

CIRCULARITEIT BIJ AARDGASVRIJE RENOVATIES

Circulariteit bij aardgasvrije renovaties



CIRCULARITEIT BIJ AARDGASVRIJE RENOVATIES

Circulariteit bij aardgasvrije renovaties

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Croeselaan 15
3521 BJ Utrecht



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Vertegenwoordigd door: de heer ir. M. Brouwer

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T(038) 467 00 30
www.nieman.nl



Uitgevoerd door: De heer ing. M.J. Dunnink
De heer ing. T.G. Haytink

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). [Lees onze privacyverklaring.](#)

Referentie:	20181916
Status:	definitief
Datum:	27 juni 2019

Samenvatting

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO.nl) een verkennend onderzoek verricht naar de impact van de energietransitie op de productie en gebruik van materialen en installaties. In dit onderzoek is de invloed daarvan inzichtelijk gemaakt; tevens zijn mogelijke circulaire kansen nader onderzocht.

Eén van de consequenties van de aardgasvrije renovaties is de behoefte aan materialen, installaties en grondstoffen om een bestaande woning te verduurzamen. Het gebruik van onder andere isolatiematerialen en de toepassing van PV-panelen levert een lager energiegebruik op in de gebruiksfase. De keerzijde hiervan is een grotere footprint door materiaalgebruik, uitputting eindige grondstoffen en CO₂-uitstoot bij de productie van materialen. Dit kan op gespannen voet staan met de ambitie om in 2050 te komen tot een circulaire gebouwde omgeving (transitieagenda circulaire bouweconomie).

Om meer inzicht te krijgen in het energie- en materiaalgebruik na renovatie is voor één referentiewoning (rijwoning 1965 – 1975) onderzocht welke consequenties de energietransitie heeft op de energetische prestatie en het materiaalgebruik. Hiervoor zijn drie maatregelenpakketten doorgerekend:

1. Aardgasvrij concept zonder energiebesparing.
2. Aardgasvrij concept met goede isolatie.
3. Nul-op-de-Meter concept (met zeer goede isolatie en extra opwek).



Voor de alternatieven voor aardgas is gekeken naar de warmtescenario's: all-electric, warmtenet, groengas en biomassa.

De energieprestatie (EPG) en milieuprestatie (MPG) is allereerst afzonderlijk bepaald en vervolgens geaggregeerd tot de indicator duurzaamheidsprestatie gebouw (DPG). Deze berekeningen geven inzicht in de integrale afweging in de milieu-impact van energie- en materiaalgebruik. Hieruit blijkt dat een aardgasvrij concept met goede isolatie een qua energie- en milieu-impact het meest optimale scenario vormt, op basis van de huidige stand van de techniek en kennis. Bij het aardgasvrij renoveren zou de prioriteit moeten liggen om gebouwen zo energiezuinig mogelijk te maken met een zo'n laag mogelijk milieu-impact voor dit moment.



Daarnaast is gekeken naar de materialen die vrij komen bij een aardgasvrije renovatie en in welke mate de waarde van deze materialen kan blijven behouden en welke circulaire kansen dit biedt. Er zijn diverse circulaire materialen beschikbaar die toegepast kunnen worden bij de renovatie van de gevel, kozijnen, isolatie, etc. Hierbij speelt hergebruik/waarde behoud van materialen en installatie(onderdelen) een grote rol. Het (her)gebruik van circulaire materialen is gezien de CO₂-uitstoot voor de productie van materialen/installaties noodzakelijk om de ambitie CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050 te realiseren.

Zwolle, 27 juni 2019

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

de heer ing. T.G. Haytink

de heer ing. M.J. Dunnink

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	3
Hoofdstuk 2 Energieprestatie	5
2.1 Uitgangspunten	5
2.2 Energieprestatie en CO ₂	7
Hoofdstuk 3 Milieuprestatie	9
3.1 Uitgangspunten	9
3.2 Materialisatie en CO ₂ per energieconcept	10
3.3 Gevoeligheidsanalyse	15
Hoofdstuk 4 Integrale beoordeling energie en milieu	22
4.1 Duurzaamheidsprestatie gebouw	22
4.2 DPG per energieconcept	24
Hoofdstuk 5 Circulair renoveren	27
5.1 Overzicht vrij te komen materialen	27
5.2 Overzicht circulaire materialen	28
Hoofdstuk 6 Conclusie en aanbevelingen	40
6.1 Conclusie	40
6.2 Aanbevelingen	42
Bijlage 1 Rekenresultaten energie/materialen (exclusief huishoudelijk energiegebruik)	
Bijlage 2 Rekenresultaten energie/materialen (inclusief huishoudelijk energiegebruik)	

Hoofdstuk 1 Inleiding

In 2018 heeft Nieman Raadgevende Ingenieurs en Milieu Centraal in opdracht van RVO een verkennende studie verricht naar het ontwikkelen van een tool voor het aardgasvrij maken van bestaande woningen. De bevindingen zijn vastgelegd in het rapport 'TSE 1701058 - verkenning tool aardgasvrije woningen' d.d. 30 april 2018. In dat onderzoek zijn verschillende consequenties van de komende energietransitie in de bestaande bouw aan bod gekomen. De overheid heeft naast een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050 ook een circulaire gebouwde omgeving voor ogen.

Eén van de consequenties van de energietransitie de komende jaren is de toenemende behoefte aan materialen, installaties en grondstoffen om gebouwen te verduurzamen. Het gebruik van onder andere meer isolatiematerialen en glas levert een lagere footprint op in de gebruiksfase qua energieverbruik. De keerzijde hiervan is een hogere footprint qua materiaalgebruik, uitputting eindige grondstoffen en CO₂-uitstoot bij de productie van materialen.

Door RVO is aanvullend gevraagd om het inzicht in het energie- en materiaalgebruik bij de komende energietransitie te vergroten. Hierbij komen ook de kansen aan bod om circulaire materialen te gebruiken bij het aardgasvrij renoveren. Het doel is om bij het aardgasvrij maken van woningen dit zo circulair mogelijk te doen.



Figuur 1: Energietransitie versus materiaalgebruik aardgasvrije renovaties

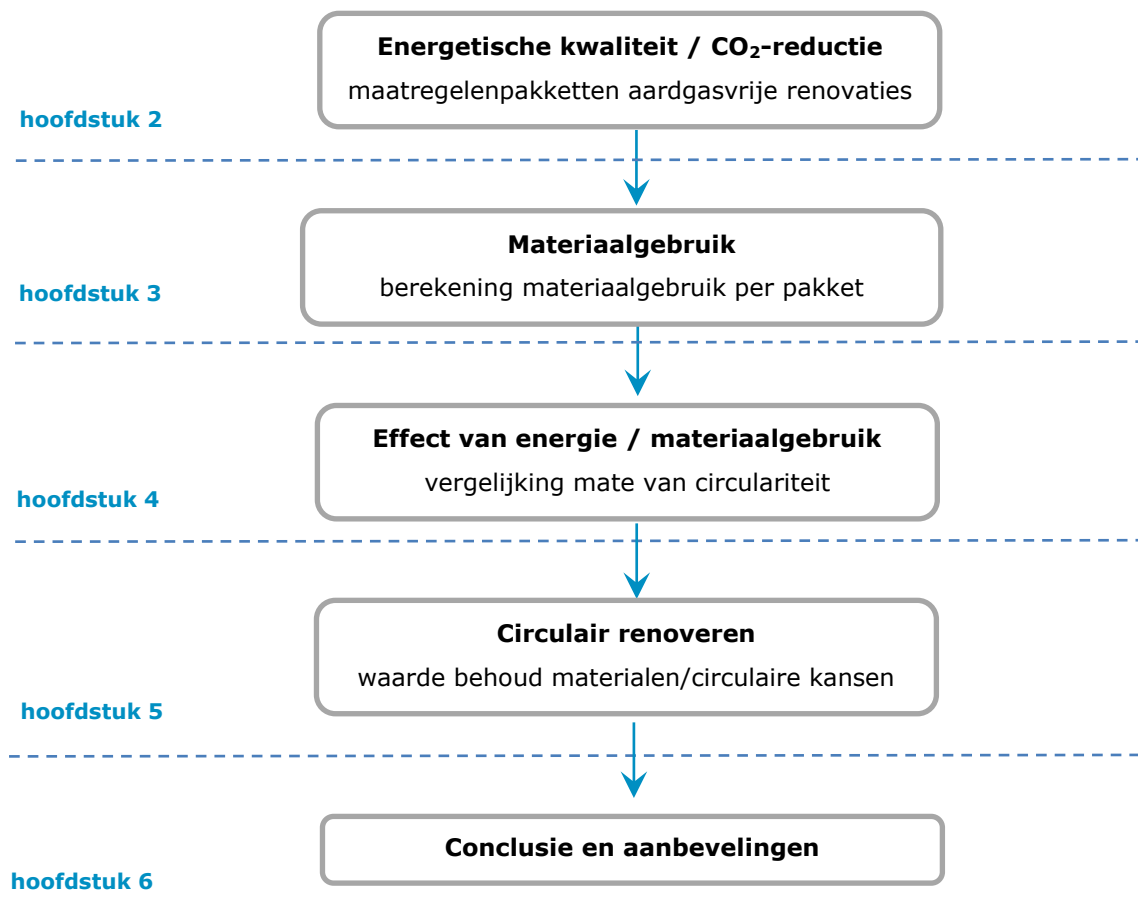
Scope onderzoek

In dit verkennende onderzoek wordt voor één referentiewoning (rijwoning 1965 – 1975) onderzocht welke consequenties de energietransitie heeft op de energetische prestatie en het materiaalgebruik. Dit woningtype wordt vanuit de klimaattafels gezien als belangrijke startmotor voor de verdere industrialisatie en innovatie van de energietransitie. Voor de alternatieven voor aardgas wordt gekeken naar de volgende zeven warmtescenario's:

- 1a. All-electric: warmtepomp (COP 4-5)
- 1b. All-electric: weerstandsverwarming (COP 1)
2. Hoog temperatuur warmtenet > 70°C
3. Midden temperatuur warmtenet 40°C - 70°C
4. Laag temperatuur warmtenet < 40°C
5. Groengas
6. Biomassa

Leeswijzer

De opbouw van deze rapportage is onderstaand weergegeven inclusief verwijzing naar de betreffende hoofdstukken.



Sparringspartners

Dit onderzoek in samenspraak met de volgende personen tot stand gekomen:

- Menno Brouwer Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO)
- Hans Korbee Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO)
- Mantijn van Leeuwen Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE)
- Erik Alsema W/E adviseurs

Hoofdstuk 2 Energieprestatie

2.1 Uitgangspunten

De gebouwde omgeving levert in Nederland een belangrijke bijdrage aan de emissie van broeikasgassen. Broeikasgasemissies ontstaan niet alleen door direct energieverbruik, maar ook bij de productie en verwerking van materialen in de industrie. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de reductie van broeikasgassen door beperking van het energieverbruik.

Om zicht te krijgen op het beperken van de CO₂-uitstoot als gevolg van het aardgasvrij renoveren is een berekening opgesteld met de volgende uitgangspunten:

- rijwoning 1965 – 1975 uitgevoerd in drie maatregelenpakketten;
- zeven warmtescenario's (alternatieven) voor aardgasvrij;
- berekeningen op basis van de bepalingmethode NTA 8800.

De uitgangspunten worden onderstaand toegelicht.

Rijwoning 1965 – 1975

De berekening van de energieprestatie is gebaseerd op een rijwoning 1965-1975, een woningtype dat veel voorkomt in de Nederlandse woningvoorraad.

De energetische ambitie bepaalt welke bouwkundige en installatietechnische maatregelen aan de woning getroffen worden. Een matig energetische verbetering bestaande uit spouwmuurisolatie en glasvervanging, heeft een kleinere impact qua materiaalgebruik dan een Nul-op-de-Meter renovatie, waarbij de buitengevel en dak wordt gesloopt en een nieuwe thermische schil wordt aangebracht. In dit hoofdstuk wordt voor de rijwoning (1965-1975) de energetische verbetering inzichtelijk gemaakt. Daarbij zijn de volgende maatregelenpakketten beschouwd:

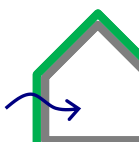
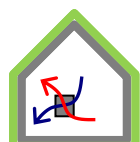
1. Aardgasvrij concept zonder energiebesparing.
2. Aardgasvrij concept met goede isolatie.
3. Nul-op-de-Meter concept.



Figuur 2: Renovatie naar aardgasvrij op basis van variant 3 (energieneutraal)

In tabel 1 staan de kenmerken voor de verschillende maatregelenpakketten weergegeven. Deze kenmerken zijn aangehouden voor de energieprestatie- en milieuprestatieberekening.

Tabel 1: Maatregelenpakketten aardgasvrij

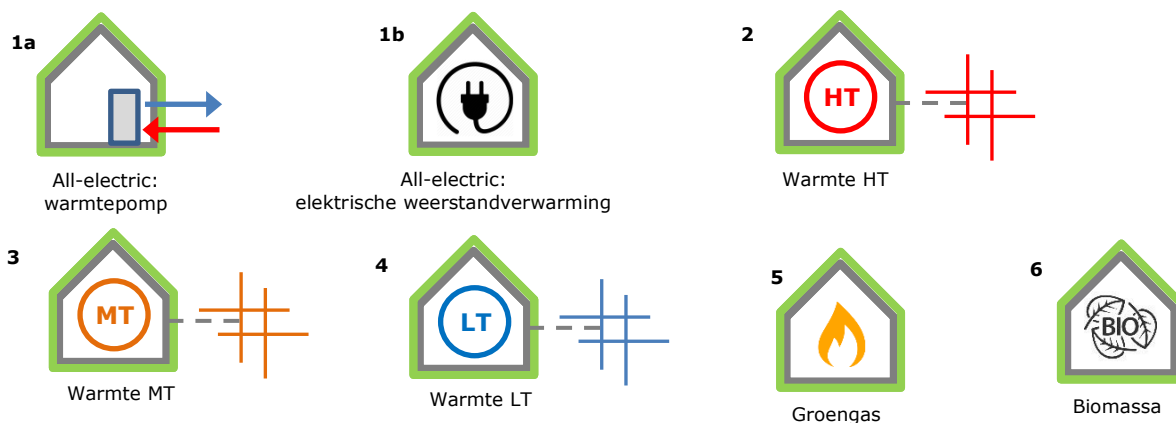
	referentie	Pakket 1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	Pakket 2. Aardgasvrij met goede isolatie	Pakket 3. Nul-op-de-Meter concept
				
Thermische schil (vloer/gevel/dak)	matig geïsoleerd $R_c: 1,3/1,3/1,3$ m^2K/W	matig geïsoleerd $R_c: 1,3/1,3/1,3$ m^2K/W	goed geïsoleerd $R_c: 3,5/1,3/3,5$ m^2K/W	zeer goed geïsoleerd $R_c: 5,0/4,5/6,0$ m^2K/W
Beglazing	dubbel glas	dubbel glas	HR ⁺⁺ -glas	triple-glas
Infiltratie / $q_{v,10}$	1,00 $dm^3/s.m^2$	1,00 $dm^3/s.m^2$	0,80 $dm^3/s.m^2$	0,40 $dm^3/s.m^2$
Verwarming / tapwater	HR-107	6 warmtescenario's	6 warmtescenario's	6 warmtescenario's
Ventilatie	A	A	MV (C4a)	WTW
Zonne-energie	geen PV-panelen	geen PV-panelen	8 PV-panelen	24 PV-panelen

Legenda:
 WTW: gebalanceerde ventilatie met WTW
 A: natuurlijke toe- en afvoer
 MV (C4a): natuurlijke toevoer en mechanische ventilatie met CO₂-sturing

Warmtescenario's

De rijwoning heeft in de referentiesituatie een HR-107 combiketel voor verwarming en tapwater. Om te komen tot een aardgasvrije woning zijn de volgende warmtescenario's doorgerekend:

- 1a. All-electric: warmtepomp (COP 4-5)
- 1b. All-electric: weerstandsverwarming (COP 1)
2. Hoog temperatuur warmtenet > 70°C
3. Midden temperatuur warmtenet 40°C - 70°C
4. Laag temperatuur warmtenet < 40°C
5. Groengas
6. Biomassa



Figuur 3: Zes alternatieve energiedragers voor aardgas

Bepalingsmethode NTA 8800

De NTA 8800 vormt de nieuwe bepalingmethode voor het berekenen van de energieprestatie voor bestaande en nieuwe gebouwen; naar verwachting wordt deze bepalingmethode in 2020 door het Bouwbesluit aangestuurd. Vooruitlopend op de definitieve software is er een rekentool beschikbaar gebaseerd op NTA 8800.

De berekeningen in dit rapport zijn uitgevoerd met de rekentool NTA 8800 v181102 (versie 1.01) en rekt volgens NTA 8800:2018. De door INNAX ontwikkelde rekentool is niet-gevalideerde software. Deze tijdelijke tool wordt in de tweede helft van 2019 vervangen door gevalideerde software. Er wordt nog een aantal aanpassingen (vereenvoudigingen) in de definitieve rekenmethodiek verwacht. Dit betekent dat de uitkomsten van de berekeningen met deze validatietool indicatief zijn.

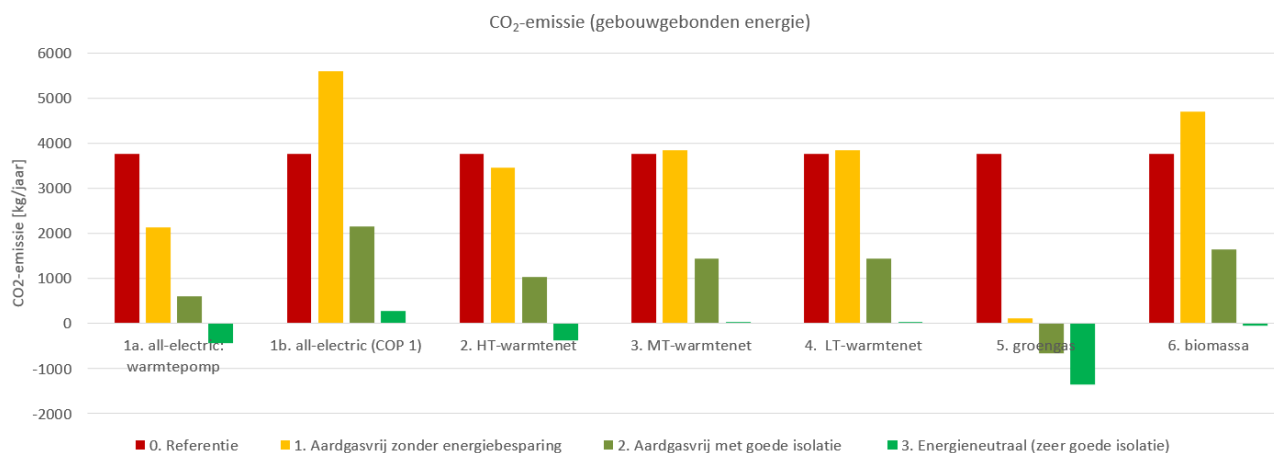
2.2 Energieprestatie en CO₂

Het gebouwgebonden energieverbruik per maatregelpakket en warmtescenario is doorgerekend met de rekentool van NTA 8800. De uitgangspunten en resultaten van de berekeningen zijn opgenomen in bijlage 1. Een samenvatting van de rekenresultaten is opgenomen in tabel 2 en figuur 4.

Tabel 2: Δ CO₂-uitstoot op basis van gebouwgebonden energieprestatie per maatregelenpakket (NTA 8800)

	Pakket 1. Aardgasvrij zonder energiebesparing [kg CO₂/jaar]	Pakket 2. Aardgasvrij met goede isolatie [kg CO₂/jaar]	Pakket 3. Nul-op-de-Meter [kg CO₂/jaar]
Referentie CO ₂ -emissie (huidig)	3.766 kg CO ₂	3.766 kg CO ₂	3.766 kg CO ₂
All-electric: warmtepomp	2.133 kg CO ₂	596 kg CO ₂	-439 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	-1.633 kg CO ₂	-3.171 kg CO ₂	-4.205 kg CO ₂
All-electric: weerstandsverwarming	5.590 kg CO ₂	2.142 kg CO ₂	270 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	1.824 kg CO ₂	-1.624 kg CO ₂	-3.496 kg CO ₂
Hoog temperatuur warmtenet > 70°C	3.445 kg CO ₂	1.034 kg CO ₂	-384 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	-321 kg CO ₂	-3.935 kg CO ₂	-4.150 kg CO ₂
Midden temperatuur warmtenet 40°C - 70°C	3.846 kg CO ₂	1.442 kg CO ₂	28 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	79 kg CO ₂	-2.324 kg CO ₂	-3.738 kg CO ₂
Laag temperatuur warmtenet < 40°C	3.842 kg CO ₂	1.440 kg CO ₂	27 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	76 kg CO ₂	-2.326 kg CO ₂	-3.739 kg CO ₂
Groengas	109 kg CO ₂	-663 kg CO ₂	-1.361 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	-3.658 kg CO ₂	-4.429 kg CO ₂	-5.128 kg CO ₂
Biomassa	4.703 kg CO ₂	1.642 kg CO ₂	-60 kg CO ₂
Δ CO ₂ -uitstoot t.o.v. referentie	937 kg CO ₂	-2.124 kg CO ₂	-3.827 kg CO ₂

1. Het aantal PV-panelen is bij pakket 3 gelijk gehouden, waardoor er bij enkele warmtescenario's geen nul-op-de-meter wordt bereikt.



Figuur 4: CO₂-reductie per maatregelenpakket en warmtescenario

Analyse

Uit de rekenresultaten van het energieverbruik komt het volgende naar voren:

- Maatregelenpakket 1: bij deze variant wordt de gasketel vervangen door één van de zes alternatieven. Het volgende valt op:
 - Een alternatief voor aardgas leidt niet per definitie tot een lagere CO₂-emissie. Hierbij wordt opgemerkt dat dit sterk afhankelijk is van de primaire energiefactor van de vervangende energiedrager. Bij verdere vergroening van zowel warmtenetten als elektriciteit zullen deze (aanzienlijk) gunstiger uitpakken.
 - Bij all-electric (COP 1) stijgt de CO₂-uitstoot juist.
 - Bij een LT-/MT-warmtenet is voor tapwater een secundaire opwekker (veelal elektrisch) nodig waardoor de CO₂-uitstoot eveneens stijgt. Uiteraard bepaalt de energiedrager in belangrijke mate de CO₂-emissie.
 - Uit de resultaten valt op dat bij 100% groengas bij alle warmtescenario's een lage CO₂-emissie voor het energiegebruik hebben; de reden hiervan is dat in NTA 8800 de CO₂-emissiecoëfficiënt **nul** bedraagt.
- In NTA 8800 wordt gerekend met onderstaande CO₂-emissiecoëfficiënten:
 - elektra: 0,34 kg/kWh
 - aardgas 1,78 kg/m³
 - warmtelevering: 47,22 kg/GJ
 - biogas: 0 kg/m³
 - biomassa: 0,5 x 0,372 kg/kWh
- Bij maatregelenpakket 2 en 3 is bij alle concepten (als uitsluitend naar het gebouwgebonden energieverbruik wordt gekeken) een afname van de CO₂-emissie zichtbaar. Let wel, bij deze maatregelenpakketten worden PV-panelen toegepast; dit levert een substantiële bijdrage aan de CO₂-emissie op het gebied van energie, maar niet qua materiaalgebruik. Zie daarvoor het volgende hoofdstuk.

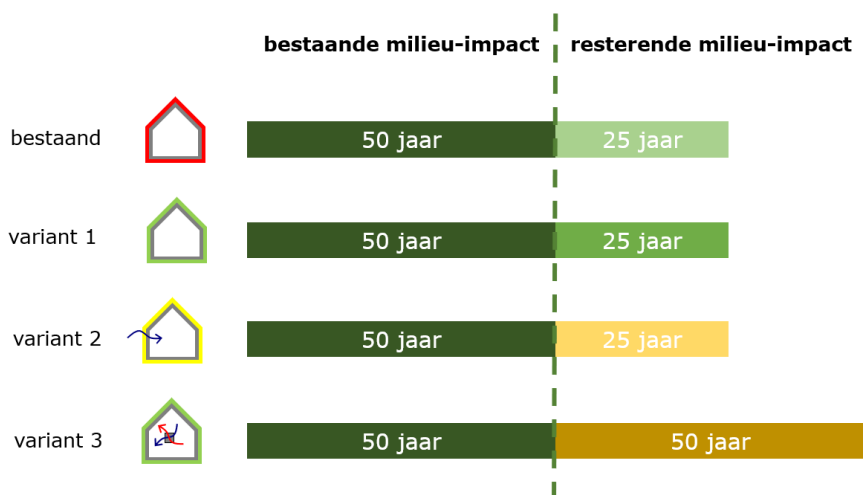
Hoofdstuk 3 Milieuprestatie

De Rijksoverheid heeft in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie van 14 september 2016 de doelstelling opgenomen om in 2050 circulair te zijn. De ambitie van de Rijksoverheid is om in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken. Daarom is sinds 2018 in het Bouwbesluit een eis opgenomen om de materialeninzet in gebouwen te beperken via de MilieuPrestatieGebouwen (MPG). Deze indicator is in dit onderzoek ingezet om het gebruik aan primaire grondstoffen bij een aardgasvrije renovatie inzichtelijk te maken.

3.1 Uitgangspunten

Bij de bepaling van de milieu-impact zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De MPG-berekening is uitgevoerd conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken en de bijbehorende Nationale Database. Daarbij is gebruik gemaakt van MPGcalc V1.2; dit softwarepakket maakt gebruik van de SBK-Bepalingsmethode inclusief bijbehorende rekenregels en Nationale Milieudatabase (v2.3).
- Een woonfunctie heeft conform de bepalingmethode een levensduur van 75 jaar. Voor de rijwoning 1965-1975 wordt daarom uitgegaan van een restant levensduur van 25 jaar. Dit betekent dat de bestaande materialen en installaties die in de woning aanwezig zijn voor 1/3 worden meegenomen. Dit is in de berekening verdisconteerd door het gebruiksoppervlak, het oppervlak in m², het gas-en elektraverbruik of de hoeveelheden voor 1/3 in te voeren.
- Voor de nieuwe materialen is rekening gehouden met de verwachte levensduur van de woning alsook mogelijke levensduurverlenging, deze is afhankelijk van de keuze in variant:
 - Variant 1: restant levensduur van 25 jaar (nieuwe materialen voor 1/3 meegenomen).
 - Variant 2: restant levensduur van 25 jaar (nieuwe materialen voor 1/3 meegenomen).
 - Variant 3: levensduurverlenging met 50 jaar (nieuwe materialen voor 2/3 meegenomen).
- Voorgaande uitgangspunten zijn bewust zo gekozen om daarmee onder andere de onderhoudscycli en vervangingsmomenten, zoals opgenomen in een LCA, rekenkundig juist in de berekeningen verdisconteerd worden. Punt dat nu wel buiten beschouwing blijft, is dat nieuwe materialen in feite versnelt worden afgeschreven (25/50 in plaats van 75 jaar).



Figuur 5: Omrekening milieu-impact gerelateerd aan resterende levensduur en levensduurverlenging

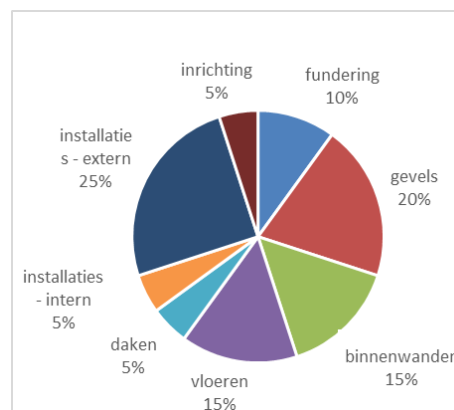
- Voor de bestaande rijwoning 1965-1975 is een materialisering vastgesteld zoals destijds gangbaar was. Omdat een aantal materialen/componenten niet meer beschikbaar zijn in de Nationale Milieudatabase is in samenspraak met NIBE een vergelijkbare schaduwprijs verdisconteerd in de berekeningen.
- In lijn met de bepalingsmethode is het huishoudelijk energiegebruik buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek. Wel is ter informatie een vergelijkbare rekenexercitie uitgevoerd inclusief huishoudelijk energiegebruik.

3.2 Materialisatie en CO₂ per energieconcept

Om de impact qua materialisatie en installaties per maatregelenpakket en warmtescenario inzichtelijk te maken is voor elke combinatie een MPG-berekening opgesteld. De berekeningen zijn vergeleken met de referentiesituatie: een matig geïsoleerde rijwoning 1965-1975 met een CV-ketel en ventilatiesysteem. De resultaten van de referentiesituatie zijn in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3: Schaduwprijs van referentiesituatie MPG-berekening

Referentiesituatie	Schaduwprijs
fundering	€ 0,02 per m ²
gevels	€ 0,04 per m ²
binnenwanden	€ 0,03 per m ²
vloeren	€ 0,03 per m ²
daken	€ 0,01 per m ²
installaties – intern ¹⁾	€ 0,01 per m ²
installaties – extern ¹⁾	€ 0,05 per m ²
inrichting	€ 0,01 per m ²
Total schaduwprijs	€ 0,20 per m² BVO

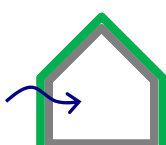


¹⁾ Om het effect van installaties in de woning en het effect van gas/elektra/warmtelevering buiten de woning inzichtelijk te maken, wordt onderscheid gemaakt tussen installaties-intern (HR-ketel en mv-box) en installaties-extern (materiaalgebruik voor gas/elektra/warmtelevering, distributie tot aan de woning). Duidelijk zichtbaar is dat de impact van met name de externe installaties significant is (25% van totaal).

Voor de verschillende maatregelenpakketten is een berekening van de milieuprestatie opgesteld; hierbij zijn alle energetische verbeteringen zoals omschreven in hoofdstuk 2 vertaald in een keuze in materiaal/component. Deze keuze is gebaseerd op veel toegepaste materialisering bij renovatieprojecten.

In tabel 4 op de volgende pagina zijn de belangrijkste wijzigingen in materialisering/component per pakket weergegeven. Een volledig overzicht van uitgangspunten is opgenomen in bijlage 1. Hierbij wordt opgemerkt dat, ter informatie, de resultaten van de rekenexercitie inclusief huishoudelijk energiegebruik in bijlage 2 zijn bijgevoegd.

Tabel 4: Belangrijkste uitgangspunten in MPG-berekening per pakket/warmtescenario

	referentie	Pakket 1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	Pakket 2. Aardgasvrij met goede isolatie	Pakket 3. Nul-op-de-Meter concept
				
Vloer	Balk-en broodjesvloer + dekvloer	geen wijzigingen	Isoleren BG-vloer EPS (R_c : 3,5 m ² K/W)	Isoleren BG-vloer EPS (R_c : 5,0 m ² K/W)
Gevel	Spouwmuur met minerale wol vlokken	geen wijzigingen	geen wijzigingen	Buitengevelisolatie met steenstrips (R_c : 4,5 m ² K/W)
Dak	Houten dak + PUR keramische dakpan	geen wijzigingen	Isoleren dak PIR (R_c : 3,5 m ² K/W)	Nieuw dakelement (R_c : 6,0 m ² K/W)+ nieuw keramische pannen
Ramen	Houten kozijnen met dubbel glas	geen wijzigingen	Glasvervanging HR++-glas + vervangen draaiende delen + hang-en sluitwerk	Nieuwe kunststof kozijnen met triple-glas + hang-en sluitwerk
Luchtdichtheid	q_{v10} : 1,00 dm ³ /s.m ²	q_{v10} : 1,00 dm ³ /s.m ²	q_{v10} : 0,80 dm ³ /s.m ²	q_{v10} : 0,40 dm ³ /s.m ²
Verwarming / tapwater	HR-107 met radiatoren	1a. WP + vloerverwarming 1b. klimaatplafond ¹⁾ + elektrische boiler 2. HT: afleverset 3. MT: afleverset + elektrische boiler 4. LT: afleverset + elektrische boiler 5. groengas: CV-ketel 6. biomassa: pelletkachel ²⁾	Zie pakket 1	Zie pakket 1
Ventilatie	Natuurlijke toe- en afvoer	geen wijzigingen	Ventilatiesysteem C	Ventilatiesysteem D met WTW
Zonne-energie	geen PV-panelen	geen PV-panelen	8 PV-panelen mono-Si	24 PV-panelen mono-Si

¹⁾ Een IR-paneel is (nog) niet in de MPG-systematiek opgenomen; daarom is in de berekening de milieu-impact verdisconteerd als zijnde een klimaatplafond.

²⁾ Een pelletkachel is (nog) niet in de MPG-systematiek opgenomen; daarom is in de berekeningen voor respectievelijk verwarming warmtapwater uitgegaan van een gaskachel en van een geiser.

³⁾ Voor het LT-warmtenet is voor de warmte-afgifte in de MPG-berekening het oppervlak aan radiatoren verdubbeld om het materiaalgebruik af te stemmen op het daadwerkelijk benodigde verwarmingsoppervlak.

Het effect op de milieubelasting van de verschillende bouwkundige en installatietechnische wijzigingen per maatregelenpakket en warmtescenario zijn met behulp van een MPG-berekening berekend. De resultaten per warmtescenario zijn weergegeven ten opzichte van de referentiesituatie, een matig geïsoleerde woning met CV-ketel.

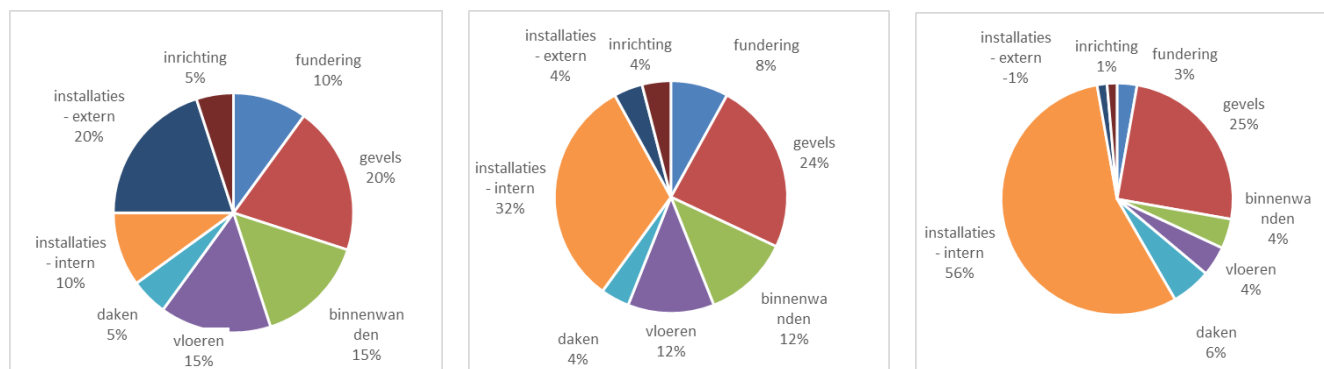
Tabel 5: absolute en Δ schaduwprijs per maatregelenpakket/warmtescenario (exclusief energie)

	Pakket 1. Aardgasvrij zonder energiebesparing [$\Delta\text{€}/\text{m}^2$]	Pakket 2. Aardgasvrij met goede isolatie [$\Delta\text{€}/\text{m}^2$]	Pakket 3. Nul-op-de-Meter [$\Delta\text{€}/\text{m}^2$]
Referentie schaduwprijs (huidig)	€ 0,20 per m^2	€ 0,20 per m^2	€ 0,20 per m^2
1a. All-electric: warmtepomp	€ 0,20 per m^2	€ 0,25 per m^2	€ 0,70 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	€0,00/ m^2	€0,05/ m^2	€0,50/ m^2
1b. All-electric: weerstandsverwarming	€ 0,28 per m^2	€ 0,31 per m^2	€ 0,75 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	€0,08/ m^2	€0,11/ m^2	€0,55/ m^2
2. Hoog temperatuur warmtenet > 70°C	€ 0,18 per m^2	€ 0,23 per m^2	€ 0,66 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	-€0,02/ m^2	€0,03/ m^2	€0,46/ m^2
3. Midden temperatuur warmtenet 40°C - 70°C	€ 0,20 per m^2	€ 0,26 per m^2	€ 0,71 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	€0,00/ m^2	€0,06/ m^2	€0,51/ m^2
4. Laag temperatuur warmtenet < 40°C	€ 0,21 per m^2	€ 0,26 per m^2	€ 0,70 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	€0,01/ m^2	€0,06/ m^2	€0,50/ m^2
5. Groengas	€ 0,20 per m^2	€ 0,24 per m^2	€ 0,67 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	€0,00/ m^2	€0,04/ m^2	€0,47/ m^2
6. Biomassa	€ 0,15 per m^2	€ 0,22 per m^2	€ 0,64 per m^2
Δ schaduwprijs t.o.v. referentie	-€0,05/ m^2	0,02/ m^2	€0,44/ m^2

In onderstaande grafieken wordt de milieuprestatie van de in de praktijk meest voorkomende warmtescenario's gepresenteerd. Het betreft:

- 1a. All-electric: warmtepomp (COP 4-5)
- 1b. All-electric: weerstandsverwarming (COP 1)
- 2. Hoog temperatuur warmtenet > 70°C

All-electric met warmtepomp



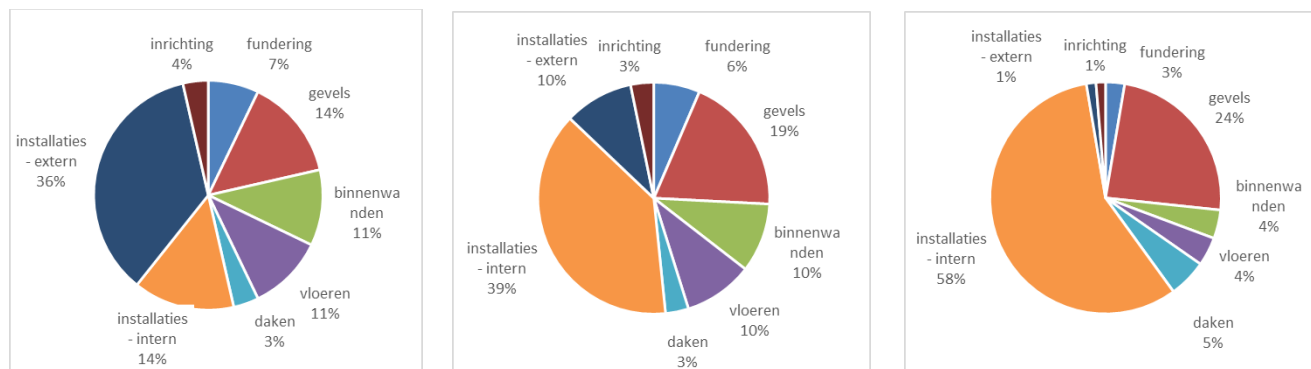
1. Aardgasvrij zonder energiebesparing

2. Aardgasvrij met goede isolatie

3. Energieneutraal

Figuur 6: Voorbeeld maatregelenpakket 1 t/m 3 voor warmtescenario all-electric: warmtepomp

All-electric met weerstandsverwarming



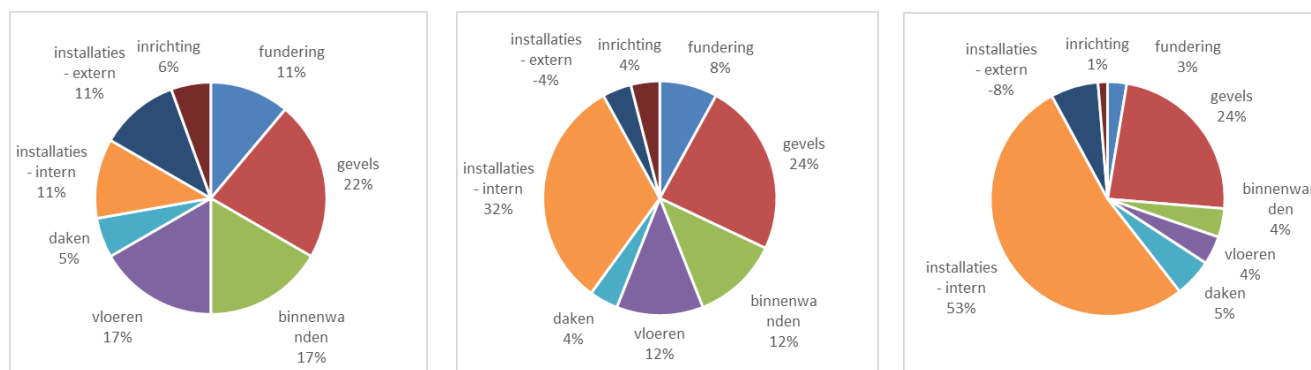
1. Aardgasvrij zonder energiebesparing

2. Aardgasvrij met goede isolatie

3. Energieneutraal

Figuur 7: Voorbeeld maatregelenpakket 1 t/m 3 voor warmtescenario all-electric: weerstandsverwarming

HT-warmtenet



1. Aardgasvrij zonder energiebesparing

2. Aardgasvrij met goede isolatie

3. Energieneutraal

Figuur 8: Voorbeeld maatregelenpakket 1 t/m 3 voor warmtescenario HT-warmtenet

Analyse

Uit de voorgaande grafieken komen de volgende aspecten naar voren:

- Uit de tabellen en cirkeldiagrammen zoals in bijlage 1 is opgenomen komt naar voren dat een verbetering van de energieprestatie gepaard gaat met een stijging van de impact van materialen. De beste energieprestatie heeft de hoogste milieu gerelateerde impact.
- Zoals bij tabel 3 reeds is opgemerkt, is de impact van de externe installaties (materiaalgebruik voor distributie gas/elektra/warmtelevering buiten de woning/gebruik elektriciteit/gas/warmte van het net) significant:
 - In maatregelenpakket 1, waarbij de woning alleen aardgasvrij wordt gemaakt, bepaalt dit voor een groot deel de hoogte van de milieu-impact.
 - Bij maatregelenpakket 2 en 3 wordt de post installaties met name bepaald door de PV-panelen omdat er minder elektriciteit van het net nodig is; de post 'installaties extern' neemt daardoor af.
- Het onderlinge verschil in alternatieven voor aardgas (verticaal beoordeling tabel/grafieken) is beperkt:
 - Aardgasvrij zonder energiebesparing: schaduwkosten circa €0,20 per m²
 - Aardgasvrij met goede energiebesparing: schaduwkosten circa €0,25 á €0,30 per m²
 - Aardgasvrij zonder energiebesparing: schaduwkosten circa €0,65 á €0,70 per m²

- Elk alternatief voor aardgas zorgt in de MPG-berekening voor een vergelijkbare milieu-impact.
- De milieu-impact van de bouwkundige materialisering neemt bij maatregelenpakket 2 en 3 toe door de gevel (met name vervanging dubbel glas door HR⁺⁺-glas of triple-glas) en vervanging van het dak (isolatie/dakpannen).

CO₂-emissie

De MPG-berekening geeft inzicht in verschillende milieueffecten. Zo worden in de MPG-berekening de emissies berekend ten aanzien van aantasting ozonlaag, humane toxiciteit, verzuring, vermisting etc. In dit onderzoek is uitsluitend naar de CO₂-emissie gekeken als indicator op het effect op klimaatverandering. De resultaten daarvan zijn in tabel 6 opgenomen.

Tabel 6: Δ CO₂-uitstoot materialen/MPG (exclusief energie)

	Pakket 1. Aardgasvrij zonder energiebesparing [Δkg CO₂ eq]	Pakket 2. Aardgasvrij met goede isolatie [Δkg CO₂ eq]	Pakket 3. Nul-op-de-Meter [Δkg CO₂ eq]
Referentie CO ₂ -emissie (huidig)	23.552 kg CO ₂ eq	23.552 kg CO ₂ eq	23.552 kg CO ₂ eq
All-electric: warmtepomp	-6.570	-291	+40.475
All-electric: weerstandsverwarming	-4.347	+2.195	+42.395
Hoog temperatuur warmtenet > 70°C	-6.500	-665	+39.362
Midden temperatuur warmtenet 40°C - 70°C	-5.662	+176	+41.065
Laag temperatuur warmtenet < 40°C	-5.567	+272	+41.258
Groengas	+48	+2.692	+43.274
Biomassa	-8.217	-1.646	+38.039

Analyse

Uit de voorgaande tabel kan het volgende worden geconcludeerd:

- Als uitsluitend naar de CO₂-uitstoot wordt gekeken van de materialen/componenten dan scoort het concept met de minste wijzigingen uiteraard het best (pakket 1). Energetisch heeft dit concept zonder vraagbeperking in de gebruiksfase niet de voorkeur, gezien de hoge CO₂-uitstoot.
- Bij een onderlinge vergelijking tussen deze drie pakketten heeft pakket 2 een aanzienlijk lagere milieu-impact dan pakket 3.
- Het energetisch renoveren naar Nul-op-de-Meter heeft een zware milieu-impact als gevolg. Het uitsluitend renoveren naar NOM met nieuw geproduceerde materialen levert op landelijk niveau, als de milieu-impact wordt meegenomen, niet een CO₂-vrije gebouwde omgeving op.

3.3 Gevoeligheidsanalyse

Zoals omschreven in paragraaf 3.2 is per scenario voor de benodigde energetische verbeteringen een keuze gemaakt in veel toegepaste materialisering bij renovatieprojecten. Vanzelfsprekend zijn andere methodes mogelijk en gangbaar. Zo kan een warmteweerstand van $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ bij een bestaande spouwmuur op verschillende manieren worden gerealiseerd, denk hierbij bijvoorbeeld aan:

- buitengevelisolatie met steenstrips
- prefab houten gevel met een isolatiemateriaal zoals minerale wol/cellulose, etc.
- verwijderen metselwerk/bestaande isolatie van 3 cm, het aanbrengen van nieuwe PIR-platen en nieuw metselwerk en verbreden fundering

De keuze hierin is voor de energetische prestatie niet relevant, daarbij gaat het om de Rc-waarde. Maar de materiaalkeuze bepaalt wel in hoge mate de materiaalbelasting. Om deze impact inzichtelijk te maken, is voor een aantal maatregelen een analyse uitgevoerd naar alternatieven.

Voor variant 2 (goede isolatie) en variant 3 (energieneutraal) is door Nibe/New Horizon een analyse uitgevoerd naar alternatieve/meer duurzamere materiaalkeuzes. De keuze in meer duurzamere materiaalkeuzes verkleint de milieu-impact. Deze scan is te vergelijken met een Wearthly scan. In deze scan wordt gekeken naar meer duurzamere materiaalkeuzes voor bestaande materialen.



Figuur 9: Gevoeligheidsanalyse met kennis uit de Wearthly scan

In deze analyse is gekeken naar meer duurzamere varianten van de volgende materialen:

- vloer/bodemisolatie
- gevelisolatie
- kozijnen
- dakisolatie

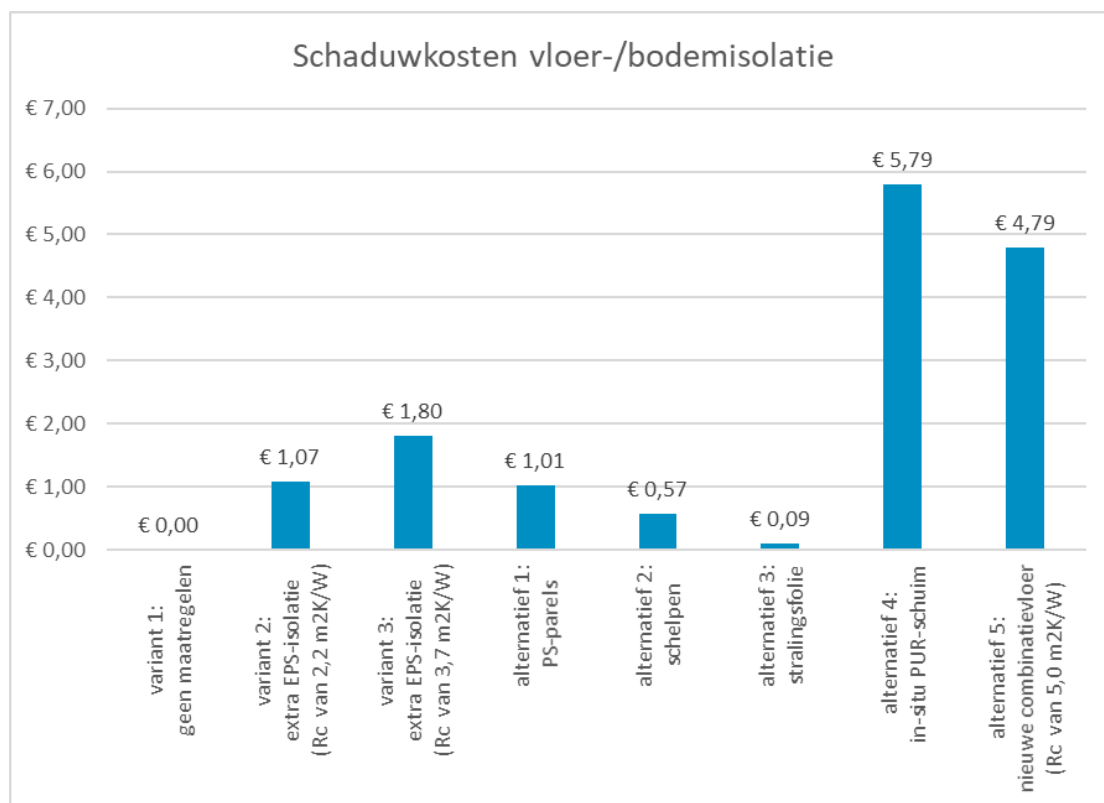
Vloerisolatie

In de bestaande woning is uitgegaan van een beperkt isolerende balken-broodjesvloer (R_c van 1,3 m^2K/W). In variant 2 en variant 3 wordt deze vloer extra geïsoleerd door middel van EPS-isolatie tegen de onderzijde van de bestaande vloer. In onderstaande tabel staat de milieu-impact van een aantal manieren om de begane grondvloer te isoleren.

Tabel 7: Effect vloer-/bodemisolatie op schaduwprijs

Vloer-/bodemisolatie		
maatregelen	Δ schaduwprijs	Opmerking / aanname
variant 1: geen maatregelen	€ 0,00 per m^2	
variant 2: extra EPS-isolatie (R_c van 2,2 m^2K/W)	€ 1,07 per m^2	
variant 3: extra EPS-isolatie (R_c van 3,7 m^2K/W)	€ 1,80 per m^2	
alternatief 1: PS-parels op de kruipruimte bodem	€ 1,01 per m^2	Uitgaande van EPS-PL platinum parels dikte van 0,1332 m
alternatief 2: schelpen op de kruipruimte bodem	€ 0,57 per m^2	Uitgaande van een dikte laag van 400 mm om een R_c van 3,7 m^2K/W te behalen.
alternatief 3: stralingsfolie	€ 0,09 per m^2	Uitgaande van Tonzon folie
alternatief 4: in-situ PUR-schuim	€ 5,79 per m^2	Uitgaande van: in-situ PUR-schuim (blaasgas: HFC245FA). Niet in de NMD maar uit de Nibe milieuclassificaties. ¹⁾
alternatief 5: nieuwe combinatievloer (R_c : 5,0 m^2K/W)	€ 4,79 per m^2	

¹⁾ Het drijfgas HFC245FA heeft een grote milieu-impact, waarschijnlijk zijn er betere alternatieven maar daar is op dit moment nog geen (openbare) LCA van.



Figuur 10: Schaduwkosten vloer-/bodemisolatie

Analyse vloer-/bodemisolatie

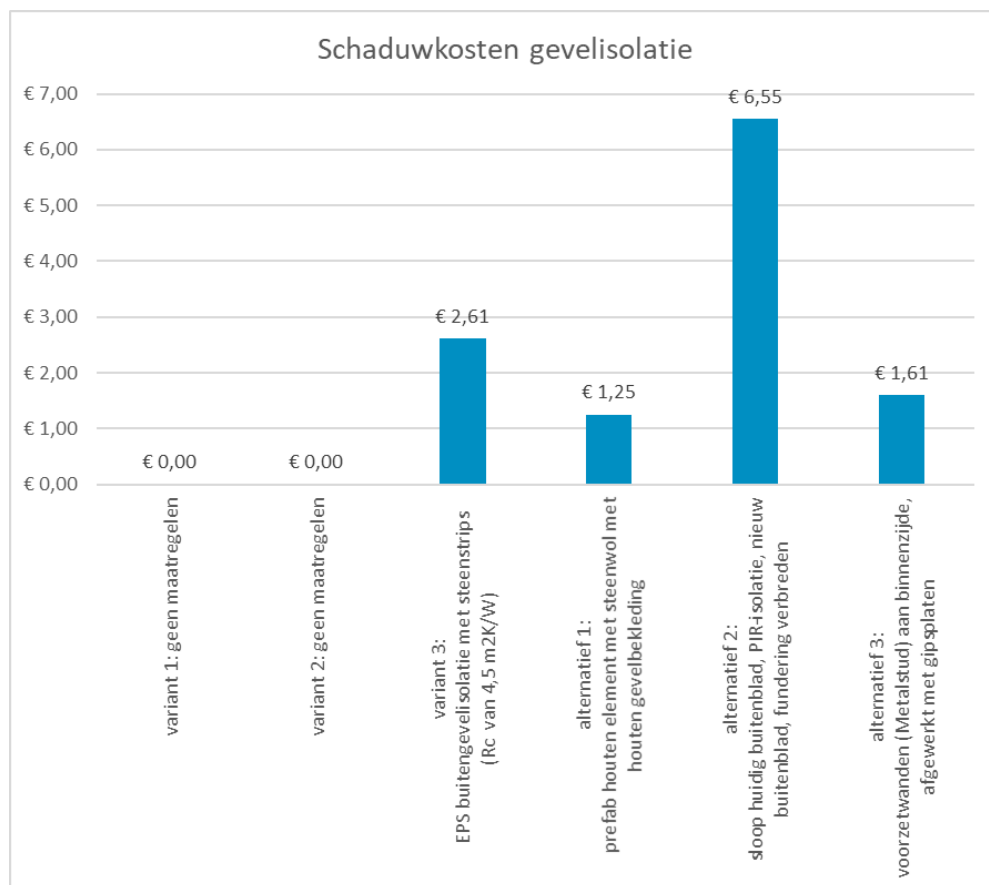
- De varianten met in-situ PUR schuim en een nieuwe combinatievloer leveren een hoge milieu-belasting op ten opzichte van de alternatieven. Het voordeel van deze twee alternatieven is dat deze bijdragen aan een luchtdichte begane grondvloer in de gebruiksfase; dit voordeel hebben de alternatieven niet of slechts in beperkte mate.

Gevels

In de bestaande woning is uitgegaan van een reeds nageïsoleerde spouwmuur (R_c van 1,3 m²K/W). Daarom is alleen in variant 3 een extra isolatielaag toegepast uitgaande van buitengevelisolatie afgewerkt met steenstrips. In tabel 8 staat de milieu-impact van een aantal manieren om de gevel te isoleren.

Tabel 8: Effect gevelisolatie op schaduwprijs

Gevels		
maatregelen	Δ schaduwprijs	Opmerking / aannname
variant 1: geen maatregelen	€ 0,00 per m ²	
variant 2: geen maatregelen	€ 0,00 per m ²	
variant 3: buitengevelisolatie met steenstrips (R_c van 4,5 m ² K/W)	€ 2,61 per m ²	Steenstrips staan niet in de NMD, daarom een baksteen van 20 mm dik meegenomen. EPS Plaat grijs met een soortelijk gewicht van 20kg/m ³
alternatief 1: prefab houten element met minerale wol, afgewerkt met houten gevelbekleding	€ 1,25 per m ²	HSB element, Europees naaldhout. OSB plaat 9 mm buiten en gipsvezelplaat binnen 12,5 mm. De isolatie laag is 240 mm dik. Afgewerkt met Europees loofhout gevelbekleding (onbewerkt) 16 mm. Als er houtsoorten worden gebruikt die verduurzaamd (geïmpregneerd, of geveerd) moeten worden dan kan de score een stuk hoger uitvallen) € 1,5 á € 3 hoger per m ²
alternatief 2: sloop huidig buitenblad, PIR-isolatie, nieuw buitenblad, fundering verbreden	€ 6,55 per m ²	Aanname dat er een funderingsbalk moet worden aangestort. Van 300mm breed en 500mm hoog. Teruggerekend naar een strekkende meter muur is dit per m ² (uitgaande van een totaal hoogte van de gevel van 11 meter) 0,0909m ¹ per m ² gevel. Uitgegaan voor de fundering van in het werk gestort C20/25 inclusief wapening en EPS. Voor de PIR plaat wordt uitgegaan van PUR plaat pentaan geblazen (R_c van 4,5 m ² K/W) en als buitenblad een metselwerk met een dikte van 100 mm.
alternatief 3: voorzetwanden (Metalstud) aan binnenzijde, afgewerkt met gipsplaten	€ 1,61 per m ²	Uitgaan van dubbele gipsplaat en steenwol met een R_c van 4,5 m ² K/W



Figuur 11: Schaduwkosten gevelisolatie

Analyse gevelisolatie

- De schaduwkosten van alternatief 2: verwijderen metselwerk/bestaande isolatie van 3 cm, het aanbrengen van nieuwe PIR-platen en nieuw metselwerk en verbreden fundering is logischerwijs hoog. De schaduwkosten van deze combinatie kan (sterk) worden verlaagd door gebruik te maken van circulaire materialen en/of hergebruik van materialen. Zie daarvoor voorbeelden in paragraaf 5.2.
- Bij prefab houten elementen die veelvuldig toegepast worden bij NOM-renovaties is de gevelafwerking bepalend voor de uiteindelijke milieu-impact. Als er houtsoorten worden gebruikt als gevelafwerking die verduurzaamd (geïmpregneerd of geverfd) moeten worden dan kan de score een stuk hoger uitvallen circa €1,5 - €3,- hoger per m².

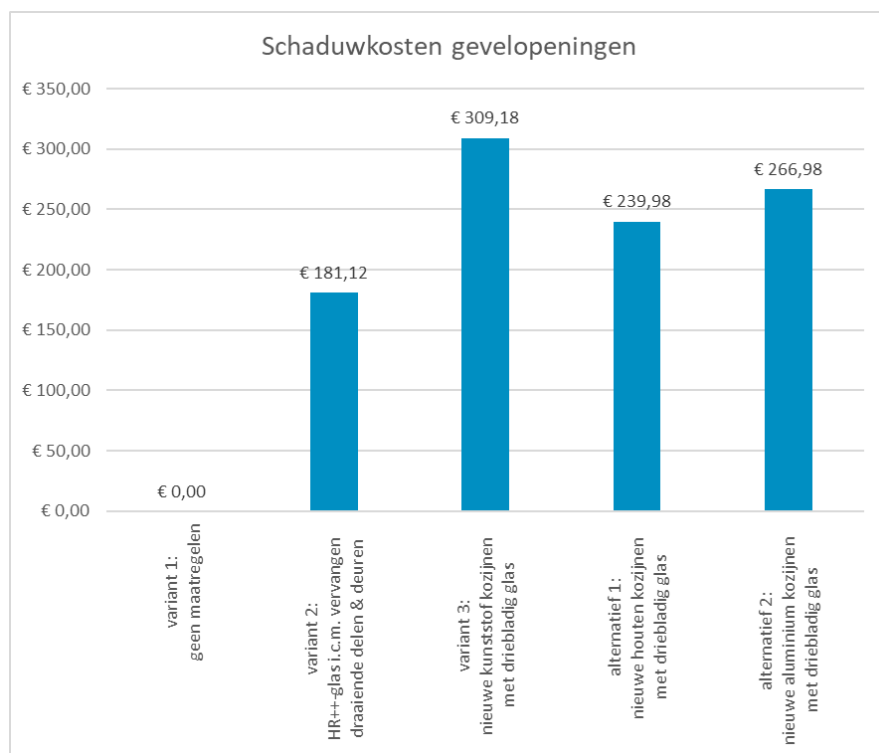
Kozijnen

In de bestaande woning is uitgegaan van houten kozijnen met conventioneel dubbel glas. Om dit energetisch te verbeteren, is in variant 2 uitgegaan van het plaatsen van HR++-glas. De ervaring leert dat dit veelal alleen mogelijk is in combinatie met het vervangen van de draaiende delen alsook nieuwe buitendeuren. In variant 3 is het uitgangspunt dat alle kozijnen vervangen worden door nieuwe kozijnen met drievoudig glas. In tabel 9 staat de milieu-impact van een aantal manieren om de ramen energetisch te verbeteren.

Tabel 9: Effect gevelopeningen op schaduwprijs

Gevelopeningen ¹⁾		
maatregelen	Δ schaduwprijs	Opmerking / aanname
variant 1: geen maatregelen	€ 0,00 per m ²	
variant 2: HR ⁺⁺ -glas i.c.m. vervangen draaiende delen & deuren	€ 181,12 per m ²	Uitgaan van nieuwe draaiende delen van Europees naaldhout, geschilderd + HR ⁺⁺ -glas met argon vulling. Het glas scoort milieutechnische heel zwaar.
variant 3: nieuwe kunststof kozijnen met driebladig glas	€ 309,18 per m ²	Uitgaan van PVC op staalkern kozijn en draaiend deel geschilderd + driebladig glas
alternatief 1: nieuwe houten kozijnen met driebladig glas	€ 239,98 per m ²	Uitgaan van naaldhout kozijn, naaldhout draaiend deel geschilderd + driebladig glas
alternatief 2: nieuwe aluminium kozijnen met driebladig glas	€ 266,98 per m ²	Uitgaan van aluminium kozijn gecoat inclusief poedercoating + driebladig glas

¹⁾ Schaduwkosten per raam, uitgegaan van een kozijn met buitenmaten van 1,5 x 3,3 m¹. En een draaiend deel van 1,5x1,5 m¹. In totaal 8,64 m² glas.

**Figuur 12: Schaduwkosten gevelopeningen****Analyse gevelopeningen**

- Het vervangen van dubbel glas door nieuw HR⁺⁺-glas of triple-glas heeft een zeer hoge milieutechnische impact.
- De keuze in milieu-impact van de kozijnen is onder andere afhankelijk van de materialisering en kozijnprofiel. In volgorde van kleinste tot grootste milieu-impact:
 - Europees loof-/naaldhout, geschilderd; acryl, duurzame bosbouw
 - Aluminium, geanodiseerd/poedercoating
 - Kunststof op staalkern
 - Tropisch loofhout, geschilderd; acryl, standaard bosbouw

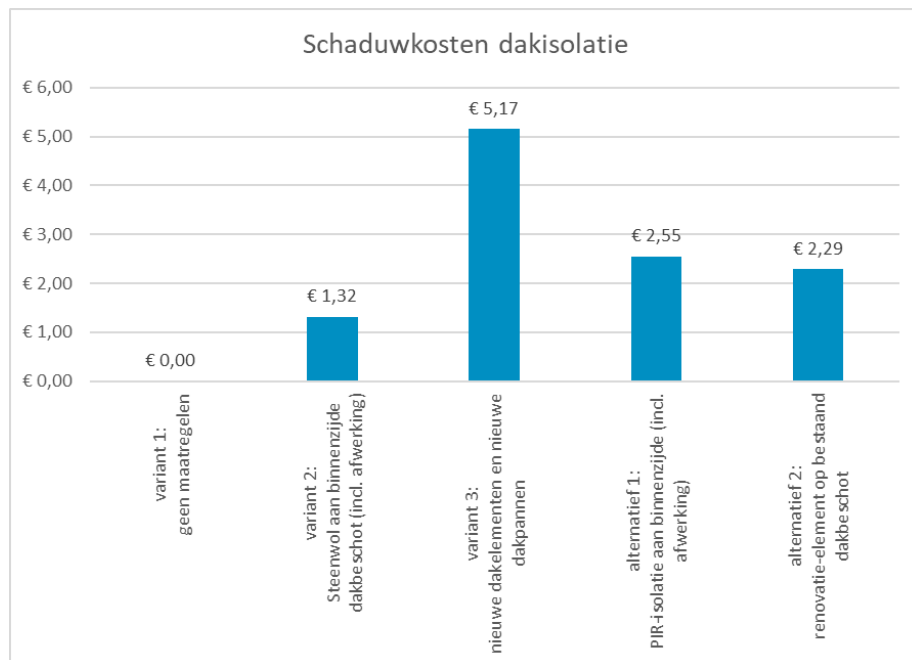
Dakisolatie

In de bestaande woning is uitgegaan van een beperkt isolerend dakbeschot (30 mm PUR-isolatie), afgewerkt met betonnen dakpannen. In variant 2 wordt de energetische verbetering gerealiseerd door het aanbrengen van extra isolatie aan de binnenzijde van het dakbeschot. Hiermee kan het bestaande dakbeschot alsook de dakpannen gehandhaafd blijven. In variant 2 is het uitgangspunt dat een geheel nieuwe dakconstructie wordt toegepast. In tabel 10 staat de milieu-impact van een aantal manieren om het hellend dak energetisch te verbeteren.

Tabel 10: Effect dakisolatie op schaduwprijs

Daken		
maatregelen	Δ schaduwprijs	Opmerking / aanname
variant 1: geen maatregelen	€ 0,00 per m ²	
variant 2: minerale wol aan binnenzijde dakbeschot	€ 1,32 per m ²	Steenwol aan de binnenzijde van de dakconstructie met een R _c van 3,5 m ² K/W, inclusief enkele gipsplaat aan binnenzijde
variant 3: nieuwe dakelementen en nieuwe dakpannen.	€ 5,17 per m ²	Stybenex sandwich paneel R _c van 6,0 m ² K/W + nieuwe keramische dakpannen ¹⁾
alternatief 1: PIR-isolatie aan binnenzijde (incl. afwerking)	€ 2,55 per m ²	NVPU PU plaat, inclusief aluminium cachering R _c van 6,0 m ² K/W + gipsplaat afwerking
alternatief 2: renovatie-element op bestaand dakbeschot	€ 2,29 per m ²	Unidek Reno Aearo op basis van EPS. Dikte van 202 mm om een R _c van 6,0 m ² K/W te halen + bestaande dakpannen

¹⁾ Schaduwkosten nieuwe keramische dakpannen € 2,68 per m²



Figuur 13: Schaduwkosten dakisolatie

Analyse dakisolatie

- Variant 3 heeft in vergelijking met de andere alternatieven een hoge impact op de milieu-belasting. Dit is mede te verklaren door de toepassing van nieuwe dakpannen. De schaduwkosten van nieuwe keramische dakpannen € 2,68 per m². Er zijn circulaire alternatieven beschikbaar en/of hergebruik van dakpannen om de schaduwprijs te verminderen, zie daarvoor paragraaf 5.2.

Resumé

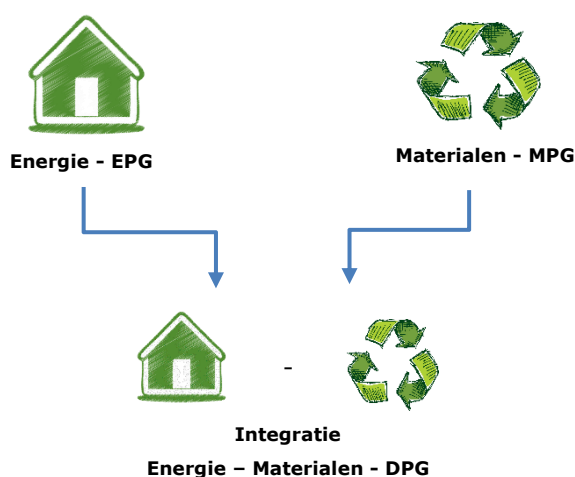
Bij het verbouwen en bouwen zou de prioriteit moeten liggen om gebouwen zo energiezuinig mogelijk te maken met een zo'n laag mogelijk milieu-impact voor dit moment. Dit omdat de milieuproblemen die nu spelen (zoals global warming) met de grootste urgentie moeten worden opgelost. Dit betekent dat het energieverbruik van gebouwen zo snel mogelijk omlaag moet, met een zo'n laag mogelijke milieu-impact.

Om dit concreet te maken is het advies om zoveel mogelijk te focussen op circulariteit aan de voorkant. Dus welke producten kunnen er geoogst worden, zowel biobased/hergroeibaar als uit de bestaande voorraad (urban mining) en toegepast worden om de gebouwen energiezuinig te maken. Als de eerste stap niet lukt, omdat bijvoorbeeld de vooraard er beperkt van is, zou als tweede stap materialen gekozen moeten worden met de laagste milieu-impact binnen hun toepassing. Als derde stap zouden de materialen die nu gebruikt worden dusdanig ontworpen en verwerkt moeten worden dat ze in een later stadium weer hoog waardig te zijn hergebruiken.

Hoofdstuk 4 Integrale beoordeling energie en milieu

4.1 Duurzaamheidsprestatie gebouw

In de voorgaande twee hoofdstukken is inzicht gegeven in de bijdrage van het energieverbruik en de milieuprestatie afzonderlijk op de CO₂-uitstoot. Met alleen een eis aan de energieprestatie wordt de milieuprestatie niet beschouwd, datzelfde geldt voor een afzonderlijke eis aan de milieuprestatie. De komende energietransitie en overgang naar een circulaire economie heeft behoefte aan een integrale beoordeling van energieprestatie en milieuprestatie.



Figuur 14: Integratie van energie en milieu in DPG

Er is een integrale beoordeling gedaan waarbij gebruik is gemaakt van de in het TKI-KIEM project ontwikkelde methode; hiermee worden de resultaten van de Energieprestatie voor Gebouwen (EPG) en de MilieuPrestatie voor Gebouwen (MPG) geaggregeerd tot één indicator, de DuurzaamheidsPrestatie voor Gebouwen (DPG).

Binnen deze methode is besloten om zoveel mogelijk aan te sluiten op de MPG-methode. Om de EPG-methode hierop te laten aansluiten, is het van belang dat alle berekende energiegebruiken uit de EPG-methode per energiedrager omgerekend wordt naar milieu-impacts als gevolg van het energiegebruik met impactfactoren per energiedrager. Deze totale impact als gevolg van energiegebruik zoals berekend betreft de EPG*. In formulevorm: $DPG = MPG + EPG^*$. De EPG* wordt als volgt bepaald: $EPG_i^* = IF_i * E_i$.

Binnen het TKI-KIEM project zijn de impactfactoren vastgesteld voor de twee belangrijkste energiedragers, te weten elektriciteit en aardgas. Deze staan in onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 11: Impactfactoren voor energiedragers uit EPG

Impactfactoren	
energiedrager	impactfactor (IF)
elektriciteit ¹⁾	€ 0,0609 per kWh
gas ¹⁾	€ 0,21 per m ³
externe warmtelevering ²⁾	€ 7,6 per GJ
biomassa ³⁾	€ 0,004 per kg
groen gas ⁴⁾	€ 0,21 per m ³

¹⁾ Uit afstemming met de ontwikkelaars van DPG is gebleken dat eerder gepubliceerde impactfactoren niet juist zijn. De juiste waarden staan in bovenstaande tabel vermeld.

²⁾ Binnen GPR Gebouw is een forfaitaire waarde gekozen voor de impactfactor van warmtelevering, op basis van impactfactor gas + 50% opslag, d.w.z. $7,6 \cdot 10^{-3}$ €/MJ.

³⁾ Aan de hand van GPR Gebouw is empirisch een rekenwaarde vastgesteld voor biomassa.

⁴⁾ Voor groen gas is voornamelijk geen impactfactor beschikbaar. Voor nu is gerekend met de impactfactor behorende bij aardgas.

Met betrekking tot externe warmtelevering wordt opgemerkt dat karakterisering van warmte-opwekking en -distributie een complex probleem vormt aangezien dit per locatie sterk kan verschillen. Daarom is er nu voor gekozen om binnen TKI-KIEM alleen een forfaitaire waarde vast te stellen. Detailstudies voor specifieke warmtenetwerken zullen nodig zijn om een correcte impactfactor voor die situatie te bepalen. Ook voor biomassa geldt dat er veel verschillende bronnen van biomassa mogelijk zijn, ieder met een eigen impactfactor.

DuurzaamheidsPrestatie voor Gebouwen

De methode voor het bepalen van de DuurzaamheidsPrestatie voor Gebouwen (ook wel KIEM-indicator genoemd) is nader onderbouwd in de enkele achtergronddocumenten:

- TKI-KIEM – Kwaliteit voor integrale evaluatie van Energie en Milieuprestaties van Gebouwen – *openbare samenvatting van projectresultaten*, W/E Adviseurs, Utrecht/Eindhoven, 31 mei 2016.
- Integration of Energy and Material Performance of Buildings: I=E+M, BE16 Tallinn and Helsinki Conference; Build Green and Renovate Deep, Tallinn and Helsinki, 5-7 Oktober 2016.
- www.tki-kiem.nl



Omdat in dit onderzoek gebruik is gemaakt van de NTA 8800 is in nauw samenspraak met W/E Adviseurs de output van deze NTA-berekeningen omgerekend naar een EPG*.

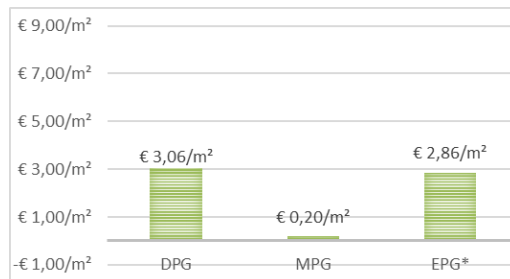
4.2 DPG per energieconcept

Voor de referentiesituatie, een matig geïsoleerde rijwoning 1965-1975 met een CV-ketel en natuurlijke ventilatie, is het gebouwgebonden energiegebruik en de milieuprestatie geaggregeerd tot de hiervoor omschreven DPG-indicator. De resultaten staan in tabel 12 weergegeven.

Aan de hand van de in hoofdstuk 2 en 3 bepaalde energieprestatie en milieuprestatie is per energietoestand de DPG-index bepaald. De resultaten van de referentiesituatie zijn in tabel 13 weergegeven.

Tabel 12: Schaduwprijs van referentiesituatie MPG-berekening

Referentiesituatie	Schaduwprijs
materiaalgebruik (MPG)	€ 0,20 per m ²
energiegebruik (EPG*)	€ 2,86 per m ²
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG)	€ 3,06 per m² BVO



Voor de verschillende scenario's zoals omschreven in hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 is eveneens de DPG-indicator vastgesteld. Een volledig overzicht in uitgangspunten is opgenomen in bijlage 1. In onderstaande tabel staat per scenario de DPG-index vermeld.

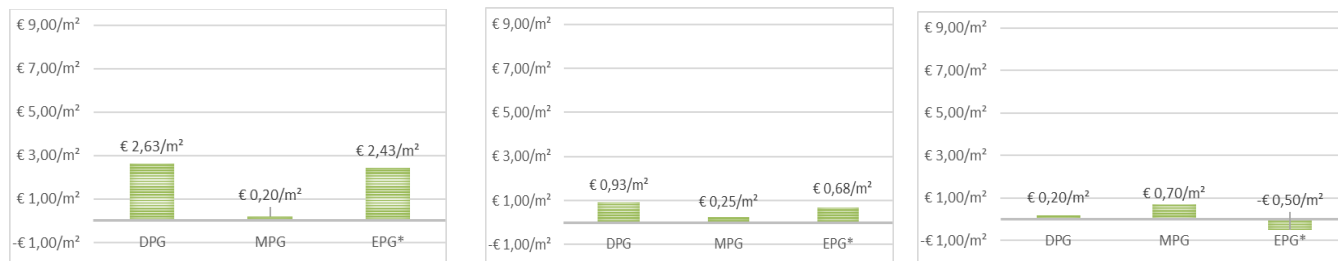
Tabel 13: DPG-index

	Pakket 1. Aardgasvrij zonder energiebesparing [€/m²]	Pakket 2. Aardgasvrij met goede isolatie [€/m²]	Pakket 3. Nul-op-de-Meter [€/m²]
<i>Referentiesituatie (huidig)</i>	€ 3,06 per m ²	€ 3,06 per m ²	€ 3,06 per m ²
All-electric: warmtepomp	€ 2,43 per m ²	€ 0,68 per m ²	-€ 0,50 per m ²
All-electric: weerstandsverwarming	€ 6,67 per m ²	€ 2,77 per m ²	€ 1,08 per m ²
Hoog temperatuur warmtenet > 70°C	€ 3,75 per m ²	€ 1,25 per m ²	€ 0,16 per m ²
Midden temperatuur warmtenet 40°C - 70°C	€ 4,30 per m ²	€ 1,79 per m ²	€ 0,73 per m ²
Laag temperatuur warmtenet < 40°C	€ 4,30 per m ²	€ 1,79 per m ²	€ 0,74 per m ²
Groengas	€ 3,09 per m ²	€ 0,96 per m ²	€ 0,05 per m ²
Biomassa	€ 0,39 per m ²	-€ 0,48 per m ²	-€ 0,67 per m ²

In de grafieken op de volgende pagina wordt de milieuprestatie van de meest voorkomende warmtescenario's gepresenteerd. Het betreft:

- 1a. All-electric: warmtepomp (COP 4-5)
- 1b. All-electric: weerstandsverwarming (COP 1)
2. Hoog temperatuur warmtenet > 70°C

All-electric met warmtepomp



1. Aardgasvrij zonder energiebesparing

2. Aardgasvrij met goede isolatie

3. Energieneutraal

Figuur 15: Voorbeeld maatregelenpakket 1 t/m 3 voor warmtescenario all-electric: warmtepomp

All-electric met weerstandsverwarming



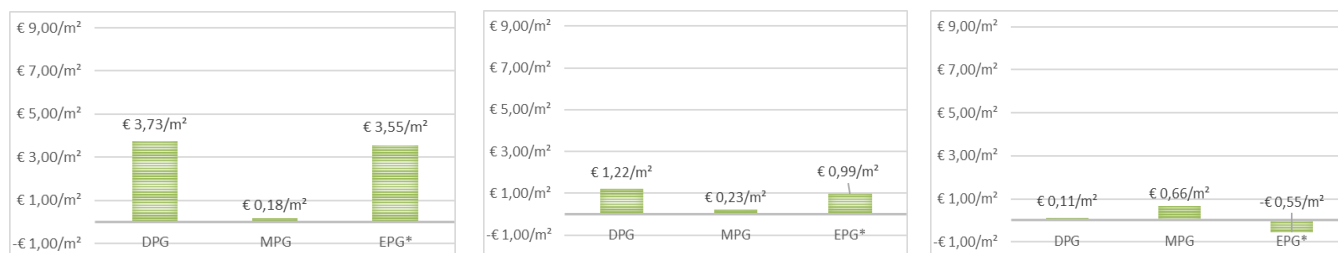
1. Aardgasvrij zonder energiebesparing

2. Aardgasvrij met goede isolatie

3. Energieneutraal

Figuur 16: Voorbeeld maatregelenpakket 1 t/m 3 voor warmtescenario all-electric: weerstandsverwarming

HT-warmtenet



1. Aardgasvrij zonder energiebesparing

2. Aardgasvrij met goede isolatie

3. Energieneutraal

Figuur 17: Voorbeeld maatregelenpakket 1 t/m 3 voor warmtescenario HT-warmtenet

Analyse

Uit de hiervoor berekende DPG-indicatoren komen de volgende aspecten naar voren:

- De DPG neemt af naar mate meer energiebesparende maatregelen worden genomen.
- Ten aanzien van de verschillende installatieconcepten is een aantal bijzonderheden te noemen:
 - Biomassa komt uit de DPG-systematiek heel gunstig naar voren, dat komt voornamelijk doordat de empirisch bepaalde impactfactor laag is (namelijk €0,004 per kg). In hoeverre dit reëel is, vraagt nader onderzoek.
 - Voor groen gas is eveneens nog geen impactfactor bekend; voor nu is gerekend met de impactfactor behorende bij aardgas. Mogelijk is dit een te gunstige of juist ongunstige voorstelling van de werkelijke impact; dit vraagt om nader onderzoek.
 - Warmtenetten hebben een hogere impact in vergelijking met een warmtepomp. Ook hierbij ontstaat de vraag in hoeverre de impactfactor van warmtenetten reëel is, temeer omdat vooralsnog geen onderscheid gemaakt wordt in bijvoorbeeld MT- of LT-warmtenetten.

- Maatregelenpakket 2 (goede isolatie en zonnepanelen) levert meer dan een halvering op ten opzichte van de referentie (bestaande situatie).
- De winst ten gevolge van de elektriciteitsopwekking wordt in maatregelenpakket 2 en 3 deels teniet gedaan door de hogere milieu-impact van de benodigde zonnepanelen. Dit aspect komt in hoge mate voor bij pakket 3.

Hoofdstuk 5 Circulair renoveren

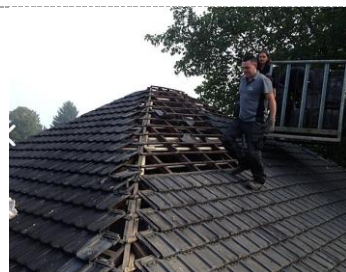
De komende energietransitie heeft veel materialen en installaties zowel qua winning, productie als verwerking. Deze behoefte vormt zowel een kans als een bedreiging. In dit hoofdstuk is gekeken welke materialen vrij komen bij een reguliere renovatie of NOM-renovatie, welke circulaire materialen of bestaande materialen met behoud van waarde toegepast kunnen worden en materialen die gebruikt worden bij renovatie.

5.1 Overzicht vrij te komen materialen

Bij het renoveren van woningen komen diverse materialen vrij waarbij een deel van de materialen is te gebruiken bij de productie van nieuwe producten. In tabel 14 is een overzicht opgenomen van materialen die bij variant 2 en 3 vrij komen bij een aardgasvrije renovatie.

Tabel 14: Overzicht vrij te komen materialen

Vrijkomende materialen	
onderdeel	potentieel vrijkomend materiaal
fundering	- geen wijzigingen
vloeren	- bestaande balkenbroodjesvloer - bestaande dekvloer - vloerbedekking - tegelwerk
gevels	- huidig buitenblad (100 mm metselwerk) - spouwmuurisolatie (verouderd) - binnenspouwblad (100 mm steenachtig) - bestaande hemelwaterafvoer - tegelwerk/plinten - eventueel elektra/radiatoren
daken	- bestaande dakpannen (eventueel hergebruik) - bestaande dakramen - bestaand dakbeschot/daktengels - bestaande dakisolatie - bestaande gordingen - zinken dakgoot
gevelopeningen	- bestaand conventioneel dubbel glas - bestaande draaiende delen - bestaande kozijnen - hang- en sluitwerk (vast + draaiende delen) - bestaande ventilatieroosters - bestaande loodslabbes - bestaande raamdorpelstenen



installaties	- bestaande HR-combiketel inclusief toebehoren - bestaande radiatoren - bestaande cv-leidingen - gasfornuis	
---------------------	--	---

De inzet is om meer gebruik te maken van hoogwaardige recyclemogelijkheden en/of hoogwaardig hergebruik van materialen. Daarnaast kunnen soms ook delen van het product zinvol hergebruikt worden. In dit hoofdstuk is een aantal voorbeelden van waarde behoud van materialen weergegeven, dit overzicht is niet allesomvattend slechts een selectie van ontwikkelingen en producten.

5.2 Overzicht circulaire materialen

In deze paragraaf is een overzicht opgenomen van enkele circulaire hoofdcomponenten die nu beschikbaar zijn en kansrijk zijn voor de renovatie van de tussenwoning uit de jaren 1965-1975. Met deze lijst wordt zeker niet gepretendeerd volledig te zijn; er zijn vanzelfsprekend meer circulaire producten en materialen beschikbaar en in ontwikkeling. In deze paragraaf wordt achtereenvolgens ingegaan op:

1. Hout
2. Dakbedekking
3. Dakpannen
4. Steenachtige materialen
5. Beton
6. Vlakglas
7. Isolatie
8. Kunststof
9. CV-ketels
10. Radiatoren
11. Inrichting / metalen



5.2.1 Circulair houtgebruik

Houten ramen/deuren

Bij renovatie- en slooppjecten gaan jaarlijks vele duizenden hardhouten deuren op de vuilnishoop om uiteindelijk in de verbrandingsoven te eindigen. Dit is niet wenselijk want er zit veel herbruikbaar hout in. Inmiddels is er ervaring opgedaan door diverse fabrikanten met de inzet van circulair houtgebruik, zie rapportage TNO circulair bouwen in perspectief. Om de oude deuren/kozijnen in te zetten voor nieuwe producten zijn de volgende bewerkingen nodig:

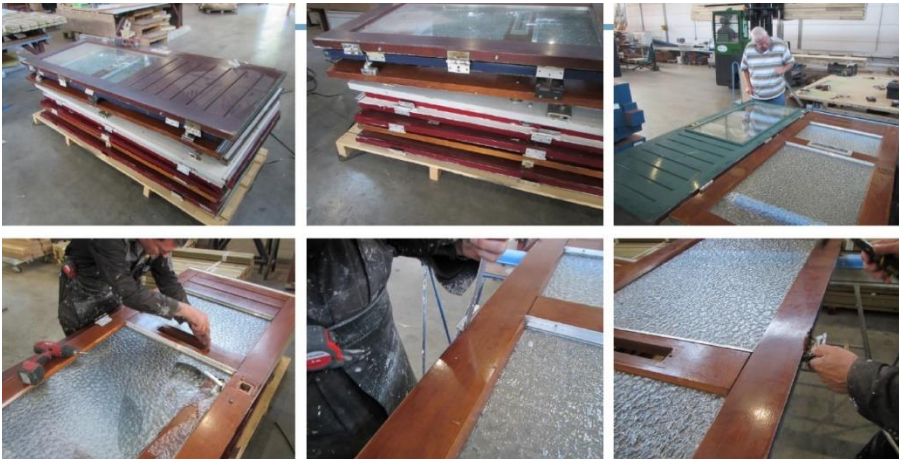
- inzamelen en opslag deuren en kozijnen,
- strippen van metaal (hang en sluitwerk),



- verwijderen glas en kitresten,
- afkorten houten delen en aangetaste delen worden weggezaagd
- zagen, sorteren en afhankelijk van toepassing: vingerlassen, schaven, lamineren

Het verwerken van hardhouten buitendeuren tot nieuwe deuren, kozijnen of andere producten levert een substantiële reductie van de milieu-impact op, naar schatting 30%, in vergelijking tot verbranden.

Dit bespaart houtkap en beperkt transport van hardhout vanuit Azië.



Figuur 18: Demontage houten deuren / kozijnen (bron: TNO)

Circulair houtgebruik – interieur/fineervloer

Afvalhout wordt door Herso gebruikt voor het produceren van een no waste vloer. Een fineervloer volledig gemaakt van afvalhout en eerder gebruikt hout. Het afvalhout bezit het FSC Recycled keurmerk, waarbij gebruik wordt gemaakt van biologisch afbreekbare lijm. Naast het gebruik van afvalhout of eerder gebruikt hout voor vloeren kan van het hout ook een duurzame tafel of ander meubelstuk worden gerealiseerd.



Figuur 19: Gebruik afvalhout en eerder gebruikt hout voor het interieur (bron: Herso)

5.2.2 Circulair gebruik dakbedekking

Bitumen is een product van de raffinage van aardolie. Nadat de lichtere fracties nafta, benzine en diesel eruit zijn gehaald, blijft het bitumen over. Dit is bij kamertemperatuur een halfvaste stof. Bij verhitten wordt het vloeibaar. Het grootste deel van het bitumen uit aardolie wordt gebruikt in asfaltwegen, een klein deel in daken.



Bij het isoleren van het plat dak woningen of woongebouw wordt regelmatig de bitumen laag verwijderd of vervangen. Momenteel wordt het bruikbare deel van oud bitumen hergebruikt voor nieuwe dakbanen (bron: NewHorizon). Dit bespaart CO₂-uitstoot en beperkt de productie van nieuw bitumen uit aardolie.

Voor het hergebruik van bitumen wordt eerst een monster van het te slopen dakbedekking genomen en onderzocht in een laboratorium. Daar wordt duidelijk wat er onder het bitumen zit. Dat bepaalt de techniek waar de bitumen mee wordt verwijderd. Zit het direct op beton, dan wordt het machinaal afgeschraapt. Zit het op isoleerschium, dan kan het nodig zijn om het bitumen handmatig van het dak te trekken. Hierna gaan de van het gebouw getrokken bitumenrepen door een shredder, die er kleine stukjes van maakt. Vervolgens wordt het materiaal omgesmolten, gezeefd en verwerkt tot nieuwe dakbanen.



Figuur 20: Aanbrengen dakbanen plat dak (bron: Icopal)

5.2.3 Circulair gebruik dakpannen



Bij de renovatie van woningen komen steeds meer gebruikte dakpannen beschikbaar. De betondakpannen werden voorheen vermalen als grondstof in betonproducten en de keramische dakpannen als gravel op tennisbanen. Bij het vermalen wordt veel energie verbruikt. Een alternatieve vorm van hergebruik is de ingenomen pannen sorteren en de bruikbare exemplaren weer als dakpan te gebruiken. In de meeste gevallen om hoeveelheden in renovatie- en restauratieprojecten aan te vullen of om het authentieke beeld in ere te herstellen.

Hoewel het hergebruik in de functie als dakpan toeneemt, groeit de ingenomen hoeveelheid dakpannen nog sterker. Daardoor worden dakpannen ook voor nieuwe functies van hergebruik ingezet, zoals het produceren van schanskorven gevuld met dakpannen. Daarnaast worden dakpannen ingezet als geluidswallen.

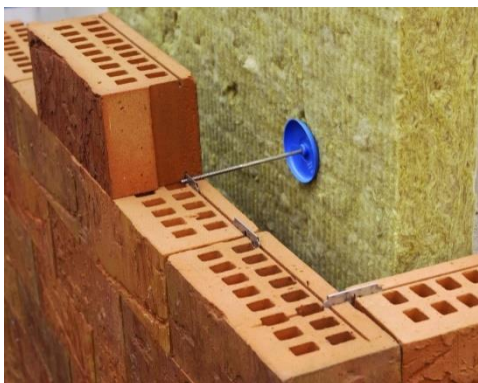


Figuur 21: Circulair gebruik dakpannen (bron: Luijtgarden)

5.2.4 Circulair gebruik steenachtige materialen

Click-brick®

Bij variant 3 is één van de mogelijkheden om de bestaande langsgevel te verwijderen en een nieuwe HSB-gevel met gevelafwerking terug te plaatsen. Er zijn verschillende gevelafwerkingen beschikbaar zoals: steenstrips, plaatmateriaal of een traditionele metselwerkgevel. Baksteenfabrikant Daas heeft een baksteen ontwikkeld met retourgarantie. De baksteen heeft een groef, die door middel van een RVS-clip aan elkaar verbonden worden. De bakstenen worden droog gestapeld. Er wordt dus geen mortel gebruikt als verbindingslaag en er is geen voeg. Het achterwege laten van mortel verlaagt de milieubelasting, maar als gevolg van de RVS clips verslechtert daarentegen de milieubelasting.



Figuur 22: Onderlinge bevestiging ClickBrick® bakstenen (bron: Daas)

LeeBrick®

LeeBrick® is een prefab bouwsysteem waarin gevelstenen zonder gebruik van metsel,- en voegmortel kunnen worden toegepast. Om dit te kunnen bereiken, worden de gevelstenen voorzien van een inkeping aan de kopse zijden en worden de door dragers afgestemd op de maatvoering van de gevelstenen. Vervolgens worden deze dragers door middel van metalen schroefverbindingen verankerd tegen de ondergelegen elementen.



Figuur 23: Onderlinge bevestiging LeeBrick® bakstenen (bron: Leebo)

Caldubo®

Kalkzandsteen bestaat voor 100% uit natuurlijke materialen: kalk, zand en water. Bij het slopen van kalkzandsteenwanden kan een deel worden ingezet voor de productie van nieuwe kalkzandstenen. Onder de naam Caldubo® zet Calduran minimaal 20% regranulaat in afkomstig van projecten die zijn gesloopt, dit afhankelijk van beschikbaarheid. Daarnaast wordt ook 10% kalkzandsteenpuin ingezet afkomstig van productieafkeur en het zaagafval van de passtukken. In totaal bevatten de Caldubo® producten dan minimaal 30% regranulaat.



Figuur 24: Gebruik van kalkzandsteenpuin voor nieuwe kalkzandsteen elementen Caldubo® (bron: Calduran)

Metselwerk buitenspouwblad

Het bestaande buitenspouwblad wordt doorgaans conventioneel verwerkt tot menggranulaat voor de wegenbouw of betonfabricage. Steenfabriek Douveren richt zich volledig op de productie van 100% circulaire straat- en gevelstenen. De zoektocht hierin was om een 100% circulaire steen te produceren, die voldoet aan zowel de eisen van de steentest als die van de afvaltest. Kortom een duurzame steen maken uit afval, die dezelfde kwaliteit heeft, hetzelfde kost en hetzelfde uiterlijk heeft als een reguliere baksteen.



Figuur 25: Productie 100% circulaire gevelstenen (bron: steenfabriek Douveren)

5.2.5 Circulair gebruik beton

Bij sloop van vloeren of wanden wordt het meeste beton vermalen waarna het puin wordt gebruikt als fundering van wegen. Dit als gevolg dat er bij nieuwbouw weer nieuw beton moet worden gemaakt. Daarbij kost vooral de productie van cement veel energie; met een uitstoot van CO₂ neemt dit ongeveer 5% van de totale wereldwijde uitstoot voor zijn rekening. Nederland is overigens een gunstige uitzondering, omdat hier veel gebruik wordt gemaakt van hoogovenslakken en vliegas uit de staalproductie. Hierdoor is in het beton minder cement nodig. Maar ook los daarvan is een meer hoogwaardig hergebruik van betonpuin gewenst.



New Horizon Urban Mining en Rutte Groep hebben een slimme breker ontwikkeld: SmartLiberator. Het bijzondere van de machine is de druk waarmee het aangeboden puin wordt vermalen zo kunnen regelen, dat alleen het uitgeharde cement verkruijmt tot stof, alsof het talkpoeder is. Het zand, de grind en het nog niet-uitgeharde cement blijven ongemoeid. Dat verkruijmelde cement (freement) wordt vervolgens met luchtblazers uit de puinstroom geblazen en apart opgevangen. Door het gebruik van freement wordt het primair gebruik geminimaliseerd. De materiaalstroom van zand, grond en niet-uitgehard cement kan worden gebruikt om nieuw beton te maken, met aanvulling van vers cement.



Figuur 26: Slimme breker van puin (bron: Rutte groep)

5.2.6 Circulair gebruik vlakglas

Jaarlijks genereert de woning- en utiliteitsbouw vele duizenden tonnen aan vlakglasafval. Vlakglas gescheiden inzamelen en recycleren draagt bij aan de circulaire economie. In 2002 is de vereniging Vlakglas Recycling Nederland opgericht om recycleren van glas te bevorderen. Glas is een uitstekende grondstof om her te gebruiken. Zonder verlies van kwaliteit kan het keer op keer opnieuw gebruikt worden voor het maken van nieuw glas. Zo wordt vlakglas steeds opnieuw ingezet als grondstof voor nieuw vlakglas of glaswol.



Figuur 27: Inzameling vlakglas bij renovatie (bron: vlakglasrecycling)

Nog meer energie kan bespaard worden als een ruit in een gebouw niet omgesmolten wordt, maar hergebruikt. Glas wordt vaak vervangen om de isolatiewaarde te verbeteren. Van enkel naar dubbel glas (isolatieruit) of bijvoorbeeld van dubbel naar triple glas. In het buitenland wordt ervaring opgedaan om verouderd glas niet te vervangen, maar op te waarderen. Op locatie worden de ruiten namelijk gedemonteerd en voorzien van een folie tussen beide ruiten waarna de dubbele spouw gevuld wordt met argon/krypton gas. Door het toepassen van de folie is het totale glaspakket niet dikker geworden en kunnen dus de bestaande kozijnen gehandhaafd blijven.

5.2.7 Circulair gebruik isolatie

Bij de keuze en het aanbrengen van isolatiematerialen is het van belang dat de isolatie demontabel bevestigd wordt. De meeste isolatie platen kunnen mechanisch bevestigd worden. Voorkomen moet worden dat de isolatielagen verlijmd worden of isolatiematerialen (bijvoorbeeld PUR) die die insitu worden aangebracht waarbij de isolatielaag verkleeft raakt met de onderconstructie.



Enkele voorbeelden van circulaire isolatieproducten:

- Isolatiegemaakt van gerecyclede kleding (bijvoorbeeld Métisse van VRK Isolatie gemaakt van oude kledingen).
- Gerecycled EPS (bijvoorbeeld Unidek Eco Plus).
- Biobased EPS o.b.v. van melkzuur uit rietsuiker (BioFoam van IsoBouw).
- Biobased materialen, bijvoorbeeld houtvezel, vlas of hennep.
- Cellulose o.b.v. van hergebruikt papier (bijvoorbeeld Everuse).

Isolatiegemaakt van gerecyclede kleding

Métisse isolatie bestaat voor 90% uit gerecyclede katoenvezels. Oude kleding die verkregen wordt door inzameling en niet meer te gebruiken is als kleding wordt door vervezelt en verwerkt tot een isolatieproduct.



Figuur 28: Isolatie van gerecyclede kleding (bron: Métisse – VRK isolatie)

Gerecycled EPS

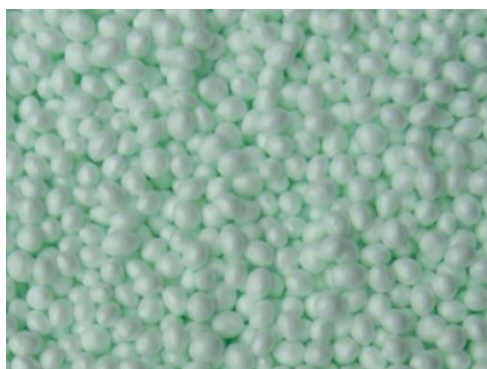
Unidek Eco Plus is een voorbeeld van een dakisolatie met als hoofdbestanddeel gerecycled EPS. De isolatieplaten worden toegepast voor beloopbare platte daken.



Figuur 29: Isolatie van gerecycled EPS (bron: Unidek)

Biobased EPS

Isobouw levert biobased EPS onder de naam BioFoam®. De grondstof hiervoor bestaat uit biopolymeren, gemaakt van melkzuur uit rietsuiker. Daarmee ontstaat een schuimisolatie met een biologisch basismateriaal.



Figuur 30: Isolatie van biobased EPS (bron: Biofoam van Isobouw)

Biobased isolatiematerialen:

Er zijn meerdere biobased isolatiematerialen zoals houtvezel, vlas of hennep.



Figuur 31: Isolatieplaat van vlas (bron: Isovlas)

Cellulose

Everuse maakt gebruik van cellulose afvalstromen zoals papier en karton voor het produceren van circulaire flexibel isolatiematten.



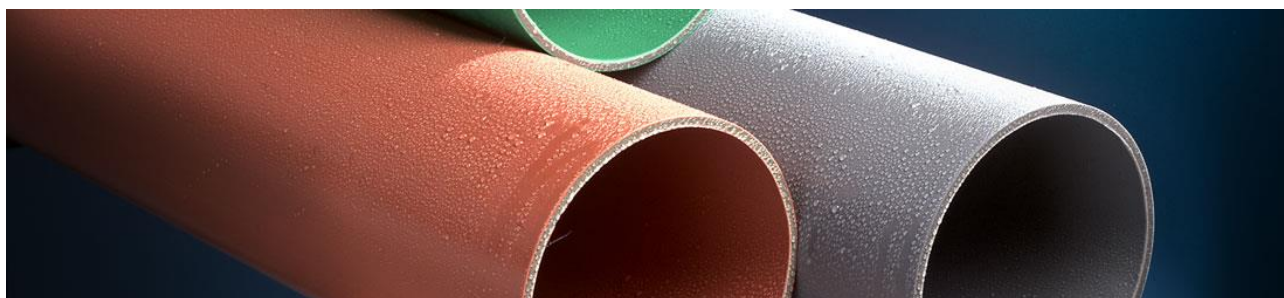
Figuur 32: Isolatieplaat van cellulose (bron: Everuse)

5.2.8 Circulair gebruik kunststof

Bij renovatie wordt de technische staat van onder andere de hemelwaterafvoer beoordeeld en afhankelijk van de staat en maatregelen aan de gevel vervangen. De hemelwaterafvoer kan in verschillende materialen zijn uitgevoerd, veelal verzinkt staal of kunststof. Beide materialen zijn geschikt voor hergebruik.



Specifiek voor kunststof vindt al jaren recycling plaats. Producent Wavin levert op basis van ingeleverd PVC materiaal gerecyclede leidingen onder de naam Recycore®. Deze leidingen worden gemaakt met 40% gerecycled materiaal. Voor binnenriolering ligt het percentage gerecycled materiaal op minimaal 30% en voor buitenriolering kan dat percentage oplopen tot méér dan 50%.



Figuur 33: Circulair gebruik kunststof (bron: Wavin)

Een geheel andere wijze in het hergebruik van kunststof vormt de pilot met de PlasticRoad. Een wegdek van prefab elementen, waarin een holle ruimte zit voor kabels en leidingen en waterafvoer. De afgelopen jaren is gewerkt aan het uitwerken en testen van het concept. Tijdens deze tests lag de focus met name op het technische vlak zoals de draagkracht van de modulaire PlasticRoad-elementen, de ideale mix van gerecycled kunststof en het meest optimale ontwerp van de holle ruimtes. Daarnaast is veel onderzoek gedaan naar de milieu-impact van het concept.



Figuur 34: Inzet van gerecycled kunststof als wegdek (bron: Wavin)

5.2.9 CV-ketel hergebruik



Bij installaties voor verwarming, tapwater of ventilatie vindt veelvuldig vervanging van de gehele installatie plaats. Het recyclen en hergebruik van gereviseerde onderdelen wordt nog beperkt toegepast. Het grootste vooroordeel zit in de veronderstelling dat hergebruikte componenten van mindere kwaliteit zijn.

Veel potentie zit in het gegeven dat installaties in basis goed uit elkaar te halen zijn. De materialen moeten zo in het apparaat gemonteerd worden dat ze aan het eind van de levensduur zo schoon en uniform mogelijk gedemonteerd kunnen worden. Dan kunnen ze goed gerecycled worden. In oude CV-ketels zijn verschillende materialen aan elkaar vast gelast. Koper, messing, ijzer, alles zit aan elkaar vast. Dit vraagt zagen en slijpen om de materialen uit elkaar te krijgen en daarmee verliest het materiaal uiteindelijk zijn waarde. En dat is juist essentieel voor een circulaire economie.

Het toewerken naar methoden om met componenten van één materiaal te werken en deze 'los neembaar' te verbinden, bijvoorbeeld door schroefverbindingen. Op die manier zijn componenten nu makkelijk te vervangen en makkelijker te hergebruiken en is het hele apparaat aan het einde van zijn levensduur makkelijker te recyclen. Er ligt dus nog een kans in de installatiewereld om slim hergebruik van revisie-onderdelen toe te passen.



Figuur 35: Hergebruik onderdelen CV-ketel (bron: CV ketel recycling)

5.2.10 Hergebruik radiatoren

Bij aardgasvrije renovaties naar een laag temperatuursysteem worden de bestaande hoog temperatuur-radiatoren vervangen door laag temperatuur convectoren of vloerverwarming. De bestaande hoog temperatuurradiatoren kunnen afhankelijk van de technische staat (roestplekken/eventuele lekkages) gebruikt worden in woningen die aangesloten worden op een hoog temperatuurwarmtenet of in de utiliteitsbouw/transformatie.



Figuur 36: Tweedehands radiatoren (bron: materiaalhandel van baal)

5.2.11 Hergebruik metalen/inrichting

Andere aspecten die her te gebruiken zijn uit woning- en/of utiliteitsgebouwen zijn:

- Metalen zoals zinken dakgoten en loodslabben, deze metalen hebben een redelijke hoge grondstofwaarde en zijn relatief eenvoudig te recyclen.
- Gordijnen kunnen worden gewassen en gekleurd en opnieuw worden gebruikt of als grondstof dienen voor isolatiematerialen
- Armaturen
- Brandslanghaspels
- Kabels en kabelgoten
- Hang- en sluitwerk



Figuur 37: Hergebruik hang- en sluitwerk (bron: Stiho) / hergebruik armaturen (rechts)

Hoofdstuk 6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusie

6.1.1 Nadere toelichting

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO) onderzoek verricht naar de impact van de energietransitie op de productie en gebruik van materialen en installaties. In dit onderzoek is de invloed daarvan inzichtelijk gemaakt; tevens zijn mogelijke circulaire kansen nader onderzocht.

Om meer inzicht te krijgen in het energie- en materiaalgebruik na renovatie is voor een één referentiewoning (rijwoning 1965 – 1975) onderzocht welke consequenties de energietransitie heeft op de energetische prestatie en het materiaalgebruik. Hiervoor zijn drie maatregelenpakketten doorgerekend:

1. Aardgasvrij concept zonder energiebesparing.
2. Aardgasvrij concept met goede isolatie.
3. Nul-op-de-Meter concept (met zeer goede isolatie).

Voor de alternatieven voor aardgas wordt gekeken naar de warmtescenario's: all-electric, warmtenet, groengas en biomassa.

De energieprestatie (EPG) en milieuprestatie (MPG) is allereerst afzonderlijk inzichtelijk gemaakt en vervolgens geaggregeerd tot de duurzaamheidsprestatie gebouw (DPG). Deze rekensessie geeft inzicht in de integrale afweging in de milieu-impact van energie en milieuprestatie.

Disclaimer

Benadrukt wordt dat voorgaande beoordeling uitgevoerd is aan de hand van de nu beschikbare (validatie)tools en de huidige kennis/schaduw prijzen. Op zowel korte als lange termijn zijn hier de nodige ontwikkelingen te verwachten die invloed hebben op onderstaande inzichten.

6.1.2 Conclusie

Uit dit onderzoek komen de volgende inzichten naar voren:

- De energietransitie vraagt om een grote hoeveelheid grondstoffen/materialen/installaties. In dit onderzoek zijn drie maatregelenpakketten met elkaar vergeleken:
 1. Aardgasvrij concept zonder energiebesparing.
 2. Aardgasvrij concept met goede isolatie.
 3. Energieneutraal concept, dit komt overeen met het huidige Nul-op-de-Meter woningen.
- De grootste energiereductie in de gebruiksfase is te realiseren met variant 3. Deze variant levert tegelijkertijd de grootste milieu-impact op in de MPG-berekening.
- Indien het voorgaande beoordeeld wordt met de DPG-methode kan geconcludeerd worden dat een grote energiereductie een hogere milieu-impact rechtvaardigt.
- Bij een NOM-concept is het gebruik aan materialen/installaties een factor 2 á 3 hoger dan bij en variant 2 (thermisch label A met 8 PV-panelen). Een NOM-renovatie zonder hergebruik of circulaire materialen belemmert de ambitie CO₂-neutraliteit op termijn. De productie van deze materialen/installaties vraagt een hoge milieu-impact.
- Om de milieubelasting van de energietransitie in de bestaande bouw te minimaliseren moet naar zowel de energieprestatie als de materiaalprestatie worden gekeken. Een integrale beoordeling is noodzakelijk om in 2050 een CO₂-vrije en circulaire gebouwde omgeving te realiseren.
- De milieuprestatie en energieprestatie moeten elkaar bij aardgasvrije renovaties niet belemmerend werken. Dit werkt remmend in de transitie naar een CO₂-neutrale en circulaire gebouwde omgeving. Momenteel ligt de focus met name op energiebesparing en te weinig op de milieu-impact voor de productie en gebruik van materialen/installaties. Dit komt mede is er momenteel nog te weinig kennis beschikbaar met betrekking tot de combinatie 'materiaal + energie'. Het gebruik van de DuurzaamheidsPrestatie voor Gebouwen (DPG) kan hierin een belangrijke rol vervullen.
- Er zijn diverse circulaire materialen en ontwikkelingen ten aanzien van het hergebruik van materialen voorhanden. Deze kansrijke circulaire producten zijn momenteel nog niet in de systematieken opgenomen.
- Ten aanzien van de drie onderzochte thema's is in de voorgaande hoofdstukken een aantal deelconclusies getrokken; onderstaand enkele bepalende deelconclusies:
 - Energie/CO₂-uitstoot (EPG):
 - Een alternatief voor aardgas leidt niet per definitie tot een lagere CO₂-emissie. Hierbij wordt opgemerkt dat dit sterk afhankelijk is van de primaire energiefactor van de vervangende energiedrager. Bij verdere vergroening van zowel warmtenetten als elektriciteit zullen deze (aanzienlijk) gunstiger uitpakken.
 - Bij all-electric (COP 1) stijgt de CO₂-uitstoot juist.
 - Bij een LT-/MT-warmtenet is voor tapwater een secundaire opwekker (veelal elektrisch) nodig waardoor de CO₂-uitstoot eveneens stijgt. Uiteraard bepaalt de energiedrager in belangrijke mate de CO₂-emissie.
 - Uit de resultaten valt op dat bij 100% groengas bij alle warmtescenario's een lage CO₂-emissie voor het energiegebruik hebben; de reden hiervan is dat in NTA 8800 de CO₂-emissiecoëfficiënt **nul** bedraagt.

- Milieuprestatie (MPG):
 - De impact van de externe installaties (materiaalgebruik voor distributie gas/elektra/warmtelevering buiten de woning/gebruik elektriciteit/gas/warmte van het net) is significant.
 - Het onderlinge verschil in alternatieven voor aardgas (verticaal beoordeling tabel/grafieken) is beperkt.
 - Elk alternatief voor aardgas zorgt in de MPG-berekening voor een vergelijkbare milieu-impact.
- Duurzaamheidsprestatie gebouw (DPG):
 - De DPG neemt af naar mate meer energiebesparende maatregelen worden genomen.
 - Ten aanzien van de verschillende installatieconcepten is een aantal bijzonderheden te noemen:
 - Biomassa komt uit de DPG-systematiek heel gunstig naar voren, dat komt voornamelijk doordat de empirisch bepaalde impactfactor laag is (namelijk €0,004 per kg). In hoeverre dit reëel is, vraagt nader onderzoek.
 - Voor groen gas is eveneens nog geen impactfactor bekend; voor nu is gerekend met de impactfactor behorende bij aardgas. Mogelijk is dit een te gunstige of juist ongunstige voorstelling van de werkelijke impact; dit vraagt om nader onderzoek.
 - Warmtenetten hebben een hogere impact in vergelijking met een warmtepomp. Ook hierbij ontstaat de vraag in hoeverre de impactfactor van warmtenetten reëel is, temeer omdat vooralsnog geen onderscheid gemaakt wordt in bijvoorbeeld MT- of LT-warmtenetten.
 - Maatregelenpakket 2 (goede isolatie en zonnepanelen) levert meer dan een halvering op ten opzichte van de referentie (bestaande situatie).
 - De winst ten gevolge van de elektriciteitsopwekking wordt in maatregelenpakket 2 en 3 deels teniet gedaan door de hogere milieu-impact van de benodigde zonnepanelen. Dit aspect komt in hoge mate voor bij pakket 3.

6.2 Aanbevelingen

Uit de verschillende resultaten van dit onderzoek is in feite een aantal nieuwe inzichten verkregen die eigenlijk om nader onderzoek vragen. Een korte opsomming:

- De impact van het energienet is in de MPG-berekening groot, zeker bij matig geïsoleerde woningen. Het is wenselijk om deze impact nader te onderzoeken.
- Nader onderzoek naar de impactfactor voor met name biomassa, biogas en warmtenetten ten behoeve van de DPG is nodig om een betere waardering mogelijk te maken. Ook kunnen hiermee regionale verschillen in kaart worden gebracht.
- De MilieuDatabase (NMD) is momenteel nog niet volledig. Zo zijn verschillende (nieuwe) technieken nog geen invoermogelijkheid (bijvoorbeeld IR-panelen, houtpelletkachels, differentiatie van warmtenetten, etc.). Geadviseerd wordt de database hierop aan te vullen.

- Mogelijk onderzoek naar stellen van integrale eis aan energie/materialen bij renovaties bestaande bouw, als opvolger van de nieuwbouw.
- Het verder bevorderen van het gebruik van circulaire alternatieven voor bestaande producten. Ook zal dit in de rekensystematiek (MPG) rekenkundig gewaard moeten worden. Opgemerkt wordt dat in een volgende versie van de MPG-systematiek een nieuwe module wordt opgenomen (module D), waarin hergebruik, terugwinning en recycling al gewaard gaat worden.

Bijlage 1

Rekenresultaten energie/materialen
(exclusief huishoudelijk energiegebruik)



Projectgegevens	
project	Circulariteit bij aardgasvrije renovaties
projectnummer	20181916
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	27 juni 2019

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksoppervlakt	124,3 m ²
Aangehouden combinatie bij meerdere opties	
Combinatie optie 1 (zie ook 'Uitgangspunten MPG-berekening 2.0')	



0. Referentie



1. Aardgasvrij zonder energiebesparing



2. Aardgasvrij met goede isolatie



3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)

Bouwkundig	begane grondvloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer gevel $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur hellend dakconstructie $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak plat dakconstructie n.v.t. beglazing dubbel glas kozijn houten kozijnen glasopeningen (incl. kozijn) $U_g \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dubbel glas) buitendeuren $U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur buitenzonwering geen zonwering thermische capaciteit traditioneel, gemengd zwaar infiltratie aanname ($q_{v,10,0,0} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen $U_g \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dubbel glas) $U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v,10,0,0} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. HR++-glas houten kozijnen $U_g \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR++-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v,10,0,0} = 0,80 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie $R_e = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. triple-glas thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen $U_g \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v,10,0,0} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)
Installatietechnisch	verwarming - opwekking HR-107 combiketel verwarming - afgifte HT-radiatoren warmtapwater - opwekking HR-107 combiketel leidinglengten werkkelijk koeling n.v.t. ventilatiesysteem natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer vraagsturing n.v.t. type zonnepanelen n.v.t. pv-panelen n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkkelijk optioneel natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer CO₂-sturing op afvoer n.v.t. 8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkkelijk n.v.t. mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW CO₂-sturing op afvoer n.v.t. 24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord

0. referentie	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 3,06/m² € 0,20/m ² € 2,86/m ²

1a. all-electric: warmtepomp	
leidinglengten Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
All-electric (warmtepomp)	

1b. all-electric: weerstandsverwarming	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
All-electric (elektrische weerstandsverwarming/boiler)	

2. HT-warmtenet	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
Warmte HT	

3. MT-warmtenet	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
Warmte MT	

4. LT-warmtenet	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
Warmte LT	

5. groengas	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
Groengas	

6. biomassa	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	
Biomassa	

Rekenresultaten MPG zonder huishoudelijk verbruik



Woningtype: rijwoning 1965-1975

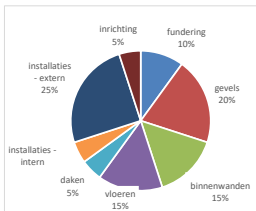
Berekeningen o.b.v. Milieuprestatie database MPGcalc V1.2 (NMD 2.3)

Projectgegevens	
project	Circulairiteit bij aardgasvrije renovaties
projectnummer	20181916
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	27 juni 2019

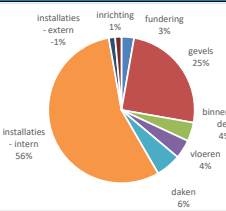
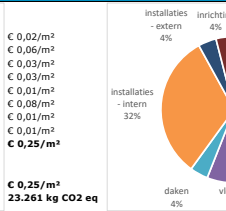
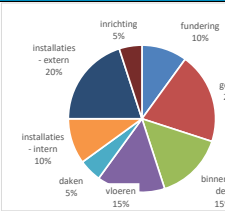
Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksooppervlak	124,3 m ²
Aangehouden combinatie bij meerdere opties	Combinatie optie 1 (zie ook 'Uitgangspunten MPG-berekening 2.0')

				
	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
Bouwkundig	begane grondvloer gevel hellend dakconstructie plat dakconstructie beglazing kozijn glasopeningen (incl. kozijn) buitendeuren buitenzonwering thermische capaciteit infiltratie	$R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen $U_a \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dubbel glas) $U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar aanname ($q_{0-10,24h} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. HR++-glas houten kozijnen $U_a \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR++-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{0-10,24h} = 0,80 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie $R_e = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. triple-glas thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen $U_a \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{0-10,24h} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)
Installatietechnisch	verwarming - opwekking verwarming - afgifte warmtapwater - opwekking leidingengangen koeling ventilatiesysteem vraagsturing type zonnepanelen pv-panelen	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk optioneel natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer CO ₂ -sturing op afvoer n.v.t. 8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW CO ₂ -sturing op afvoer n.v.t. 24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord

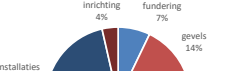
0. referentie	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal	€ 0,02/m ² € 0,04/m ² € 0,03/m ² € 0,03/m ² € 0,01/m ² € 0,05/m ² € 0,01/m ² € 0,20/m²
Milieuprestatie schaduwprijs (materiaal) CO ₂ -emissie (klimaatverandering)	€ 0,20/m² 23.552 kg CO2 eq



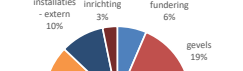
1a. all-electric: warmtepomp	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal	€ 0,02/m ² € 0,04/m ² € 0,03/m ² € 0,03/m ² € 0,01/m ² € 0,02/m ² € 0,04/m ² € 0,01/m ² € 0,20/m²
Milieuprestatie schaduwprijs (materiaal) CO ₂ -emissie (materiaal)	€ 0,20/m² 16.982 kg CO2 eq



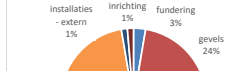
1b. all-electric: weerstandverwarming			
Milieuprestatieberekening			
fundering		€ 0,02/m²	
gevels		€ 0,04/m²	
binnenwanden		€ 0,03/m²	
vloeren		€ 0,03/m²	
daken		€ 0,01/m²	
installaties - intern		€ 0,04/m²	
installaties - extern		€ 0,10/m²	
inrichting		€ 0,01/m²	
totaal		€ 0,28/m²	
Milieuprestatie			
schaduwprijs (materiaal)		€ 0,28/m²	
CO ₂ -emissie (materiaal)		19.205 kg CO2 eq	
Δ schaduwprijs (t.o.v. referentie)		€ 0,08/m²	
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		-4.347 kg CO2 eq	

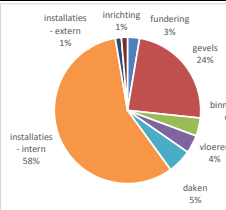
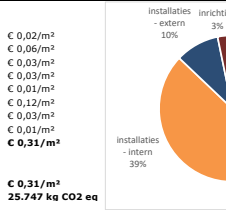
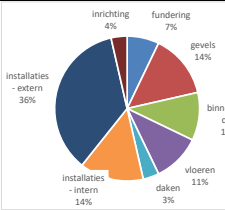
	
inrichting 4%	
fundering 7%	
gevels 14%	
binnenwanden 11%	
vloeren 11%	
daken 3%	
installaties - intern 14%	
installaties - extern 36%	

Milieuprestatieberekening			
fundering		€ 0,02/m²	
gevels		€ 0,06/m²	
binnenwanden		€ 0,03/m²	
vloeren		€ 0,03/m²	
daken		€ 0,01/m²	
installaties - intern		€ 0,12/m²	
installaties - extern		€ 0,03/m²	
inrichting		€ 0,01/m²	
totaal		€ 0,31/m²	
Milieuprestatie			
schaduwprijs (materiaal)		€ 0,31/m²	
CO ₂ -emissie (materiaal)		25.747 kg CO2 eq	
Δ schaduwprijs (t.o.v. referentie)		€ 0,11/m²	
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		2.195 kg CO2 eq	

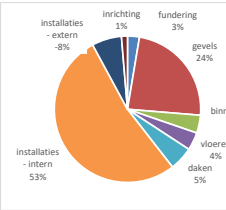
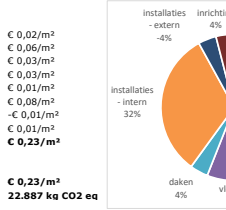
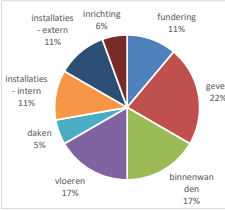
	
inrichting 3%	
fundering 6%	
gevels 19%	
binnenwanden 10%	
vloeren 10%	
daken 3%	
installaties - intern 39%	
installaties - extern 10%	

Milieuprestatieberekening			
fundering		€ 0,02/m²	
gevels		€ 0,18/m²	
binnenwanden		€ 0,03/m²	
vloeren		€ 0,03/m²	
daken		€ 0,04/m²	
installaties - intern		€ 0,43/m²	
installaties - extern		€ 0,01/m²	
inrichting		€ 0,01/m²	
totaal		€ 0,75/m²	
Milieuprestatie			
schaduwprijs (materiaal)		€ 0,75/m²	
CO ₂ -emissie (materiaal)		65.947 kg CO2 eq	
Δ schaduwprijs (t.o.v. referentie)		€ 0,55/m²	
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		42.395 kg CO2 eq	

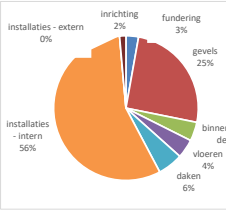
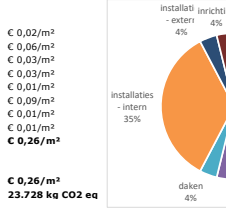
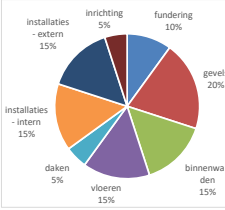
	
inrichting 1%	
fundering 3%	
gevels 24%	
binnenwanden 4%	
vloeren 4%	
daken 5%	
installaties - intern 58%	
installaties - extern 1%	



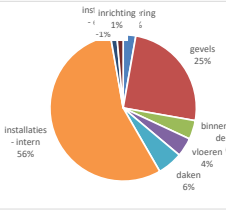
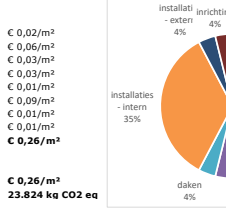
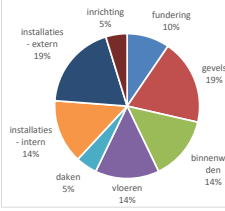
2. HT-warmtenet			
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal	 Warmte HT	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,02/m² € 0,02/m² € 0,01/m² € 0,18/m²	
Milieuprestatie schaduwprijs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal)		€ 0,18/m² 17.052 kg CO2 eq	
A schaduwprijs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)		-€ 0,02/m² -5.501 kg CO2 eq	
			€ 0,02/m² € 0,06/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,08/m² -€ 0,01/m² € 0,01/m² € 0,23/m²
			€ 0,23/m² 22.887 kg CO2 eq
			€ 0,02/m² € 0,18/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,04/m² € 0,40/m² -€ 0,05/m² € 0,01/m² € 0,66/m²
			€ 0,66/m² 62.914 kg CO2 eq
			€ 0,02/m² € 0,18/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,04/m² € 0,40/m² -€ 0,05/m² € 0,01/m² € 0,66/m²
			€ 0,46/m² 39.367 kg CO2 eq

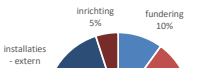
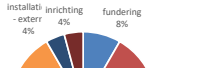
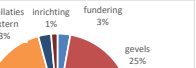


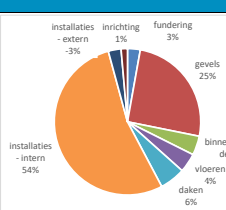
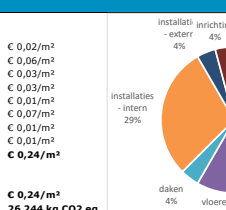
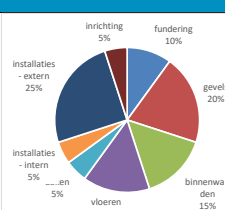
3. MT-warmtenet																																																																															
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal	 Warmte MT	<table><tr><td>€ 0,02/m²</td><td>inrichting 5%</td><td>fundering 10%</td></tr><tr><td>€ 0,04/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td>gevels 20%</td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td>installaties - intern 15%</td><td>binnenwanden 15%</td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td>installaties - extern 15%</td><td></td></tr><tr><td>€ 0,01/m²</td><td>daken 5%</td><td>vloeren 15%</td></tr><tr><td>€ 0,20/m²</td><td></td><td></td></tr></table> € 0,20/m² 17.890 kg CO2 eq	€ 0,02/m²	inrichting 5%	fundering 10%	€ 0,04/m²			€ 0,03/m²		gevels 20%	€ 0,03/m²			€ 0,03/m²	installaties - intern 15%	binnenwanden 15%	€ 0,03/m²			€ 0,03/m²	installaties - extern 15%		€ 0,01/m²	daken 5%	vloeren 15%	€ 0,20/m²			<table><tr><td>€ 0,02/m²</td><td>inrichting 4%</td><td>fundering 8%</td></tr><tr><td>€ 0,06/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td>gevels 23%</td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td>installaties - intern 35%</td><td>binnenwanden 11%</td></tr><tr><td>€ 0,01/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,01/m²</td><td>installaties - extern 4%</td><td>vloeren 11%</td></tr><tr><td>€ 0,26/m²</td><td>daken 4%</td><td></td></tr></table> € 0,26/m² 23.728 kg CO2 eq	€ 0,02/m²	inrichting 4%	fundering 8%	€ 0,06/m²			€ 0,03/m²		gevels 23%	€ 0,03/m²			€ 0,03/m²	installaties - intern 35%	binnenwanden 11%	€ 0,01/m²			€ 0,01/m²	installaties - extern 4%	vloeren 11%	€ 0,26/m²	daken 4%		<table><tr><td>€ 0,02/m²</td><td>inrichting 2%</td><td>fundering 3%</td></tr><tr><td>€ 0,18/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td>gevels 25%</td></tr><tr><td>€ 0,03/m²</td><td></td><td></td></tr><tr><td>€ 0,04/m²</td><td>installaties - intern 56%</td><td>binnenwanden 4%</td></tr><tr><td>€ 0,00/m²</td><td></td><td>vloeren 4%</td></tr><tr><td>€ 0,01/m²</td><td>installaties - extern 0%</td><td>daken 6%</td></tr><tr><td>€ 0,71/m²</td><td></td><td></td></tr></table> € 0,71/m² 64.617 kg CO2 eq	€ 0,02/m²	inrichting 2%	fundering 3%	€ 0,18/m²			€ 0,03/m²		gevels 25%	€ 0,03/m²			€ 0,04/m²	installaties - intern 56%	binnenwanden 4%	€ 0,00/m²		vloeren 4%	€ 0,01/m²	installaties - extern 0%	daken 6%	€ 0,71/m²		
€ 0,02/m²	inrichting 5%	fundering 10%																																																																													
€ 0,04/m²																																																																															
€ 0,03/m²		gevels 20%																																																																													
€ 0,03/m²																																																																															
€ 0,03/m²	installaties - intern 15%	binnenwanden 15%																																																																													
€ 0,03/m²																																																																															
€ 0,03/m²	installaties - extern 15%																																																																														
€ 0,01/m²	daken 5%	vloeren 15%																																																																													
€ 0,20/m²																																																																															
€ 0,02/m²	inrichting 4%	fundering 8%																																																																													
€ 0,06/m²																																																																															
€ 0,03/m²		gevels 23%																																																																													
€ 0,03/m²																																																																															
€ 0,03/m²	installaties - intern 35%	binnenwanden 11%																																																																													
€ 0,01/m²																																																																															
€ 0,01/m²	installaties - extern 4%	vloeren 11%																																																																													
€ 0,26/m²	daken 4%																																																																														
€ 0,02/m²	inrichting 2%	fundering 3%																																																																													
€ 0,18/m²																																																																															
€ 0,03/m²		gevels 25%																																																																													
€ 0,03/m²																																																																															
€ 0,04/m²	installaties - intern 56%	binnenwanden 4%																																																																													
€ 0,00/m²		vloeren 4%																																																																													
€ 0,01/m²	installaties - extern 0%	daken 6%																																																																													
€ 0,71/m²																																																																															
Milieuprestatie schaduwprijs (materiaal) CO ₂ -emissie (materiaal)																																																																															
Δ schaduwprijs (t.o.v. referentie)																																																																															



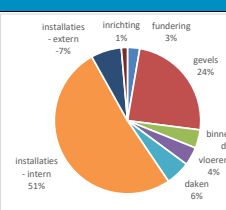
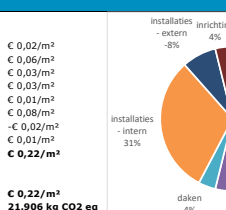
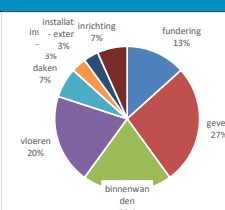
4. LT-warmtenet			
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal	 Warmte LT	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,04/m² € 0,01/m² € 0,21/m²	€ 0,21/m² 17.985 kg CO2 eq
Milieuprestatie schaduwprijs (materiaal) CO ₂ -emissie (materiaal)			
A schaduwprijs (t.o.v. referentie)			



5. groengas				
Milieuprestatieberekening				
fundering	€ 0,02/m²			
gevels	€ 0,04/m²			
binnenwanden	€ 0,03/m²			
vloeren	€ 0,03/m²			
daken	€ 0,01/m²			
installaties - intern	€ 0,03/m²			
installaties - extern	€ 0,05/m²			
inrichting	€ 0,01/m²			
totaal	€ 0,20/m²			
Milieuprestatie				
schaduwprijs (materiaal)	€ 0,20/m²			
CO ₂ -emissie (materiaal)	23.600 kg CO2 eq			
A schaduwprijs (t.o.v. referentie)	€ 0,00/m²			
				
		€ 0,02/m² € 0,06/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,07/m² € 0,01/m² € 0,24/m²		
		26.244 kg CO2 eq		
		€ 0,04/m²		
				
		€ 0,02/m² € 0,18/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,04/m² € 0,30/m² € 0,02/m² € 0,01/m² € 0,67/m²		
		€ 0,67/m²		
		66.826 kg CO2 eq		
		€ 0,47/m²		
				



Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)				48 kg CO ₂ eq	2.692 kg CO ₂ eq	43.274 kg CO ₂ eq
6. biomassa						
Milieuprestatieberekening						
fundering						
gevels						
binnenwanden						
vloeren						
daken						
installaties - intern						
installaties - extern						
inrichting						
totaal						
Milieuprestatie						
schaduwprijs (materiaal)						
CO ₂ -emissie (materiaal)						
Δ schaduwprijs (t.o.v. referentie)						





Projectgegevens	
project	Circulariteit bij aardgasvrije renovaties
projectnummer	20181916
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	27 juni 2019

Uitsgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksoppervlakt	125 m ²
Rekentool	niet-gevalideerde rekentool NTA 8800 (INNAX v181102 - versie 1.01)



0. Referentie



1. Aardgasvrij zonder energiebesparing



2. Aardgasvrij met goede isolatie



3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)

Bouwkundig	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
begane grondvloer	R _g = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _g = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _g = 3,50 m ² K/W - geïsoleerde vloer	R _g = 5,00 m ² K/W - geïsoleerde vloer
gevel	R _e = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _e = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _e = 1,30 m ² K/W - geïsoleerde spouwmuur	R _e = 4,50 m ² K/W - buitengevelisolatie
hellend dakconstructie	R _d = 1,30 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _d = 1,30 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _d = 3,50 m ² K/W - geïsoleerd dak	R _d = 6,00 m ² K/W - geïsoleerd dak
plat dakconstructie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
beglazing	dubbel glas	dubbel glas	HR ⁺⁺ -glas	triple-glas
kozijn	houten kozijnen	houten kozijnen	houten kozijnen	thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen
glasopeningen (incl. kozijn)	U _g ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _g ≤ 2,90 W/m ² K (dubbel glas)	U _g ≤ 1,80 W/m ² K (HR ⁺⁺ -glas)	U _g ≤ 1,40 W/m ² K (triple-glas)
buitendeuren	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 3,40 W/m ² K - ongeïsoleerde deur	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas	U _d ≤ 2,20 W/m ² K - deur met HR ⁺⁺ -glas
buitenzonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
thermische capaciteit	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar	traditioneel, gemengd zwaar
lineaire warmteverlies	werkelijk met 25% correctie	werkelijk met 25% correctie	werkelijk met 25% correctie	werkelijk zonder 25% correctie
infiltratie	aanname (q _{l-10,30s} = 1,00 dm ³ /s-m ²)	o.b.v. gebouwenmerken (q _{l-10,30s} = 1,00 dm ³ /s-m ²)	o.b.v. gebouwenmerken (q _{l-10,30s} = 0,80 dm ³ /s-m ²)	o.b.v. gebouwenmerken (q _{l-10,30s} = 0,40 dm ³ /s-m ²)

Installatietechnisch	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
verwarming - opwekking	HR-107 combiketel	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario
verwarming - afgifte	HT-radiatoren	zie onderstaande zes warmtescenario's	zie onderstaande zes warmtescenario's	zie onderstaande zes warmtescenario's
warmtapwater - opwekking	HR-107 combiketel	werkelijk	werkelijk	werkelijk
leidinglengten	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
koeling	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW
vraagsturing	n.v.t.	n.v.t.	CO ₂ -sturing op afvoer	CO ₂ -sturing op afvoer
type zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
pv-panelen	n.v.t.	n.v.t.	8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord

Energie	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
Warmtevraag	108,1 kWh/m ²	108,0 kWh/m ²	45,1 kWh/m ²	17,5 kWh/m ²
gebouwegebonden verbruik (gas NTA 8800) ¹⁾	2046 m ³ a.e.	0 m ³ a.e.	0 m ³ a.e.	0 m ³ a.e.
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾	320 kWh e	6273 kWh e	1752 kWh e	-1290 kWh e
huishoudelijk verbruik excl. hulpenergie (tweeverdieners)	0 kWh e	0 kWh e	0 kWh e	0 kWh e
opwekking (electra)	0 kWh e	0 kWh e	2545 kWh e	5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		2133 kg CO2-emissie	596 kg CO2-emissie	-439 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 1443,-/jaar	€ 403,-/jaar	-€ 297,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 2,43/m²	€ 0,68/m²	-€ 0,50/m²

1a. all-electric: warmtepomp

Energie	specificatie	met PV-panelen	met PV-panelen
Warmtevraag		45,1 kWh/m ²	17,5 kWh/m ²
gebouwegebonden verbruik (gas NTA 8800) ¹⁾	elektrische warmtepomp 4 / 1,4	0 m ³ a.e.	0 m ³ a.e.
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾		1752 kWh e	-1290 kWh e
huishoudelijk verbruik excl. hulpenergie (tweeverdieners)		0 kWh e	0 kWh e
opwekking (electra)		2545 kWh e	5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		596 kg CO2-emissie	-439 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 403,-/jaar	-€ 297,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 0,68/m²	-€ 0,50/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		-1.633 kg CO2	-4.205 kg CO2



All-electric (warmtepomp)

1b. all-electric (COP 1)

Energie	specificatie	met PV-panelen	met PV-panelen
Warmtevraag		45,1 kWh/m ²	17,5 kWh/m ²
gebouwegebonden verbruik (gas NTA 8800) ¹⁾	elektrische weerstandverwarming	0 m ³ a.e.	0 m ³ a.e.
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾	elektrische boiler	6301 kWh e	795 kWh e
huishoudelijk verbruik excl. hulpenergie (tweeverdieners)		0 kWh e	0 kWh e
opwekking (electra)		2545 kWh e	5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		2142 kg CO2-emissie	270 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 3782,-/jaar	€ 183,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 6,37/m²	€ 0,31/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		1824 kg CO2	-3.496 kg CO2



All-electric (elektrische weerstandverwarming/boiler)

2. HT-warmtenet

Energie	Warmte HT	HT-warmtenet voor verwarming en tapwater bestaande radiatoren				
Warmtevraag						
gebouwegebonden verbruik (warmte NTA 8800) ¹⁾		19057 kWh e	68,6 G.J.	9644 kWh e	34,7 G.J.	5520 kWh e
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾		607 kWh e		-1781 kWh e		-3889 kWh e
huishoudelijk verbruik (tweeverdieners)		0 kWh e		0 kWh e		0 kWh e
opwekking (electra)		0 kWh e		2545 kWh e		5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		3445 kg CO2-emissie		1034 kg CO2-emissie		-384 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 1696,-/jaar		€ 378,-/jaar		€ 140,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 3,55/m²		€ 0,99/m²		-€ 0,55/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		-321 kg CO2		-2.732 kg CO2		-4.150 kg CO2



Warmte HT

3. MT-warmtenet

Energie	Warmte MT	warmtenet voor verwarming elektrische boiler bestaande radiatoren				
Warmtevraag						
gebouwegebonden verbruik (warmte NTA 8800) ¹⁾		15946 kWh e	57,4 G.J.	6580 kWh e	23,7 G.J.	2478 kWh e
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾		3338 kWh e		950 kWh e		-1157 kWh e
huishoudelijk verbruik (tweeverdieners)		0 kWh e		0 kWh e		0 kWh e
opwekking (electra)		0 kWh e		2545 kWh e		5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		3846 kg CO2-emissie		1442 kg CO2-emissie		28 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 2070,-/jaar		€ 756,-/jaar		-€ 64,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 4,07/m²		€ 1,51/m²		-€ 0,02/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		79 kg CO2		-2.324 kg CO2		-3.738 kg CO2



Warmte MT

4. LT-warmtenet

Energie	Warmte LT	warmtenet voor verwarming elektrische boiler bestaande radiatoren				
Warmtevraag						
gebouwegebonden verbruik (warmte NTA 8800) ¹⁾		15927 kWh e	57,3 G.J.	6571 kWh e	23,7 G.J.	2474 kWh e
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾		3337 kWh e		950 kWh e		-1157 kWh e
huishoudelijk verbruik (tweeverdieners)		0 kWh e		0 kWh e		0 kWh e
opwekking (electra)		0 kWh e		2545 kWh e		5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		3842 kg CO2-emissie		1440 kg CO2-emissie		27 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 2069,-/jaar		€ 755,-/jaar		-€ 64,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 4,07/m²		€ 1,51/m²		-€ 0,02/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		76 kg CO2		-2.326 kg CO2		-3.739 kg CO2



Warmte LT

5. groengas

Energie	Groengas	bestaande ketel blijft behouden bestaande radiatoren				
Warmtevraag						
gebouwegebonden verbruik (gas NTA 8800) ¹⁾		2046 m ³ a.e.		1083 m ³ a.e.		661 m ³ a.e.
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾		320 kWh e		-1949 kWh e		-4004 kWh e
huishoudelijk verbruik excl. hulpenergie (tweeverdieners)		0 kWh e		0 kWh e		0 kWh e
opwekking (electra)		0 kWh e		2545 kWh e		5089 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		109 kg CO2-emissie		-663 kg CO2-emissie		-1361 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 1894,-/jaar		€ 516,-/jaar		€ 208,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 2,86/m²		€ 0,69/m²		-€ 0,67/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		-3658 kg CO2		-4.429 kg CO2		-5.128 kg CO2



Groengas

6. biomassa

Energie	Biomassa	pellet kachel voor verwarming en tapwater bestaande radiatoren				
Warmtevraag						
gebouwegebonden verbruik (biomassa NTA 8800) ^{1) 2)}		89,1 G.J.	4952 kg	45,1 kWh/m ²	2487 kg	17,5 kWh/m ²
gebouwegebonden verbruik (elektra NTA 8800) ¹⁾		108,1 kWh/m ²		12434 kWh e		7030 kWh e
huishoudelijk verbruik (tweeverdieners)		24761 kWh e		-1973 kWh e		-4024 kWh e
opwekking (electra)		286 kWh e		0 kWh e		0 kWh e
CO ₂ -emissie (energie) ³⁾		4703 kg CO2-emissie		1642 kg CO2-emissie		-60 kg CO2-emissie
energiekosten/jaar ⁴⁾		€ 1700,-/jaar		€ 367,-/jaar		€ 142,-/jaar
EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)		€ 0,24/m²		-€ 0,70/m²		-€ 1,52/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)		937 kg CO2		-2.124 kg CO2		-3.827 kg CO2



Biomassa

opmerkingen

¹⁾ primaire energiefactoren NTA 800 elektra : 1,45 | Gas : 1,0 | warmtelevering: 1,0 | Biomassa 0,5
²⁾ De energie-inhoud (calorische waarde) van houtpellets bedraagt circa 5 kWh per kilo (bron: "Bio-energie – Techniek – Verbranding" van RVO)
³⁾ CO₂-emissie factoren NTA 8800 elektra : 0,34 kg/kWh | Gas : 1,7878 kg/m³ | Warmtelevering 47,22 kg/GJ | Bioogas 0,0 kg/m³ | Biomassa 0,5 x 0,372 kg/kWh
⁴⁾ energiekosten (excl. vastrecht / heffingskortina): elektra : 0,23 €/kWh | Gas : 0,79 €/m³ | Warmtelevering 22,69 €/GJ | Biomassa : 0,33 €/kg | Bioogas 0,89 €/m³
⁵⁾ energieopbrengst: PV-panelen salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh

Bijlage 2

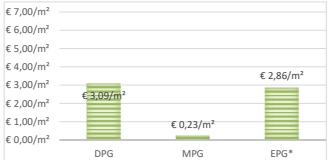
Rekenresultaten energie/materialen (inclusief huishoudelijk energiegebruik)

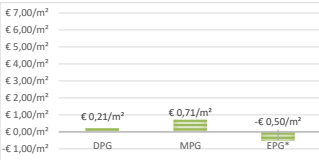


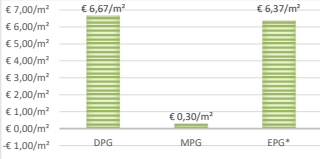
Projectgegevens	
project	Circulartiteit bij aardgasvrije renovaties
projectnummer	20181916
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	27 juni 2019

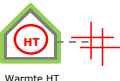
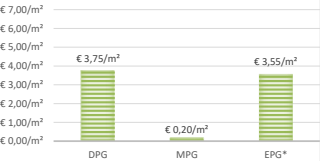
Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksoppervlakt	124,3 m²
Aangehouden combinatie bij meerdere opties	Combinatie optie 1 (zie ook 'Uitgangspunten MPG-berekening 2.0')

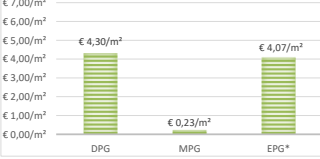
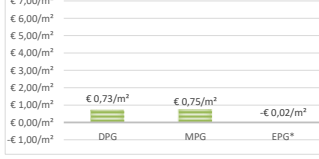
					
	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	
Bouwkundig	begane grondvloer gevel hellend dakconstructie plat dakconstructie beglazing kozijn glasopeningen (incl. kozijn) buitendeuren buitenzonwering thermische capaciteit infiltratie	$R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen $U_w \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dubbel glas) $U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar aanname ($q_{v,10,0,0} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. HR++-glas houten kozijnen $U_w \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR++-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v,10,0,0} = 0,80 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie $R_e = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. triple-glas thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen $U_w \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v,10,0,0} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	
Installatietechnisch	verwarming - opwekking verwarming - afgifte warmtapwater - opwekking leidinglengten koeling ventilatiesysteem vraagsturing type zonneboiler pv-panelen	HR-107 combiketel HT-radiatoren HR-107 combiketel werkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk optioneel natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW CO ₂ -sturing op afvoer n.v.t. 8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW CO ₂ -sturing op afvoer n.v.t. 24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord

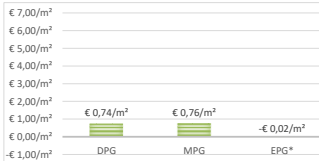
0. referentie	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 3,09/m² € 0,23/m² € 2,86/m²
	

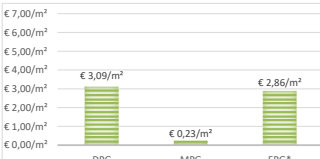
1a. all-electric: warmtepomp	
leidinglengten Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 2,65/m² € 0,22/m² € 2,43/m²
	
	€ 0,96/m² € 0,28/m² € 0,68/m²
	
	€ 0,21/m² € 0,71/m² -€ 0,50/m²
	

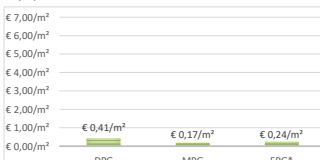
1b. all-electric: weerstandsverwarming	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 6,67/m² € 0,30/m² € 6,37/m²
	
(elektrische weerstandsverwarming/boiler)	€ 2,77/m² € 0,33/m² € 2,44/m²
	
	€ 1,05/m² € 0,74/m² € 0,31/m²
	

2. HT-warmtenet	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 3,75/m² € 0,20/m² € 3,55/m²
	
Warmte HT	€ 1,25/m² € 0,26/m² € 0,99/m²
	
	€ 0,16/m² € 0,71/m² -€ 0,55/m²
	

3. MT-warmtenet	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 4,30/m² € 0,23/m² € 4,07/m²
	
Warmte MT	€ 1,79/m² € 0,28/m² € 1,51/m²
	
	€ 0,73/m² € 0,75/m² -€ 0,02/m²
	

4. LT-warmtenet	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 4,30/m² € 0,23/m² € 4,07/m²
	
Warmte LT	€ 1,79/m² € 0,28/m² € 1,51/m²
	
	€ 0,74/m² € 0,76/m² -€ 0,02/m²
	

5. groengas	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 3,09/m² € 0,23/m² € 2,86/m²
	
Groengas	€ 0,96/m² € 0,27/m² € 0,69/m²
	
	€ 0,05/m² € 0,72/m² -€ 0,67/m²
	

6. biomassa	
Duurzaamheidsprestatie Gebouw (DPG) Materiaalgebruik (MPG) Energiegebruik (EPG*)	€ 0,41/m² € 0,17/m² € 0,24/m²
	
Biomassa	-€ 0,46/m² € 0,24/m² -€ 0,70/m²
	
	-€ 0,84/m² € 0,68/m² -€ 1,52/m²
	

Rekenresultaten MPG met huishoudelijk verbruik



Woningtype: rijwoning 1965-1975

Berekeningen o.b.v. Milieprestatie database MPGcalc V1.2 (NMD 2.3)

Projectgegevens	
project	Circulariteit bij aardgasvrije renovaties
projectnummer	20181916
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	27 juni 2019

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksooppervlak	124,3 m ²
Aangehouden combinatie bij meerdere opties	Combinatie optie 1 (zie ook 'Uitgangspunten MPG-berekening 2.0')

	0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)
Bouwkundig	R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerde vloer R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerde spouwmuur R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen glasopeningen (incl. kozijn) buitendeuren buitenzonwering thermische capaciteit infiltratie	R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerde vloer R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerde spouwmuur R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen U_g ≤ 2,90 W/m²/K (dubbel glas) U_d ≤ 3,40 W/m²/K - ongeïsoleerde deur geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar aanname (q_{0-10,500} = 1,00 dm³/s·m²)	R_e = 3,50 m²/K/W - geïsoleerde vloer R_e = 1,30 m²/K/W - geïsoleerde spouwmuur R_e = 3,50 m²/K/W - geïsoleerd dak n.v.t. HR++-glas houten kozijnen U_g ≤ 1,80 W/m²/K (HR++-glas) U_d ≤ 2,20 W/m²/K - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken (q_{0-10,500} = 0,80 dm³/s·m²)	R_e = 5,00 m²/K/W - geïsoleerde vloer R_e = 4,50 m²/K/W - buitengevelisolatie R_e = 6,00 m²/K/W - geïsoleerd dak n.v.t. triple-glas thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen U_g ≤ 1,40 W/m²/K (triple-glas) U_d ≤ 2,20 W/m²/K - deur met HR++-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar o.b.v. gebouwenmerken (q_{0-10,500} = 0,40 dm³/s·m²)
Installatietechnisch	HR-107 combiketel HT-radiatoren HR-107 combiketel werkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk optioneel natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer CO₂-sturing op afvoer n.v.t. 8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW CO₂-sturing op afvoer n.v.t. 24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord

0. referentie	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal € 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,01/m² € 0,08/m² € 0,01/m² € 0,23/m²	Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (klimaatverandering) € 0,23/m² 24.130 kg CO2 eq

1a. all-electric: warmtepomp	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal All-electric (warmtepomp) Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,01/m² € 0,07/m² € 0,01/m² € 0,22/m² € 0,22/m² 17.512 kg CO2 eq -€ 0,01/m² -6.618 kg CO2 eq

1b. all-electric: weerstandsverwarming	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal All-electric (elektrische weerstandsverwarming/boiler) Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,13/m² € 0,01/m² € 0,30/m² € 0,30/m² 19.735 kg CO2 eq -€ 0,07/m² -4.395 kg CO2 eq

2. HT-warmtenet	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal Warmte HT Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,02/m² € 0,04/m² € 0,01/m² € 0,20/m² € 0,20/m² 17.582 kg CO2 eq -€ 0,03/m² -6.548 kg CO2 eq

3. MT-warmtenet	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal Warmte MT Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,06/m² € 0,01/m² € 0,23/m² € 0,23/m² 18.420 kg CO2 eq € 0,00/m² -5.710 kg CO2 eq

4. LT-warmtenet	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal Warmte LT Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,06/m² € 0,01/m² € 0,23/m² € 0,23/m² 18.515 kg CO2 eq € 0,00/m² -5.615 kg CO2 eq

5. groengas	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal Groengas Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,06/m² € 0,01/m² € 0,23/m² € 0,23/m² 24.131 kg CO2 eq € 0,00/m² 1 kg CO2 eq

6. biomassa	
Milieuprestatieberekening fundering gevels binnenwanden vloeren daken installaties - intern installaties - extern inrichting totaal Biomassa Milieuprestatie schaduwprjs (materiaal) CO₂-emissie (materiaal) Δ schaduwprjs (t.o.v. referentie) Δ CO₂-emissie (t.o.v. referentie)	€ 0,02/m² € 0,04/m² € 0,03/m² € 0,03/m² € 0,01/m² € 0,03/m² € 0,02/m² € 0,01/m² € 0,17/m² € 0,17/m² 15.865 kg CO2 eq -€ 0,06/m² -8.265 kg CO2 eq



Projectgegevens	
project	Circulantië bij aardgasvrije renovaties
projectnummer	20181916
opdrachtgever	RvO Utrecht
datum	27 juni 2019

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksoppervlak	125 m ²
Rekentool	niet-gevalideerde rekentool NTA 8800 (INNAX v181102 - versie 1.01)

			
0. Referentie	1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	2. Aardgasvrij met goede isolatie	3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)

Bouwkundig	$R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen $U_{g, \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}}$ (dubbel glas) $U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar werkelijk met 25% correctie aanname ($q_{v-10, \text{jaar}} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. dubbel glas houten kozijnen $U_{g, \leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}}$ (dubbel glas) $U_d \leq 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ - ongeïsoleerde deur geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar werkelijk met 25% correctie o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10, \text{jaar}} = 1,00 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde spouwmuur $R_e = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. HR⁺⁺-glas houten kozijnen $U_{g, \leq 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}}$ (HR⁺⁺-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR⁺⁺-glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar werkelijk met 25% correctie o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10, \text{jaar}} = 0,80 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)	$R_e = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerde vloer $R_e = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ - buitengevelisolatie $R_e = 6,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ - geïsoleerd dak n.v.t. triple-glas thermisch onderbroken / geïsoleerd kozijnen $U_{g, \leq 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}}$ (triple-glas) $U_d \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - deur met HR ⁺⁺ -glas geen zonwering traditioneel, gemengd zwaar werkelijk zonder 25% correctie o.b.v. gebouwenmerken ($q_{v-10, \text{jaar}} = 0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$)
------------	--	--	--	--

Installatietechnisch	HR-107 combiketel HT-radiatoren HR-107 combiketel werkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk optioneel natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer n.v.t. n.v.t. n.v.t.	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. natuurlijke toevoer en mechanische afvoer CO₂-sturing op afvoer n.v.t. 8 PV-panelen - 300 Wp/paneel	zie onderstaande zes warmtescenario's afhankelijk van warmtescenario zie onderstaande zes warmtescenario's werkelijk n.v.t. mechanische toevoer en mechanische afvoer met WTW CO₂-sturing op afvoer n.v.t. 24 PV-panelen - 300 Wp/paneel - zuid/noord
----------------------	---	---	---	---

Energie	Warmtevraag gebouweigen verbruik (gas NTA 8800) gebouweigen verbruik (elektra NTA 8800) huishoudelijk verbruik excl. hulpenergie (tweeverdieners) opwekking (electra) CO ₂ -emissie (energie) energiekosten/jaar EPG* (excl. huishoudelijk verbruik)	108,1 kWh/m ² 2046 m ³ a.e. 320 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 4969 kg CO₂-emissie € 2503,-/jaar € 2,86/m²			
---------	--	--	--	--	--

1a. all-electric: warmtepomp

Energie		specificatie elektrische warmtepomp 4 / 1,4	108,0 kWh/m ² 0 m ³ a.e. 6273 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 3336 kg CO₂-emissie € 2257,-/jaar € 2,43/m²	met PV-panelen 45,1 kWh/m ² 0 m ³ a.e. 1752 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 1799 kg CO₂-emissie € 1217,-/jaar € 0,68/m²	met PV-panelen 17,5 kWh/m ² 0 m ³ a.e. -1290 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 764 kg CO₂-emissie € 517,-/jaar -€ 0,50/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			-1.633 kg CO₂	-3.171 kg CO₂	-4.205 kg CO₂

1b. all-electric (COP 1)

Energie		specificatie elektrische weerstandsverwarming elektrische boiler	108,1 kWh/m ² 0 m ³ a.e. 16442 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 6793 kg CO₂-emissie € 4595,-/jaar € 6,37/m²	45,1 kWh/m ² 0 m ³ a.e. 6301 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 3345 kg CO₂-emissie € 2263,-/jaar € 2,44/m²	17,5 kWh/m ² 0 m ³ a.e. 795 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 1473 kg CO₂-emissie € 997,-/jaar € 0,31/m²
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			1.824 kg CO₂	-1.624 kg CO₂	-3.496 kg CO₂

2. HT-warmtenet

Energie		specificatie HT-warmtenet voor verwarming en tapwater bestaande radiatoren	108,1 kWh/m ² 19051 kWh e 607 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 4648 kg CO₂-emissie € 2509,-/jaar € 3,55/m²	68,6 G.J.	45,1 kWh/m ² 9644 kWh e -1781 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 1034 kg CO₂-emissie € 1192,-/jaar € 0,99/m²	34,7 G.J.	17,5 kWh/m ² 5520 kWh e -3889 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 819 kg CO₂-emissie € 423,-/jaar -€ 0,55/m²	19,9 G.J.
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			-321 kg CO₂		-3.935 kg CO₂		-4.150 kg CO₂	

3. MT-warmtenet

Energie		specificatie warmtenet voor verwarming elektrische boiler bestaande radiatoren	108,1 kWh/m ² 15946 kWh e 3338 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 5048 kg CO₂-emissie € 2884,-/jaar € 4,07/m²	57,4 G.J.	45,1 kWh/m ² 6580 kWh e 950 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 2643 kg CO₂-emissie € 1170,-/jaar € 1,51/m²	23,7 G.J.	17,5 kWh/m ² 2478 kWh e -1157 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 1231 kg CO₂-emissie € 750,-/jaar -€ 0,02/m²	8,9 G.J.
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			79 kg CO₂		-2.324 kg CO₂		-3.738 kg CO₂	

4. LT-warmtenet

Energie		specificatie warmtenet voor verwarming elektrische boiler bestaande radiatoren	108,1 kWh/m ² 15927 kWh e 3337 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 5045 kg CO₂-emissie € 2882,-/jaar € 4,07/m²	57,3 G.J.	45,1 kWh/m ² 6571 kWh e 950 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 2643 kg CO₂-emissie € 1169,-/jaar € 1,51/m²	23,7 G.J.	17,5 kWh/m ² 2474 kWh e -1157 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 1230 kg CO₂-emissie € 750,-/jaar -€ 0,02/m²	8,9 G.J.
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			76 kg CO₂		-2.326 kg CO₂		-3.739 kg CO₂	

5. groengas

Energie		specificatie bestaande ketel blijft behouden bestaande radiatoren	108,1 kWh/m ² 2046 m ³ a.e. 320 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 1312 kg CO₂-emissie € 2708,-/jaar € 2,86/m²		45,1 kWh/m ² 1083 m ³ a.e. -1949 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 540 kg CO₂-emissie € 1329,-/jaar € 0,69/m²		17,5 kWh/m ² 661 m ³ a.e. -4004 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 1143 kg CO₂-emissie € 551,-/jaar -€ 0,67/m²	
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			-3658 kg CO₂		-4.429 kg CO₂		-5.128 kg CO₂	

6. biomassa

Energie		specificatie pellet kachel voor verwarming en tapwater bestaande radiatoren	108,1 kWh/m ² 24761 kWh e 286 kWh e 3538 kWh e 0 kWh e 5906 kg CO₂-emissie € 2514,-/jaar € 0,24/m²	4952 kg	45,1 kWh/m ² 12434 kWh e -1973 kWh e 3538 kWh e 2545 kWh e 2845 kg CO₂-emissie € 1181,-/jaar -€ 0,70/m²	2487 kg	17,5 kWh/m ² 7030 kWh e -4024 kWh e 3538 kWh e 5089 kWh e 1143 kg CO₂-emissie € 425,-/jaar -€ 1,52/m²	1406 kg
Δ CO ₂ -emissie (t.o.v. referentie)			937 kg CO₂		-2.124 kg CO₂		-3.827 kg CO₂	

opmerkingen
1) primaire energiefactoren NTA 800 elektr: 1,45 | Gas: 1,0 | warmtelevering: 1,0 | Biomassa: 0,5

2) De energie-inhoud (calorische waarde) van houtpallets bedraagt circa 5 kWh per kilo (bron: "Bio-energie - Techniek - Verbranding" van RVO)

3) CO₂-emissie factoren NTA 8800 elektr: 0,34 kg/kWh | Gas: 1,7878 kg/m³ | Warmtelevering 47,22 kg/GJ | Bioogas 0,0 kg/m³ | Biomassa 0,5 x 0,372 kg/kWh

4) energiekosten (excl. vastrecht / heffingskorting): elektr: 0,23 €/kWh | Gas: 0,79 €/m³ | Warmtelevering 22,69 €/GJ | Biomassa: 0,33 €/kg | Bioogas 0,89 €/m³

5) energieopbrengst: PV-panelen salderingsregels + terugleververgoeding 0,08 €/kWh

Woningtype: rijwoning 1965-1975
Berekeningen o.b.v. Milieprestatie database MPGcalc V1.2 NMD 2.3

Projectgegevens			
project	Circulairket bij aardgasvrije renovaties		
projectnummer	20181916		
opdrachtgever	RvO Utrecht		
datum	27 jun 2019		

Uitgangspunten	
Oriëntatie	voorgevel: noord
Woningtype	rijwoning 1965-1975
Gebruiksovervlak	124,3 m²

0. Referentie	

1. Aardgasvrij zonder energiebesparing	

2. Aardgasvrij met goede isolatie	

3. Energieneutraal (zeer goede isolatie)	

Bouwkundig				
Level				
Buitenblad	baksteenmetselwerk, niet dragend	baksteenmetselwerk, niet dragend	baksteenmetselwerk, niet dragend	baksteenmetselwerk, niet dragend
sponwisolatie	minerale wol vlokken, Knauf Supafil, Rc: 1,30	minerale wol vlokken, Knauf Supafil, Rc: 1,30	minerale wol vlokken, Knauf Supafil, Rc: 1,30	minerale wol vlokken, Knauf Supafil, Rc: 1,30
binnenblad	baksteenmetselwerk, dragend	baksteenmetselwerk, dragend	baksteenmetselwerk, dragend	baksteenmetselwerk, dragend
voordeur	houten stapeldeur met glasopening 0,85 m²	houten stapeldeur met glasopening 0,85 m²	hout geschilderd met glasopening 0,85 m²	hout geschilderd met glasopening 0,85 m²
kouzijnen	Europees naalldhout, geschilderd	Europees naalldhout, geschilderd	Europees naalldhout, geschilderd (draaiende delen)	PVC gerecyclede stalen kokerprofiel
glas	dubbel glas, droog beglaasd	dubbel glas, droog beglaasd	HR++ (dubbel) glas, coating / gasvulling argon, 4/16/4 mm	drievoudig glas droog beglaasd
waterkering	loodslabbe	loodslabbe	loodslabbe	polyethaan folie
latei	staal	staal	staal	staal
verderbank	spaanplaat	spaanplaat	spaanplaat	aluminium
waterdijg	baksteen rollaag	baksteen rollaag	baksteen rollaag	hang- en sluitwerk (nieuw hang- en sluitwerk)
overig	hang- en sluitwerk	hang- en sluitwerk	hang- en sluitwerk (nieuw hang- en sluitwerk)	Rockdome buitenmuurisolatie met steenstrips
Extra isolatie gevel optie 1	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	PUR/PIRschuim platen (pentaan geblazen), R-waarde 4,40
Volledig nieuwe isolatie gevel optie 2	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	baksteenmetselwerk, niet dragend
Nieuw metselwerk bij optie 2	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	

Binnenwanden				
woning/scheidende wand 1x	baksteenmetselwerk, dragend	baksteenmetselwerk, dragend	baksteenmetselwerk, dragend	baksteenmetselwerk, dragend
Binnenwanden	baksteenmetselwerk, niet dragend	baksteenmetselwerk, niet dragend	baksteenmetselwerk, niet dragend	baksteenmetselwerk, niet dragend
binnendeuren	hout, geschilderd	hout, geschilderd	hout, geschilderd	hout, geschilderd
binnenruktzijnen	hout, geschilderd	hout, geschilderd	hout, geschilderd	hout, geschilderd
wandtegels badkamer en toilet	keramische tegel, gelijmd	keramische tegel, gelijmd	keramische tegel, gelijmd	keramische tegel, gelijmd
binnenwandafwerking	kalkstuc	kalkstuc	kalkstuc	kalkstuc

Vloeren				
begane grondvloer	100 mm, balk en broodjes (ingevoerd als beton, in het werk opstart)	100 mm, balk en broodjes (ingevoerd als beton, in het werk opstart)	100 mm, balk en broodjes (ingevoerd als beton, in het werk opstart)	100 mm, balk en broodjes (ingevoerd als beton, in het werk opstart)
isolatie begane grondvloer	EPS, Rc-waarde 1,30	EPS, Rc-waarde 1,30	EPS, Rc-waarde 1,30	EPS, Rc-waarde 1,30
verdiepingsvloeren	kanaalplaatvloer 200 mm	kanaalplaatvloer 200 mm	kanaalplaatvloer 200 mm	kanaalplaatvloer 200 mm
dakvloer	zandcement	zandcement	zandcement	zandcement
vloertegels badkamer en toilet	keramische tegel	keramische tegel	keramische tegel	keramische tegel
binnendorpels	kunststeen	kunststeen	kunststeen	kunststeen
Extra isolatie begane grondvloer optie 1	niet van toepassing	niet van toepassing	EPS, R-waarde 2,20	EPS, R-waarde 3,70
Extra isolatie begane grondvloer optie 2	niet van toepassing	niet van toepassing	EPS+PIR, Platinum Panels	EPS+PIR, Platinum Panels
Volledig nieuwe isolatie vloer optie 3	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	EPS, Rc-waarde 5,0

Daken				
dakconstructie en -beskot	Europees naalldhout balken en delen	Europees naalldhout balken en delen	Europees naalldhout balken en delen	Zie isolatie
dakisolatie	PUR, Rc-waarde 1,30	PUR, Rc-waarde 1,30	PUR, Rc-waarde 1,30	Zie optie 3 en 4
dakpan	keramische dakpan - geglaasurd	keramische dakpan - geglaasurd	keramische dakpan - geglaasurd	keramische dakpan - geglaasurd (nieuw)
dakgoot	staal verzinkt, mastgoot	staal verzinkt, mastgoot	staal verzinkt, mastgoot	staal verzinkt (nieuw)
hwa	staal verzinkt	staal verzinkt	staal verzinkt	gerecycleid pvc, stalen kokerprofiel
dakramen	meranti, geschilderd	meranti, geschilderd	meranti, geschilderd	niet van toepassing
Extra dakisolatie optie 1	niet van toepassing	niet van toepassing	PUR/PIRschuim platen (pentaan geblazen) R-waarde 2,20	niet van toepassing
Extra dakisolatie optie 2	niet van toepassing	niet van toepassing	Steenwol MWA 2012 platen R-waarde 2,20	niet van toepassing
Volledig nieuwe dakisolatie optie 3	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	Dakelementen, houten ribben, steenwol, multiplex
Volledig nieuwe dakisolatie optie 4	niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing	Dakelementen, massief PIR, multiplex

Inrichting				
interne trappen	Europees naalldhout	Europees naalldhout	Europees naalldhout	Europees naalldhout
keukenrangen	Europees naalldhout	Europees naalldhout	Europees naalldhout	Europees naalldhout
aanrechtblad	multiplex, geschilderd	multiplex, geschilderd	multiplex, geschilderd	multiplex, geschilderd
toilet 2x	spaanplaat met kunststof laag	spaanplaat met kunststof laag	spaanplaat met kunststof laag	spaanplaat met kunststof laag
douche	toilet	toilet	toilet	toilet
bad	vloerplaat, gipsblokken incl. tegels	vloerplaat, gipsblokken incl. tegels	vloerplaat, gipsblokken incl. tegels	vloerplaat, gipsblokken incl. tegels
wastafel	acryl prefab	acryl prefab	acryl prefab	acryl prefab
	keramiek	keramiek	keramiek	keramiek

Installatietechnisch				
warmtepomping	Individuele cv-ketel 24 kW	zie onderstaande scenario's	zie onderstaande scenario's	zie onderstaande scenario's
warmtapwater	Individuele cv-ketel toeslag op hr-ketel			
buitensierling	pvc gerecyclede leiding			
binnensierling	pvc gerecyclede leiding			
waterleiding	koper			
gasleiding	koper			
warmtedistributesysteem	polybuteen cv leidingen			
warmteafgifte	radiator, 70-90 graden			
elektricitetsleidingen	geïsoleerde installatiedraad			
ventilatie	systeem A (natuurlijke toe- en afvoer)			
pv-panelen	niet van toepassing			
elektriciteitslevering	netstroom NL-mix			
gaslevering	gaslevering, extern			

1a. all-electric: warmtepomp				
warmtepomping		zie warmteafgifte warmtepomp	zie warmteafgifte warmtepomp	zie warmteafgifte warmtepomp
warmtapwater		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
buitensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
binnensierling		koper	koper	koper
waterleiding		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
gasleiding		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
warmtedistributie		vloerverwarming	vloerverwarming	vloerverwarming
warmteafgifte		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
elektricitetsleiding		natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
ventilatie		niet van toepassing	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
pv-panelen		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
elektricitetslevering		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
gaslevering				

1b. all-electric: COP 1				
warmtepomping		zie warmteafgifte elektrische boiler	zie warmteafgifte elektrische boiler	zie warmteafgifte elektrische boiler
warmtapwater		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
buitensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
binnensierling		koper	koper	koper
waterleiding		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
gasleiding		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
warmtedistributie		IR-panelen	IR-panelen	IR-panelen
warmteafgifte		(geen inverter in MPG, daarom uitgegaan van klimaatplafond gecombineerd met warmte en koude; zwaarteelst)	(geen inverter in MPG, daarom uitgegaan van klimaatplafond gecombineerd met warmte en koude; zwaarteelst)	(geen inverter in MPG, daarom uitgegaan van klimaatplafond gecombineerd met warmte en koude; zwaarteelst)
elektricitetsleiding		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
ventilatie		natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
pv-panelen		niet van toepassing	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
elektricitetslevering		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
gaslevering		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing

2. HT-warmtenet				
warmtepomping		externe warmtelevering, afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, afleverset
warmtapwater		externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset
buitensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
binnensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
waterleiding		koper	koper	koper
gasleiding		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
warmtedistributie		polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen
warmteafgifte		radiator, 70-90 graden	radiator, 70-90 graden	radiator, 70-90 graden
elektricitetsleiding		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
ventilatie		natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
pv-panelen		niet van toepassing	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
elektricitetslevering		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
warmtelevering, extern		buurtniveau, opwekking + distributie	buurtniveau, opwekking + distributie	buurtniveau, opwekking + distributie
gaslevering		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing

3. MT-warmtenet				
warmtepomping		externe warmtelevering, afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, afleverset
warmtapwater		externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset
buitensierling		+ elektrische boiler	+ elektrische boiler	+ elektrische boiler
binnensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
waterleiding		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
gasleiding		koper	koper	koper
warmtedistributie		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
warmteafgifte		polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen
elektricitetsleiding		radiator, 50-70 graden	radiator, 50-70 graden	radiator, 50-70 graden
ventilatie		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
pv-panelen		natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
elektricitetslevering		niet van toepassing	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
warmtelevering, extern		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
gaslevering		buurtniveau, opwekking + distributie	buurtniveau, opwekking + distributie	buurtniveau, opwekking + distributie
		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing

4. LT-warmtenet				
warmtepomping		externe warmtelevering, afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, afleverset
warmtapwater		externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset	externe warmtelevering, toeslag op afleverset
buitensierling		+ elektrische boiler	+ elektrische boiler	+ elektrische boiler
binnensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
waterleiding		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
gasleiding		koper	koper	koper
warmtedistributie		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
warmteafgifte		polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen
elektricitetsleiding		radiator, 45-55 graden (varnwege benodigd verwarmingsoppervlak uitbreiden van 2x GO)	radiator, 45-55 graden (varnwege benodigd verwarmingsoppervlak uitbreiden van 2x GO)	radiator, 45-55 graden (varnwege benodigd verwarmingsoppervlak uitbreiden van 2x GO)
ventilatie		niet van toepassing	niet van toepassing	vloerverwarming (i.c.m. nieuwe dekvlies)
pv-panelen		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
elektricitetslevering		VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
warmtelevering, extern		PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
gaslevering		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
		buurtniveau, opwekking + distributie	buurtniveau, opwekking + distributie	buurtniveau, opwekking + distributie
		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing

5. groen gas				
warmtepomping		Individuele cv-ketel 24 kW	Individuele cv-ketel 24 kW	Individuele cv-ketel 24 kW
warmtapwater		Individuele cv-ketel toeslag op hr-ketel	Individuele cv-ketel toeslag op hr-ketel	Individuele cv-ketel toeslag op hr-ketel
buitensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
binnensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
waterleiding		koper	koper	koper
gasleiding		koper	koper	koper
warmtedistributie		polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen
warmteafgifte		radiator, 70-90 graden	radiator, 70-90 graden	radiator, 70-90 graden
elektricitetsleiding		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
ventilatie		natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
pv-panelen		niet van toepassing	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
elektricitetslevering		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
warmtelevering, extern		gaslevering, extern	gaslevering, extern	gaslevering, extern
gaslevering				

6. Biomassa				
warmtepomping		pelletkachel (ingevoerd als gaskachel; output pelletkachel in EP berekening in kg en kWh, maar dit is niet vergelijkbaar met elektriciteitslevering)	pelletkachel (ingevoerd als gaskachel; output pelletkachel in EP berekening in kg en kWh, maar dit is niet vergelijkbaar met elektriciteitslevering)	pelletkachel (ingevoerd als gaskachel; output pelletkachel in EP berekening in kg en kWh, maar dit is niet vergelijkbaar met elektriciteitslevering)
warmtapwater		pelletkachel (ingevoerd als gaskachel; output pelletkachel in EP berekening in kg en kWh, maar dit is niet vergelijkbaar met elektriciteitslevering)	pelletkachel (ingevoerd als gaskachel; output pelletkachel in EP berekening in kg en kWh, maar dit is niet vergelijkbaar met elektriciteitslevering)	pelletkachel (ingevoerd als gaskachel; output pelletkachel in EP berekening in kg en kWh, maar dit is niet vergelijkbaar met elektriciteitslevering)
buitensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
binnensierling		pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding	pvc gerecyclede leiding
waterleiding		koper	koper	koper
gasleiding		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
warmtedistributie		polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen	polybuteen cv leidingen
warmteafgifte		radiator, 70-90 graden	radiator, 70-90 graden	radiator, 70-90 graden
elektricitetsleiding		geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad	geïsoleerde installatiedraad
ventilatie		natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer	VLA ventilatiesysteem, type C, W-bouw	VLA ventilatiesysteem, type D met WTW, W-bouw
pv-panelen		niet van toepassing	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels	PV, mono-Si; hellend dak incl. inverter+kabels
elektricitetslevering		netstroom NL-mix	netstroom NL-mix	netstroom NL-mix
warmtelevering, extern		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing
gaslevering		niet van toepassing	niet van toepassing	niet van toepassing

Algemene uitgangspunten

- Een woonfunctie heeft conform de bepalingmethode een levensduur van 75 jaar. Voor de rijwoning 1965-1975 wordt daarom uitgegaan van een restant levensduur van 25 jaar. Dit betekent dat de bestaande materialen en installaties die in de woning aanwezig zijn voor 1/3 worden meegenomen. Dit is in de berekening verdisconteerd door het gebruiksovervlak, het oppervlak in m², het gas- en elektraverbruik of de hoeveelheden voor 1/3 in te voeren.
- Voor de nieuwe materialen is rekening gehouden met de verwachte levensduurverlenging van de woning, deze is afhankelijk van de keuze in variant:
 - Variant 1: levensduurverlenging op 25 jaar extra (nieuwe materialen voor 1/3 meegenomen).
 - Variant 2: levensduurverlenging op 25 jaar extra (nieuwe materialen voor 1/3 meegenomen).
 - Variant 3: levensduurverlenging op 50 jaar extra (nieuwe materialen voor 2/3 meegenomen).

