

# Verborgen impact installatietechniek

Goede sturing onmogelijk zonder  
inzicht in daadwerkelijke impact



Het initiatief voor dit onderzoek is genomen door Copper8.  
Voor de uitvoering is samengewerkt met Madaster  
(o.a. Bram van Orsel & Dennis Grootenboer).

Het onderzoek heeft plaatsgevonden met cofinanciering  
van de Gemeente Amsterdam, de Gemeente Rotterdam  
en de TBI Klimaatrein.

**Auteurs**

Gerben Broekhuijsen, Mathijs van Kouwen

**Datum**

Juni 2026

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting.</b> We rekenen ons rijk.....	<b>2</b>
<b>Hoofdstuk 1.</b> Aanleiding .....	<b>4</b>
<b>Hoofdstuk 2.</b> Verborgen impact installaties .....	<b>7</b>
<b>Hoofdstuk 3.</b> Oorzaken onderschatting impact.....	<b>11</b>
<b>Hoofdstuk 4.</b> Oplossingsrichtingen .....	<b>16</b>
<b>Hoofdstuk 5.</b> Perspectief voor de toekomst.....	<b>23</b>
<b>Hoofdstuk 6.</b> Tot slot.....	<b>25</b>
Bijlage 1. Methodiek .....	27
Bijlage 2. Resultaten casussen.....	31
Bijlage 3. Eindnoten .....	38

# Samenvatting. We rekenen ons rijk

## Installaties spelen een essentiële rol in het functioneren van gebouwen.

De hoeveelheid installatietechniek in gebouwen groeit nog steeds. In de utiliteitsbouw is dit opgelopen tot bijna 45% van de bouwsom (in €).

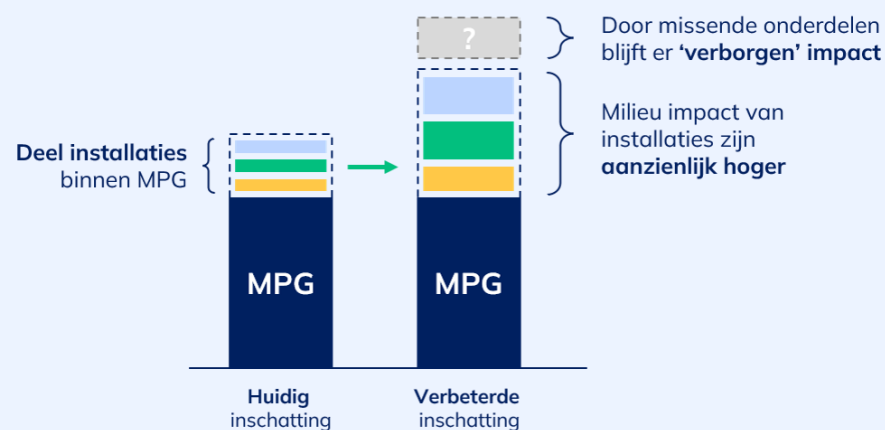
**De gecombineerde materiaalgebonden en operationele CO<sub>2</sub>-uitstoot (WLC-GWP) van installaties is verantwoordelijk voor een groot deel van de totale uitstoot van gebouwen.** Installaties spelen daarom een cruciale rol in het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de gebouwde omgeving. Tegelijkertijd geven marktpartijen signalen af dat de huidige milieudata voor installaties tekortschiet en de huidige systematiek onvoldoende mogelijkheden biedt om te sturen op circulaire oplossingen.

**De verborgen milieu-impact van installatietechniek bij utiliteitsgebouwen is groot.** Dit betekent dat de daadwerkelijke milieu-impact in de praktijk groter is dan de rekenkundige impact in de MPG- of CO<sub>2</sub>-berekening. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de materiaalgebonden impact nu onvoldoende volledig en betrouwbaar in beeld is. Dit beeld komt zowel door ontbrekende installatie-onderdelen in de berekening als door onjuiste milieudata van installaties. De resultaten van zes cases zijn samengevat in onderstaande tabel.

	MPG-Installaties (MPG-i)		Materiaalgebonden CO <sub>2</sub> -uitstoot (GWPa)	
	Berekend MKI / m <sup>2</sup> bvo/jaar	Verborgen % t.o.v. MPG-i	Berekend kg CO <sub>2</sub> -eq / m <sup>2</sup>	Verborgen % t.o.v. GWPa
A. Kantoor	0,41	+ 29%	37	+114%
B. Sporthal	0,31	+ 88%	34	+ 82%
C. Luchtinstallatie	0,03	+302%	3,34	+185%
D. Leidingstelsysteem	0,011	- 11%	0,55	+128%
E. Kantoor	0,63	+ 37%	93	+ 118%
F. Onderwijsgebouw	0,2	+ 99%	24	+105%

De belangrijkste conclusies van de cases zijn als volgt:

- **De daadwerkelijke milieu-impact van installatietechniek (MKI)** is +29% tot +302% ten opzichte van de MPG-berekening. In één geval is de milieu-impact 11% lager, maar is de CO<sub>2</sub>-uitstoot wel hoger. Dit betekent dat het aandeel van installaties in de totale MPG van gebouwen groter is dan nu wordt berekend.
- **De daadwerkelijke** materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot is +82% tot +185% hoger. Daardoor wordt het moeilijker om utiliteitsgebouwen binnen de gestelde *Paris Proof*-grenswaarden te realiseren.
- **De verborgen impact is waarschijnlijk nog groter.** Dit komt doordat sommige installaties niet zijn gemodelleerd of de milieu-impact niet is meegenomen door gebrek aan voldoende data. Deze resultaten zijn dus conservatief.



Figuur 1 | Impact blijft verborgen voor een deel van de installaties

---

**Ontwikkelingen in wet- en regelgeving maken goed inzicht essentieel.** Voor effectieve sturing is wel goed inzicht in de daadwerkelijke impact nodig. Bij de ontwikkeling van wet- en regelgeving speelt op korte termijn de uitbreiding van het aantal gebruiksfuncties waarvoor een MPG-berekening gemaakt moet worden: per 1 juli 2026 geldt dit voor vrijwel alle utiliteitsgebouwen. Op langere termijn ontstaat met de wettelijke introductie van de WLC-GWP een gecombineerde sturing op materiaalgebonden en operationele CO<sub>2</sub>-uitstoot, die bovendien voor de *as-built* situatie moet worden gerapporteerd.

**Naast wettelijke sturing willen steeds meer partijen zelf sturen op circulaire ambities.** Ook daarvoor is het essentieel om de op dit moment verborgen impact mee te nemen. Doordat de milieu-impact van installaties in de huidige berekeningen wordt onderschat, lonen circulaire oplossingen op dit moment rekenkundig niet. Omdat partijen de milieuwinst niet aan kunnen tonen, wordt bredere toepassing van deze circulaire oplossingen belemmerd.

**De structurele onderschatting van de milieu-impact van installatietechniek heeft verschillende oorzaken.** De oorzaken zijn verdeeld in twee soorten:

- **Systeemoorzaken rondom milieudata:** onjuistheden en onvolledigheden in de gehanteerde milieudata. Denk aan ontbrekende installatie-onderdelen, onjuiste aannames en verkeerde inschattingen van materiaalhoeveelheden in huidige milieudata.
- **Procesoorzaken rondom de berekening en toetsing:** gevolgen van de manier en het moment waarop MPG- en CO<sub>2</sub>-berekeningen worden gemaakt. Denk aan berekening van de MPG in de VO-fase en aan interpretatieverschillen in de scope van de MPG-berekening.

**Om deze oorzaken weg te nemen, is een structurele verbetering van het milieuprestatiestelsel en een verdere professionalisering van het ontwerp- en realisatieproces nodig.** Dit onderzoek geeft in totaal acht oplossingsrichtingen, die zowel bijdragen aan betere milieudata als een beter proces in het uitvoeren van MPG-berekeningen. Systemoplossingen zijn onder meer het verbeteren en

dynamisch inrichten van categorie-3 milieuverklaringen. Procesoplossingen liggen onder meer in het eerder betrekken van installatie-expertise en een meer eenduidige demarcatie, die aansluit op toekomstige WLC-GWP-verplichtingen. Ook goede toetsing en handhaving op de milieu-impact blijft belangrijk.

**De voorgestelde oplossingen grijpen in op de fundamenten van het milieuprestatiestelsel en de huidige manier van rekenen.** Alleen met serieuze interventies kan een systeem ontstaan waarin alle partijen eenvoudig, efficiënt en effectief kunnen sturen op de milieu-impact van installatietechniek. Positief is dat oplossingen in de praktijk mogelijk zijn, omdat veel milieudata al ergens in de keten aanwezig is.

**Om de sturingskracht van de MPG en toekomstige WLC-GWP te behouden, is het noodzakelijk om te gaan rekenen met de werkelijke impact.** Wanneer wordt gerekend met de 'huidige' impact (zonder de verborgen impact), ontstaat een schijnveiligheid in het halen van de MPG-, PPM of toekomstige WLC-GWP-grenswaarden, omdat de daadwerkelijke milieu-impact groter is dan berekend. Tegelijkertijd staan innovaties en nieuwe productontwikkelingen buiten spel, omdat installatie-arme concepten, hergebruik of refurbished installaties onvoldoende worden beloofd. Daarmee komt de circulaire economie binnen installatietechniek niet van de grond.

**Voor de installatietechniek staat de geloofwaardigheid van het systeem op het spel. Daarom is regie, coördinatie en professionalisering van het milieuprestatiestelsel nodig.** Vanuit de Rijksoverheid en systeemspelers als de Nationale Milieudatabase is regie nodig om iedereen de juiste richting te geven. Vervolgens ligt de verantwoordelijkheid bij alle partijen in de keten om met goede milieudata op de juiste manier te gaan rekenen: van fabrikanten tot installateurs en ontwerpers tot installatieadviseurs. De barrières zijn bekend – en de oplossingsrichtingen ook. Daarmee ligt de weg open om de verborgen impact van installatietechniek op de juiste manier mee te gaan rekenen en effectief te gaan sturen op een meer circulaire installatietechniek.

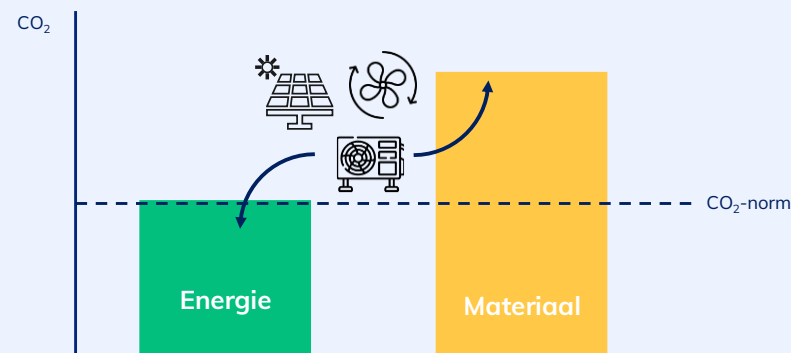
# Hoofdstuk 1. Aanleiding

Installaties spelen een essentiële rol in het functioneren van gebouwen. De hoeveelheid installatietechniek in gebouwen groeit nog steeds, vooral in de utiliteitsbouw. Tegelijkertijd wordt steeds duidelijker dat installaties ook een grote milieu-impact hebben. Daarbij zijn er aanwijzingen dat die milieu-impact groter is dan de impact die op dit moment wordt berekend. Met dit onderzoek willen we meer inzicht creëren in de verborgen impact.

## Impact van installaties wordt steeds groter

Installatietechniek biedt een oplossing voor verschillende ontwerpdoelstellingen. Denk aan een gezond en comfortabel binnenklimaat, verbetering van de energieprestatie en slimmere gebouwen. Tegelijkertijd groeit het aandeel installatietechniek in gebouwen sterk. In de utiliteitsbouw is dit opgelopen tot bijna 45% van de bouwsom (in €), ruim anderhalf keer hoger dan tien jaar geleden.<sup>1</sup>

Ondanks het relatief lage massa-aandeel leidt dit tot een aanzienlijke materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot.<sup>2</sup> Bij de gecombineerde materiaalgebonden en operationele CO<sub>2</sub>-uitstoot (WLC-GWP) zijn installaties naar inschatting verantwoordelijk voor 50-75% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een modern utiliteitsgebouw.<sup>3</sup> Daardoor spelen installaties een cruciale rol in het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de gebouwde omgeving<sup>4</sup>. Vanuit deze bepalende rol groeit de noodzaak om de milieu-impact van installatietechniek nauwkeurig en zo volledig mogelijk in beeld te brengen. Daarmee kunnen ontwerpkeuzes en dilemma's tussen energie en materiaal tijdig en goed afgewogen worden (zie figuur 2).



Figuur 2 | Installaties verlagen de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het energieverbruik, maar leiden tot extra CO<sub>2</sub>-uitstoot door de materialen die ervoor nodig zijn.

## Wettelijke en private sturing op impact van installaties

De Milieuprestatie Gebouwen (MPG) stuurt op de integrale milieu-impact van een bouwwerk. Alle bouw- en installatieonderdelen die nodig zijn om te voldoen aan de gebruiksfunctie en energetische eisen uit het *Besluit bouwwerken leefomgeving* (Bbl) vallen binnen de scope van de MPG. Voor installaties die raken aan de energievoorziening (zonnepanelen, warmtepompen) worden alleen de installaties die nodig zijn voor het behalen van de BENG-eisen meegerekend.

Tot en met 2025 zijn er alleen wettelijke grenswaarden voor woningbouw en kantoren. Vanaf 1 juli 2026 worden ook grenswaarden gesteld voor utiliteitsgebouwen met andere gebruiksfuncties, zoals bijeenkomst-, onderwijs-, en sportfuncties.<sup>5</sup> Juist bij deze gebruiksfuncties is vaak relatief veel installatietechniek nodig, waardoor installaties nog bepalender worden voor het behalen van de MPG-eis.

---

Als gevolg van Europese wetgeving wordt vanaf 2028 aanvullende sturing geïntroduceerd op de integrale CO<sub>2</sub>-uitstoot van gebouwen. Deze *Whole Life Cycle Global Warming Potential* (WLC-GWP) komt voort uit de actualisatie van de *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD-IV). Nationaal worden er voor de WLC-GWP grenswaarden bepaald voor het totaal van operationele en materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot over de volledige levensduur van een gebouw. Met de WLC-GWP ontstaat een systematiek waarbinnen gestuurd kan worden op de combinatie van energieverbruik en materiaalgebruik. Dit onderzoek berekent niet de volledige WLC-GWP van gebouwen. De relevantie voor WLC-GWP ligt in het feit dat betere installatiedata en betere systeemmodellering noodzakelijke randvoorwaarden zijn voor integrale sturing.

Daarnaast hebben steeds meer marktpartijen ambities op klimaat en circulaire economie. Onderdeel daarvan is het verlagen van de CO<sub>2</sub> uitstoot (scope 3). Ook steeds meer opdrachtgevers stellen grenswaarden aan de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot.<sup>6</sup> Milieudata is een belangrijke basis om de winst van circulaire oplossingen in beeld te brengen. Om te kunnen sturen op deze circulaire oplossingen, is het wel van belang dat de milieudata compleet en accuraat is.

### **Impact van installaties onvolledig in kaart**

Huidige inschattingen van de milieu-impact van installatietechniek lopen sterk uiteen. Installaties zijn verantwoordelijk voor 20% tot 40% van de totale milieu-impact van een gebouw, op basis van gebouwspecifieke MPG-berekeningen.<sup>7</sup> Tegelijkertijd is het aantal installatieverklaringen in de Nationale Milieudatabase (NMD) zeer beperkt: die installatieverklaringen dekken slechts 7% van alle potentiële installaties af.<sup>8</sup> Het is dus niet verrassend dat partijen stellen dat huidige MPG-berekeningen niet de volledige impact van installaties in kaart brengen.

Recent internationaal onderzoek laat zien dat de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot van installatietechniek veel hoger is, als alle materialen worden meegenomen.<sup>9</sup> Dit geldt met name bij utiliteitsbouw, waar complexe en omvangrijke installatiesystemen worden toegepast. Met dit onderzoek bieden we een verdieping voor de Nederlandse situatie.

De sturingskracht van de MPG en toekomstige WLC-GWP gaat verloren wanneer de werkelijke impact onderschat blijft. Allereerst wordt in sommige gevallen de wettelijke grens in de praktijk niet gehaald, omdat de daadwerkelijke milieu-impact groter is dan berekend. Daarnaast worden op dit moment installatie-arme concepten, hergebruik of *refurbished* installaties onvoldoende beloond, omdat er weinig of geen rekenkundige winst is ten opzichte van de (te laag) berekende milieu-impact van de reguliere installatietechniek.

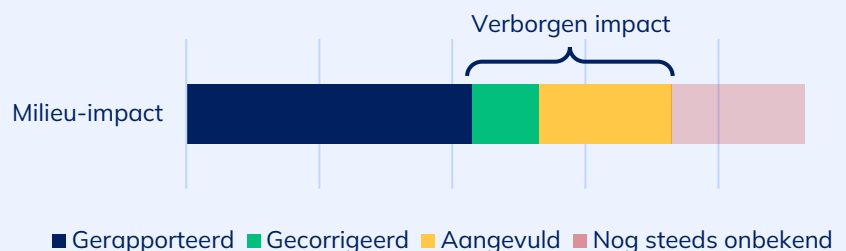
***“Goede sturing is onmogelijk zonder  
inzicht in de daadwerkelijke impact.”***

Dit onderzoek brengt de verborgen milieu-impact van installatietechniek in kaart. Daarbij ligt de focus op de utiliteitsbouw, omdat daar veel installaties worden toegepast: het aandeel installaties (als percentage van de bouwsom) is daar gemiddeld twee keer zo hoog als bij woningbouw.<sup>10</sup>

# Leeswijzer

De resultaten van dit onderzoek zijn gepresenteerd in **hoofdstuk 2: wat is de verborgen impact van installaties?** In **hoofdstuk 3** worden de oorzaken geduid aan de hand van verdiepende analyses en inzichten. In **hoofdstuk 4** worden oplossingsrichtingen gegeven waarmee de verborgen impact van installatietechniek transparanter kan worden gemaakt en beter kan worden meegenomen in ontwerpen en besluitvorming. In **hoofdstuk 5** wordt een perspectief geschetst op wat er voor de installatieketen mogelijk is.

In dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen gerapporteerde impact en verborgen impact, waarbij de verborgen impact de som is van correcties die nodig waren bij de berekening voor vergunningsaanvraag en aangevulde milieu-impact doordat de berekeningen in meer detail zijn ingevuld (figuur 3).



Figuur 3 | Opbouw van verborgen impact

In het onderzoek worden MPG, MKI, materiaalgebonden CO<sub>2</sub> en WLC-GWP dicht naast elkaar gebruikt. De CO<sub>2</sub>-resultaten in dit onderzoek betreffen de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot (GWPa) en Paris proof indicator materiaal (PPm). De WLC-GWP wordt gebruikt als een toekomstig sturingselement, maar het rapport rekent niet de volledige WLC-GWP door.

In dit rapport maken we gebruik van de volgende definities & indicatoren:

Milieukostenindicator (MKI)	Totale milieukosten (€)	Schaduwprijs van een aantal milieueffecten
Milieuprestatie gebouwen (MPG-i)	Milieukosten per m <sup>2</sup> BVO per jaar van installaties	Verplicht bij vergunning tot nieuwbouw (installatiedeel)
Materiaalgebonden CO <sub>2</sub> uitstoot (PPm / GWPa)	CO <sub>2</sub> uitstoot van materialen tot oplevering (GWPa). (PPm is per m <sup>2</sup> BVO)	Deel van de levenscyclus, wordt veel gebruikt bij ambitiebepaling
Whole lifecycle Global Warming Potential (WLC-GWP)	CO <sub>2</sub> -uitstoot over de gehele levensduur, materiaal en energie	Toekomstige wetgeving (EPBD IV) en noodzaak voor systeemverbetering
Gerapporteerde impact	Milieu-impact volgens MPG-berekening (€ MKI / CO <sub>2</sub> -eq)	Zoals ingediend bij vergunning
Gecorrigeerde impact	Impact door correcties van gerapporteerde impact	Verbeterd/aangevuld aan de hand van materiaallijsten
Aangevulde impact	Extra milieu-impact door aanvulling berekening	Verbeterd op basis van materiaallijsten en Europese EPD's / LCA's
Verborgen impact	De niet gerapporteerde milieu-impact die inzichtelijk is gemaakt	Som van gecorrigeerde en aangevulde impact
Nog steeds onbekende 'verborgen impact'	Missende milieu-impact door ontbrekende elementen	De installaties die wel gemaakt worden, maar waar geen data van is
Demarcatie 'Besluit bouwwerken leefomgeving' (Bbl) MPG scope	Installatieonderdelen die bijdragen aan de (energie)prestatie voor de betreffende gebruiksfunctie(s)	De installaties die meegenomen moeten worden in de MPG-berekening conform Bbl

# Hoofdstuk 2. Verborgen impact installatie

De werkelijke milieu-impact van installaties is groter dan de rekenkundige impact in MPG-berekeningen. Dit blijkt uit de analyse van zes utiliteitsgebouwen. De impact van installaties in deze gebouwen is in MPG-berekeningen structureel lager dan de optelsom van de milieu-impact op basis van de materialenlijst.

Dit onderzoek maakt de impact van installaties inzichtelijk op zowel de milieu-impact (MKI) als de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot (CO<sub>2</sub>-eq). Door deze combinatie sluiten de conclusies zowel aan op de op dit moment verplichte MPG-berekeningen als de door veel opdrachtgevers toegepaste *Paris Proof materiaalgebonden* (PPm-/GWPa-) sturing.

## Cases

Om inzicht te krijgen in de verborgen impact, is gebruik gemaakt van zes casussen. Deze casussen zijn geselecteerd op basis van de beschikbaarheid van zowel MPG-berekeningen als uitgebreide materiaaldata. Voor een aantal casussen zijn alleen specifieke installatieonderdelen geanalyseerd. Deze casussen zijn toegelicht in de tabel hieronder. Voor één casus zijn uitgebreidere data en resultaten opgenomen aan het einde van dit hoofdstuk. De overige resultaten voor alle onderzochte casussen zijn opgenomen in [bijlage 2](#).

Casus	Scope	Fase	Oppervlakte (BVO)
A	Kantoorgebouw	Voorlopig ontwerp	2.082 m <sup>2</sup>
B	Sporthal	As-built	4.497 m <sup>2</sup>
C	Luchtinstallatie	As-built	21.000 m <sup>2</sup>
D	Leidingsysteem	As-built	9.000 m <sup>2</sup>
E	Kantoorgebouw	As-built	12.785 m <sup>2</sup>
F	Onderwijsgebouw	Technisch ontwerp	22.000 m <sup>2</sup>

## Gevoeligheidsanalyse Bbl-demarcatie

In een MPG-berekening worden alle installaties meegerekend die nodig zijn voor het behalen van de voorgeschreven prestaties voor de betreffende gebruiksfunctie(s), waaronder de energieprestatie. Sommige installaties die buiten deze Bbl-demarcatie vallen zijn in dit onderzoek meegenomen: bijvoorbeeld de extra PV-panelen die geplaatst worden, maar niet nodig zijn om aan de BENG-eis te voldoen. Toch zien we dat de verborgen impact grotendeels veroorzaakt wordt door betere milieudata te gebruiken en werkelijk aantallen te gebruiken.

Ter illustratie: wanneer kabelgoten en alle PV buiten beschouwing worden gelaten bij casus A en B, daalt de verborgen impact in MKI ten opzichte van de verborgen impact inclusief kabelgoten en PV (-34% casus A) en (-72% casus B). Dit verschil vermindert naar alle waarschijnlijkheid wanneer een deel van de PV (het aantal wat nodig is voor energieprestatie van Bbl) wel wordt meegenomen.

## Aanpak

Voor iedere casus zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Corrigeren van MPG-berekeningen waar nodig, bijvoorbeeld bij koppeling van een verkeerd verklaring of onjuiste dimensionering.
2. Verrijken van milieu-impactberekeningen aan de hand van materiaallijsten om de verborgen materiaalgebonden impact inzichtelijk te maken.
3. Vergelijken van gerapporteerde impact met de verborgen milieu-impact.

De stappen zijn nader uitgewerkt in [Bijlage 1](#).

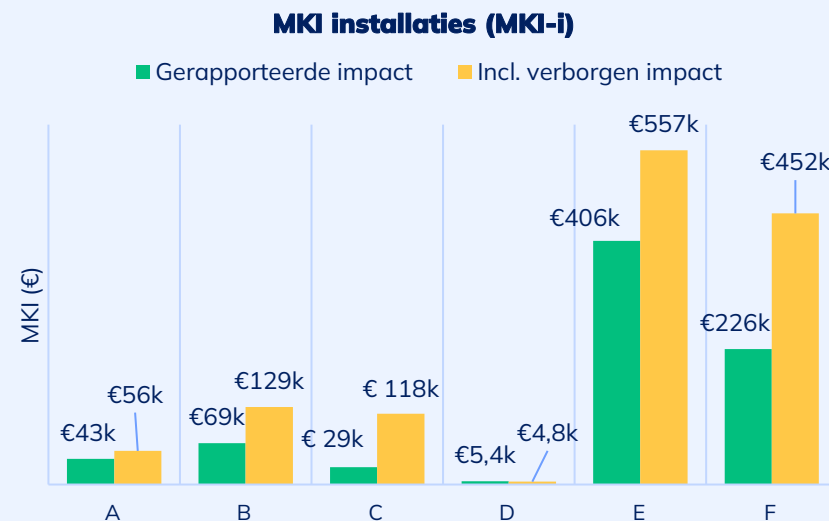
Om gevalideerde resultaten te krijgen is gebruik gemaakt van het rekeninstrument Madaster, die zowel gecertificeerd instrumenthouder is van de NMD als toegang heeft tot diverse Europese databases.

## Verborgen impact in milieukosten (MKI)

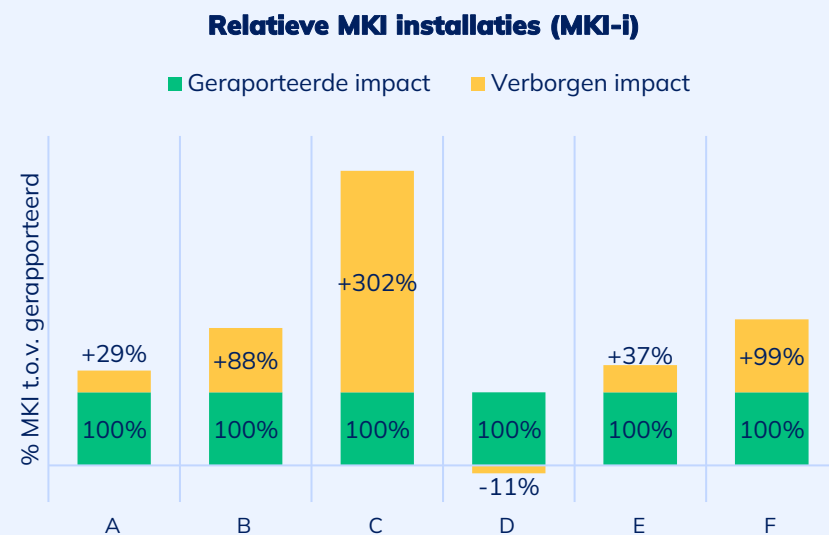
Uit de analyse blijkt dat de milieu-impact van installaties (MKI-i) van de onderzochte utiliteitsgebouwen gemiddeld bijna twee (1,88) keer hoger is dan zoals opgegeven bij de vergunningsaanvraag (zie figuur 4). Bij vergunningsaanvraag worden de milieukosten van installaties berekend door voor de toegepaste installatie milieuverklaringen te selecteren. De uitkomsten van deze milieuverklaringen samen geven een MKI van de installaties. Op deze MKI wordt wettelijk gestuurd (in combinatie met alle bouwkundige elementen) en daarom moeten de berekeningen kloppen, wat op basis van de resultaten niet het geval is.

Voor één systeem (casus D, leidingwerk) is de milieu-impact verminderd met 11%, doordat bij de MKI-berekening op basis van gedetailleerde data de baten buiten levensduur (module D) de milieukosten sterk verlagen. Installatietechniek heeft vaak een hoge module D-baten, omdat deze producten veel waardevolle en goed recyclebare materialen (zoals metalen) bevatten waarvan verwacht wordt dat hergebruik of recycling grote milieuvordelen oplevert buiten de levensduur van het gebouw. Bij de vergunningsaanvraag waren deze baten niet zwaar meegeteld door gebruik van andere milieudata. In [bijlage 1](#) is het 'dempende' effect van module D bij MKI van installaties inzichtelijk gemaakt.

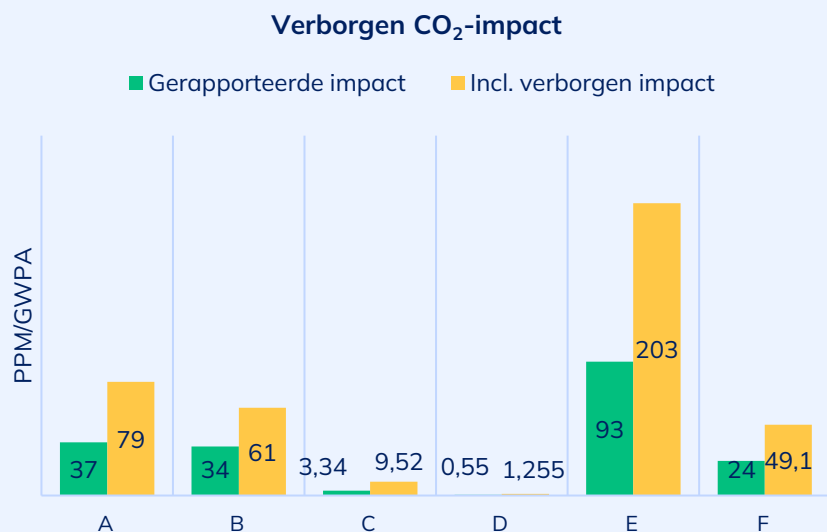
Voor de overige gebouwen is de verborgen impact op MKI +29% tot +302%, zoals weergegeven in figuur 5. De milieukosten verschillen in absolute zin sterk, omdat de zes cases zes verschillende gebouwen zijn met verschillende installaties. Hiervoor zijn de grootte van het gebouw, het type installatiesysteem en de scope van de berekening van belang: soms enkel leidingwerk, andere keren bijvoorbeeld ook verlichting en luchtdistributie). De milieukosten zijn in relatieve zin in vrijwel alle cases hoger in de werkelijke materialisatie.



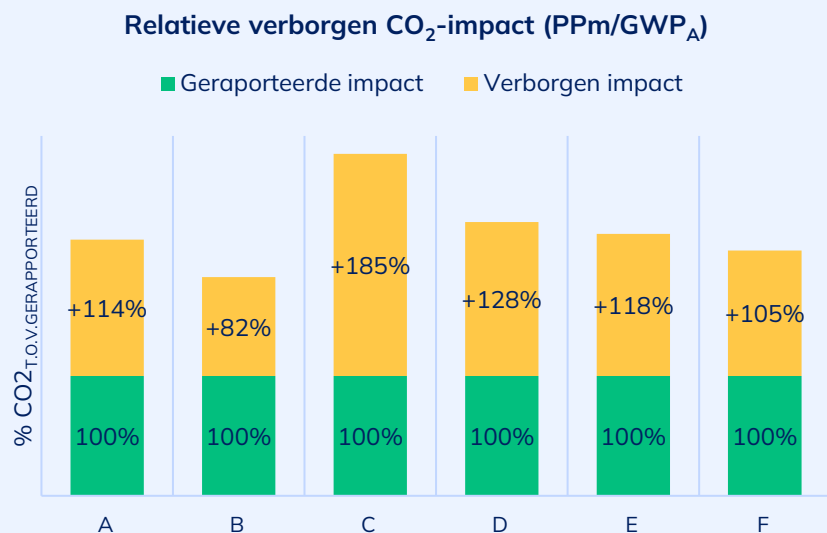
Figuur 4 | De milieukosten per casus van vóór en na corrigeren en aanvullen.



Figuur 5 | De relatieve toename van de MKI-i door de verborgen impact.



Figuur 6 | De CO<sub>2</sub>-impact per casus van vóór en na corrigeren en aanvullen.



Figuur 7 | De relatieve toename van de CO<sub>2</sub> door de verborgen impact.

## Verborgene impact in materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot

De materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot (PPm/ GWP<sub>A</sub>) laat een structureel hogere verborgen impact zien dan de MKI (+122% gemiddeld, zie figuur 6 en 7). Waar bij MKI-berekeningen de impact van producten vermindert door toekomstige milieubaten, zie [bijlage 1](#), maakt PPm/ GWP<sub>A</sub> de directe uitstoot expliciet. Dit resulteert in grotere verborgen impact (bijv. casus E: +37% MKI vs. +118% CO<sub>2</sub>) en een stabiele bandbreedte van +82% tot +185% over alle casussen. Over het algemeen zien we dat de toename aanzienlijk is en daardoor het lastiger gaat worden om een gebouw te realiseren binnen de gestelde grenswaarden van de Dutch Green Building Council (DGBC). In het geval van gebouw E overschrijden de installatie op zichzelf de streefwaarde gesteld voor 2026 voor kantoren: 193 kg CO<sub>2</sub>eq./ m<sup>2</sup> BVO.<sup>11</sup>

## Aandachtspunten bij interpretatie resultaten

Bij het uitvoeren van deze analyse zijn 'perfecte' berekeningen niet mogelijk, omdat er (nog steeds) gegevens ontbreken. Daarom is er een aantal belangrijke aandachtspunten bij de interpretatie van deze resultaten:

- De werkelijke verborgen impact is in de realiteit mogelijk nog hoger, omdat sommige installaties niet zijn gemodelleerd of niet konden worden meegenomen bij gebrek aan milieudata.
- Bestaande 3D-modellen zijn niet altijd opgezet als goed materiaalpaspoort, waardoor niet alle materialen goed herleidbaar zijn.
- Niet alle materialen zijn in 3D-modellen opgenomen: bijvoorbeeld kabels, regeltechniek, communicatie en beveiliging zijn niet gemodelleerd.
- Voor veel materialen zijn geen specifieke milieuverklaringen beschikbaar in de databases die voor dit onderzoek zijn gebruikt (stalen leidingwerk, afsluiters, luchtappendages, etc.).
- Veel milieuverklaringen zijn niet goed te vergelijken door andere scope, achtergrondatabases of versies binnen achtergrondatabases die hier de basis voor vormen. Dit heeft mogelijk een effect (positief of negatief), maar de resultaten maken zichtbaar dat aanwijsbare effecten veel directere en grotere invloed hebben.

# Casus A. Kantoor

Om inzicht te geven in de totstandkoming van de resultaten, wordt ter illustratie casus A toegelicht. De overige casussen zijn opgenomen in bijlage 2.

## Kenmerken

- Functie: Kantoor
- Oppervlakte: 2082 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: Voorlopig Ontwerp

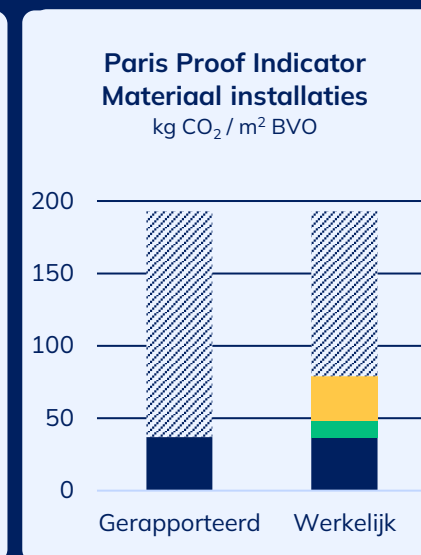
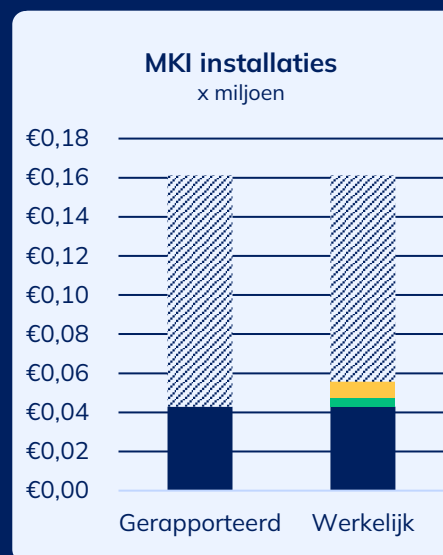
In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien: de milieu-impact van installaties (MPG en MKI), de Paris Proof materiaalgebonden indicator en de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-impact van installaties. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen gerapporteerd bij vergunningsaanvraag (links), gecorrigeerd binnen het NMD-stelsel (midden) en aangevuld met externe databases (rechts). De methodiek staat beschreven in **bijlage 1**.

De milieu-impact (MPG) wordt na correctie van fouten 10% hoger. Dit komt onder andere doordat een milieuverklaring miste voor het klimaatplafond. In de figuren zijn de milieu-impact afgezet tegen normen. Dit is de per 1 juli 2026 geldende MPG-eis voor kantoorfunctie (€ 1,55) en de PPM-norm zoals gesteld door de Dutch Green Building Council (DGBC) voor kantoren.

### \*Details van berekening

Luchtdistributie, warmwaterdistributie, klimaatplafond en PV milieuverklaringen uit de MPG-berekening zijn uitgezet, hiervoor in de plaats zijn 1.345 componenten uit de IFC vervangen door 52 productverklaringen (externe EPD of cat.1- verklaring).

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG installaties	€ 0,41	€ 0,45	€ 0,53
MKI installaties	€ 42.993	€ 47.285	€ 55.636
PPm installaties (CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	37	48	79
<b>GWP A totaal</b>	<b>77 ton</b>	<b>100 ton</b>	<b>165 ton</b>

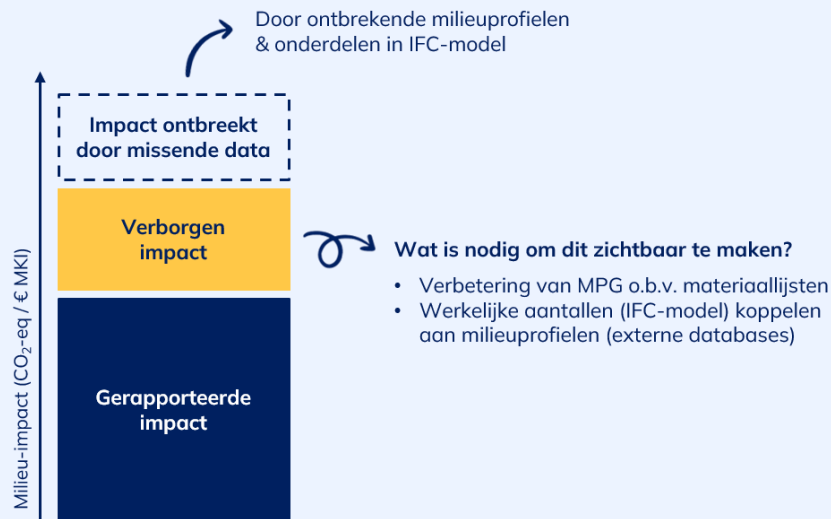


■ Gerapporteerd   
 ■ Gecorrigeerd   
 ■ Verborgen impact   
 ▨ Resterend budget voor gebouw (volgens MPG-eis of PPM norm)

# Hoofdstuk 3. Oorzaken onderschatting impact

De milieu-impact van klimaatinstallaties blijkt in de praktijk aanzienlijk hoger dan wat in de MPG-berekening wordt berekend. Hier liggen systeem- en procesoorzaken aan ten grondslag. Systeemoorzaken zijn lage kwaliteit en beschikbaarheid van milieudata. Procesoorzaken hebben betrekking op hoe en wanneer de MPG-berekening van installaties wordt uitgevoerd.

Uit de resultaten blijkt dat de impact van installaties gemiddeld twee keer hoger is in de praktijk dan gerapporteerd. De verborgen impact die (in hoofdstuk 2) inzichtelijk is gemaakt, is bovendien nog niet alle verborgen impact: veel installatiesystemen zijn niet ingetekend en milieudata is niet beschikbaar voor een groot aantal componenten en systemen, zoals in figuur 8 weergegeven.



Figuur 8 | Schematische weergave van de verborgen impact van installaties

Van de aantoonbare verborgen impact zijn de onderliggende oorzaken inzichtelijk gemaakt. Deze zijn opgedeeld in systeem- en procesoorzaken:

- A. Systeemoorzaken** zijn onjuistheden of onvolledigheden in de milieudata of het systeem die in milieuberekeningen worden gebruikt.
- B. Procesoorzaken** zijn de oorzaken die te maken hebben met de manier en het moment waarop MPG- en CO<sub>2</sub>-berekeningen worden gemaakt.

## A. Systeemoorzaken: milieudata van installaties

De milieu-impact van installaties wordt berekend door de toegepaste materialen te koppelen aan milieuverklaringen. Hieruit volgen CO<sub>2</sub>-uitstoot en MKI-prestaties. Om de milieu-impact inzichtelijk te maken, moeten alle materialen in de juiste hoeveelheden worden vermenigvuldigd met de juiste milieuverklaringen. Voor deze berekeningen wordt vaak teruggevallen op categorie-3 milieuverklaringen (zie kader op de volgende pagina). De kwaliteit, toepasbaarheid en beschikbaarheid van deze gemodelleerde data in categorie-3 verklaringen zijn in de praktijk echter onvoldoende. Dit wordt al enkele jaren door diverse partijen en rapportages aangekaart. In enkele gevallen zien we zelfs dat generieke categorie-3 milieuverklaringen beter scoren dan specifieke categorie-1 verklaringen. Daarvoor zijn vier hoofdoorzaken op systeemniveau:

1. Ontbrekende installatie-onderdelen in milieudata;
2. Verkeerde inschatting materiaalhoeveelheden;
3. Onjuiste aannames in milieudata;
4. Ontbrekende milieuverklaringen voor diverse installaties.

## Nationale Milieu Database (NMD)

Milieudata voor MPG-berekeningen wordt in Nederland beheerd door de NMD. Het primaire doel is om het mogelijk te maken om verplichte milieuprestatieberekeningen te doen. Er zijn verschillende soorten zgn. 'milieuverklaringen' die gekoppeld worden aan materialen, producten of systemen.

- **Categorie 1 (Cat-1):** Getoetste en merkgebonden data. Ze zijn eigendom van een fabrikant.
- **Categorie 2 (Cat-2):** Getoetste en branche- of sectorgebonden data opgesteld door of in opdracht van een branche.
- **Categorie 3 (Cat-3):** Niet getoetste en generieke data. Er zijn twee varianten:
  - Producten/onderdelen die schalen met aantal meters en/of volume.
  - Systemen die schalen met GBO (gebruiksoppervlakte).

Omdat Cat-3 verklaringen minder accuraat zijn en voordeel t.o.v. Cat-1 of Cat-2 verklaringen te voorkomen zit er een 30% verhoogfactor op de milieu-impact.

## 1. Ontbrekende installatie-onderdelen in milieudata

In de opbouw van de cat-3 verklaringen ontbreken vaak onderdelen van de installaties die deze cat-3 verklaringen wel zouden moeten omvatten. Omdat deze onderdelen een significante materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-impact hebben, leidt het ontbreken hiervan tot verborgen impact. Bij vergelijking van een cat-3-verklaring voor luchtbehandeling met de materiaallijsten van een kantoorgebouw blijkt dat veelgebruikte componenten in de modellering van de data niet zijn meegenomen. Voorbeelden zijn volumeregelaars (variabel en constant), brand- en rookkleppen en luchtroosters. Voor het merendeel van deze componenten zijn milieuverklaringen beschikbaar bij fabrikanten, waardoor de werkelijke impact alsnog kan worden berekend. Alleen zijn fabrikanten van installatieonderdelen vaak grote internationale partijen die specifiek voor de Nederlandse markt specifieke data op willen stellen die niet voldoet aan het NMD-protocol. Hierdoor zijn veel milieuverklaringen van installaties niet beschikbaar in de NMD.

## 2. Verkeerde inschatting materiaalhoeveelheden

Alle berekeningen van de onderzochte gebouwen maken gebruik van generieke cat-3 verklaringen voor installaties. Veel van deze verklaringen bestaan uit gemiddelde kengetallen per vierkante meter gebruiksoppervlakte (GBO), die onafhankelijk van het type of de omvang van een gebouw worden gebruikt. Deze verklaringen zijn gebaseerd op een inschatting van de producten en materialen per m<sup>2</sup> in een referentiegebouw.

De analyse van de onderzochte gebouwen laat grote verschillen zien ten opzichte van deze cat-3 verklaringen. De afwijkingen ontstaan ook als gebouwen een andere functie hebben, zoals een sporthal (casus B). Het gevolg is dat de berekende milieu-impact structureel te laag uitvalt bij gebouwen met intensieve of hoogwaardige installaties. Een categorie 3-verklaring is al een grove benadering; als deze verklaringen vervolgens ook nog worden vermenigvuldigd met GBO in m<sup>2</sup>, kunnen de afwijking zeer groot worden. Een kantoor van 1.000 m<sup>2</sup> of een kantoor van 100.000 m<sup>2</sup> hebben een totaal andere installatie-impact. Juist bij grote gebouwen is de afwijking het grootst.

### Voorbeeld. Cat-3 verklaring warmtedistributie

In een cat-3 verklaring voor warmtedistributie wordt gerekend met gemiddeld 0,13 kg materiaal per m<sup>2</sup> GBO. In een onderzocht kantoorgebouw is in de praktijk 0,93 kg materiaal per m<sup>2</sup> GBO aanwezig, op basis van het IFC-model. De hoeveelheid materiaal is een factor zeven onderschat. Dit grote verschil is waarschijnlijk ontstaan doordat dit gebouw hoge comforteisen heeft, waardoor het gebouw veel grotere en zwaardere installaties heeft dan het 'gemiddelde' gebouw waar de verklaring van uitgaat.

## 3. Onjuiste aannames in categorie-3 milieudata

In het opstellen van cat-3 verklaringen zijn onjuiste aannames gedaan en is milieudata gebruikt die niet klopt. De afwijkingen in aannames leiden tot onderschatting van de milieu-impact, ondanks de extra 30% toeslag.

Voorbeelden zijn berekeningen waarbij het type materiaal of de soortelijke gewichten van de gebruikte cat-3 verklaringen niet overeenkomen met wat in de praktijk wordt geïnstalleerd. Daarnaast zien we ook grote afwijkingen en verschillen in levensduur van de installaties. Door beperkte levensduur van elektronica is het effect van deze kleine elementen veel groter in de werkelijkheid. Niet alle cat-3 verklaringen zijn onderzocht, omdat achtergrondrapporten niet meer beschikbaar zijn.

### Voorbeeld. Warmtedistributie

Het cat-3 verklaring voor warmtedistributie gaat uit van kunststof leidingen (polybutyleen). In de praktijk wordt in utiliteitsgebouwen vooral stalen leidingwerk toegepast. Dit leidt tot een grote verborgen impact, omdat de milieu-impact van staal veel hoger is dan van kunststof.

### Voorbeeld. Luchtkanalen

Het cat-3 verklaring voor luchtkanalen maakt gebruik van verkeerde aannames over de hoeveelheid materiaal. Uit fabrikantgegevens blijken luchtkanalen 50-60% zwaarder te zijn dan in de milieuverklaring is aangenomen: 26 kg/m (cat-3 milieuverklaring) versus 41 kg/m (fabrikantgegevens). Dit komt onder meer doordat door de fabrikant aanvullende onderdelen meeneemt, waaronder het gewicht van montageflenzen en de constructieve verstevigingen die nodig zijn om trillingen en vervormingen te voorkomen.

## 4. Ontbrekende milieuverklaringen voor diverse installaties in de NMD database

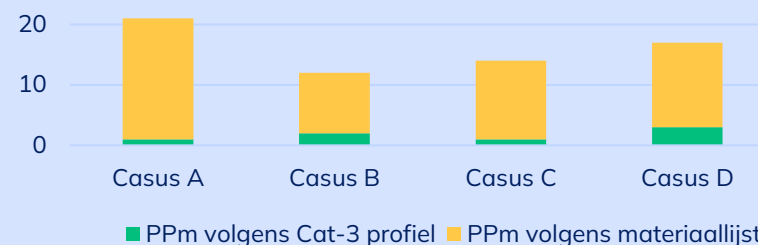
Om een volledige inschatting te doen van de milieu-impact van installatietechniek zijn er voor veel systemen milieuverklaringen nodig. Op dit moment ontbreken er nog diverse installatiesystemen in de NMD. Daardoor ontbreekt deze milieu-impact ook in MPG-berekeningen. Voorbeelden zijn klimaatregelingsinstallatie, gebouwbeheersystemen,

## Verdieping. Luchtdistributie & klimaatplafond

### Luchtdistributie

De cat-3 verklaring van luchtdistributie mist installatieonderdelen (1) en is gebaseerd op onjuist soortelijk gewicht (3). Onder andere hierdoor ontstaat verborgen impact van installaties zichtbaar in figuur 9.

### Voorbeeld: milieu-impact luchtdistributie



Figuur 9 | toelichting

Sommige belangrijke onderdelen van de luchtdistributie die wel in materiaallijsten naar voren kwamen, konden in dit onderzoek niet worden meegenomen. Denk hierbij aan ophangsystemen en flexibele luchtkanalen (9 km in de voorbeeldcasus op pagina 10). De eigenlijke verborgen milieu-impact kan dus nog groter zijn dan in figuur 9 weergegeven.

### Klimaatplafond

Voor één casus (een kantoorgebouw) is de MKI bepaald op basis van een cat-3 verklaring die schaalte met vierkante meter GBO. Wanneer een cat-1 verklaring van een fabrikant werd gebruikt i.c.m. de daadwerkelijke m<sup>2</sup> klimaatplafond, waren de milieukosten zeven keer groter (MPG: € 0,24 t.o.v. € 0,038).

Deze resultaten maken duidelijk zichtbaar dat een gedetailleerde berekening, gebaseerd op echte materialen en juiste hoeveelheden leidt tot een aanzienlijk hogere en realistischere milieu-impact.

brandbeveiligingsinstallaties, data-, communicatie- en beveiligingsinstallaties. Deze systemen en onderdelen worden niet meegenomen in MPG-berekeningen omdat er geen milieudata van is. En daarnaast vaak ook niet gemodelleerd door installateurs. Dit maakt het onmogelijk om een goede inschatting te maken van de milieu-impact van deze installaties.

## B. Procesoorzaken: milieu-impact installaties in ontwerp- en realisatieprocessen

Naast oorzaken rondom milieudata ontstaat een deel van de verborgen impact door procesoorzaken, die samenhangen met het opstellen van de MPG-berekening. Vanuit gesprekken die we gevoerd hebben met diverse partijen komen drie oorzaken naar voren voor het verkeerd uitvoeren van MPG-berekening bij installaties:

5. MPG-berekening op basis van Voorlopig Ontwerp;
6. Ontbrekende kennis over installaties bij MPG-berekening;
7. Interpretatieverschillen in scope MPG-berekening

### 5. MPG-berekening op basis van Voorlopig Ontwerp

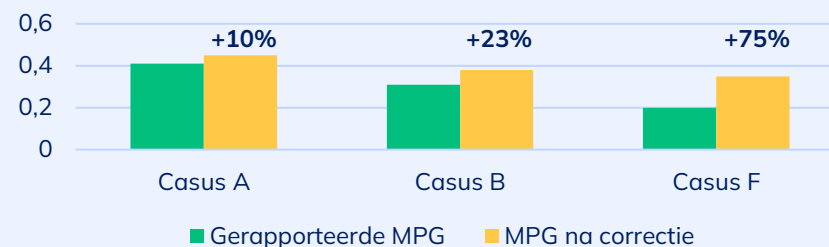
De MPG-berekening is nodig voor het aanvragen van een bouwvergunning. Als gevolg daarvan wordt deze vaak opgesteld op basis van het Voorlopig Ontwerp (VO). Dit is vóór het moment dat installaties in detail worden ontworpen en materialen worden gekozen. Ook de installateur is in deze fase vaak nog niet betrokken. Doordat de berekening op basis van het VO is, is er weinig product- en materiaal informatie beschikbaar om mee te rekenen, waardoor partijen gebruik maken van inschattingen en kengetallen.

Het probleem zit niet alleen in het moment van berekenen, maar ook in het ontbreken van passende stuurvariabelen om invloed uit te oefenen op milieu-impact. Wanneer tijdens een VO wordt gerekend met generieke categorie-3-verklaringen op basis van m<sup>2</sup> GBO, ontstaat snel schijnnaauwkeurigheid. Immers een ontwerpwijziging die mogelijk het aantal luchtkanalen en extra

componenten laten toenemen met +25% leidt in dat geval nooit tot een hogere milieu-impact. Voor installaties zoals luchtbehandeling is m<sup>2</sup> GBO geen goede richtinggevende eenheid. De impact wordt bepaald door gebouwfunctie, gebruiksverklaring, ventilatieconcept, luchtdebieten, comforteisen en systeemkeuze. Een *all-air* klimaatconcept vraagt bijvoorbeeld andere kanaalafmetingen en materiaalhoeveelheden dan een klimaatplafond met watergedragen leidingen. Dit benadrukt de noodzaak van betere milieudata en ook de kennis betrekken in projecten om op basis van deze milieudata een nauwkeurige berekening te maken passend bij dat ontwerp, gebruiksfunctie en installatieconcept.

### 6. Ontbrekende kennis over installaties en milieu-impact van installaties bij het maken van MPG-berekeningen

Uit de casussen blijkt dat er in MPG-berekeningen verschillende menselijke fouten zitten, zoals zichtbaar in figuur 10. De onderschatting door incorrect invullen van de MPG-berekening is bij drie van de vier bouwcasussen ontdekt en is 10%-75%.



Figuur 10 | Absolute en relatieve toename door verbetering van menselijke fouten in de gerapporteerde berekeningen voor drie casussen.

MPG-berekeningen worden uitgevoerd door mensen met weinig kennis van complexe installatietechniek. Hierdoor worden berekeningen verkeerd of

onvolledig uitgevoerd. Dit hangt samen met **oorzaak 5**: wanneer de berekening wordt gemaakt, is mogelijk alleen een installatieadviseur aangehaakt.

Voorbeelden van fouten zijn het ontbreken van complete systemen (elektrotechniek, hemelwaterafvoeren), het niet invoeren van energieopwekking (warmtepompen) en het gebruik van verkeerde verklaringen (keuze milieuverklaring woningbouw voor utiliteitsgebouw). Deze fouten leiden gemiddeld tot 37% aanvullende MPG<sub>Installatie</sub>.

## 7. Interpretatieverschillen in scope MPG-berekening

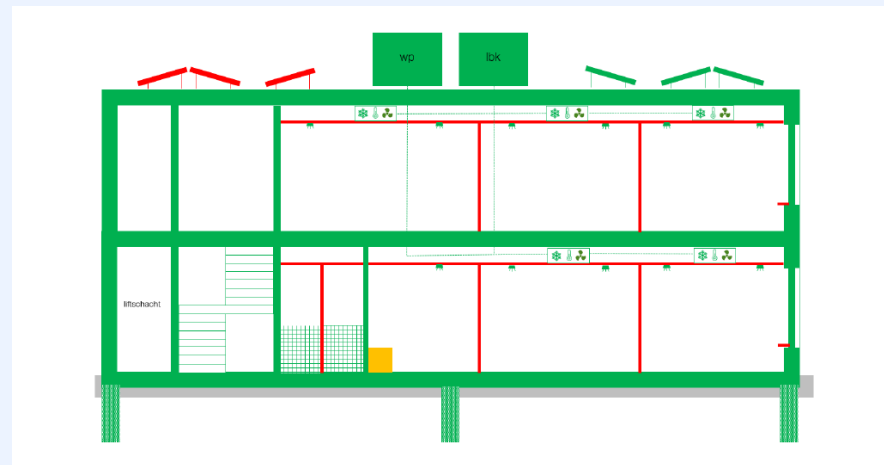
Een MPG-berekening wordt opgesteld op basis van richtlijnen: de *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken*. Op het gebied van installatietechniek ontbreken eenduidige kaders voor het opstellen van de MPG. Daardoor ontstaan interpretatieverschillen in wat wel en wat niet wordt meegerekend.

In de basis geldt dat alle installaties die wettelijk verplicht zijn in het *Besluit bouwwerken leefomgeving* (Bbl) meegenomen moeten worden in de MPG-berekening. De onduidelijkheid ontstaat bij installaties die niet wettelijk verplicht zijn. Denk bijvoorbeeld aan extra zonnepanelen, ventilatieonderdelen voor hoger comfort dan wettelijk vereist en aan bepaalde installaties die worden aangemerkt als “inrichting” (zoals klimaatplafonds). Doordat niet alle installaties onderdeel zijn van de scope en de installatie niet zo eenvoudig “los” van de inrichting kan worden beschouwd. Daardoor blijft dit openstaan voor interpretatie van de invoerder en leidt dit mogelijk tot het weglaten van bepaalde installaties bij berekeningen.

Het recente **Infoblad Gebouwen** (figuur 11) geeft meer duidelijkheid welke installaties minimaal moeten worden meegenomen.<sup>12</sup> Tegelijkertijd helpt het Infoblad niet in de exacte beoordeling of interpretaties. Een aantal voorbeelden:

- Slimme regeltechniek met touch-schermen, die naast temperatuur regelen ook ruimtereserveringen en verlichting aan- en uitschakelen.

- Kabelgoten worden aangemerkt als iets wat niet binnen Bbl valt, alleen deze zijn essentieel voor de elektriciteitskabels die wel binnen Bbl vallen.
- Beveiliging en dataruimtes, gebruiken veel energie (en hebben een grote koelbehoefte), maar zouden dan niet binnen Bbl vallen. Valt de koelmachine voor deze ruimten dan ook niet binnen Bbl?



Figuur 11 | Illustratie van demarcatie uit het Infoblad Gebouwen.

# Hoofdstuk 4. Oplossingsrichtingen

De verborgen impact van installaties vraagt om verbeteringen van zowel het systeem als het proces rondom milieu-impactberekeningen. Wij stellen acht verbeteringen voor om de milieu-impact van installaties transparanter en betrouwbaarder te maken. Vier systeemverbeteringen moeten leiden tot meer en betere data. Vier procesverbeteringen moeten leiden tot het beter en vollediger invullen van de berekeningen.

De afgelopen jaren is er met diverse projecten marktinformatie ingebracht, zoals het Witte Vlekken-project van Stichting NMD. Tegelijkertijd laten zowel dit onderzoek als andere rapportages<sup>14</sup> zien dat er in de praktijk nog steeds onvoldoende goed kan worden gestuurd op installatie-impact. Het probleem beperkt zich niet tot ontbrekende milieuverklaringen. Meer milieudata zonder een robuuste systematiek leidt tot meer keuze, maar niet automatisch tot betere ontwerpbeslissingen en sturing.

Om effectieve sturing op integrale installatie-ontwerpen mogelijk te maken, is het nodig om alle onderliggende oorzaken (Hoofdstuk 3) van de verborgen impact aan te pakken. De resultaten en oorzaken zijn besproken met een brede vertegenwoordiging van installateurs, aannemers, fabrikanten, architecten en adviseurs, evenals beleidsexperts en instrumenthouders (zie figuur 12). Dit hoofdstuk beschrijft de oplossingsrichtingen en biedt handelingsperspectief op systeem- en procesverbeteringen:

- A. **Systeemverbeteringen** die leiden tot meer en kwaliteit betere milieudata.
- B. **Procesverbeteringen** die leiden tot meer accurate berekeningen.



Figuur 12 | Uitkomsten en quotes n.a.v. rondetafelgesprekken

## A. Systeemverbeteringen: milieudata van installaties

Om de oorzaken (Hoofdstuk 3) aan te pakken, is systeemherstel nodig. De kwaliteit en beschikbaarheid van de milieudata in de NMD moet verbeterd worden. Daarvoor zijn vier belangrijke oplossingsrichtingen nodig:

1. Verbeteren categorie-3 milieuverklaringen;
2. Aanvullen database met missende installatiesystemen;
3. Dynamische inrichting categorie-3 milieuverklaringen;
4. Accepteren van milieuverklaringen uit Europese databases

## 1. Verbeteren Categorie-3 milieuverklaringen

Veel opstellers van MPG-berekeningen kiezen voor de generieke, eenvoudig toepasbare categorie-3 milieuverklaringen. De daadwerkelijke milieu-impact in deze verklaringen wordt echter vaak onderschat (zie [Hoofdstuk 3](#)). Om beter te kunnen sturen op de milieu-impact van installatietechniek, is een flinke verbeteringslag nodig van de huidige categorie-3 milieuverklaringen. Die verbeteringslag bestaat uit twee elementen:

- A. Verbeteren generieke milieuverklaringen
- B. Aanpassen generieke milieuverklaringen naar gebouw- en functietype

### 1A. Verbeteren generieke milieuverklaringen

Pas de installatieverklaringen in de database aan en maak nieuwe categorie-3<sup>13</sup> milieuverklaringen, zodat deze uitsluitend op functionele eenheden ingevuld kunnen worden. Daardoor wordt het mogelijk om te stoppen met de generieke milieuverklaringen per m<sup>2</sup> GBO. Hierdoor sluit de data weer aan op het uitgangspunt van de Bepalingsmethode: het gebruikersgemak van generieke milieuverklaringen gaat gepaard met een aanzienlijk hogere milieu-impact, zodat er een duidelijke prikkel ontstaat om installaties nauwkeuriger in te vullen. Een categorie-3 verklaring is al een grove inschatting en de potentiële afwijkingen zijn hoog, zeker als gebruiksfunctie, gebouw grootte en installatieconcept niet zijn afgestemd op de milieuverklaring. Door berekeningen te maken op basis van functionele eenheden in plaats van een gemiddelde per m<sup>2</sup> GBO wordt deze nauwkeurigheid veel beter geborgd. Daarnaast is het voor fabrikanten en leveranciers veel aantrekkelijker om te concurreren met functionele eenheden milieuverklaringen dan met een m<sup>2</sup> milieuverklaringen.

### 1B. Aanpassen generieke milieuverklaringen naar gebouw- en functietype

Om beter te kunnen rekenen aan de milieu-impact, is diversificatie van de cat-3 milieuverklaringen naar gebouw- en functietype nodig. Verschillende gebruiksfuncties (wonen, kantoor, zorg etc.) vragen om uiteenlopende installatieconcepten en -producten. De verschillen in milieu-impact van de installaties zijn dermate groot, dat deze niet op basis van één generiek

verklaring te modelleren zijn. Tegelijkertijd worden hiervoor op dit moment dezelfde categorie-3 milieuverklaringen gehanteerd.

Om deze diversificatie in de praktijk te brengen, moet duidelijk worden voor welke gebruiksfunctie welke verklaring toepasbaar is en waarvoor nadrukkelijk niet. Daardoor is een berekening ook beter te controleren op toepasbaarheid van de milieuverklaringen.

Vanuit de ervaring van experts zien we dat alleen het toevoegen van producten op zichzelf niet voldoende is. Als nieuwe milieuverklaringen niet worden opgenomen binnen een heldere systeemopbouw, met passende eenheden, schaling, demarcatie en gebruikerscheck, ontstaat vanuit meer vulling niet vanzelf een betere berekening.

Stichting NMD heeft diverse projecten lopen om de kwaliteit, dekking en actualiteit van categorie-3 data verder te verbeteren. Ook valt de herziening van bouwinstallaties onder het 'Witte Vlekken'-project<sup>13</sup>. Wanneer aangepaste categorie-3 milieuverklaringen beschikbaar zijn, kunnen "oude" categorie-3 verklaringen worden uitgezet.

### Voorbeeld. Extra milieuverklaring luchtbehandeling

Een extra milieuverklaring voor een onderdeel van een luchtbehandelingssysteem helpt pas echt, wanneer duidelijk is welke onderdelen nog meer nodig zijn om het complete systeem te modelleren. Alleen een productkaart voor een deelcomponent voorkomt niet dat de gebruiker appendages, regeltechniek, luchtverdeling, isolatie of hulpcomponenten vergeet.

## 2. Aanvullen database met ontbrekende installatiesystemen

Het is noodzakelijk dat alle benodigde installatieonderdelen en -systemen beschikbaar zijn in de database. Dit geldt allereerst voor de missende installatieonderdelen die wel nodig zijn om te voldoen aan het Bbl, maar op dit moment nog niet in de NMD zitten. Daarnaast kan in voorbereiding op de WLC-GWP-wetgeving ook al gekeken worden naar aanvullende installatiesystemen of -producten die hiervoor nodig zijn, in aanvulling op de MPG-scope in het Bbl.

Gezamenlijk vraagt dit om een enorme toename in het aantal milieuverklaringen op het gebied van installaties. Het advies *Bouwwerkinstallaties NMD* laat zien dat er nog maar heel weinig milieuverklaringen van installaties (7%) zijn.<sup>14</sup> Maak deze missende verklaringen meteen passend voor verschillende gebouwgroottes en gebruiksfuncties.

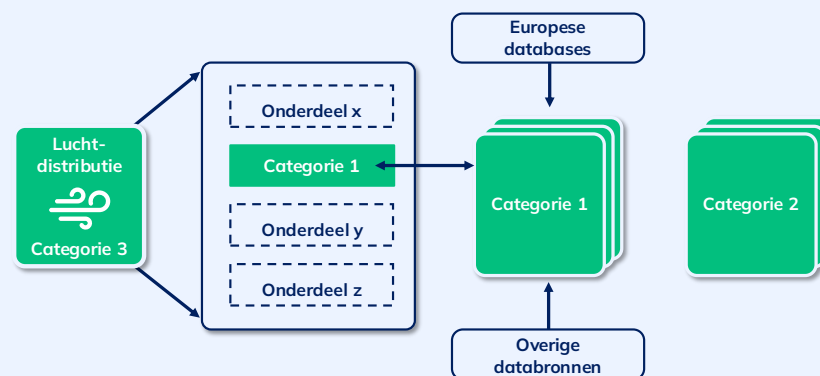
## 3. Dynamisch inrichten categorie-3 milieuverklaringen

We zien bij veel milieuverklaringen – zowel categorie 1 als categorie 2 - dat het lastig is om tot een compleet installatiesysteem te komen. Een belangrijk kenmerk van installatietechniek is dat een combinatie van verschillende producten en componenten wordt geïntegreerd tot één installatiesysteem. Binnen die systemen zijn er uiteenlopende configuraties en toepassingen. Daarbij is de keten gefragmenteerd: verschillende fabrikanten leveren onderdelen, installateurs configureren systemen en bewaken als een soort *system integrator* de samenhang tussen installaties en de prestaties.

Om beter te kunnen rekenen aan de milieu-impact van deze systemen, is het noodzakelijk om *binnen* categorie-3-verklaringen (op installatiesysteem-niveau) producten en componenten te kunnen wijzigen. Denk aan het vervangen van een onderdeel door een categorie-1 of categorie-2 verklaring; zie figuur 13. Met een dynamische opbouw van categorie-3 milieuverklaringen kunnen categorie-1 verklaringen gaan lonen. Een categorie 1 kaart kan nu echter niet gebruikt worden zonder cat.-1 of -2 verklaringen van de rest van het systeem.

### Voorbeeld. Gebruik categorie-1 producten

Als een project kiest voor categorie 1-leidingwerk, moet de gebruiker nog steeds de overige onderdelen van het systeem kunnen aanvullen met generieke of brancheverklaringen, zoals appendages, isolatie, pompen en regelcomponenten. Zonder het invullen van de andere delen van het systeem kan de categorie-1 kaart simpelweg niet worden toegepast, omdat er dan andere delen van het systeem ontbreken.



Figuur 13 | Modulaire opzet van categorie-3 verklaring, waardoor categorie-1 verklaring uitwisselbaar én bruikbaar wordt.

## 4. Accepteren milieuverklaringen uit Europese databases

Installateurs en aannemers willen betere keuzes maken, maar lopen tijdens het maken van berekeningen tegen beperkingen in databeschikbaarheid aan. Voor veel installaties is milieudata wel beschikbaar, maar enkel bij fabrikanten zelf of in andere Europese databases. Deze milieuverklaringen zijn daardoor niet direct toepasbaar voor installateurs of aannemers, omdat het voor MPG-berekeningen verplicht is om milieuverklaringen uit de Nationale Milieudatabase te gebruiken. In aanloop naar de introductie van de WLC-GWP is een uitbreiding van het aantal milieuverklaringen noodzakelijk. Een grote stap is het mogelijk maken om

Europese EPD's en databronnen op een eenduidige, controleerbare en reproduceerbare manier te gebruiken binnen de NMD. Daarmee wordt het mogelijk dat internationale producenten van installatieproducten op één plek hun gegevens beschikbaar maken, maar deze vervolgens wel in Nederlandse MPG- en WLC-GWP-berekeningen gebruikt kunnen worden.

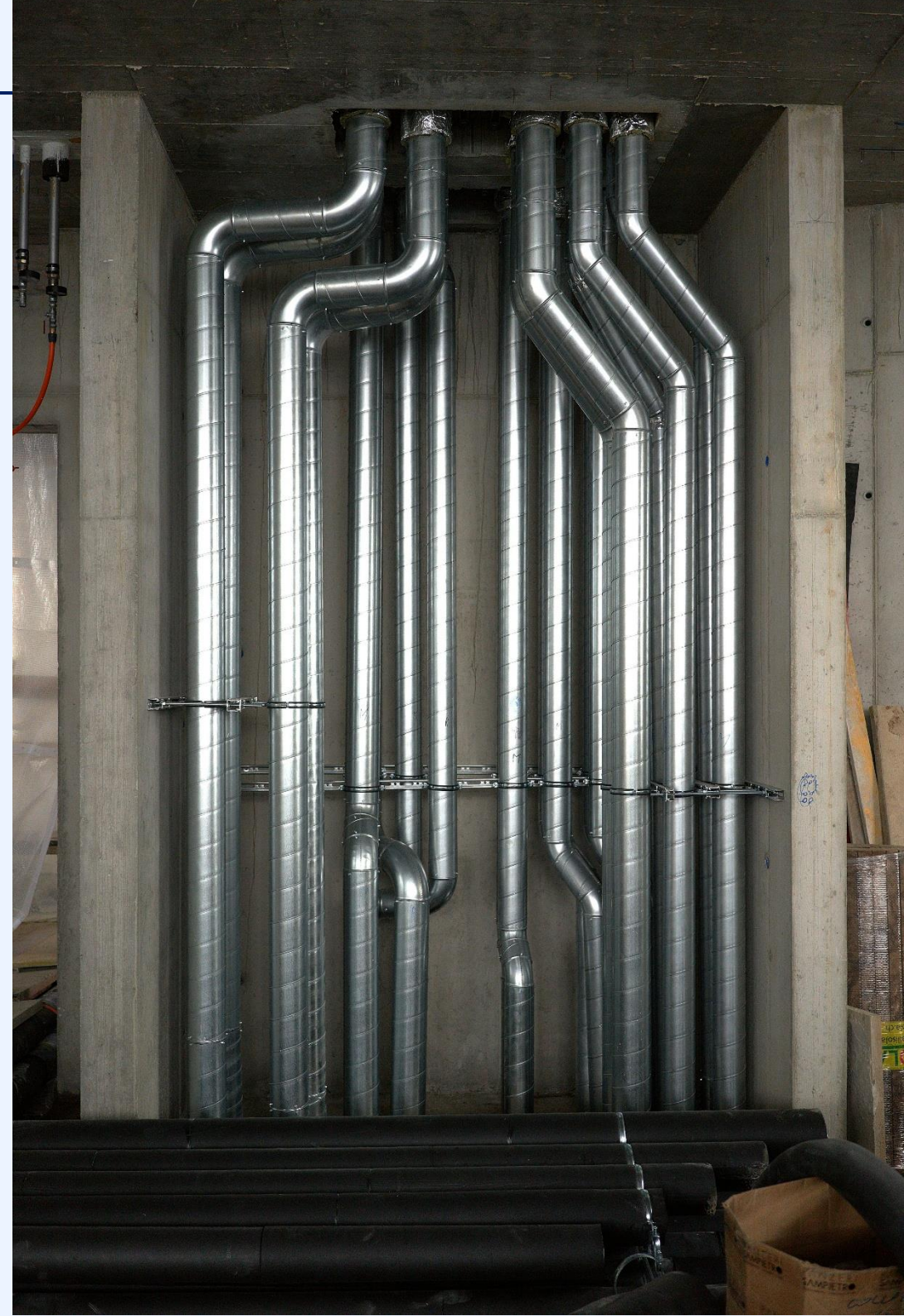
Aansluitend zien installateurs kansen om dergelijke milieudata ook via standaarden zoals ETIM te ontsluiten vanuit inkoopssystemen. Daardoor kan dezelfde Europese data (vanuit een producent) voor meerdere doeleinden gebruikt worden. Door deze data te gebruiken in ontwerpprocessen, met BIM-applicaties, platforms zoals Madaster of zelfs tijdens calculaties, kunnen betere oplossingen en betere milieuprestaties ook echt opgeschaald gaan worden.

#### **Dilemma: wel of geen buitenlandse milieudata toestaan**

Stichting NMD heeft als primaire taak het borgen van datakwaliteit. Dit betekent dat het aanleveren van data hoge eisen kent. Internationale fabrikanten die over milieudata beschikken, zijn niet altijd bereid deze voor elk land in een ander format aan te leveren. Ze kiezen selectief in welke landen ze dit wel doen. Er wordt vaak niet gekozen voor opname in de NMD.

In de beoordeling van deze (buitenlandse) milieudata zien we dat er andere achtergronddata wordt gebruikt in bijvoorbeeld energiemix. Ook zijn niet altijd alle fases ingevuld – in sommige gevallen alleen A. Daardoor kunnen er mogelijk grote verschillen ontstaan.

Naar ons idee wegen voordelen van het wél toestaan van buitenlandse verklaringen op tegen de nadelen van het níet toestaan, vanuit de noodzaak om installaties überhaupt te modelleren. Als installatietechniek nu niet of slechts gedeeltelijk wordt meegenomen, is een minder hoge datakwaliteit een aanzienlijke verbetering t.o.v. geen data.



---

## B. Procesverbeteringen: milieu-impact installaties beter meenemen in ontwerp- en realisatieprocessen

Naast systeemverbeteringen zijn er ook verbeteringen nodig in het proces van MPG-berekeningen om de impact van installaties nauwkeurig en goed te berekenen. Met betere berekeningen kunnen ambities en ontwerpkeuzes beter aansturen op een goed, integraal ontwerp. Om het proces te verbeteren stellen wij vier oplossingsrichtingen voor:

5. Opstellen eenduidige demarcatie voor milieu- en CO<sub>2</sub>-impact installaties
6. Eerder betrekken installateurs of installatie-experts
7. Gebruiken van digitalisering (BIM-modellen) voor milieuberekeningen
8. Toetsing & handhaving op *as-built* installatietechniek

### 5. Opstellen eenduidige demarcatie voor milieu- en CO<sub>2</sub>-impact installaties

Om beter te sturen is een betere demarcatie nodig alleen werkt een betere demarcatie niet zonder eerst een goed inzicht en kennis over de milieu-impact van installaties. Daarom zijn hier twee onderdelen voorgesteld:

#### 5A. Demarcatie voor milieu-impact van installaties

In de sector zijn er interpretatieverschillen over welke installatietechniek wel en welke installatietechniek niet binnen scope valt. Daarom is een duidelijke MPG-demarcatie nodig, die minder ruimte laat voor interpretatieverschillen. Dit leidt tot meer eenduidige berekeningen. Een belangrijk aandachtspunt is dat deze demarcatie past bij de scope van de toekomstige WLC-GWP-berekening. De basis hiervoor kan liggen in Annex III van de EPBD-IV, waar een lijst is gegeven van *core systems* die moeten worden meegenomen in de berekening.<sup>15</sup> Om vervolgens verschillen in rekenmethodieken te voorkomen, kan de scope van de MPG-berekening hierop worden aangepast.

#### 5B. Kennisopbouw over milieu-impact van installaties

Om op basis van de eenduidige demarcatie ook daadwerkelijk beter te kunnen rekenen en te kunnen sturen, is er in het ontwerpproces meer kennis nodig over de milieu-impact van installatietechniek. Er is behoefte aan een kennisnetwerk op het gebied van milieudata. Dit netwerk zou installatie-experts in staat kunnen stellen om mee te helpen in het opstellen of reviewen van nieuwe milieuverklaringen. Daarnaast kan dit netwerk bijdragen aan het doordenken van de rol van installatietechniek in de systematiek en de bepalingsmethode.

### 6. Eerder betrekken installateurs of installatie-experts

Het is nodig om installatie-experts of installateurs actief te betrekken bij milieuberekeningen. Zo kunnen ontwerpalternatieven beter worden afgewogen. Bij het ontwerpen van gebouwen worden installatieadviseurs of installateurs met praktijkkennis van installatietechniek vaak relatief laat ingeschakeld. De MPG-berekeningen, benodigd voor indiening bij gemeente, zijn dan al gemaakt. Omdat installateurs vaak pas daarna worden aangehaakt, is de milieu-impact van installaties geen sturend criterium in hun installatie-ontwerp. Installateurs maken een Technisch Ontwerp met de best passende materialen. Hierdoor zal de werkelijke milieu-impact van het gerealiseerde ontwerp van installaties altijd afwijken van de berekende impact in de MPG-berekening.

Om te kunnen sturen op de milieu-impact van installaties is het noodzakelijk om installatie-expertise eerder in het ontwerpproces te betrekken. Dat vraagt wel een andere rol en houding van andere partijen in de ontwerpketen. In plaats van een installatieadviseur vragen naar de gewenste installatietechniek op basis van een volledig bouwkundig ontwerp, begint de installatieadviseur op basis van het gewenste comfort, de energiebehoefte en de materiaalbehoefte. Daaruit volgt mogelijk aanpassing van het bouwkundig ontwerp op een eerder moment in het ontwerpproces. Op deze manier kan expertise over installatie-arm ontwerp, wat vraagt om keuzes vroeg in het ontwerpproces, ook beter worden meegenomen.

---

Installateurs kunnen een verbindende rol spelen in het beter en gedetailleerd berekenen van de milieu-impact van installaties, zowel in het ontwerpproces als bij de vergunningsaanvraag. Ook is het mogelijk om installateurs verantwoordelijk te maken voor het berekenen van de milieu-impact in de realisatiefase, in lijn met de ontwerpberoevingen.

Met de komst van de WLC-GWP-berekening op *as-built*-niveau wordt deze rol steeds relevanter. Installateurs beschikken over gedetailleerde kennis van wat er daadwerkelijk in het gebouw is toegepast aan installaties en kunnen een sleutelrol spelen bij de afronding van het ontwerp en het vaststellen van de uiteindelijke milieu-impact, mits zij hiervoor de juiste data hebben (zie [Oplossingen 1 t/m 4](#)).

## 7. Gebruiken van digitalisering (BIM-modellen) voor milieuberekeningen

Digitalisering biedt een enorme kans om het ontwerpproces te verbeteren. De koppeling van milieudata aan 3D-elementen maakt het mogelijk om de MKI- en CO<sub>2</sub>-prestaties direct inzichtelijk te maken. Een ideale situatie is dat tijdens iedere ontwerpfasen automatisch de milieuprestatie gemonitord en gecontroleerd kan worden. Op dit moment worden berekeningen handmatig ingevoerd en is altijd aanpassing en interpretatie van de aangeleverde gebouwdataben nodig.

Dit onderzoek heeft de koppeling gemaakt tussen 3D-modellen en milieudata, met het platform Madaster. Een BIM-model kan de basis vormen voor een milieu-impactberekening, maar alleen als alle installaties zijn opgenomen en gemodelleerd (of als materiaal ingevoerd is in het model). Het is daarom belangrijk om alle installatiesystemen en -onderdelen op de juiste manier in te tekenen. In dit onderzoek is gebleken dat deze informatie nu nog van onvoldoende kwaliteit is om milieuberekeningen te maken. Oorzaken hiervan zijn onder meer het ontbreken van bepaalde geometrische data en gewichten als functionele eenheid in de LCA. Dit betekent dat producten niet automatisch

doorrekenen omdat gewicht in het 3D model mist als parameter. Daarnaast ontbreken impactvolle installatieonderdelen vaak: elektrotechnische, regeltechnische en brandveiligheidsinstallaties worden niet gemodelleerd.

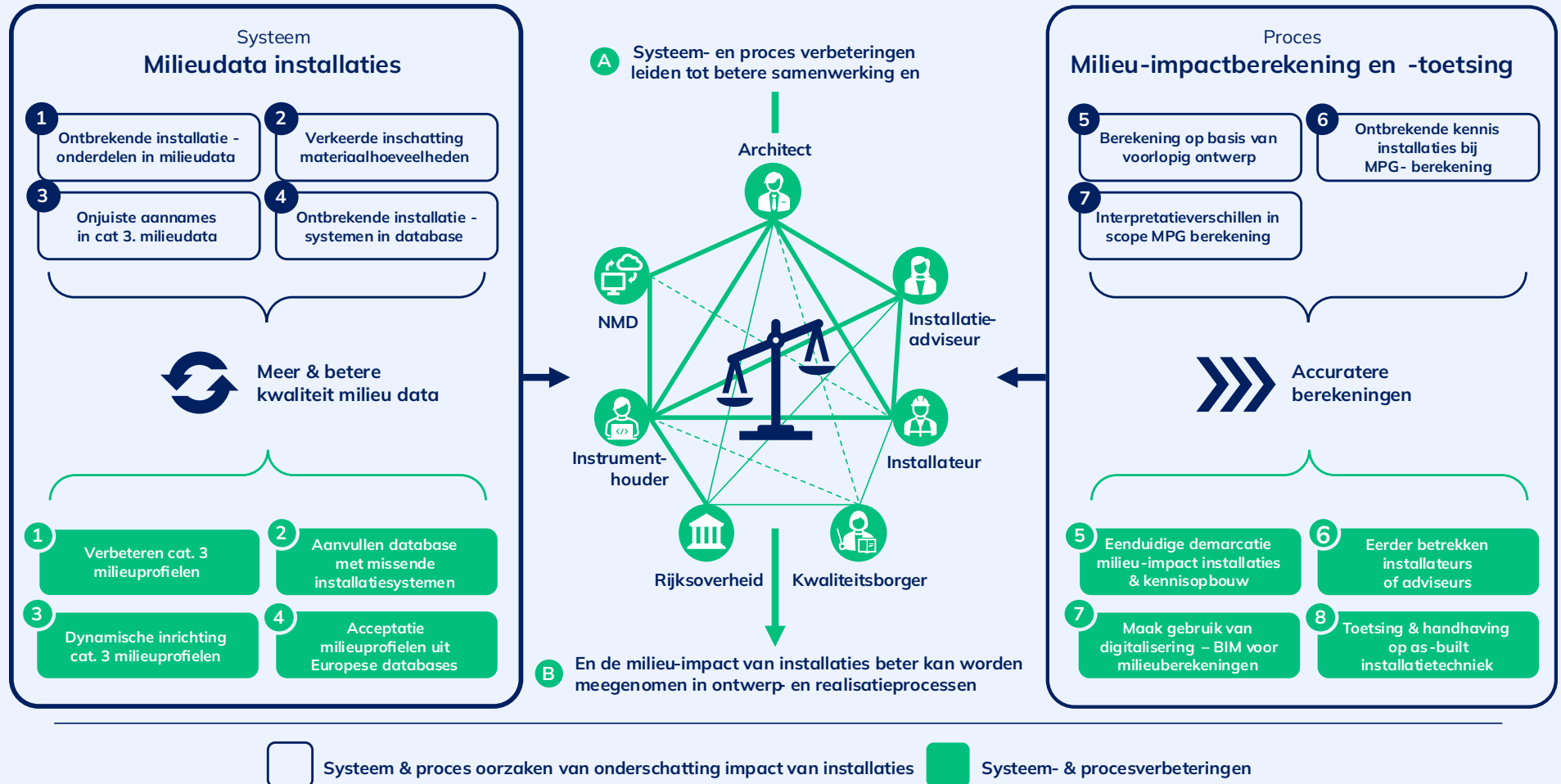
## 8. Toetsing & handhaving op *as-built* installatietechniek

MPG-berekeningen die bij vergunningverlening worden ingediend, worden in de praktijk vrijwel niet gecontroleerd. Wanneer hier controles op plaatsvinden, gaat dit vaak om generieke kenmerken (bijvoorbeeld: vloeroppervlakte). Daarbij is er geen inzicht in specifieke producten die in de MPG-berekening staan en daadwerkelijk in de praktijk worden toegepast.<sup>16</sup>

Een meer professionele toetsing en handhaving van de milieuprestatie is essentieel om te borgen dat de in de MPG-berekening gemaakte keuzes ook daadwerkelijk in de praktijk worden gebracht. Alleen op deze manier ontstaat er een prikkel om producten of systemen met een goede milieuprestatie ook daadwerkelijk in het gebouw toe te passen, in plaats van hier alleen in de MPG-berekening een rekenkundig goede prestatie mee te behalen. Dit geldt voor alle onderdelen van gebouwen, maar zeker óók voor installatietechniek.

Om deze betere toetsing en handhaving in de praktijk te brengen, is zowel meer capaciteit als meer expertise nodig bij partijen die deze toetsing en handhaving doen. Dit zijn zowel private kwaliteitsborgers (voor eenvoudiger projecten, gevolgklasse 1) als de afdelingen rondom bouw- en woningtoezicht van gemeenten (voor complexere projecten, gevolgklassen 2 + 3).

## Verborgen milieu -impact installatietechniek: oorzaken & oplossingen



Figuur 14 | systeemherstel leidt tot het beter meenemen van milieu-impact bij het ontwerpen en realiseren van installaties.

---

# Hoofdstuk 5. Perspectief voor de toekomst

**De impact van installaties lijkt laag, maar is in werkelijkheid vaak veel hoger. Om effectief te kunnen sturen, zijn fundamentele verbeteringen nodig in het systeem waarin de impact van installatietechniek wordt berekend (zie figuur 14). Met een andere houding en de juiste inzet kan een nieuwe manier van werken ontstaan, waarin we eenvoudig en effectief kunnen sturen op een minimale milieu-impact van installatietechniek.**

Op dit moment rekenen we onszelf rijk – en dat is een risico. De rekenkundige milieu-impact in de MPG-berekening is een flinke onderschatting van de werkelijke impact van installatietechniek. Daarmee ontstaat niet alleen een verkeerd beeld over de duurzaamheid van gebouwen, maar ook een risico op het niet voldoen aan huidige en toekomstige wet- en regelgeving.

Als een gebouw in de MPG-berekening nog voldoende “milieuruimte” lijkt te hebben, kan dat beeld veranderen wanneer de verborgen milieu-impact van installaties wordt meegenomen. De extra installatie-impact gaat dan niet alleen over installaties, maar verkleint de resterende milieu- en CO<sub>2</sub>-ruimte voor gevels, constructie, afbouw en inrichting. Het gesprek verschuift daardoor van “installatie-impact” naar “integraal sturen op de totale gebouwimpact”.

Dit onderzoek kijkt naar nieuwbouw van utiliteitsgebouwen. Dezelfde barrières en oplossingen spelen echter bij renovatie. Daar is de impact van deze resultaten en conclusies mogelijk nog groter: de relatieve impact van installaties bij renovaties is hoger, omdat veel bouwkundige elementen blijven staan.

De aankomende wetgeving op de WLC-GWP maakt het noodzakelijk om beter te kunnen sturen op installatietechniek. Als grenswaarden strenger worden terwijl de rekenmethodiek onvoldoende aansluit op de ontwerp- en

bouwpraktijk, ontstaat druk om uitzonderingen, correcties of pragmatische routes in te voeren om projecten toch uitvoerbaar te houden. Ook voor andere circulaire opgaven, zoals het beperken van de vraag naar kritieke materialen of het verlagen van de totale hoeveelheid nieuw materiaal, is beter inzicht in installatietechniek nodig.

Het goede nieuws is dat de juiste milieudata aanwezig is. En er diverse rekeninstrumenten en datastandaarden zijn, zodat deze op platforms, zoals Madaster geïntegreerd kunnen worden. De opgave ligt daarom vooral in het zo organiseren van het systeem, dat die milieudata ook daadwerkelijk gebruikt kan gaan worden in het rekenen aan en sturen op de milieu-impact van gebouwen.

## **Kansen bij rekenen met de juiste milieu-impact**

Voor **ontwerpers** en **ontwikkelaars**, die betrokken zijn bij de ontwerpkeuzes vroeg in het proces, kan het beter rekenen leiden tot betere afwegingen tussen de materiaalgebonden milieu-impact en het operationele energieverbruik van installaties. Dit vraagt van hen dat zij expertise op het gebied van installatietechniek al vroegtijdig betrekken.

Voor **installatieadviseurs** betekent een systeem met accurate milieudata dat zij beter kunnen adviseren over het installatieconcept. Op basis van een bredere set aan milieuverklaringen, met differentiatie naar bouwtypen en -functies, kunnen betere berekeningen en afwegingen worden gemaakt. Dit vraagt van hen dat zij zich meer verdiepen in de milieuprestatie-berekeningen en medeverantwoordelijk zijn voor het verbeteren hiervan.

Voor **installateurs** betekent deze verschuiving dat zij daadwerkelijke prikkels krijgen om meer circulair te werken. Het aanbieden van installatieconcepten met een lage milieu-impact, zowel door andere ontwerpkeuzes in het systeem

---

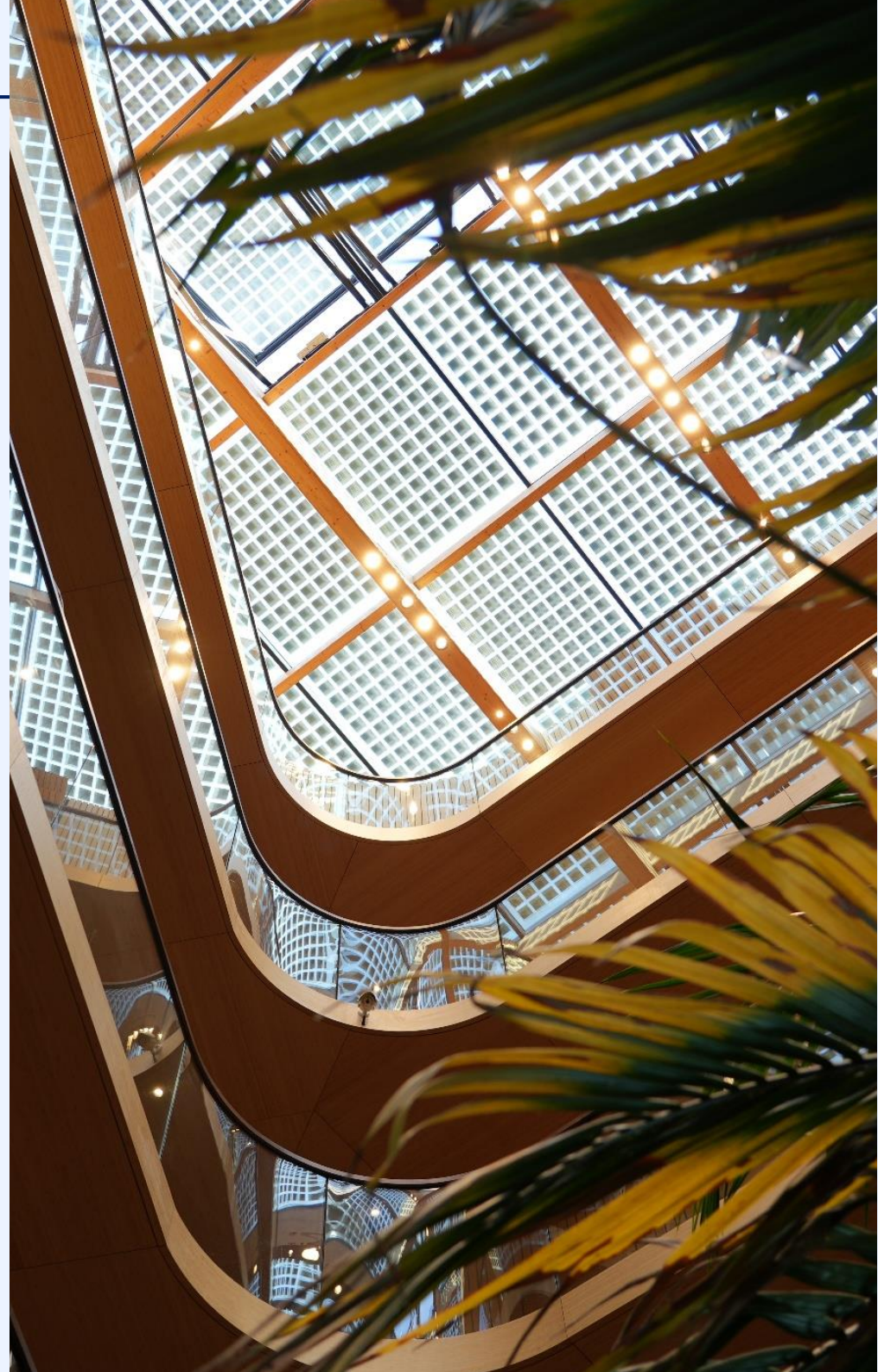
als andere productkeuzes in de realisatie kunnen hieraan bijdragen. Wanneer berekeningen beter aansluiten bij de praktijk, kunnen circulaire oplossingen ook rekenkundig gaan lonen

Voor de **Rijksoverheid** betekent een beter systeem een beter inzicht in de daadwerkelijke milieu-impact van gerealiseerde gebouwen. Daarmee ontstaat duidelijkheid in hoeverre doelstellingen op klimaat en circulaire economie worden gehaald, en in hoeverre bijsturing nodig is. Dit vraagt van hen dat zij daadwerkelijk sturen op verbetering van het systeem, bijvoorbeeld in het aansturen van systeemspelers.

Voor de **stysteemspelers** – waaronder Stichting NMD, maar bijvoorbeeld ook normbeheerders – wordt de betrouwbaarheid van hun werk vergroot. Die betrouwbaarheid staat op dit moment onder druk, omdat steeds meer partijen aangeven dat de milieudata en berekeningen niet juist zijn – de kernconclusie van dit onderzoek. Deze verschuiving vraagt van hen een erkenning van de huidige tekortkomingen, en de prioriteit en capaciteit om werk te maken van verbeteringen.

Op langere termijn hebben vrijwel alle partijen voordelen bij een beter beeld bij de milieu-impact van installaties. Maar als het fundament nu niet goed wordt ingericht, wordt het in de toekomst nog moeilijker om betrouwbare en realistische keuzes te maken binnen scherper wordende prestatie-eisen op milieu-impact en CO<sub>2</sub>.

Een realistische installatie-impact verandert het totale milieubudget van het gebouw. Dit vraagt om integrale sturing tussen bouwkundige, constructieve en installatietechnische keuzes. Om de hogere impact van installaties te mitigeren, zijn mogelijk andere ontwerp oplossingen nodig. Met meer hergebruik, minder intensieve installaties, losmaakbare installaties en installaties met lange levensduren is het mogelijk om een betere afweging te maken tussen materiaalgebonden en operationele CO<sub>2</sub>-uitstoot.



---

# Hoofdstuk 6. Tot slot

Dit onderzoek laat zien dat de huidige MPG- en CO<sub>2</sub>-berekeningen de impact van installaties structureel onderschatten. Tijdens het onderzoek hebben we veel gesproken met partijen uit de sector: van systeemspelers, architecten, installatieadviseurs, installateurs tot fabrikanten. Die gesprekken laten zien hoe groot de urgentie is om hierop te handelen.

Veel partijen geven aan dat voor hen de geloofwaardigheid van het systeem op het spel staat. Steeds vaker omzeilen partijen de milieudata uit de NMD om op basis van zelf verzamelde gegevens een betere inschatting van de milieupact en CO<sub>2</sub>-uitstoot te maken. Deze wens komt voort uit betrokkenheid om de juiste impact te rapporteren, zowel naar opdrachtgevers op projectniveau als in interne en externe rapportages op organisatieniveau.

Het verbeteren van het systeem vraagt om regie vanuit systeemspelers én initiatief vanuit marktpartijen. Voor regie kijkt de markt naar de Rijksoverheid en Stichting NMD. Alleen zij zijn in staat om de verschillende systeemverbeteringen door te voeren. Op basis daarvan kunnen marktpartijen betere berekeningen gaan maken met betere data. Als die regie ontbreekt, blijft de verborgen impact onzichtbaar en blijven circulaire oplossingen op papier niet beter dan het bestaande, lineaire alternatief.

Wij merken in de markt veel draagvlak om deze systeemverbeteringen door te voeren. Er ligt dus een goede basis om aan de slag te gaan. De betrokkenheid van marktpartijen om te helpen het systeem te verbeteren is groot, omdat zij hierdoor hun eigen prestaties ook beter inzichtelijk kunnen maken en zich beter kunnen onderscheiden ten opzichte van concurrenten. Dat stimuleert innovatie en versnelt de transitie naar een circulaire economie in de bouw.

De kwaliteitsimpuls die installatietechniek nodig heeft vraagt om een projectmatige aanpak. Wij denken hiervoor bijvoorbeeld aan een tijdelijke (project)organisatie die zich specifiek richt op installatietechniek, met daarin ook praktijk- en LCA-experts. Deze organisatie kan aan de slag met de aangedragen oplossingen, om deze vervolgens stapsgewijs te implementeren in het reguliere milieuprestatiestelsel. Daarmee ontstaat een goede basis voor toekomstbestendige sturing, zowel op de MPG als op de WLC-GWP.

## Totstandkoming

**Initiatief.** Dit onderzoek is uitgevoerd op initiatief van Copper8. De aanleiding hiervoor is de constatering dat veel partijen aangeven dat installatietechniek een grote 'verborgen' milieu-impact heeft, maar dat deze verborgen impact nooit goed inzichtelijk is gemaakt. Dit onderzoek geeft daar een eerste stap in.

**Uitvoering.** De uitvoering van dit onderzoek is gedaan door Copper8, in samenwerking met Madaster. Dank aan Dennis Grootenboer, Bram van Orsel en Martijn Oostenrijk.

**Financiering.** Dit onderzoek is uitgevoerd met cofinanciering van verschillende partijen. Hiervoor bedanken wij de Gemeente Amsterdam, Gemeente Rotterdam en de TBI Klimaatrein.

**Validatie.** De resultaten en conclusies zijn in drie ronde tafels gevalideerd, dank aan alle deelnemers. Specifiek danken we: Bernd Karstenberg, David Anink, Olle de Geest en Sven van Aspert. Zij hebben ook meegelezen met het conceptrapport.

In aanvulling op deze deelnemers ook dank aan de volgende personen voor het meelesen op de conceptversie: Arjan Schrauwen, Roel Hofstra en Jeroen van der Waal.



### Over ons

Copper8 is een Social Enterprise en sinds 2016 trotse B Corp. We werken hard aan de transitie naar een duurzame economie. Dat doen we niet alleen door te adviseren, maar ook door tijd te investeren in onderzoek en vernieuwing. Samen met onze opdrachtgevers verkennen we continu de randen van de transitie en spelen we in op wat nodig is om onze idealen dichterbij te brengen.

### Contact

020 261 02 89  
info@copper8.com

### Kom langs

100 Watt gebouw, 8<sup>e</sup> verdieping  
James Wattstraat 100  
Amsterdam

# Bijlage 1. Methode

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten toegelicht die ten grondslag liggen aan de berekeningen in dit rapport. We beschrijven de gehanteerde kaders en methodische keuzes. Deze uitgangspunten vormen de basis voor de interpretatie van de resultaten en conclusies. Daarbij laten we ook de beperkingen in de methodiek zien. Omdat meerdere installatiesystemen en componenten niet of slechts beperkt konden worden meegenomen, moeten de resultaten worden gelezen als aantoonbare verborgen impact. De totale verborgen impact kan in de praktijk hoger liggen.

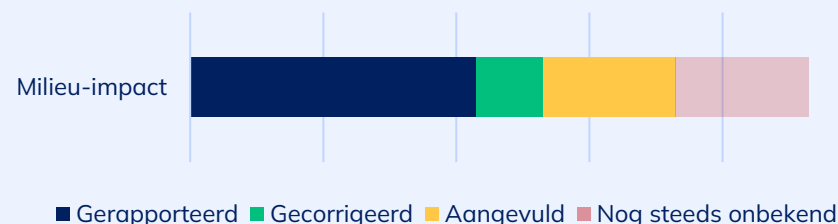
## Uitgangspunten van casussen

De gebouwen die in dit onderzoek zijn meegenomen moesten voldoen aan een aantal eisen:

- Het ontwerp is minimaal voorlopig ontwerp en idealiter gerealiseerd.
- Een materialenlijst of digitale tweeling (IFC-model) is beschikbaar.
- De MPG-berekening zoals ingediend is bekend.

## Werkelijke milieu-impact

In figuur 15 is schematische de milieu-impact van installaties weergegeven. De milieu-impact zoals gerapporteerd (blauw) wordt waar nodig gecorrigeerd (groen). Vervolgens wordt met behulp van materialenlijsten de impact in meer detail bepaald of aangevuld (geel), waardoor de verborgen milieu-impact duidelijk wordt (gecorrigeerd + aangevuld). Ook in dit onderzoek zijn er systemen die niet of onvolledig konden worden meegenomen door missende data (rood).



Figuur 15 | Schematische weergave van de milieu-impact zoals in dit onderzoek (deels) inzichtelijk gemaakt.

## Gerapporteerde en gecorrigeerde milieu-impact

Aan de hand van de voor elke casus gerapporteerde MPG-berekening zijn ook de andere in dit onderzoek gebruikte indicatoren berekend: MKI, PPM en GWP<sub>A</sub>. Bij het bekijken van de ontwerpen en materialenlijsten, bleken deze berekeningen niet overeen te komen met het (gerealiseerde) ontwerp. Daarom zijn deze MPG-berekening gecorrigeerd binnen het NMD-stelsel op het Madaster platform (zie kader op de volgende pagina), met gecorrigeerde uitkomsten als gevolg.

## Verborgene milieu-impact

De verborgen milieu-impact wordt inzichtelijk gemaakt middels de volgende vier stappen, die hieronder verder worden toegelicht:

1. Materiaallijsten prepareren
2. Scoping bepalen
3. Data koppelen
  - Zoeken naar alternatieve LCA's en EPD's (in Europese databases)
  - Koppelen van materiaal aan deze LCA's en EPD's
4. Milieu-impact bepalen

### Stap 1. Materiaallijsten prepareren

Van de casussen was minimaal een digitaal IFC-model van de installaties beschikbaar. Vaak was het nodig om hieruit de materiaallijst te extraheren, met tot wel 40.000 datapunten als gevolg. Deze data werden **geaggregeerd** door gelijksoortige materialen op te tellen (bijvoorbeeld aantallen of strekkende meters). Vervolgens werd de data **gefilterd** op een aantal aspecten:

- Relevantie  
*Zijn het installatie-elementen?*
- Herleidbaarheid  
*Is het duidelijk welke materialen/producten het betreffen?*
- Bruikbaarheid  
*Zijn de lengtes/aantallen/dimensies bekend?*

Zo zijn de bocht-, koppel- en zadelstukken van leidingen en luchtkanalen niet bruikbaar bevonden omdat de lengtes en dus materiaalhoeveelheden onbekend waren. Deze maken dus onderdeel van de verborgen impact die nog steeds onbekend is.

### Stap 2. Scoping bepalen

Door de materiaallijsten te analyseren kon worden bepaald voor welke installaties de milieu-impact nauwkeuriger kon worden bepaald. Daarbij is eerst vastgesteld welke installatiesystemen volledig en correct waren gemodelleerd. Voor deze systemen kan de impact worden berekend door de toegepaste materialen te koppelen aan product specifieke milieuverklaringen, in plaats van generieke categorie-3 kaarten. Dit maakt een gedetailleerdere en betrouwbaardere benadering mogelijk van de werkelijke milieu-impact. In de praktijk waren luchtinstallaties, leidingwerk (voor warmtedistributie) en PV vaak goed ingetekend. Bijvoorbeeld elektrotechnische-, regel-, communicatie- en beveiligingsinstallaties waren juist niet goed ingetekend, waardoor deze nu buiten scope van dit onderzoek zijn gevallen.

### Hoe is het Madaster platform gebruikt?

Met het Madaster platform is het mogelijk om milieuberekeningen te maken op basis van 3D BIM-modellen. Het platform gebruikt geometrische data en koppelt deze aan productinformatie, zoals milieuverklaringen uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Hierdoor worden aan materialen milieu- en circulariteit informatie gekoppeld.



In aanvulling daarop heeft het Madaster platform ook toegang tot andere databases waardoor producten ook aan milieuverklaringen van producenten en fabrikanten gekoppeld kon worden die niet in de NMD staan.

Door digitalisering te gebruiken kunnen inzichten in milieuprestaties en circulariteit geïntegreerd worden in het ontwerpproces en onderdeel van de dagelijkse praktijk van bouwteams/opdrachtgevers. Ook is een continue monitoring mogelijk om een verder uitgewerkt ontwerp of gerealiseerd gebouwen te toetsen op originele ambities. Het toepassen van een digitaal model faciliteert beter onderbouwde besluitvorming gedurende de gehele levenscyclus van een gebouw, en mogelijk dus ook voor milieu-impact en circulariteitsprestaties.

### Stap 3. Data koppelen

Met behulp van rekeninstrumenthouder Madaster is de milieu-impact van installaties nauwkeuriger bepaald door generieke milieuverklaringen te vervangen door product specifieke data. Daarbij zijn eerst de milieuverklaringen uit de oorspronkelijke berekeningen 'uitgezet' en vervangen door verklaringen die zijn gekoppeld aan de materialenlijst.

In de meeste gevallen zijn categorie-3 verklaringen op basis van GBO m<sup>2</sup> vervangen door verklaringen op basis van daadwerkelijk toegepaste hoeveelheden (stuks of meters). Hierbij is primair gezocht naar vervanging door categorie 1-verklaringen. Wanneer deze niet beschikbaar waren, is gebruikgemaakt van milieudata uit Europese databases (zoals ECO-platform, EPD Norge en ÖKOBAUDAT) in de vorm van EPD's of LCA's. In de selectie van EPD's hebben we zoveel mogelijk rekening gehouden met kwalitatief goede EPD's, hadden diverse EPD's ook andere achtergrondatabases. Voor dit onderzoek gebruiken we deze EPD's wel aangezien de voordelen opwegen tegen de nadelen: geen impact of een inschatting van impact.

### Stap 4. Milieu-impact bepalen

Met behulp van Madaster zijn vervolgens de indicatoren bepaald. De indicatoren voor milieu-impact zijn:

- Totale milieukosten in € MKI (Milieukosten indicator)
- Relatieve milieukosten, MPG (Milieuprestatie gebouwen) in €/m<sup>2</sup> BVO/jaar
- Totale materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot GWPA (Global Warming Potential) in kg CO<sub>2</sub>-eq
- Relatieve materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot PPM (Paris Proof materiaalgebonden) in kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup> BVO

Voor het bepalen van de MKI en MPG is de MPG-methodiek gebruikt en bij de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot is de rekenmethodiek van DGBC gebruikt.<sup>17</sup> De laatstgenoemde schrijft voor dat voor de PPM module A1 t/m A5 wordt meegenomen (productie+transport+bouwproces) van de indicator. Deze

methode is ook aangenomen voor bepaling van GWP<sub>A</sub>. Voor de MKI en MPG zijn alle indicatoren gewogen meegenomen en is fase A-D meegenomen.

### Gevoeligheidsanalyse: Bbl-demarcatie

De overkoepelende conclusies van dit onderzoek blijven overeind, ook wanneer strikt wordt gekeken naar installatiesystemen binnen de demarcatie van het Bbl. Om de werkelijke milieu-impact zo volledig mogelijk in beeld te brengen, is er in dit onderzoek bewust breder gekeken dan de formele scope, bijvoorbeeld door alle PV-systemen mee te nemen, ook wanneer deze buiten de wettelijke verplichting vallen.

Tegelijkertijd is voor elke casus een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin uitsluitend installatie-onderdelen die sowieso binnen de Bbl-demarcatie vallen zijn meegenomen. De kabelgoten en alle zonnepanelen zijn hiervoor buiten beschouwing gelaten (ondanks het feit dat een deel van de PV binnen de wettelijke verplichting zal vallen en daarmee dus binnen de Bbl-demarcatie).

- **Casus A:** 34% (MKI) en 24% (PPm/GWPA) van de verborgen impact was te wijten aan kabelgoten en voornamelijk PV.
- **Casus B:** 72% (MKI) en 83% (PPm/GWPA) van de verborgen impact was te wijten aan PV-panelen.
- **Casus C:** Geen elementen buiten Bbl-demarcatie
- **Casus D:** Geen elementen buiten Bbl-demarcatie
- **Casus E:** PV was al volledig ingevoerd
- **Casus F:** Geen elementen buiten Bbl-demarcatie

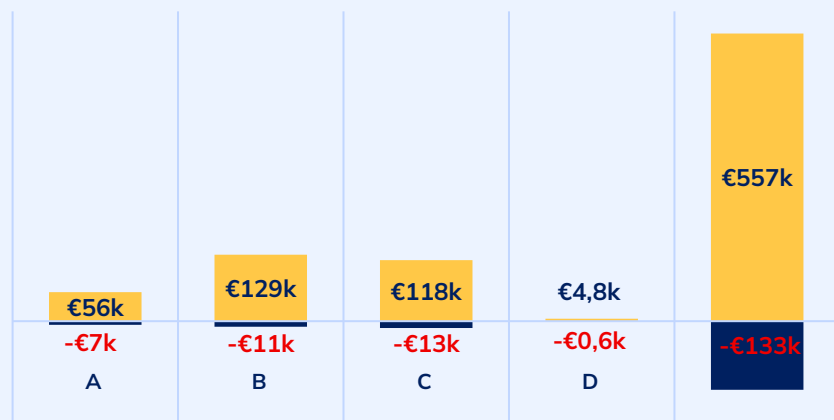
### Effectenanalyse module D

Door module D expliciet apart te maken in figuur 16, wordt zichtbaar welk deel van de MKI-reductie wordt veroorzaakt door deze 'dempende' factor. Dit helpt om beter te begrijpen in hoeverre de lagere MKI het gevolg is van het ontwerp versus aannames over hergebruik of recycling in de toekomst. Ook ontstaat hierdoor inzicht in de verschillen tussen de MKI en de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot.

In de meeste cases dempt module D ca 8–13% van de extra impact. Casus E wijkt duidelijk af met bijna 24% demping, wat aanzienlijk is. Voor casus F was geen gedetailleerde data beschikbaar m.b.t. module D.

### MKI & Module D

■ Totale impact (incl. module D) ■ Module D



Figuur 16 | Het 'dempende' effect van module D op vijf van de zes casussen.

---

## Bijlage 2. Resultaten casussen

In deze bijlagen zijn de gedetailleerde resultaten opgenomen van de analyse naar de milieu-impact van installatietechniek voor de onderzochte casussen. Per casus wordt inzicht gegeven in de gerapporteerde impact bij vergunningsaanvraag, de gecorrigeerde berekeningen en de aanvullende impact die volgt uit een meer gedetailleerde analyse op basis van materiaallijsten en externe milieudata. Hiermee ontstaat een completer beeld van de werkelijke milieu-impact van installaties, inclusief de verschillen tussen de gangbare berekeningsmethodiek en de impact zoals die in de praktijk optreedt.

# Casus A. Kantoor

## Kenmerken

- Functie: Kantoor
- Oppervlakte: 2082 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: Voorlopig Ontwerp

In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien: de milieu-impact van installaties (MPG en MKI), de Paris Proof materiaalgebonden indicator en de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-impact van installaties. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen gerapporteerd bij vergunningsaanvraag (links), gecorrigeerd binnen het NMD-stelsel (midden) en aangevuld met externe databases (rechts). De methodiek staat beschreven in **bijlage 1**.

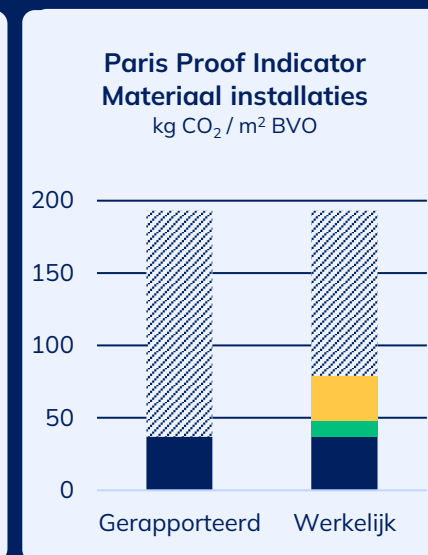
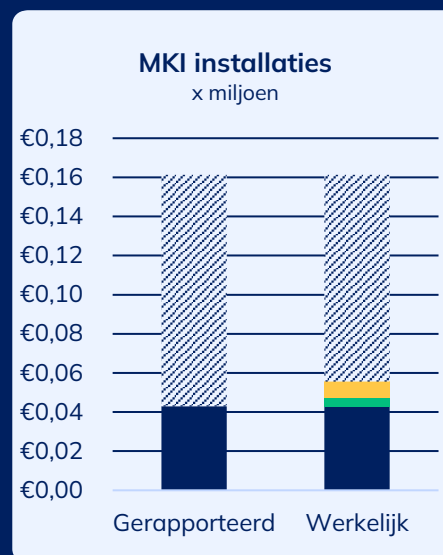
De milieu-impact (MPG) wordt na correctie van fouten 10% hoger. Dit komt onder andere doordat een milieuverklaring miste voor het klimaatplafond.

In de figuren de milieu-impact afgezet tegen normen. Dit is de per 1 juli 2026 geldende MPG-eis voor kantoorfunctie (€ 1,55) en de PPM-norm zoals gesteld door de Dutch Green Building Council (DGBC) voor kantoren.

### \*Details van berekening

Luchtdistributie, warmwaterdistributie, klimaatplafond en PV-milieuverklaringen uit de MPG-berekening zijn uitgezet, hiervoor in de plaats zijn 1.345 componenten uit de IFC vervangen door 52 productverklaringen (externe EPD of cat.1- verklaring).

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG installaties	€ 0,41	€ 0,45	€ 0,53
MKI installaties	€ 42.993	€ 47.285	€ 55.636
PPm installaties (CO <sub>2,e</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	37	48	79
GWP A totaal	77 ton	100 ton	165 ton



□ Gerapporteerd   
 ■ Gecorrigeerd   
 ■ Verborgen impact  
▨ Resterend budget voor gebouw (volgens MPG-eis of PPM norm)

# Casus B. Sporthal

## Kenmerken

- Functie: Sporthal
- Oppervlakte: 4497 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: As-built

In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien zoals ingediend bij de vergunningsaanvraag (linkerkolom). De milieu-impact werd 23% hoger wanneer de berekening volledig en correct zou zijn ingevuld (middelste kolom) o.a. doordat een milieuverklaring voor de warmtepomp miste en het aandeel warmteafgifte was niet goed geschaald.

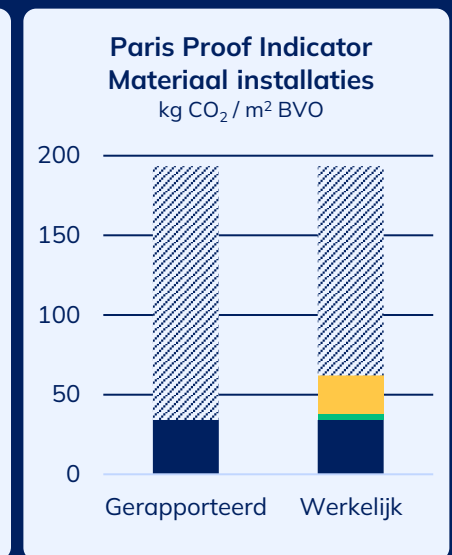
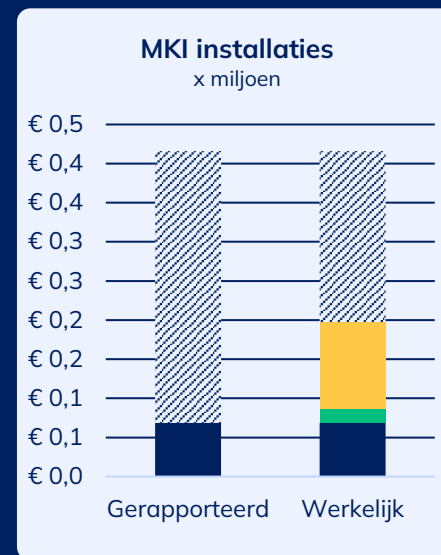
In de rechterkolom is de verborgen impact te zien die volgt uit de berekening waarbij de methodiek uit **bijlage 1** wordt gebruikt. Dit is bepaald op basis van de materialenlijst uit de IFC.

In de figuren de milieu-impact afgezet tegen normen. Dit is de per 1 juli 2026 geldende MPG-eis voor sportfuncties (€ 1,85) en de PPM-norm zoals gesteld door de Dutch Green Building Council (DGBC) voor kantoren.

### \*Details van berekening

Luchtdistributie, warmteafgifte, verlichting en PV milieuverklaringen uit de MPG-berekening zijn uitgezet, hiervoor in de plaats zijn 8.258 componenten uit de IFC vervangen door 287 productverklaringen (externe EPD of cat.1- verklaring).

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG installaties	€ 0,31	0,38	€ 0,57
MKI installaties	€ 68.600	€ 87.042	€ 128.782
PPm installaties (CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	34	38	62
GWP A totaal	152 ton	169 ton	277 ton



MPG ingediend
  MPG aangevuld
  Verborgen impact
  Resterend budget voor gebouw (volgens MPG-eis of PPM norm)

# Casus C. Luchtinstallaties

## Kenmerken

- Functie: Kantoor
- Oppervlakte: 21.000 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: *As-built*
- Scope: Luchtinstallaties

Voor gebouw C waren enkel de luchtinstallaties (luchtdistributie en luchtbehandelingskasten) goed ingetekend. De resultaten van deze casus betreffend dus **alleen de luchtinstallaties** en niet de overige installaties. De orde grootte waarden wijken hierdoor af van andere casussen.

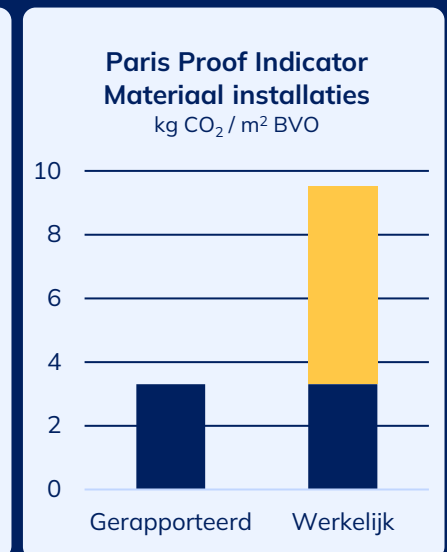
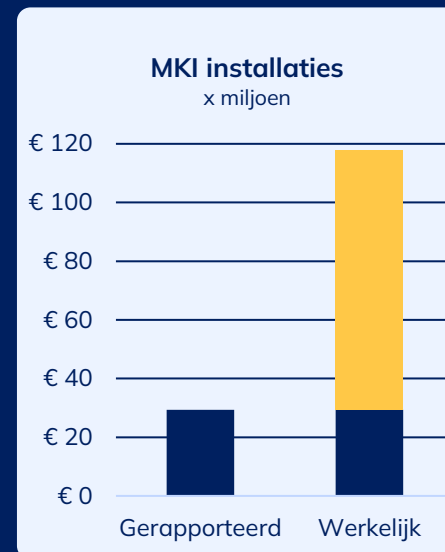
In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien zoals ingediend bij de vergunningsaanvraag (linkerkolom). Hier waren geen fouten gemaakt. In de rechterkolom is de verborgen impact te zien die volgt uit de berekening waarbij de methodiek uit **bijlage 1** is gebruikt voor luchtinstallaties. Dit is bepaald op basis van de materialenlijst uit de IFC.

In de figuren de milieu-impact van de luchtinstallaties afgezet tegen normen. Dit is de per 1 juli 2026 geldende MPG-eis voor kantoorfunctie (€ 1,55) en de PPM-norm zoals gesteld door de Dutch Green Building Council (DGBC) voor kantoren.

### \*Details van berekening

Luchtdistributie, warmwaterdistributie en verlichting milieuverklaringen uit de MPG-berekening zijn uitgezet, hiervoor in de plaats zijn 1402 componenten uit de IFC vervangen door 149 productverklaringen (externe EPD of cat.1- verklaring).

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG luchtinstallaties	€ 0,03	-	€ 0,11
MKI luchtinstallaties	€ 29.294	-	€ 117.886
PPm luchtinstallaties (CO <sub>2,e</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	3,3	-	9,5
GWP A totaal	70 ton	-	200 ton



□ Gerapporteerd    ■ Verborgen impact

# Casus D. Leidingensysteem

## Kenmerken

- Functie: Kantoor
- Oppervlakte: 9000 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: *as-built*
- Scope: Leidingwerk

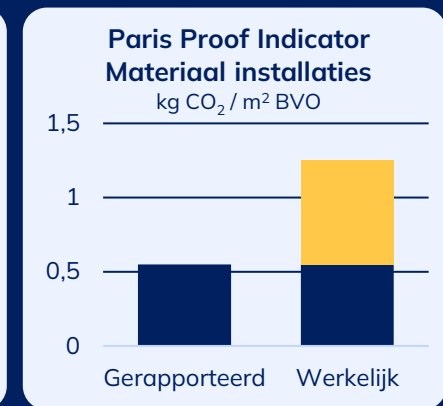
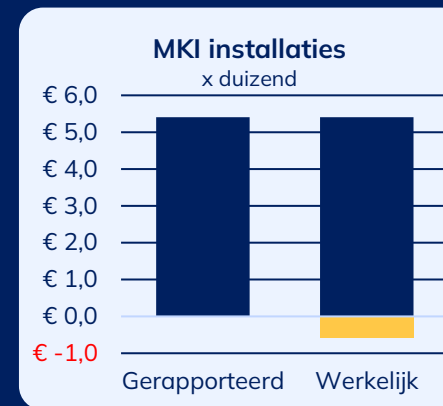
In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien: de milieu-impact van installaties (MPG en MKI), de Paris Proof materiaalgebonden indicator en de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-impact van installaties. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen gerapporteerd bij vergunningsaanvraag (links), gecorrigeerd binnen het NMD-stelsel (midden) en aangevuld met externe databases (rechts). De methodiek is in meer detail beschreven in **bijlage 1**.

De verborgen impact is in werkelijkheid groter omdat in deze casus enkel het **hoofdleidingwerk** is meegenomen. Klein leidingwerk, afsluiters, pompen, etc. zijn niet meegenomen.

### \*Details van berekening

Een categorie 1 verklaring – COOLFIT GEORG FISHER (uit NMD) is gekoppeld aan 700 strekkende meters leidingwerk en vergeleken met het categorie 3 verklaring voor warmtedistributie die gebruikt was voor vergunningsaanvraag.

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG installaties	€ 0,011	-	€ 0,010
MKI installaties	€ 5.410	-	€ 4.831
PPm installaties (CO <sub>2,A</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	0,55	-	1,255
GWP A totaal (CO <sub>2</sub>   A   Gebouw)	5,5 ton	-	12,6 ton



□ Gerapporteerd    ■ Verborgen impact

# Casus E. Kantoor

## Kenmerken

- Functie: Kantoor
- Oppervlakte: 12.785 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: As-built

In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien zoals ingediend bij de vergunningsaanvraag (linkerkolom). Hier waren geen fouten gemaakt. In de rechterkolom is de verborgen impact te zien die volgt uit de berekening waarbij de methodiek uit **bijlage 1** is gebruikt.

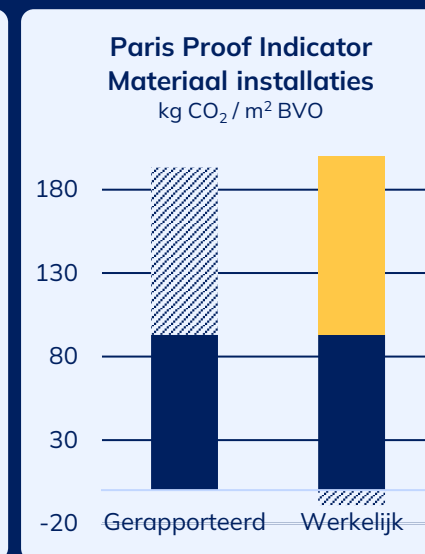
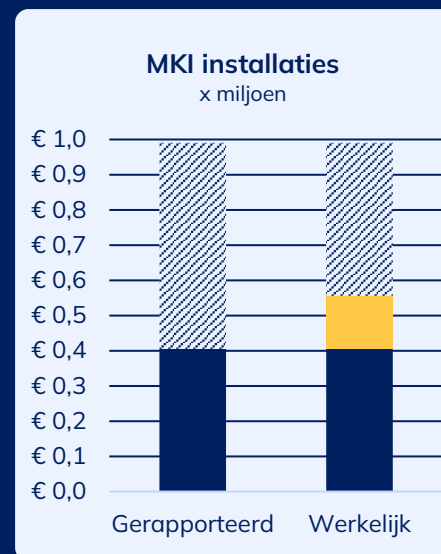
Een groot deel van de verborgen impact zit in het klimaatplafond waar een categorie 3 verklaring op basis van GBO is vervangen door een categorie 1 verklaring op basis aantal. De MKI van dit onderdeel werd zes keer groter en de PPM negen keer hoger. Ook de impact van warmtedistributie categorie-3 verklaring verhoogde met een factor 10+ bij het vervangen door milieuverklaringen uit EU-databases gekoppeld aan de materialenlijst.

In de figuren de milieu-impact van de luchtinstallaties afgezet tegen normen. Dit is de per 1 juli 2026 geldende MPG-eis voor kantoorfunctie (€ 1,55) en de PPM-norm zoals gesteld door de Dutch Green Building Council (DGBC) voor kantoren.

### \*Details van berekening

Klimaatplafond, warmwaterdistributie en luchtdistributie uit de MPG-berekening zijn uitgezet, hiervoor in de plaats zijn 947 componenten uit de IFC vervangen door 135 productverklaringen (externe EPD of cat.1- verklaring).

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG installaties	€ 0,63	-	€ 0,87
MKI installaties	€ 405.543	-	€ 556.530
PPm installaties (CO <sub>2,e</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	93	-	203
GWP A totaal	1195 ton	-	2593 ton



■ MPG ingediend 
 ■ MPG aangevuld 
 ■ Verborgen impact 
 ▨ Resterend budget voor gebouw (volgens MPG-eis of PPM norm)

# Casus F. Onderwijsgebouw

## Kenmerken

- Functie: Onderwijsgebouw
- Oppervlakte: 22000 m<sup>2</sup> BVO
- Fase: *as-built*

In de tabel zijn vier indicatoren voor milieu-impact te zien: de milieu-impact van installaties (MPG en MKI), de Paris Proof materiaalgebonden indicator en de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-impact van installaties. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen gerapporteerd bij vergunningsaanvraag (links), gecorrigeerd binnen het NMD-stelsel (midden) en aangevuld met externe databases (rechts). De methodiek is in meer detail beschreven **bijlage 1**.

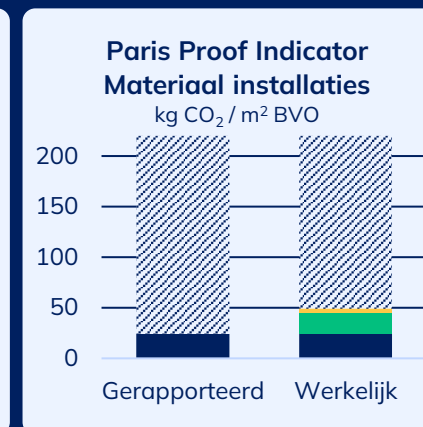
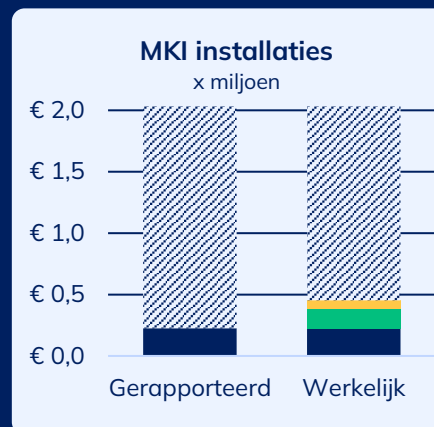
De milieu-impact (MPG) wordt na correctie van fouten bijna twee keer hoger. Dit komt onder andere doordat een aantal elementen in de MPG-berekening ontbreken, namelijk de warmtedistributie, luchtbehandelingskasten, centrale Elektrotechnische voorzieningen en PV-panelen en omvormers.

In de figuren de milieu-impact afgezet tegen normen. Dit is de per 1 juli 2026 geldende MPG-eis voor sportfuncties (€ 1,85) en de PPM-norm norm zoals gesteld door de Dutch Green Building Council (DGBC) voor kantoren.

### \*Details van berekening

Luchtdistributie, warmwaterdistributie en verlichting milieuverklaringen uit de MPG-berekening zijn uitgezet, hiervoor in de plaats zijn 12.000 componenten uit de IFC vervangen door 52 productverklaringen (externe EPD of cat.1- verklaring).

	Gerapporteerd bij vergunning	Gecorrigeerd ahv materialenlijst	Totaal incl. verborgen impact*
MPG installaties	€ 0,20	€ 0,35	€ 0,41
MKI installaties	€226.386	€381.273	€451.547
PPm installaties (CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> BVO)	24	44,6	49,1
GWP A totaal (CO <sub>2</sub>   A   Gebouw)	528 ton	981 ton	1.081 ton



MPG ingediend
  MPG aangevuld
  Verborgen impact
  Resterend budget voor gebouw (volgens MPG-eis of PPM norm)

# Bijlage 3. Bronvermelding

- 
- <sup>1</sup> **Techniek Nederland** (2025) *Economische vooruitzichten 2026 en verder*
- <sup>2</sup> **EIB & Structural Collective** (2026) *Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw*
- <sup>3</sup> **MEP 2040 & Carbon Leadership Forum** (2026) *The beginners guide to MEP embodied carbon – Version 2*
- <sup>4</sup> **Rijksoverheid** (2019) *Klimaatakkoord: Gebouwde Omgeving*
- <sup>5</sup> **Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening** (2025) *Aangepast wijzigingsbesluit en -regeling milieuprestatie voor gebouwen*
- <sup>6</sup> **Building Balance** (2025), *Vastgoed partijen zetten harde limiet op CO2 van bouwmaterialen*
- <sup>7</sup> **Merosh** (2025), *PvE circulaire installaties v1.2 utiliteitsgebouwen*
- <sup>8</sup> **W/E Adviseurs, LBP Sight & Life Cycle Vision** (2024) *Advies bouwwerkinstallaties*
- <sup>9</sup> **MEP 2040 & Carbon Leadership Forum** (2026) *The beginners guide to MEP embodied carbon – Version 2*
- <sup>10</sup> **Techniek Nederland** (2025) *Economische vooruitzichten 2026 en verder*
- <sup>11</sup> **Dutch Green Building Council & NIBE** (2021) *Paris Proof Materiaalgebonden Rekenprotocol*
- <sup>12</sup> **IPLO** (2026), *Infoblad gebouwonderdelen mpg-berekening*
- <sup>13</sup> **NMD** (2024), *Aanvulling op milieudata voor bouwwerkinstallaties: een belangrijke stap binnen het Witte Vlekken-programma* <https://milieudatabase.nl/nl/actueel/nieuws/aanvulling-op-milieudata-voor-bouwwerkinstallaties-een-belangrijke-stap-binnen-het-witte-vlekken-programma/>
- <sup>14</sup> **LBP|Sight, W/E Adviseurs en Life Cycle Vision** (2024), *advies bouwwerkinstallaties NMD*
- <sup>15</sup> **Europese Commissie** (2024) *Directive 2024/1275/EU | Annex III*
- <sup>16</sup> **Cirkelstad** (2025) *Beter sturen op circulaire prestaties in kwaliteitsborging*
- <sup>17</sup> **Dutch Green Building Council & NIBE** (2021) *Paris Proof Materiaalgebonden Rekenprotocol*