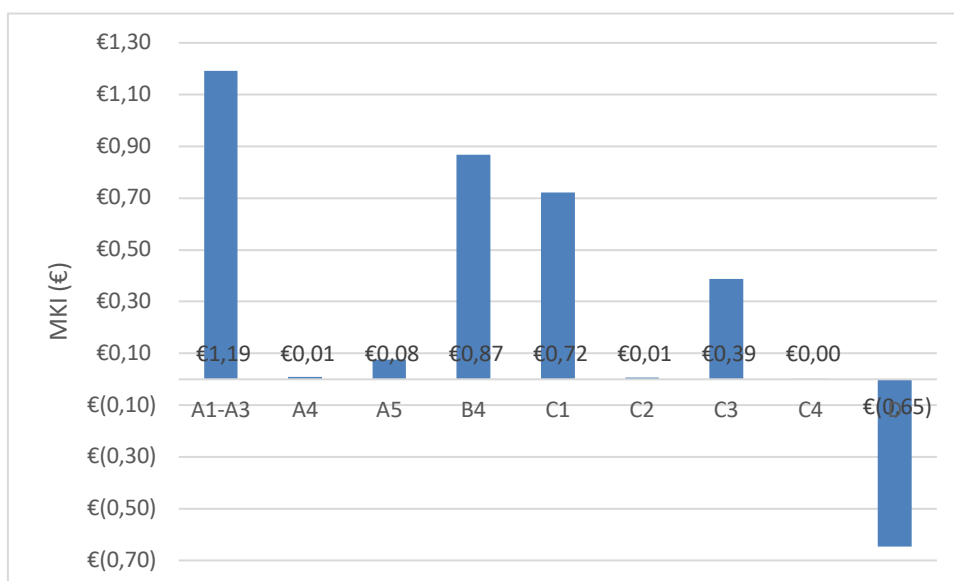
In module 3 is een zwaartepuntanalyse van module D weergegeven. Hierin is duidelijk te zien hoe de verschillende verwerkingsprocessen bijdragen aan voorkomen productie of energierecuperatie. Met name energierecuperatie door de verbranding van PE, voorkomen aluminium productie door recycling van de pomp en voorkomen staal productie door recycling van de verdeler leveren een bijdrage aan de MKI-waarde in module D.

Zwaartepuntanalyse variant 2: vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren

Voor variant 2 geldt dat de meeste MKI-waarde wordt veroorzaakt in de productiefase (modules A1-A3), zie figuur 1.

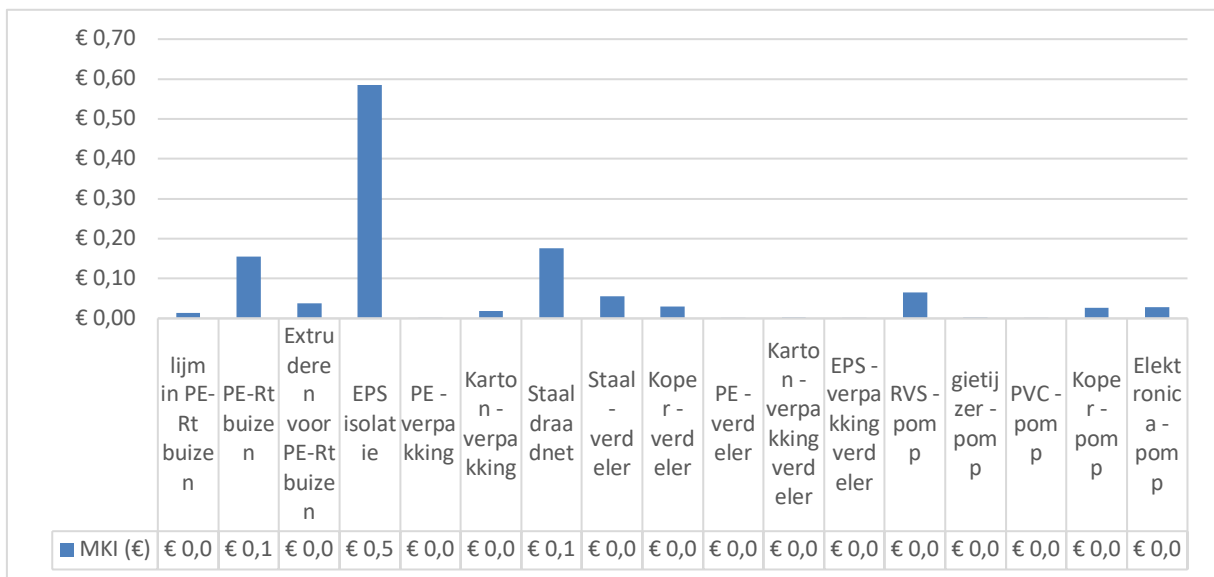
In de navolgende figuren zijn per product eenheid de zwaartepunt analyse weergegeven. De zwaartepunt analyse laat respectievelijk zien;

- welke levensfase het met meeste bijdraagt aan de gewogen rekenresultaten
- welke processen het meest bijdragen aan de gewogen rekenresultaten in module A1-A3
- welke processen het meest bijdragen aan de gewogen rekenresultaten in module D



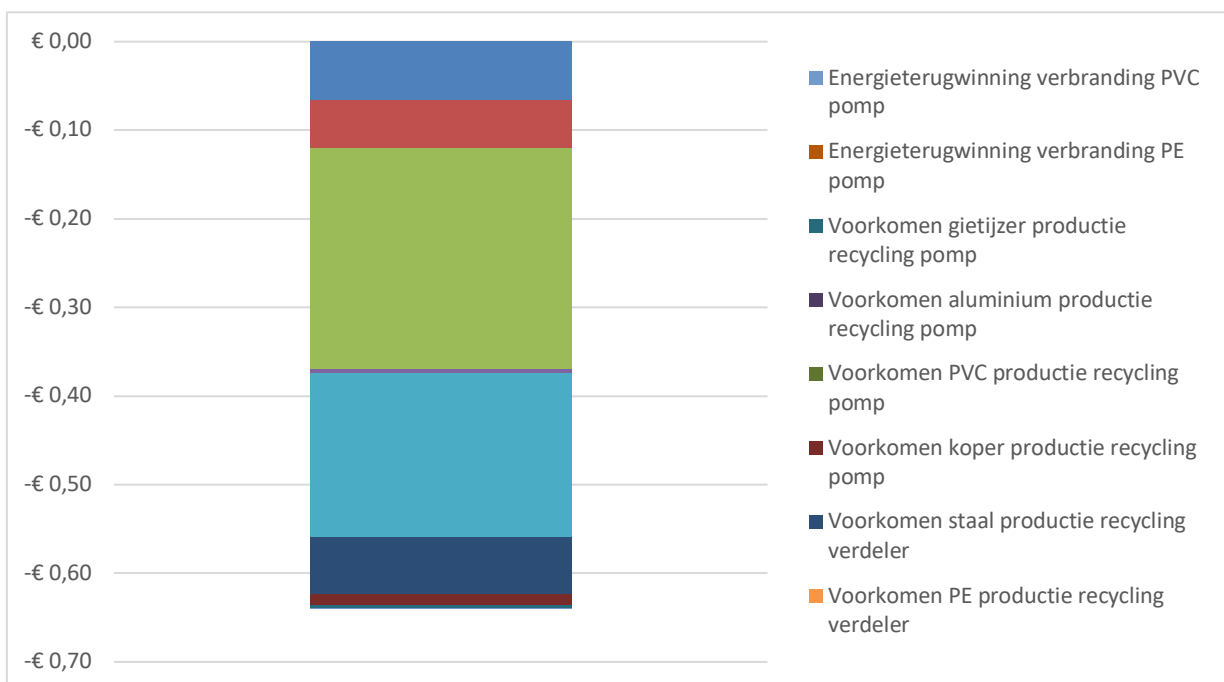
Figuur 4 Zwaartepuntanalyse variant 2 per module

Uit figuur 4 blijkt dat de productiefase (A1-A3) de grootste bijdrage levert aan de MKI-waarde van variant 1: vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat). Ook vallen de bijdragen van module B4, C1, C3 en D op. De bijdrage van module B4 is te verklaren door het verschil in levensduur tussen de verdeler en de pomp, en de rest van de vloerverwarming. Doordat de verdeler en de pomp tijdens de levensduur van het systeem vervangen moeten worden is de bijdrage van module B4 sterk aanwezig. In figuur 2 een zwaartepuntanalyse van module A1-A3 weergegeven, opgesplitst per proces.



Figuur 5 Zwaartepuntanalyse variant 2 per component van module A1-A3

Uit figuur 5 blijkt dat de grootste bijdrage aan de MKI-waarde in de productiefase (A1-A3) wordt geleverd door het EPS dat wordt gebruikt als isolatiemateriaal.



Figuur 6 Zwaartepuntanalyse variant 2 van module D

In module 3 is een zwaartepuntanalyse van module D weergegeven. Hierin is duidelijk te zien hoe de verschillende verwerkingsprocessen bijdragen aan voorkomen productie of energierecuperatie. Met name voorkomen PVC productie door recycling van de pomp en energierecuperatie door de verbranding van PVC vallen hier op.

Gevoeligheidsanalyse

Er is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Bij het opstellen van deze LCA zijn er geen specifieke afwegingen of aannames gevonden, waarvan de gevoeligheid getest dient te worden. Bij twijfel is uitgegaan van een 'worst-case scenario'.

5. Referenties

- [1] NEN-EN-ISO 14040 *Environmental management -Life cycle assessment -Principles and framework (ISO 14040:2006, IDT)*, juli 2006
- [2] NEN-EN-ISO 14044 *Environmental management -Life cycle assessment -Requirements and guidelines (ISO 14044:2006, IDT)*, juli 2006
- [3] NEN-EN 15804+A1:2013 *Duurzaamheid van bouwwerken –Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten*, november 2013
- [4] *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken / versie 1.1*, maart 2022
- [5] *Processendatabase (Nationale Milieu Database): NMD versie 3.4*
- [6] *EcolInvent Database versie 3.6*
- [7] Brass & Fittings, S.L. (2021, July 27). *Underfloor heating system*. Retrieved from Environdec: <https://environdec.com/library/epd4329>
- Interplast. (2021, March 19). *Underfloor heating system "EcoFloor Plus"*. Retrieved from Environdec: <https://www.environdec.com/library/epd3087>
- Technea. (2022). *Normale vloerverwarming*. Retrieved from Technea: <https://www.technea.nl/product-categorie/leverancier-duurzame-installatietechniek/lage-temperatuur-verwarming/soorten-vloerverwarming/>
- Waterpompshop. (2023). *Circulariepomp*. Retrieved from Waterpompshop: <https://www.waterpompshop.nl/circulatiepomp>
- WTH. (2023). *Afgifte berekening*. Retrieved from WTH: <https://www.wth.nl/support-en-service/afgifte-berekening>
- Zeventer, E. v. (2023). Expert judgement.

6. Bijlagen

Bijlage I: Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat per module per deelproduct

Tabel 9 Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat) Set 1

Impact category	Unit	Total	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3	C4	D	MKI (€)
001. abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,55E-03	6,21E-04	1,00E-06	1,97E-05	9,16E-04	8,50E-08	6,67E-07	8,04E-06	1,01E-08	-1,22E-05	€ 0,00
002. abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,24E-02	7,18E-02	2,89E-04	3,73E-03	7,38E-03	5,42E-05	1,92E-04	3,04E-03	1,09E-05	-3,41E-02	€ 0,00
004. global warming (GWP)	kg CO2 eq	7,92E+00	6,20E+00	3,93E-02	4,88E-01	1,07E+00	6,25E-03	2,61E-02	3,63E+00	1,07E-02	-3,54E+00	€ 0,40
005. ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,13E-08	1,44E-07	6,96E-09	9,37E-09	7,68E-08	5,67E-10	4,63E-09	3,99E-08	2,37E-10	-2,31E-07	€ 0,00
006. photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,65E-03	4,52E-03	2,37E-05	2,29E-04	1,20E-03	1,64E-06	1,57E-05	2,90E-04	2,47E-06	-2,63E-03	€ 0,01
007. acidification (AP)	kg SO2 eq	3,32E-02	2,65E-02	1,73E-04	1,29E-03	1,11E-02	1,49E-05	1,15E-04	1,67E-03	6,28E-06	-7,66E-03	€ 0,13
008. eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	4,02E-03	2,75E-03	3,39E-05	1,40E-04	1,50E-03	1,93E-06	2,25E-05	3,34E-04	2,45E-06	-7,65E-04	€ 0,04
009. human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,86E+00	2,46E+00	1,65E-02	1,31E-01	2,21E+00	2,82E-03	1,10E-02	6,60E-01	9,01E-04	-6,31E-01	€ 0,44
010. Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,56E-01	8,02E-02	4,82E-04	5,23E-03	4,09E-02	4,48E-05	3,21E-04	3,23E-02	9,12E-04	-4,00E-03	€ 0,00
012. Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,23E+02	1,51E+02	1,74E+00	9,15E+00	1,27E+02	1,54E-01	1,15E+00	5,79E+01	9,12E-01	-2,59E+01	€ 0,03
014. Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,89E-02	1,13E-02	5,84E-05	6,60E-04	7,87E-03	9,56E-05	3,88E-05	1,91E-03	1,58E-06	2,70E-02	€ 0,00
MKI (€)		€ 1,05	€ 0,69	€ 0,00	€ 0,04	€ 0,33	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,26	€ 0,00	-€ 0,28	€ 1,05

Tabel 10 Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat) Set 2

Impact category	Unit	Total	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3	C4	D
051. Climate change	kg CO2 eq	7,98E+00	6,36E+00	3,96E-02	4,96E-01	1,09E+00	6,35E-03	2,63E-02	3,64E+00	1,25E-02	-3,69E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	8,10E+00	6,46E+00	3,96E-02	5,01E-01	1,10E+00	6,34E-03	2,63E-02	3,64E+00	1,25E-02	-3,68E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	-1,35E-01	-1,05E-01	1,83E-05	-5,19E-03	-1,48E-02	3,69E-06	1,21E-05	-2,68E-03	9,87E-06	-7,11E-03
054. Climate change - Land use and LU	kg CO2 eq	6,39E-03	4,13E-03	1,45E-05	2,10E-04	1,34E-03	1,83E-06	9,64E-06	3,54E-04	4,56E-07	3,32E-04
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,37E-08	1,51E-07	8,74E-09	1,03E-08	7,53E-08	6,05E-10	5,81E-09	4,72E-08	2,96E-10	-2,45E-07
056. Acidification	mol H+ eq	4,26E-02	3,28E-02	2,30E-04	1,59E-03	1,49E-02	1,81E-05	1,53E-04	2,17E-03	8,26E-06	-9,23E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,81E-04	1,77E-04	3,99E-07	7,81E-06	1,38E-04	2,00E-07	2,65E-07	1,04E-05	1,67E-08	-5,27E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	5,95E-03	4,99E-03	8,09E-05	2,74E-04	1,51E-03	3,32E-06	5,38E-05	6,70E-04	4,88E-06	-1,63E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	9,75E-02	6,72E-02	8,92E-04	3,37E-03	3,63E-02	3,79E-05	5,93E-04	7,34E-03	3,04E-05	-1,83E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,07E-02	2,07E-02	2,55E-04	1,11E-03	5,51E-03	1,12E-05	1,69E-04	2,22E-03	1,15E-05	-9,30E-03
061. Resource use, minerals and met	kg Sb eq	1,55E-03	6,20E-04	1,00E-06	1,97E-05	9,16E-04	8,50E-08	6,67E-07	8,04E-06	1,01E-08	-1,22E-05
062. Resource use, fossils	MJ	1,07E+02	1,44E+02	5,97E-01	7,51E+00	1,25E+01	1,03E-01	3,97E-01	6,24E+00	2,25E-02	-6,46E+01
063. Water use	m3 depriv.	2,69E+00	3,40E+00	2,14E-03	1,73E-01	3,20E-01	1,08E-03	1,42E-03	1,21E-01	9,53E-04	-1,33E+00
064. Particulate matter	disease inc.	3,63E-07	2,80E-07	3,55E-09	1,46E-08	1,14E-07	1,08E-10	2,36E-09	3,26E-08	1,57E-10	-8,51E-08
065. Ionising radiation	kBq U-235 ec	1,48E-01	8,48E-02	2,50E-03	5,11E-03	3,63E-02	1,94E-04	1,66E-03	1,86E-02	8,85E-05	-1,57E-03
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,01E+02	1,17E+02	5,32E-01	5,26E+00	1,01E+02	1,11E-01	3,54E-01	1,14E+01	2,77E-02	-3,44E+01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	9,80E-09	4,57E-09	1,73E-11	2,18E-10	4,83E-09	8,37E-12	1,15E-11	8,49E-10	6,30E-13	-6,96E-10
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,95E-07	9,22E-08	5,82E-10	4,29E-09	9,70E-08	2,13E-10	3,87E-10	1,33E-08	1,57E-11	8,69E-08
069. Land use	Pt	2,84E+01	1,76E+01	5,18E-01	1,11E+00	5,45E+00	8,99E-03	3,44E-01	4,98E+00	5,28E-02	-1,58E+00
111. Energy, primary, renewable, exclu	MJ	9,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-04	4,24E-04	2,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
113. Energy, primary, renewable, mate	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,03E+00	4,38E+00	7,47E-03	2,20E-01	1,30E+00	2,07E-03	4,97E-03	3,09E-01	3,90E-04	-2,04E-01
112. Energy, primary, non-renewable,	MJ	3,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,34E-02	1,40E-01	9,34E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
114. Energy, primary, non-renewable,	MJ	3,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,21E-06	1,38E-05	9,21E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,14E+02	1,55E+02	6,34E-01	8,06E+00	1,33E+01	1,12E-01	4,21E-01	6,66E+00	2,40E-02	-7,02E+01
108. Secondary material (kg)	kg	5,86E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-06	2,51E-06	1,67E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	7,14E-02	8,24E-02	7,27E-05	4,21E-03	9,94E-03	3,67E-05	4,83E-05	3,60E-03	2,33E-05	-2,89E-02
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,77E-04	1,13E-04	1,51E-06	4,72E-06	1,47E-04	2,32E-07	1,01E-06	1,21E-05	3,43E-08	-1,03E-04
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,08E+00	4,13E-01	3,79E-02	4,16E-02	2,48E-01	4,43E-04	2,52E-02	3,18E-01	9,30E-02	-9,82E-02
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,33E-04	7,76E-05	3,92E-06	5,17E-06	3,15E-05	1,79E-07	2,61E-06	2,36E-05	1,35E-07	-1,20E-05
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabel 11 Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren set 1

Unit	Total	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3	C4	D	MKI (€)
kg Sb eq	1,59E-03	6,32E-04	2,18E-06	2,06E-05	9,22E-04	8,40E-06	1,19E-06	1,48E-05	9,15E-09	-1,36E-05	€ 0,00
kg Sb eq	1,39E-01	1,26E-01	6,26E-04	6,57E-03	3,42E-02	3,58E-02	3,42E-04	5,22E-03	9,92E-06	-6,97E-02	€ 0,00
kg CO2 eq	2,10E+01	1,18E+01	8,52E-02	8,46E-01	5,13E+00	5,42E+00	4,65E-02	5,17E+00	9,65E-03	-7,46E+00	€ 1,05
kg CFC-11 eq	1,71E-06	2,48E-07	1,51E-08	1,65E-08	7,80E-07	9,39E-07	8,26E-09	6,95E-08	2,15E-10	-3,67E-07	€ 0,00
kg C2H4	1,27E-02	8,48E-03	5,14E-05	4,39E-04	5,34E-03	5,52E-03	2,81E-05	5,15E-04	2,23E-06	-7,70E-03	€ 0,03
kg SO2 eq	1,15E-01	4,52E-02	3,74E-04	2,30E-03	4,17E-02	4,09E-02	2,05E-04	2,97E-03	5,69E-06	-1,91E-02	€ 0,46
kg PO4--- eq	2,11E-02	4,38E-03	7,36E-05	2,34E-04	8,47E-03	9,29E-03	4,02E-05	5,46E-04	2,21E-06	-1,91E-03	€ 0,19
kg 1,4-DB eq	9,09E+00	3,74E+00	3,59E-02	2,18E-01	3,71E+00	2,01E+00	1,96E-02	1,13E+00	8,14E-04	-1,77E+00	€ 0,82
kg 1,4-DB eq	2,62E-01	1,24E-01	1,05E-03	7,63E-03	6,18E-02	2,79E-02	5,72E-04	3,69E-02	8,21E-04	1,99E-03	€ 0,01
kg 1,4-DB eq	5,91E+02	2,32E+02	3,76E+00	1,42E+01	1,99E+02	9,72E+01	2,06E+00	7,67E+01	8,21E-01	-3,49E+01	€ 0,06
kg 1,4-DB eq	2,11E-02	4,38E-03	7,36E-05	2,34E-04	8,47E-03	9,29E-03	4,02E-05	5,46E-04	2,21E-06	-1,91E-03	€ 0,00
	€ 2,61	€ 1,19	€ 0,01	€ 0,08	€ 0,87	€ 0,72	€ 0,01	€ 0,39	€ 0,00	€ -0,65	€ 2,61

Tabel 12 Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren set 2

Impact category	Unit	Total	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3	C4	D
051. Climate change	kg CO2 eq	2,13E+01	1,23E+01	8,59E-02	8,71E-01	5,19E+00	5,48E+00	4,70E-02	5,19E+00	1,13E-02	-7,84E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,14E+01	1,23E+01	8,59E-02	8,73E-01	5,21E+00	5,48E+00	4,69E-02	5,19E+00	1,13E-02	-7,83E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	-8,18E-02	-5,21E-02	3,96E-05	-2,72E-03	-1,37E-02	1,52E-03	2,17E-05	-5,99E-03	8,91E-06	-8,86E-03
054. Climate change - Land use and L	kg CO2 eq	1,03E-02	5,75E-03	3,15E-05	3,04E-04	1,66E-03	4,32E-04	1,72E-05	6,23E-04	4,12E-07	1,51E-03
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,17E-06	2,61E-07	1,90E-08	1,82E-08	9,62E-07	1,18E-06	1,04E-08	8,21E-08	2,69E-10	-3,65E-07
056. Acidification	mol H+ eq	1,55E-01	5,52E-02	4,98E-04	2,81E-03	5,79E-02	5,73E-02	2,72E-04	3,83E-03	7,49E-06	-2,30E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	3,04E-04	2,46E-04	8,66E-07	1,16E-05	1,53E-04	1,99E-05	4,73E-07	1,93E-05	1,51E-08	-1,47E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	5,26E-02	8,90E-03	1,75E-04	4,98E-04	2,05E-02	2,53E-02	9,59E-05	1,13E-03	4,41E-06	-3,98E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	6,08E-01	1,09E-01	1,93E-03	5,79E-03	2,44E-01	2,78E-01	1,06E-03	1,25E-02	2,76E-05	-4,46E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC ec	1,59E-01	3,80E-02	5,52E-04	2,07E-03	6,27E-02	7,63E-02	3,02E-04	3,80E-03	1,04E-05	-2,51E-02
061. Resource use, minerals and met	kg Sb eq	1,59E-03	6,32E-04	2,18E-06	2,06E-05	9,22E-04	8,40E-06	1,19E-06	1,48E-05	9,15E-09	-1,36E-05
062. Resource use, fossils	MJ	2,95E+02	2,54E+02	1,30E+00	1,32E+01	6,90E+01	7,54E+01	7,08E-01	1,07E+01	2,04E-02	-1,30E+02
063. Water use	m3 depriv.	4,38E+00	6,56E+00	4,63E-03	3,35E-01	3,94E-01	1,01E-01	2,53E-03	2,06E-01	8,62E-04	-3,23E+00
064. Particulate matter	disease inc.	3,19E-06	5,67E-07	7,71E-09	3,04E-08	1,25E-06	1,52E-06	4,21E-09	5,84E-08	1,42E-10	-2,45E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 ec	8,20E-01	1,45E-01	5,43E-03	8,96E-03	2,78E-01	3,23E-01	2,97E-03	3,30E-02	8,02E-05	2,34E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	2,93E+02	1,69E+02	1,15E+00	8,46E+00	1,35E+02	4,55E+01	6,31E-01	2,39E+01	2,55E-02	-9,09E+01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	2,62E-08	1,75E-08	3,75E-11	8,90E-10	6,00E-09	1,59E-09	2,05E-11	1,51E-09	5,71E-13	-1,29E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,02E-06	4,17E-07	1,26E-09	2,08E-08	1,26E-07	3,90E-08	6,90E-10	2,28E-08	1,42E-11	3,94E-07
069. Land use	Pt	5,31E+01	2,26E+01	1,12E+00	1,61E+00	1,27E+01	9,62E+00	6,14E-01	9,06E+00	4,78E-02	-4,22E+00
111. Energy, primary, renewable, excl	MJ	4,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-04	2,12E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
113. Energy, primary, renewable, mate	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,63E+00	5,84E+00	1,62E-02	3,05E-01	1,61E+00	4,08E-01	8,86E-03	5,75E-01	3,52E-04	-1,31E-01
112. Energy, primary, non-renewable,	MJ	1,63E-01	0,00E+00	0,00E+00	9,34E-02	7,01E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
114. Energy, primary, non-renewable,	MJ	1,61E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,21E-06	6,91E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ	3,14E+02	2,72E+02	1,38E+00	1,42E+01	7,33E+01	8,01E+01	7,51E-01	1,14E+01	2,17E-02	-1,40E+02
108. Secondary material (kg)	kg	2,93E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-06	1,25E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,19E-01	1,59E-01	1,58E-04	8,18E-03	1,28E-02	3,88E-03	8,62E-05	6,19E-03	2,11E-05	-7,15E-02
106. Waste, hazardous (kg)	kg	4,11E-04	1,77E-04	3,28E-06	8,26E-06	3,01E-04	2,05E-04	1,79E-06	2,00E-05	3,11E-08	-3,05E-04
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,78E+00	8,35E-01	8,22E-02	7,60E-02	3,14E-01	8,93E-02	4,49E-02	5,36E-01	8,46E-02	-2,85E-01
107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,14E-03	1,32E-04	8,50E-06	9,05E-06	4,24E-04	5,24E-04	4,65E-06	4,17E-05	1,22E-07	-6,20E-06
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

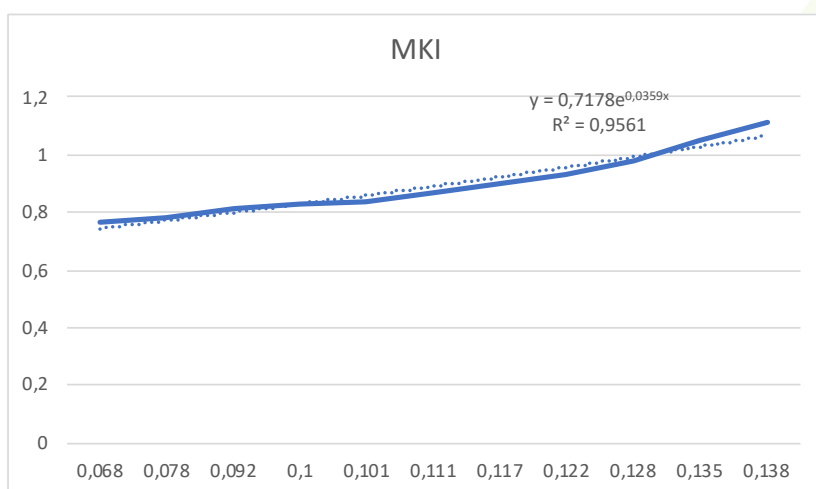
Bijlage II: Schalingformules

Beschrijving van de schalingsformules gehanteerd in de verschillende (deel)producten / productkaarten.

Variante 1, Vloerverwarming woning: leidingen PE-Rt + toebehoren (noppenplaat)

- De standaardschalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 100mm
 - Warmte afgifte: 135 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.837kg
- De minimale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 500mm
 - Warmte afgifte: 68 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.167kg
- De maximale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 85mm
 - Warmte afgifte: 138 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.984kg

De schaling is gebaseerd op de warmte afgifte per vierkante meter en is bepaald o.b.v. regressie. De MKI schaalt met de warmte afgifte per vierkante meter, daarnaast is de schaling ook gerelateerd aan de hart-op-hart afstand tussen de PE-Rt buizen, en daarmee ook aan de hoeveelheid materiaal per vierkante meter. Echter is het aantal W/m² de bepalende factor in de schalingsformule. De schaling is geldig tussen 70 en 140 W/m² voor de waarde van x. Om de warmte afgifte per vierkante meter te bepalen is gebruikt gemaakt van de rekentool op www.wth.nl (WTH, 2023). Hiervoor is het nodig om aannames te maken m.b.t. de vloerafwerking, hiervoor is expert judgement geraadpleegd en is een keuze gemaakt voor een gietvloer afwerkvloer i.c.m. met linoleum en een dikte van 50mm. De verdeler en pomp schalen zijn onderdeel van de decompositie en schalen mee met de functionele eenheid, en zijn daarom niet meegenomen in de schalingsformule.



Figuur 2 Grafiek voor schaling voor vloerverwarming woning: leidingen PE-RT + toebehoren (noppenplaat) inclusief R².

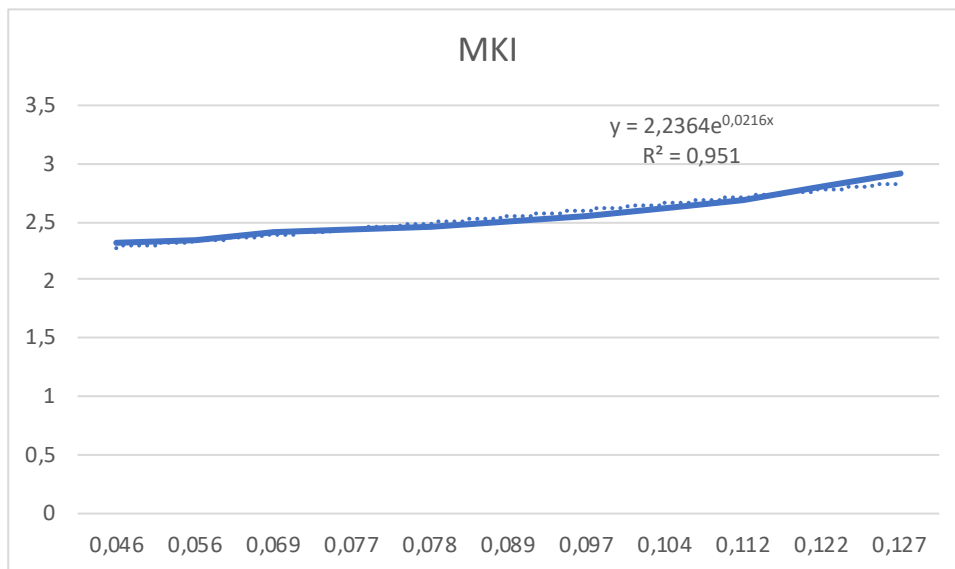
Tabel 7 Resultaattabel voor schaling voor vloerverwarming woning: leidingen PE-RT + toebehoren (noppenplaat)

MKI: TOTAAL			
Hart op hart afstand (mm)	Afgifte (W/m²)	MKI totaal	Afwijking (%)
85	138	1,113	6%
100	135	1,050	0%
125	128	0,978	-7%
150	122	0,930	-11%
170	117	0,902	-14%
200	111	0,870	-17%
250	101	0,834	-21%
255	100	0,832	-21%
300	92	0,810	-23%
400	78	0,780	-26%
500	68	0,762	-27%

Variant 2, Vloerverwarming industrieel: leidingen PE-Rt + toebehoren

- De standaardchalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 150mm
 - Warmte afgifte: 104 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.753kg
- De minimale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 500mm
 - Warmte afgifte: 46 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 0.226kg
- De maximale schalingsmaat inclusief eenheden;
 - Oppervlak: 1m²
 - Hart op hart afstand: 85mm
 - Warmte afgifte: 127 W/m²
 - Hoeveelheid PE-RT buis: 1.329kg

De schaling is gebaseerd op de warmte afgifte per vierkante meter en is bepaald o.b.v. regressie. De MKI schaal met de warmte afgifte per vierkante meter, daarnaast is de schaling ook gerelateerd aan de hart-op-hart afstand tussen de PE-Rt buizen, en daarmee ook aan de hoeveelheid materiaal per vierkante meter. Echter is het aantal W/m² de bepalende factor in de schalingsformule. De schaling is geldig tussen 45 en 130W/m² voor de waarde van x. Om de warmte afgifte per vierkante meter te bepalen is gebruikt gemaakt van de rekentool op www.wth.nl (WTH, 2023). Hiervoor is het nodig om aannames te maken m.b.t. de vloerafwerking, hiervoor is expert judgement geraadpleegd en is een keuze gemaakt voor een zand/cement afwerkvloer i.c.m. met variso thermisch isolatie vloerafwerking en een dikte van 50mm. De verdeler en pomp schalen zijn onderdeel van de decompositie en schalen mee met de functionele eenheid, en zijn daarom niet meegenomen in de schalingsformule.



Figuur 3 Grafiek voor schaling voor vloerverwarming industrieel: leidingen PE-RT + toebehoren, inclusief R^2 .

Tabel 8 Resultaattabel voor schaling voor vloerverwarming industrieel: leidingen PE-RT + toebehoren

MKI: TOTAAL			
Hart op hart afstand (mm)	Afgifte (W/m ²)	MKI totaal	Afwijking (%)
85	127	2,92	12%
100	122	2,81	8%
125	112	2,69	3%
150	104	2,61	0%
170	97	2,56	-2%
200	89	2,51	-4%
250	78	2,45	-6%
255	77	2,44	-6%
300	69	2,41	-8%
400	56	2,35	-10%
500	46	2,32	-11%

