



**Vlaanderen**  
is erfgoed

# Onderzoeksrapport

## Koolstofarm verwarmen en koelen van woningen met erfgoedwaarde

Rapport met toelichting van de methodiek,  
het onderzoeksproces en de  
resultaten

Agentschap  
Onroerend  
Erfgoed

## COLOFON

### TITEL

Koolstofarm verwarmen en koelen van woning met erfgoedwaarde  
Rapport met toelichting van de methodiek, het onderzoeksproces en  
de resultaten

### REEKS

Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed nr. 337

### AUTEURS

Filip Descamps, Pieter Bosmans, Margot De Pauw en Roel Hendrickx

### JAAR VAN UITGAVE

2024

Een uitgave van agentschap Onroerend Erfgoed, Wetenschappelijke  
instelling van de Vlaamse Overheid, Beleidsdomein Omgeving  
Published by the Flanders Heritage Agency, Scientific Institution of the  
Flemish Government, policy area Environment

### VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Peter De Wilde

### LEDEN STUURGROEP

Agentschap Onroerend Erfgoed: Nathalie Vernimme,  
Ann-Katrijn Van Hootegem, Hilde Thibaut, Inge Appermont,  
Elke Denissen, Nancy Thiels, Anouk Decavele, Maarten Van Dijck,  
Gorduna: Isolde Verhulst,  
VEKA: Mieke Deurinck, Dieter Patteeuw

### EINDREDACTIE

Nathalie Vernimme en Sen Dhollander

### OMSLAGILLUSTRATIE

Binnenunit van monoblock warmtepomp installatie, ingewerkt in nis  
© Dieter Daniels, Rooilijn Architectuur

agentschap Onroerend Erfgoed  
Koning Albert II-laan 15 bus 236  
1210 Brussel  
T +32 2 553 16 50  
info@onroenderfgoed.be  
www.onroenderfgoed.be

Dit werk is beschikbaar onder de Modellicentie Gratis Hergebruik v1.0.  
This work is licensed under the Free Open Data Licence v.1.0.

Dit werk is beschikbaar onder een Creative Commons Naamsvermelding  
4.0 Internationaal-licentie. Bezoek  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> om een kopie te zien van  
de licentie.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution  
4.0 International License. To view a copy of this license, visit  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

<https://doi.org/10.55465/IELJ9627>  
ISSN 1371-4678  
D/2024/3241/328



////////////////////////////////////

**KOOLSTOFARM**  
**VERWARMEN EN**  
**KOELEN VAN**  
**WONINGEN MET**  
**ERFGOEDWAARDE**

Rapport met toelichting van de  
methodiek, het onderzoeksproces en de  
resultaten

////////////////////////////////////

FILIP DESCAMPS, PIETER BOSMANS, MARGOT DE PAUW EN ROEL HENDRICKX

EINDREDACTIE: NATHALIE VERNIMME EN SEN DHOLLANDER

1	TOEPASSINGSGBIED EN BESCHRIJVING VAN DE METHODE.....	5
1.1	TOEPASSINGSGBIED.....	5
1.2	VERLOOP VAN DE ANALYSE .....	6
2	AANPAK EN VERLOOP VAN HET ONDERZOEK .....	8
2.1	KEUZEBOOM VOOR TECHNISCHE KEUZES IN DE ONTWERPFASE .....	8
2.2	KEUZEBOOM ALS BASIS VOOR OPBOUW CATALOGUS .....	9
2.3	ONTDUBBELING ERFGOEDKEUZES EN TECHNISCHE KEUZES .....	10
3	RESULTATEN .....	12
3.1	AFWEGINGSSCHEMA'S EN BESLISSINGSBOOM .....	12
3.2	CATALOGUS .....	14
3.3	RAPPORT GEVALSTUDIES.....	14
3.4	BELEIDSAANBEVELINGEN .....	16
4	SWOT-ANALYSE VAN HET PROJECT .....	17
4.1	STERKTES.....	17
4.2	ZWAKTES.....	17
4.3	OPPORTUNITEITEN .....	17
4.4	BEDREIGINGEN.....	18
	BIJLAGE 1: BEGELEIDING ONDERZOEK.....	19
	INTERNE AFTOETSING .....	19
	AFTOETSING VIA STUURGROEP .....	19
	AFTOETSING VIA WORKSHOPS MET CONSULENTEN .....	19
	EXTERNE AFTOETSING .....	20
	BIJLAGE 2: AFWEGINGSSYSTEMEN VAN KOOLSTOFARME SYSTEMEN.....	21
	BIJLAGE 3: BESLISSINGSBOOM KOOLSTOFARME SYSTEMEN .....	24
	BIJLAGE 4: BIBLIOGRAFIE .....	32



# 1 TOEPASSINGSGBIED EN BESCHRIJVING VAN DE METHODE

## 1.1 TOEPASSINGSGBIED

Dit rapport bij de studie koolstofarm verwarmen (en koelen) van woningen met erfgoedwaarde omvat een duiding van de stappen gevolgd om tot de methode te komen voor de integratie van koolstofarme klimaatsystemen (opwekkingssystemen, afgiftesystemen en ventilatiesystemen) met respect voor het behoud van de erfgoedwaarde van de woning. De methodologie kan door erfgoedconsulenten en ontwerpers worden toegepast, rekening houdend met historische en technische overwegingen. De methode is gericht op individuele woningen, variërend van vrijstaande villa's tot rijhuizen. Ze bestaat uit drie stappen:

- \*Analysestap door erfgoedconsulent: gebaseerd op afwegingsschema's, onder de vorm van een in te vullen rekenblad;
- \*Ontwerpstap door de ontwerper: gebaseerd op een beslissingsboom, een grafisch schema dat de ontwerpbeslissingen ondersteunt;
- \*Terugkoppelingsstap: faciliteert het overleg tussen consulent en ontwerper.

Het rapport gaat ook in op keuzes die gemaakt zijn in het onderzoeksproces en bevat een korte uitleg bij de resultaten.

De evolutie naar koolstofarme woningen met erfgoedwaarde is binnen de erfgoedsector een revolutie. Historisch was/is er bij restauratie nauwelijks aandacht voor de aanwezige klimaatsystemen. De reden daarvoor is tweëerlei: typisch zijn beschermde woningen technologie-arm, en de erfgoedconsulenten beschikken in vele gevallen niet over een actuele en gedetailleerde technologische kennis.

Hoewel technologie zeker niet de enige piste is om te streven naar CO<sub>2</sub>-neutraliteit, maakt het er toch een cruciaal onderdeel van uit. De integratie ervan in woningen – en zeker in beschermde woningen – is een stevige uitdaging. De bewoners van woningen met erfgoedwaarde hebben een terechte bekommernis rond de toekomstige betaalbaarheid van hun energierekening.

Vanuit de erfgoedsector is er vraag naar begeleiding van renovaties op het pad naar een koolstofarme toekomst. Deze uitdaging loopt parallel met de uitdaging voor het renoveren van het grote bestand aan niet beschermde oudere woningen die ook deel uitmaken van onze culturele bagage.

De methode gehanteerd in het onderzoek richt zich op individuele woningen. Deze typologie van woonvormen is zeer breed: vrijstaande of half vrijstaande woningen (villa's, bungalows, landhuizen, kastelen, boerderijwoningen), en rijwoningen (arbeiderswoningen, burgerhuizen, herenhuizen). De methode is niet van toepassing op appartementen en collectieve woningen, noch op andere verblijfsgebouwen (vakantiecentra, hotels, gevangenissen). De methode heeft als doel te komen tot voorstellen voor de integratie van koolstofarme klimaatsystemen (opwekkingssystemen, afgiftesystemen en ventilatiesystemen) met respect voor het behoud van de erfgoedwaarde van de woning.

De methode bestaat uit drie stappen: (1) een voorafgaande analyse door de erfgoedconsulent op basis van **afwegingsschema's**, (2) een ontwerpstap door de ontwerper op basis van een **beslissingsboom** en een (3) terugkoppelingsstap.



De **analyse** gebeurt niet noodzakelijk rechtlijnig, maar kan verschillende iteraties kennen, zodat het overleg tussen erfgoedconsulent en ontwerper alle kansen krijgt.

De ontwikkelde encyclopedische **catalogus** geeft een gedetailleerd overzicht van de beschikbare koolstofarme systemen, met een klemtoon op de impact van deze systemen op de erfgoedwaarde. Als in het verloop van de analyse bij de erfgoedconsulenten of ontwerpers technische vragen bij de systemen opkomen, dan kunnen ze voor een onderbouwing in deze catalogus terecht als bron van antwoorden, en als inspiratiebron.

Er werden in het kader van het onderzoek ook tien **gevalstudies** uitgewerkt. Deze gevalstudies illustreren de concrete implementatie van de methode op zeer uiteenlopende erfgoedcases. Deze gevalstudies illustreren dat elk geval specifiek is, en dat het belangrijk is dat de voorgestelde methode als richtsnoer te gebruiken, maar niet als een strak keurslijf.

## 1.2 VERLOOP VAN DE ANALYSE

### 1.2.1 STAP 1: ANALYSE DOOR DE ERFGOEDCONSULENT – AFWEGINGSSCHEMA'S

In een eerste stap beoordeelt de erfgoedconsulent die elementen van de erfgoedwaarde van de woning die een impact hebben op het ontwerp van de technische installaties. Er gebeurt een aparte beoordeling in afwegingsschema's voor drie installatiecomponenten: de opwekkers van warmte en koude, de ventilatie-installatie en de afgifte-elementen. De drie afwegingsschema's voor koolstofarme technologieën liggen in lijn met de parallele door het agentschap Onroerend Erfgoed gehanteerde afwegingsschema's voor de isolatie van schildelen (wanden, vloeren, daken en schrijnwerk) en voor de toepassing van zonnepanelen.

De afwegingsschema's voor koolstofarme systemen (zie bijlage 2) nemen de vorm aan van drie aan elkaar gekoppelde tabbladen in een rekenblad.

De beoordeling van de installaties gebeurt op basis van een antwoord op een vaste reeks vragen. De vragen zijn expliciet niet van technische aard, maar wel van erfgoedkundige aard. Er zijn een aantal vaste antwoorden mogelijk (ja, neen, eventueel, niet van toepassing ...). Om de specifieke context voldoende te kunnen in rekening brengen, krijgt de erfgoedconsulent de kans om voor elk antwoord extra duiding toe te voegen, en om het antwoord of de duiding met foto's te illustreren.

Op het ogenblik van het invullen van de drie afwegingsschema's is de erfgoedconsulent zich niet noodzakelijk bewust van alle erfgoedkundige aspecten. Ook zonder gedetailleerde informatie uit het beschermingsbesluit, en zonder historische studie kunnen de vragen minstens voorlopig beantwoord worden. Bij twijfel kan de erfgoedconsulent via de duiding nuances in het antwoord aanbrengen. Het is wenselijk dat de erfgoedconsulent in de derde stap van deze analyse op basis van bijkomende informatie de antwoorden kan bijsturen. Bij de vraagstelling gaan we ervan uit dat de erfgoedconsulent minstens de woning bezoekt en de relevante elementen documenteert en fotografeert vooraleer de afwegingsschema's worden ingevuld. De afwegingsschema's hebben daarom een voorlopig en informatief karakter, en de antwoorden kunnen in een terugkoppelingsfase op basis van bijkomende informatie, of op basis van een overleg met de ontwerper herzien worden.

Het invullen van de afwegingsschema's biedt een kans voor de erfgoedconsulent om de randvoorwaarden en klijlijnen te definiëren waarbinnen de ontwerper een ontwerpoplegging kan bedenken.





### 1.2.2 STAP 2: DE FORMULERING VAN ONTWERPVOORSTELLEN VAN DE ONTWERPER - BESLISSINGSBOOM

De erfgoedconsulent maakte in de eerste stap een beoordeling van de impact van de geselecteerde technieken op de erfgoedwaarde. Deze beoordeling werd op een automatische manier tot een eindbeoordeling aangevuld met een energetische en milieutechnische beoordeling. Deze beoordeling is een eerste inschatting van het potentieel en meestal gebaseerd op onvolledige informatie. Naast de beoordeling uit de afwegingschema's krijgt de ontwerper ook de duiding, en de foto's die door de erfgoedconsulent als belangrijk worden gezien.

Deze informatie vormt voor de ontwerper het startpunt voor het formuleren van ontwerpvoorstellen. De basis voor ontwerpvoorstellen is veel groter dan de informatie uit de afwegingschema's voor koolstofarme technieken: er is de info uit andere afwegingschema's (isolatie gevels, daken, vloeren, schrijnwerk, ...), er zijn functionele, financiële, juridische, stedenbouwkundige, brand technische en vergunning technische randvoorwaarden waartussen wordt geschipperd om tot een goede ontwerpoplossing te komen. Onvermijdelijk is de eindoplossing niet voor alle deelaspecten even optimaal.

Om de ontwerper te ondersteunen in het beslissingsproces voor koolstofarme technieken, is een beslissingsboom (zie bijlage 3) beschikbaar. De beslissingsboom kan in twee richtingen gebruikt worden: top-down en bottom-up.

In de top-down benadering start de ontwerper bij de eerste vraag van de beslissingsboom, en doorloopt de drie stappen van de beslissingsboom. De antwoorden op een deel van de vragen wordt gestuurd door de antwoorden en duiding in de afwegingschema's. Het gaat daarbij niet alleen om de afwegingschema's die binnen dit project werden ontwikkeld maar ook om alle andere beschikbare afwegingschema's. Andere vragen worden gestuurd door de concrete context, of door andere afwegingschema's voor de gebouwschil. Door deze werkwijze geeft de beslissingsboom aan welke van de voorkeursoplossingen uit de afwegingschema's, de meest zinvolle koolstofarme oplossing zijn in een concreet geval. Sommige keuzes in de beslissingsboom zijn sterk afhankelijk van de context, en kunnen niet beoordeeld worden zonder de interventie van een technologie-expert. Uiteraard kan een ontwerper met de nodige competenties ook zelf deze taak op zich nemen

De beslissingsboom kan ook in de omgekeerde richting bottom-up gebruikt worden. De ontwerper kan voor elke voorkeursoplossing uit de afwegingschema's afleiden welke randvoorwaarden vereist zijn om deze oplossing als finale oplossing te kunnen kiezen.

### 1.2.3 STAP 3: TERUGKOPPELING EN DEFINITIEVE ANALYSE

Op basis van de krijtlijnen uit de afwegingschema's en op basis van de resultaten van de beslissingsboom kan de ontwerper concrete oplossingen uitwerken. Bij de uitwerking kunnen vragen en beslissingsmomenten ontstaan die noch in de afwegingschema's, noch in de beslissingsboom aan bod kwamen. Het is daarom de bedoeling dat de ontwerper in overleg gaat met de erfgoedconsulent om concrete ontwerpoplossingen opnieuw te toetsen aan de erfgoedaspecten die in de afwegingschema's aan bod kwamen. Hierbij kan de ontwerper bijkomende informatie aandragen die het antwoord om sommige erfgoed gekoppelde vragen in de afwegingschema's kunnen bijsturen, waardoor eventueel andere voorkeursoplossingen naar voor komen. Dit vergt zowel van de ontwerper als de erfgoedconsulent een grote openheid, maar het komt het vinden van de beste oplossing zeker ten goede.

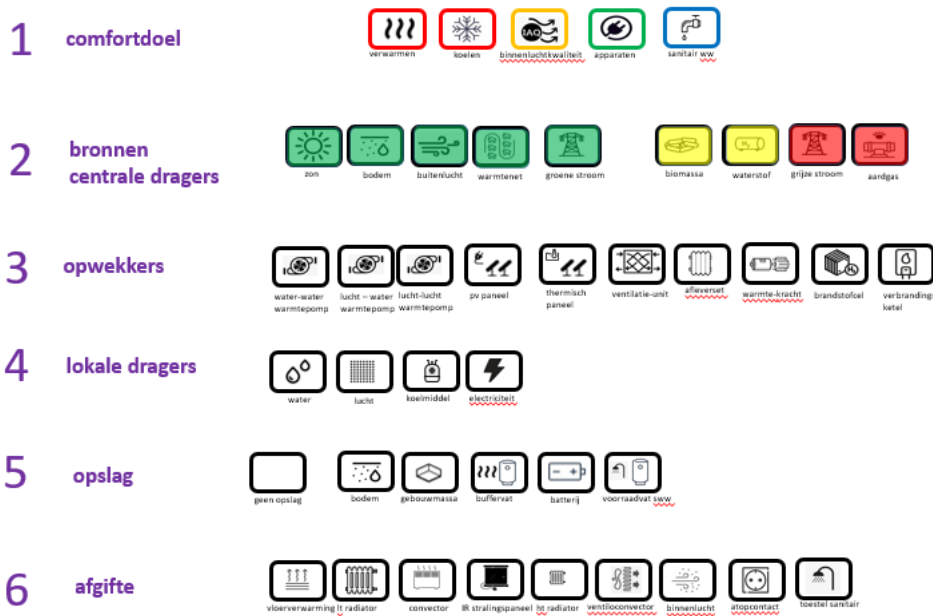


## 2 AANPAK EN VERLOOP VAN HET ONDERZOEK

### 2.1 KEUZEBOOM VOOR TECHNISCHE KEUZES IN DE ONTWERPFASE

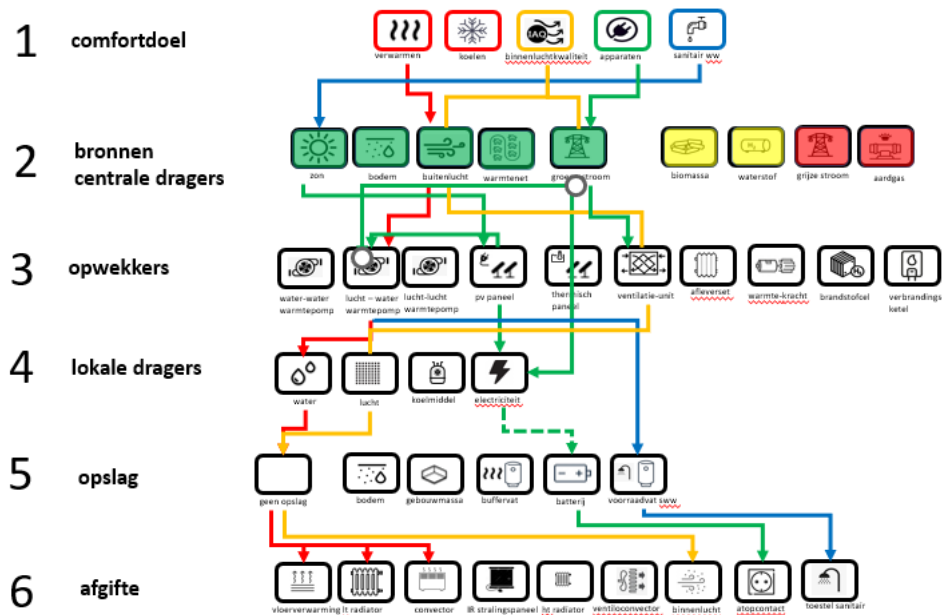
Bij de start van het onderzoeksproject werd een analyse gemaakt van de methodiek die een ontwerper van technische installaties gebruikt om tot ontwerp oplossingen te komen.

#### Keuzeboom voor klimaatsysteem



De eerste stap in een ontwerpfase, is het vastleggen van het comfortdoel, in een tweede stap wordt de energiebron gekozen die via een opwekker, lokale dragers en/of opslagsystemen uiteindelijk verbonden wordt aan een afgiftesysteem. Een keuzeboom werd opgemaakt om de brede waaier aan keuzemogelijkheden in dit ontwerpproces te demonstreren. Zoals concreet aangegeven in de onderstaande figuur, is elk concreet klimaatsysteem opgebouwd uit keuzes op deze zes niveaus.





Tijdens de eerste besprekingen van dit schema in de stuurgroep kwamen grote bedenkingen naar boven bij erfgoedconsulenten in verband met het - op basis van beperkte technische gegevens en een bezoek ter plaatse- maken van technische keuzes. Hoewel in dat schema geen resultaten van berekeningen werden gevraagd, waren enkele vragen toch ver buiten de comfortzone van de consulenten.

## 2.2 KEUZEBOOM ALS BASIS VOOR OPBOUW CATALOGUS

Op basis van de keuzeboom werd de inhoudstafel van de catalogus opgesteld, en werd een uitgebreide marktanalyse van producten uitgewerkt. Deze marktanalyse vond een neerslag in de geïllustreerde catalogus ‘Koolstofarm verwarmen en koelen van erfgoedwoningen’

De technieken die in de catalogus vermeld worden, geven een overzicht van wat vandaag technisch mogelijk is. Zij hebben hun efficiëntie en nut bewezen. Verder zijn zij voldoende ingeburgerd, zodat het vinden van installateurs met kennis ter zake mogelijk is.

Enkele beloftevolle technologieën voor de toekomst worden kort vermeld. Er wordt niet diep ingegaan op technieken die onvoldoende de ambitie naar een koolstofarme toekomst kunnen realiseren, noch op technieken of systemen die nog onvoldoende ‘marktklaar’ zijn.

Het onderscheid tussen systemen die voldoende beproefd en beschikbaar zijn en systemen die nog te experimenteel en/of niet beschikbaar zijn, wordt gemaakt aan de hand van de **Technology Readiness Level** oftewel **TRL**. De TRL geeft in stappen van 1 tot 9 de maturiteit van een technologie, gaande van de observatie van de basisprincipes tot een “*actual system proven in operational environment*”.

De catalogus bespreekt systemen met TRL 8 en 9 in detail. Het potentieel van enkele systemen met lagere TRL wordt verder in de tekst geduid, aan het einde van de sectie over opwekkingssystemen.



Het schrijven van de catalogus was een werk van lange adem. De breedte van het doelpubliek was een ware uitdaging. In het bijzonder vroeg de stuurgroep om de oplossingen meer met foto's te illustreren en was er twijfel rond het soms zeer technische karakter van de catalogus.

## 2.3 ONTDUBBELING ERFGOEDKEUZES EN TECHNISCHE KEUZES

De benadering met de keuzeboom bleek bij overleg met de stuurgroep al te technisch, en er werd verwacht dat de methodiek die door installatie-ontwerpers werd gehanteerd, te ver afstand van de leefwereld van de erfgoedconsulenten. De methode gaf ook te weinig handvaten om als systeem voor erfgoedbewaking te kunnen ingezet worden.

Daarom werd de methode opgesplitst in een systeem met een erfgoedkundig deel, en een technisch deel. Het eerste deel was bedoeld voor de erfgoedconsulenten, het tweede deel voor de ontwerpers.

Het erfgoeddeel werd gegoten in een afwegingsschema. Aan de erfgoedconsulenten worden alleen erfgoed gerelateerde vragen gesteld. Om ook technische basisinformatie aan de ontwerpers door te kunnen geven, werd ook het thema energie- en milieu in de eindbeoordeling opgenomen, zonder dat daarvoor technische afwegingen van de erfgoedconsulenten vereist zijn.

De afwegingsschema's werden in een groot aantal stappen en in overleg met de stuurgroep verfijnd. Er werd vertrokken van bestaande afwegingskaders (VEKA, P-renewal, afwegingskader RCE, Werkdocument warmtepompen monumenten Leiden, TNO Notitie: Duiding Milieuprestatie Warmtepompen in de bestaande bouw). Er werd voor gekozen om te werken (zoals dat voor de andere afwegingsschema's gebeurt) vanuit een Excel rekenblad. Het Excel bestand bevat drie tabbladen; één voor elk thema.

Het Excel bestand werd vervolgens zowel door de ontwerpers van de methodiek als door de erfgoedconsulenten getest op concrete cases. In overleg met de stuurgroep en de erfgoedconsulenten werden de vragen op basis van deze toepassing in elk thema eenduidiger en duidelijker geformuleerd en kwam er een contextbeschrijving bij elke vraag. Het strikt erfgoedkundige karakter van de vragen die door de erfgoedconsulenten moesten ingevoerd worden, werd door hen streng bewaakt. In een laatste stap werd een kolom 'duiding' toegevoegd, waarin de erfgoedconsulenten hun antwoord kunnen nuanceren. Er werd ook een tabblad toegevoegd voor foto's, om zo het volledige werk van de erfgoedconsulent in één enkel document te kunnen bundelen.

Belangrijke uitgangspunten bij de ontwikkeling van de afwegingsschema's waren:

- de maximale compatibiliteit met de schema's van VEKA ;
- de helderheid van keuzes en criteria, om zo weinig mogelijk discussies te genereren;
- voortbouwend op de bestaande en in ontwikkeling zijnde afwegingsschema's;
- alleen gericht op de huidige competenties van de erfgoedconsulenten.

In het Excel bestand werden de in te vullen cellen paars aangeduid, en werd de tussenbeoordeling geautomatiseerd. Er werd een samenvattende tabel toegevoegd waarin de erfgoedconsulent de finale beoordeling kan toevoegen. De handleiding bij het Excel blad is in het eerste hoofdstuk van dit document opgenomen. De evolutie van de afwegingsschema's is gedocumenteerd onder bijlage Afwegingsschema's.

Voor de beslissingsboom voor de ontwerper werd een andere aanpak gehanteerd dan bij de afwegingskaders. Er werd een boomstructuur uitgebouwd, waarbij eerst schil- en



ventilatiemaatregelen het pad bepalen, daarmee de keuze van de opwekker aan bod komt, en finaal een keuze voor zon-thermische systemen en de bereiding van sanitair warm water gemaakt wordt. Deze structuur is een vereenvoudiging van de keuzeboom die aanvankelijk werd uitgewerkt. Bij de finale oplossingen wordt telkens een eerste indicatie gegeven van de investeringskost en de mate waarin het klimaatsysteem als koolstofarm kan bestempeld worden. Ook de beslissingsboom doorliep een groot aantal tussentijdse aanpassingen na de besprekingen met stuurgroep en erfgoedconsulenten.



### 3 RESULTATEN

#### 3.1 AFWEGINGSSCHEMA'S EN BESLISSINGSBOOM

De afwegingschema's voor koolstofarme systemen (opwekking afgifte, ventilatie) zijn opgenomen als bijlage 2 bij dit document. De afweging gebeurt voor drie thema's: (i) impact op het erfgoed - opgesplitst in impact op exterieur en interieur, (ii) impact op energie en (iii) impact op omgeving/leefmilieu en comfort. Elk thema is opgesplitst in een aantal te beoordelen deelaspecten.

- Impact op de buitenschil en het uitzicht: Bij dit onderdeel wordt voornamelijk gekeken naar de invloed op de directe buitenschil (gevel, dak, ramen) en of de installatie invloed heeft op het uitzicht. Bijvoorbeeld, moeten er (zichtbare) doorvoeren in het dak of de buitenschil gerealiseerd worden?
- Impact op het interieur: Bij dit onderdeel wordt voornamelijk gekeken naar de invloed op het interieur. Bijvoorbeeld, is de installatie zichtbaar binnen? Heeft de installatie veel invloed op de lay-out van de woning?
- Impact op het omgeving/ leefmilieu en comfort: Bij dit onderdeel wordt voornamelijk gekeken naar de invloed op het perceel maar ook de directe invloed op lokale flora en fauna, waaronder waardevolle bomen. Bijvoorbeeld, moet er op perceelniveau ruimte beschikbaar zijn voor de aanleg en opstelruimte van de installatie? Sommige aspecten van een installatie hebben geen directe invloed op de esthetische kwaliteit van een erfgoed woning maar kunnen de (leef) kwaliteit van een erfgoed woning op een andere manier beïnvloeden. Onderdelen die hierbij horen zijn bijvoorbeeld comfort gerelateerde kwesties, schimmelvorming, vergunningstrajecten of de energiekosten van de bewoners.

Deze thema's en de deelaspecten ervan vormen de rijen van het rekenblad. In de kolommen worden de mogelijke hedendaagse technologieën op een rij gezet, en individueel beoordeeld. In de voorlaatste kolom wordt de scoremethodiek toegelicht, en de laatste kolom wordt gebruikt om bijkomende toelichtingen en opmerkingen op te nemen.

Elke technologie wordt beoordeeld op een drievoudige schaal: een beoordeling (+) als de technologie op een deelcriterium goed scoort, (+/-) als de technologie neutraal scoort, en (-) als de technologie slecht scoort.

De tussenbeoordeling voor een thema wordt als volgt bepaald: als op één van de deelvragen van het thema – (negatief) wordt geantwoord, dan is de tussenbeoordeling voor dat thema – (negatief). Als er meer vragen + (positief) wordt geantwoord dan +/- (tussenliggend), dan is de tussenbeoordeling + (positief), in het omgekeerde geval +/- (tussenliggend). In het Excel-blad zijn de plaatsen waar een antwoord van de erfgoedconsulent verwacht wordt, in het paars aangegeven.

Op basis van de antwoorden op de vragen voor het thema 'erfgoed' wordt de haalbaarheid van diverse technische systemen beoordeeld. Voor het thema 'energie' en het thema 'impact op omgeving/leefmilieu en comfort' gebeurt de beoordeling per technologie volautomatisch. De scores zijn vooraf door het onderzoeksteam vastgelegd. Deze scores komen in een blauwe kleur. Soms is de beoordeling van de technologie wel afhankelijk van een bijkomende ja/nee vraag die door de erfgoedconsulent moet beoordeeld worden.



Overzicht vertaling naar technische beoordelingen:

- (1) een automatisch gegenereerde beoordeling die door de bedenkers van de methodiek werd bepaald op basis van het antwoord van de erfgoedconsulent; dit vermijdt dat van de erfgoedconsulent een doorgedreven technische kennis wordt gevraagd. Het automatische antwoord is onvermijdelijk eerder generiek. Een aanpassing van de automatische gegenereerde beoordeling kan in concrete gevallen zinvol zijn;
- (2) een automatisch gegenereerde beoordeling die door de bedenkers van de methodiek werd bepaald zonder dat een antwoord van de erfgoedconsulent vereist is; dit gaat om technische vragen die voor de eindbeoordeling van belang zijn, maar geen directe impact hebben op de erfgoedwaarde;
- (3) de mogelijkheid voor de erfgoedconsulent om per systeem een beoordeling te geven om in gevallen waarin de impact van een specifiek systeem op de erfgoedwaarde onmogelijk algemeen kan bepaald worden.

De eindbeoordeling van de geselecteerde technieken gebeurt over de drie thema's heen door de erfgoedconsulent. Er zijn drie beoordelingsmogelijkheden: voorkeur, mogelijk of niet mogelijk. De eindbeoordeling gebeurt niet automatisch: De erfgoedconsulent heeft de kans om het gewicht van de verschillende thema's in individuele gevallen te beoordelen.

Het is niet de bedoeling dat de beoordeling door de erfgoedconsulent in deze fase al te restrictief gebeurt: het is belangrijk om voldoende mogelijkheden open te houden. Een aantal geselecteerde technieken kunnen in de volgende stappen nog sneuvelen en bij een al te strikte beoordeling dreigt een situatie te ontstaan waarin niets nog mogelijk is. Hoewel dat in sommige gevallen wel het geval kan zijn, leidt het wel tot het onmogelijk maken van een traject naar een koolstofarme oplossing. Op dat ogenblik resteren alleen nog niet-koolstofarme technieken, die in deze methode alleen als noodoplossing worden voorgesteld.

Op het ogenblik dat de afwegingsschema's wordt ingevuld, kent de erfgoedconsulent nog niet de ontwerpvoorstellen die finaal uit de bus kunnen komen. Dit kan ertoe leiden dat de erfgoedconsulent door het ontbreken van concrete oplossingen, de afwegingsschema's op een te strikte manier invult, en zo het speelveld voor de ontwerper al te zeer beperkt. Dit is uitdrukkelijk niet de bedoeling van de afwegingsschema's. Het is wel de bedoeling uit te sluiten wat in een bepaalde context absoluut niet lijkt te kunnen. Er is in stap 3 de kans om de ingevulde afwegingsschema's bij te sturen op basis van eventueel bijkomende informatie of op basis van concrete ontwerpvoorstellen.

Bijna nooit leiden de afwegingsschema's tot een unieke voorkeursoplossing. Het kan dat de voorgestelde voorkeursoplossingen in de gegeven context gewoon niet haalbaar zijn. Deze oplossingen worden niet uitgesloten in de afwegingsschema's (die erfgoedgericht zijn), maar sneuvelen in stap 2 (beslissingsboom, technisch gericht) waar met een ruimere context wordt rekening gehouden.

De beslissingsboom –opgenomen als bijlage 3 bij dit document bestaat uit 4 delen: 1. thermische isolatie schil , ventilatie en temperatuurniveau ; 2. systeemkeuze (met een onderscheid in lage- en hoge temperatuursystemen) ; 3. sanitair warm water en zonnepanelen; 4. mogelijke systemen per afwegingsschema (ventilatie/ afgifte/ opwekking).

Op basis van ja/nee vragen (gele ruit) kan de ontwerper een pad in de beslissingsboom kiezen dat resulteert in een aanbevolen technologie (groene rechthoek). De vragen in de beslissingsboom peilen naar de context. De erfgoedkundige aspecten vormen een onderdeel van deze context en worden in de beslissingsboom meegenomen via de antwoorden uit de afwegingsschema's. Telkens wanneer een afwegingsschema moet geraadpleegd worden, wordt dat in de beslissingsboom aangegeven met een paarse ster.



## 3.2 CATALOGUS

De catalogus is gepubliceerd onder de titel: Koolstofarm verwarmen en koelen van woningen met erfgoedwaarde: catalogus installaties

De catalogus biedt een goed startpunt voor *bouwheren* die meer diepgaand willen kennismaken met duurzame technieken in erfgoedwoningen. De bedoeling van de catalogus is encyclopedisch, waardoor sommige delen herhaald worden onder verschillende hoofdstukken, met de bedoeling om per hoofdstuk omvattend te zijn.

De catalogus fungeert ook als een begeleidende tekst bij de afwegingsschema's (AWS) die ingrepen evalueren met betrekking tot de erfgoedwaarde en de beslissingsbomen voor systeemkeuzes. Het biedt de *ontwerper* houvast bij de keuzes die in de beslissingsbomen moeten gemaakt worden.

De catalogus heeft daarnaast als bedoeling om de bredere (installatietechnische) context van de keuzes te schetsen en zo het blikveld van de *ontwerpers en consulenten* te verbreden.

Het document bestaat uit twee delen.

In het eerste deel wordt de maatschappelijke context (context en ambitie) beschreven. Er wordt ingegaan op de vraag hoe we een evenwicht bereiken tussen de maatschappelijke ambitie naar CO<sub>2</sub>-neutraliteit en het behoud van de erfgoedwaarde van beschermde woningen. Eigenaars van erfgoedwoningen kunnen energiebesparende maatregelen nemen om hoge stookkosten te beperken, vooral in tijden van volatiele energieprijzen. Deze maatregelen worden vaak uitgevoerd tijdens bredere restauratie- of renovatiecampagnes, vaak kort na eigendomswissel of als overheidsvoorschrift als de woning geen EPC-label D haalt. Het vervangen van een verouderde verwarmingsketel is een geschikt moment om het hele verwarmingssysteem te herzien, maar moet tijdig voorbereid worden om als eigenaar tijdig de flankerende maatregelen te kunnen nemen, en niet gedwongen te worden voor langere tijd opnieuw met niet-koolstofarme technologieën achter te blijven.

Het tweede deel omvat een gedetailleerde beschrijving van de op dit moment beschikbare technologieën en componenten voor (duurzame) warmteopwekking, ventilatie en warmteafgifte met oog voor de belangrijkste hinderpalen en opportuniteiten bij integratie in erfgoedwoningen. De catalogus is toegespitst op een gebruik in een erfgoedkader. Er wordt dus ingegaan op de technologische aspecten, maar ook op de beoordeling van de erfgoedwaarde. Bij elke technologie wordt de impact op erfgoed benaderd op basis van de criteria die aan de grondslag liggen van de afwegingsschema's. De catalogus fungeert als bron van encyclopedische informatie en inspiratie voor erfgoedconsulenten en ontwerpers, met een focus op technieken die hun efficiëntie en nut bewezen hebben.

## 3.3 RAPPORT GEVALSTUDIES

Het rapport 'Gevalstudies: becijferde voorbeeldscenario's voor concrete technische oplossingen' presenteert de bevindingen van een scenario-onderzoek gericht op de integratie van koolstofarme klimaatsystemen in verschillende types erfgoedwoningen. De focus ligt op het formuleren van concrete conclusies en aanbevelingen in een aantal cases.



Er werden 10 veel voorkomende types erfgoedwoningen onderzocht, waarbij rekening wordt gehouden met de erfgoedwaarden en drie verschillende isolatieniveaus. De ontwikkelde methodiek en werkvolgorde wordt geïllustreerd aan de hand van de toepassing ervan op de typewoningen. Elk type woning wordt grondig geanalyseerd en gedocumenteerd, met commentaar dat de besluitvorming en het proces achter elke stap verheldert.

De volgende woningen met erfgoedwaarde worden besproken:

- Hoeve De Hertogh, Neervelp (beschermd monument sinds 2002)
- Herenhuis, Gent (vastgesteld bouwkundig erfgoed sinds 1976)
- Architectenwoning Renaat Braem, Deurne (beschermd monument sinds 1995)
- Kasteel van Hex, Heers (beschermd monument sinds 1948)
- Tuinwijkwoning, Waterschei (vastgesteld bouwkundig erfgoed sinds 2018)
- Godshuis Sint-Barbara, Antwerpen (beschermd monument sinds 1980)
- Residentie Duinpark, Oostduinkerke
- Villa Te Nitterveld, Ronse (beschermd monument sinds 2000)
- Modernistisch woonhuis van Maurice Roelants, Lennik (beschermd monument sinds 2009)
- Steegbeluik Kartuizerlaan, Gent (vastgesteld bouwkundig erfgoed sinds 2009)

Het startpunt is telkens de analyse van de erfgoedwaarde, met het oog op de mogelijkheden voor verduurzaming die de erfgoedkenmerken van deze woningen respecteren. Om deze oefening uit te voeren, wordt gebruik gemaakt van de afwegingsschema's schildelen van het Agentschap Onroerend Erfgoed. Door rekening te houden met de specifieke erfgoedwaarden van elk type erfgoedwoning, worden de afwegingsschema's zorgvuldig ingevuld. Deze analyse werd aangevuld met het huidige energieverbruik van de gevalstudies, indien deze gegevens beschikbaar zijn. Aan het eind van deze oefening werden drie isolatieniveaus voor elk type erfgoedwoning onderscheiden:

- een scenario met geen of maximum één geïsoleerd gebouwdeel
- een scenario waarin dak en schrijnwerk geïsoleerd zijn
- een scenario met een verbeterde isolatiegraad van meer dan twee geïsoleerde gebouwdelen.

Voor elk van deze niveaus worden de drie afwegingsschema's voor koolstofarme klimaatsystemen doorlopen. Hieruit volgt:

- welke technische oplossingen de voorkeur verdienen
- welke oplossingen mogelijk zijn met behoud van de erfgoedwaarde
- welke oplossingen niet weerhouden worden.

Om inzicht te krijgen in de mogelijke impact van de verschillende technische installaties op de erfgoedwaarde en de technische limieten, kan de gebruiker terugvallen op de documentatie in de catalogus. Het resultaat van de afwegingsschema's wordt dan gebruikt als randvoorwaarde bij het gebruik van de beslissingsboom.

De beslissingsbomen worden vervolgens ingevuld voor de verschillende isolatieniveaus. Zo volgt een concreet voorstel voor een technische oplossing in elk specifiek geval. De volledig ingevulde afwegingsschema's en beslissingsbomen zijn terug te vinden in de (digitale) bijlage.

In de laatste stap van deze gevalstudies wordt de analyse cijfermatig onderbouwd. Hiervoor wordt een combinatie van verschillende tools benut, waaronder kostprijberekeningen volgens de methodologie van kostenoptimale studies voor EPB, alsook analyses van CO<sub>2</sub>-besparingen op basis van zowel het EPC als het werkelijk energieverbruik (EBECS). Deze geïntegreerde benadering zorgt voor een grondige





evaluatie van de voorgestelde oplossingen en biedt een solide basis voor het nemen van weloverwogen beslissingen.

De gevalstudies demonstreren de methode in praktijk, benadrukkend dat elke woning uniek is en een maatwerkaanpak vereist. De studies illustreren de variatie in aanpak afhankelijk van specifieke omstandigheden, zoals erfgoedwaarde, gebouwtoestand, budgetten en persoonlijke voorkeuren. Het realiseren van een energielabel A of B is meestal haalbaar, behalve voor zeer grote en weinig compacte woningen.

### 3.4 BELEIDSAANBEVELINGEN

Als aanvulling bij de methodische en technische studie werden een aantal beknopte beleidsaanbevelingen geformuleerd, onder te verdelen in aanbevelingen voor de sector onroerend erfgoed en aanbevelingen die van meer algemene aard zijn, maar wel impact op het erfgoed kunnen hebben. De administratie bevoegd voor onroerend erfgoedbeleid zal de aanbevelingen analyseren en desgewenst stappen zetten voor verder onderzoek en aangepast beleid.



## 4 SWOT-ANALYSE VAN HET PROJECT

Er werd een korte analyse gemaakt van wat goed en minder goed verliep in het verloop en het eindresultaat van de opdracht.

### 4.1 STERKTES

- De voorgestelde methode om tot koolstofarme methodes te komen voor het verwarmen (en koelen) van erfgoedwoningen stimuleert de interactie tussen ontwerpers en erfgoedconsulenten. Beiden worden aangesproken op hun specifieke competenties. Er ontstaat bovendien een *'trail of evidence'* van de interactie en afspraken tussen hen. De erfgoedconsulent krijgt de kans om de erfgoedwaarden te expliciteren in aantrekbaarheid van kenmerken en elementen (iets wat meestal te weinig gedetailleerd in de beschermingsbesluiten is opgenomen) en zet bij de start de krijtlijnen uit waarbinnen de ontwerper zijn oplossingen kan voorstellen. De ontwerper wordt door de beslissingsboom ondersteund om tot een optimale keuze te komen.
- De ontwikkelde analysemethode houdt terdege rekening met de reeds ontwikkelde afwegingsschema's (voor isolatie). De automatisatie opgenomen in het rekenblad is eenvoudig, en desgewenst gemakkelijk aanpasbaar. Alle krijtlijnen worden gecentraliseerd in één enkel vlot uitwisselbaar document.
- De opgeleverde producten uit het onderzoek zijn waardevol talrijk, waardevol en complementair: de afwegingsschema's en de beslissingsboom, een catalogus, een uitgebreid rapport met gevalstudies, een reeks beleidsaanbevelingen en een handleiding. Samen vormen ze een belangrijk ondersteuning voor het werkveld en voor het beleid.

### 4.2 ZWAKTES

- De onderzoeksgroep verloor reeds vroeg in het traject cruciale pionnen met essentiële competenties en ervaring. Deze mensen werden vervangen door competente mensen, maar met minder ervaring en een minder brede kijk op het onderzoeksthema. Dit zorgde voor vertraging in het proces, en zeker ook bij de afronding ervan.

### 4.3 OPPORTUNITEITEN

- De combinatie van de opgeleverde producten gevalstudie en catalogus kan de basis vormen voor een opleidingstraject voor erfgoedconsulenten, medewerkers van Vlaamse Energiehuizen, restauratiearchitecten en opstellers van energieprestatiecertificaten.
- De beleidsvoorstellen zijn verregaand en gericht op impact en zijn geschreven vanuit praktijkervaring in het werkveld energieprestatie van onroerend erfgoed. De suggesties bieden een kans om het beleid bij te sturen richting duurzaamheid van erfgoed op langere termijn.



## 4.4 BEDREIGINGEN

- Er is in dit onderzoek een aanzet gegeven om de interactie rond duurzame installaties in erfgoed tussen erfgoedconsulenten en ontwerpers te ondersteunen. Deze interactie dient wel te vertrekken vanuit wederzijds begrip gebaseerd op de kennis van elkaars specifieke noden. Om tot dit begrip te kunnen komen moet tijd vrijgemaakt worden om ervaring op te bouwen, zowel onder de vorm van opleiding, als onder de vorm van samenwerking rond concrete projecten.



# BIJLAGE 1: BEGELEIDING ONDERZOEK

## INTERNE AFTOETSING

De interne aftoetsing door het onderzoeksteam gebeurde bij An-Heleen Deconinck (Daidalos Peutz), Dorien Aerts (VITO) en Samuel Caillou (Buildwise).

Cruciale toetsstenen waren:

- Is de graad van detail goed (grote deel info in catalogus, "kerninfo" in de afwegingsschema's zelf)
- Zijn de scenario's voldoende specifiek? Zijn er te veel/te weinig scenario's (definitie te breed of te nauw)
- Is de beoordelingsstructuur in overeenstemming met wat je wilt bekomen (=de meest energie-efficiënte techniek toepassen die de globale erfgoedwaarde van het gebouw niet aantast)
- Is het gewicht van de aspecten juist verdeeld? Wegen sommige aspecten te veel of te weinig door in de beoordeling?

## AFTOETSING VIA STUURGROEP

Er werd een stuurgroep samengesteld met vertegenwoordigers van de opdrachtgever Onroerend Erfgoed (Nathalie Vernimme, Ann-Katrijn Van Hootegem, Hilde Thibaut, Inge Appermont, Elke Denissen, Nancy Thiels, Anouk Decavele, Maarten Van Dijck), naast ook vertegenwoordigers van VEKA (Mieke Deurinck, Dieter Patteeuw) en een vertegenwoordiger van Gorduna (Isolde Verhulst), de vereniging van restauratie-architecten.

De vergaderingen van de stuurgroep gingen door op 9 januari 2023, 5 mei 2023, 11 september 2023, 9 oktober 2023, 4 december 2023 en op 5 en 19 februari 2024. De verslagen van deze meetings zijn opgenomen in het archief bij de opdrachtgever. De opmerkingen uit deze verslagen zijn verwerkt in de eindproducten.

## AFTOETSING VIA WORKSHOPS MET CONSULENTEN

Op 8 mei, 12 juni, 19 juni en 4 september vonden workshops plaats met een selectie van erfgoedconsulenten (Nancy Thiels, Elke Denissen, Hilde Thibaut, Ann-Katrijn Van Hootegem, Axelle Govaert, Jan De Kesel)

De bedoeling van deze workshops was om via co-creatie sessies tot gedragen en geteste tools te komen.

De inhoud van deze workshops was de volgende:

- eerste bijeenkomst: toelichting en discussie draft afwegingsschema
- tweede bijeenkomst: workshop toepassing afwegingsschema op de helft van de gevalstudies
- derde bijeenkomst: workshop toepassing afwegingsschema op rest gevalstudies



- vierde bijeenkomst: discussie voorstel afwegingskader

De erfgoedconsulenten ontvingen basisinformatie over de cases en vulden op basis daarvan het afwegingsschema in. Tijdens de co-creatiesessie volgde dan een groepsdiscussie over de resultaten van de verschillende erfgoedconsulenten. Op basis van deze discussie werden de schema's verfijnd.

## EXTERNE AFTOETSING

De externe aftoetsing van de catalogus gebeurde met vertegenwoordigers van de industrie: Ivan Pollet (Renson), Ivan Piette (Viessmann) en Edwin Maas (Jaga). Er werd ook feedback ontvangen van de Energiehuizen via VEKA.

De reacties werden in de teksten verwerkt.



## BIJLAGE 2: AFWEGINGSSYSTEMEN VAN KOOLSTOFARME SYSTEMEN







## Afwegingsschema ventilatie

deel van het gebouw waarop dit schema betrekking heeft:

criteria	antwoord	duiding (voeg ja, misschien foto toe in tabblad 'foto's')	systeem D systeem D vervalst de met warmte- terugwinning)	systeem D cascade	de centrale ventilatie met warmte terugwinning	systeem C	systeem C/H	legende	opmerkingen
<b>criteria 1 erfgoed</b>									
<b>inleid op erfgoedelementen exterieur</b>									
Kan er een ontwerp-overweging worden waarbij de inbouw van een regelbaar toevoerverooster in of rond het buitenschrijnwerk van leefruimten, slaapkamers of hal gedetailleerd wordt?	maak uw keuze		nvt	nvt	nvt			"0": mogelijk, "1": ja, misschien, "2": onmogelijk	De aanwezigheid van historische rolluikkasten, buitenzonneweringen kan de inbouw van toevoerroosters vereenvoudigen. Het is dikwijls mogelijk om het raam met iets dieper in de raamopening te plaatsen zodat een toevoerverooster ontstaat aan de bovenzijde van het raam. Omkastingen rond ramen bieden vaak de mogelijkheid tot inbouw van regelbare toevoerroosters. Gebruik het afwegingskader buitenschrijnwerk. In het geval van achterzetramen is de integratie niet mogelijk.
Zijn er in één of meerdere gevels historische natuurlijke roosters geïntegreerd? Kunnen er nieuwe kleine openingen geïntegreerd worden, typisch kleiner dan 25x25cm?	maak uw keuze							"0": ja, "1": kunnen ja, misschien toegevoegd worden, "2": niet beschikbaar of onmogelijk toe te voegen	Bestaande (historische) roosters kunnen hergebruikt worden als ze goed regelbaar gemaakt worden. Er is aandacht nodig voor mogelijke tochtverschijnselen gelinkt aan de positie van de bestaande roosters.
Zijn er keldergraten of een Engelse loer beschikbaar?	maak uw keuze				nvt	nvt	nvt	"0": ja, "1": kunnen ja, misschien toegevoegd worden, "2": niet beschikbaar of onmogelijk toe te voegen	Keldergraten of Engelse koeren kunnen het realiseren van toevoer- en/of afvoeropeningen te vereenvoudigen.
Zijn er lokale mogelijkheden tot inbouw van grotere roosters (typisch groter dan 25x25 cm) in schrijnwerkleden of ondoorschiktige gevelleden (ramen, deuren, poorten, dakkapellen)?	maak uw keuze				nvt			"0": mogelijk, "1": ja, misschien, "2": onmogelijk	
<b>inleid op erfgoedelementen interieur</b>									
Kan er 1 x 1 x 2 m <sup>2</sup> worden vrijgemaakt voor een technische berging (bijvoorbeeld aan de ruimte voor de centrale klimaatinstallatie)?	maak uw keuze				nvt			"0": ja, "1": kunnen ja, misschien vrijgemaakt worden, "2": onmogelijk vrij te maken	Het is belangrijk dat de opstelplaats voor de ventilatie unit een eenvoudige verbinding naar buitenroosters toelaat, en dicht bij een eventuele verticale schacht. Voor een ventilatiesysteem C is maar een kwart van het hier vermelde volume vereist, waardoor het gemakkelijker integreerbaar is.
Komen in de woning ruimten voor met een hoge bezetting of met hoge binnenluchtvervuiling waar een lokale ventilatieunit in het interieur kan geïntegreerd worden?	maak uw keuze		nvt	nvt		nvt	nvt	"0": mogelijk, "1": ja, misschien, "2": onmogelijk	Ruimten met hoge bezetting komen in woningen niet dikwijls voor. Het gaat om werkkamers voor vrije beroepen, of ruimten die bedoeld zijn om feestjes of lezingen te organiseren. Ruimten met hoge binnenluchtvervuiling zijn typisch ateliers, of wellnessruimten.
Zijn er in de eventuele schouwcomplexen kanalen geïntegreerd voor natuurlijke ventilatie of rookafvoer? Worden oorspronkelijke schouwkanalen die oorspronkelijk rookafvoerkanalen waren niet langer gebruikt?	maak uw keuze							"0": ja, "1": ja, "2": neen	Vergelijk het aantal uitmondingen van een schouwcomplex, met het aantal aansluitpunten van warmteopwekkingstoestellen. Als er meer uitmondingen zijn dan rookkanalen, kijk dan na welke kanalen oorspronkelijk natuurlijke ventilatie-afvoeren waren. In deze kanalen waren oorspronkelijk roosters aangebracht. Ook in oorspronkelijke rookkanalen kunnen ventilatiekanalen via een interne voering aangebracht worden. De bruto breedte van een schouwkanaal is typisch 30 cm (binnenmaat 20 cm).
Zijn er lokale mogelijkheden tot integratie van een nieuwe verticale schacht die de verdiepingen met elkaar verbindt (typisch 25x60 cm)?	maak uw keuze							"0": mogelijk, "1": ja, misschien, "2": onmogelijk	Is het haalbaar een nieuwe schacht te integreren? Is het mogelijk de nieuwe verticale schacht zo in te plaatsen dat de horizontale kanaaltrajecten geminimaliseerd worden en de noodzaak van verlaagde plafonds in kanaaltracés beperkt kunnen blijven? Als er maar één niveau is, dan is deze vraag niet van toepassing. In een ventilatiesysteem C kan de verticale schacht kleinere afmetingen hebben.
Zijn er lokale mogelijkheden tot integratie (inbouw of opbouw) van een horizontaal traject voor luchtkanalen tegen de wanden of in plafonds?	maak uw keuze				nvt				Soms is het mogelijk de horizontale trajecten zichtbaar te houden, of te integreren in vast meubilair of plaatselijk verlaagde plafonds. In een ventilatiesysteem C zijn er minder horizontale luchtkanaaltrajecten.
<b>deelscore erfgoed:</b>									
<b>criteria 2 energie</b>									
<b>Het kiezen van dit scenario veroorzaakt:</b>									
efficiëntie van de warmte terugwinning	++	++	+	-	-	-	-	"++": een zeer hoge energetische prestatie en gebruikscomfort	
inmiddels aan onderhoud	±	±	-	-	±	±	±	"±": een hoge energetische prestatie en gebruikscomfort	
elektrisch buisgevoerbekabel van het systeem	±	±	±	±	+	+	+	"±": een gemiddelde energetische prestatie en gebruikscomfort	
deelscore energie:	±	±	-	-	-	-	-	"-": een beperkte energetische prestatie en gebruikscomfort	
<b>criteria 3 omgeving/leefmilieu/comfort</b>									
<b>Het kiezen van dit scenario veroorzaakt:</b>									
impact op binnencomfort	++	++	±	±	±	±	±		Koudeoverbrugging is mogelijk in een systeem D.
impact van buitenluchtvervuiling of overlast door buitenlawaai (industriële lawaai, verkeerslawaai)?	maak uw keuze								Interpreteer de geluidbelastingsoorten ( <a href="https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/gaande-veilige-en-aantrekkelijke-leefomgeving/geluid/geluidbelastingsoorten">https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/gaande-veilige-en-aantrekkelijke-leefomgeving/geluid/geluidbelastingsoorten</a> ) en de buitenluchtwalletsoorten ( <a href="https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtwalleten/">https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtwalleten/</a> )
impact op lawaai- en lichtvervalsing in de woning	±	±	-	-	±	±	±		Decentrale systemen met decentrale ventilatoren verspreiden de luchtkanalen over de verschillende ruimten.
deelscore leefmilieu:	+	+	-	-	±	±	±		
<b>deelscore erfgoed</b>									
deelscore energie	+	+	+	+	+	+	+		
deelscore leefmilieu	±	±	-	-	-	-	-		
<b>eindebeoordeling (klap kolom E tot K open)</b>	maak uw keuze	maak uw keuze	maak uw keuze	maak uw keuze	maak uw keuze	maak uw keuze	maak uw keuze		

eindebeoordeling systemen	erfgoed   energie   omgeving
systeem D (gebalancerde ventilatie met warmte terugwinning)	+   ±   +
systeem D cascade	+   ±   +
decentrale ventilatie met warmte terugwinning	+       +
systeem C	+   -   ±
systeem C/H	+   -   ±

## Afwegingsschema afgifte-elementen

geldig voor volgende ruimtes:

criterium	antwoord	duiding (voeg eventueel foto's toe in tabblad 'foto's')	bestaande afgifte-elementen behouden	bestaande afgifte-elementen vervangen door (grotere) radiatoren en/of bijkomende en/of bijkomende	bestaande afgifte-elementen vervangen door convectoren	bestaande afgifte-elementen vervangen door ventilo-convectoren	vloerverwarming plaatsen	plafondverwarming plaatsen	voederverwarming plaatsen	binnenunit(s) van LL-warmtepomp plaatsen	voorbeelden en opmerkingen
<b>criterium 1 erfgoed</b>											
<b>Aandachtspunten voor de keuze voor het afgiftesysteem</b>											
Hebben de bestaande afgifte-elementen erfgoedwaarde?	maak uw keuze										Dit slaat zowel op de radiatoren of bv. eventueel kachels als op roosters van luchtverwarmingssystemen e.d.
Heeft de bestaande vloerafwerking erfgoedwaarde?	maak uw keuze										Parketvloeren, terrazzovloeren, marmeren of keramische tegels, ...
Aanwezigheid van een wandbekleding of -decoratie met erfgoedwaarde. Het kiezen voor dit afgiftesysteem leidt tot:	pas de velden per systeem met paarse achtergrond aan		+	±	±	±	±	-	-	-	Lambriseringen, bespanningen, authentiek behang, goudleder, authentieke verfjagen of beschildering, ... in sommige gevallen kan een bekleding gedemonteerd en gehermonteerd worden: dat leidt dan tot "±".
Aanwezigheid van een waardevolle plafondbekleding of -decoratie. Het kiezen van dit afgiftesysteem leidt tot:	pas de velden per systeem met paarse achtergrond aan		+	+	+	+	+	-	-	-	Lijstwerk in stuc of ander materiaal, plafondschilderingen, houten plafonds, ...
De globale visuele indruk van de ruimte:	pas de velden per systeem met paarse achtergrond aan		+	+	-	-	+	+	+	-	Bijvoorbeeld het behouden of toevoegen van storende objecten of volumes
deelscore erfgoed:			+	±	-	-	±	-	-	-	
<b>criterium 2 energie</b>											
<b>Het kiezen van dit afgiftesysteem leidt tot:</b>											
- mogelijkheid om op lage temperatuur te verwarmen				±	±	±	+	++	++	++	nvt
- mogelijkheid om te koelen indien gewenst - Hulpvraag: Is er in de woning kans op oververhitting volgens het EPC of volgens de bewoners?			maak uw keuze								Bepaalde afgifte-elementen lenen zich beter voor verwarming op lage temperatuur dan andere. Raadpleeg het EPC. Als dat aangeeft dat er kans is op oververhitting, wordt "ja" ingevuld. Is er geen kans op oververhitting (antwoord "nee", dan is de mogelijkheid tot koeling niet relevant en vervalt dit criterium.
deelscore energie:			±	±	±	+	+	+	+	+	
<b>criterium 3 omgeving/leefmilieu/comfort</b>											
<b>Het kiezen van dit afgiftesysteem veroorzaakt:</b>											
- impact op lawaaisoverlast in de woning				+	+	±	±	±	±	±	
deelscore omgeving/leefmilieu/comfort:			+	+	+	±	±	±	±	±	Invloed op achtergrondlawaai of lawaai in de woning

### deelscore erfgoed



deelscore energie      +      ±      -      -      ±      -      -      -

deelscore omgeving/leefmilieu/comfort      ±      ±      ±      +      +      +      +      ±

eindbeoordeling      maak uw keuze      maak uw keuze      maak uw keuze      maak uw keuze      maak uw keuze      maak uw keuze      maak uw keuze      maak uw keuze

afgifte-elementen	antwoord	erfgoed   energie   omgeving
bestaande afgifte-elementen behouden	maak uw keuze	+   ±   +
bestaande afgifte-elementen vervangen door (grotere) radiatoren en/of bijkomende	maak uw keuze	±   ±   +
radiator en plaatsen	maak uw keuze	-   ±   +
bestaande afgifte-elementen vervangen door convectoren	maak uw keuze	-   +   ±
bestaande afgifte-elementen vervangen door ventilo-convectoren	maak uw keuze	±   +   +
vloerverwarming plaatsen	maak uw keuze	-   +   +
plafondverwarming plaatsen	maak uw keuze	-   +   +
wandverwarming plaatsen	maak uw keuze	-   +   +
binnenunit(s) van LL-warmtepomp plaatsen	maak uw keuze	-   +   ±

in te vullen door de gebruiker:

	alle licht paarse cellen, steeds met drop down menu
	keuzemenus de eindbeoordeling

Er zijn 3 soorten vragen:

- vragen waarbij de gebruiker enkel een antwoord moet geven op 1 hulpvraag, de antwoorden voor de verschillende varianten worden op basis van dit antwoord ingevuld
  - de hulpvragen zijn ja/nee vragen of vragen naar een type locatie waarin het gebouw zich bevindt
- vragen waarbij de gebruiker antwoorden moeten geven per variant
- vragen die automatisch zijn ingevuld

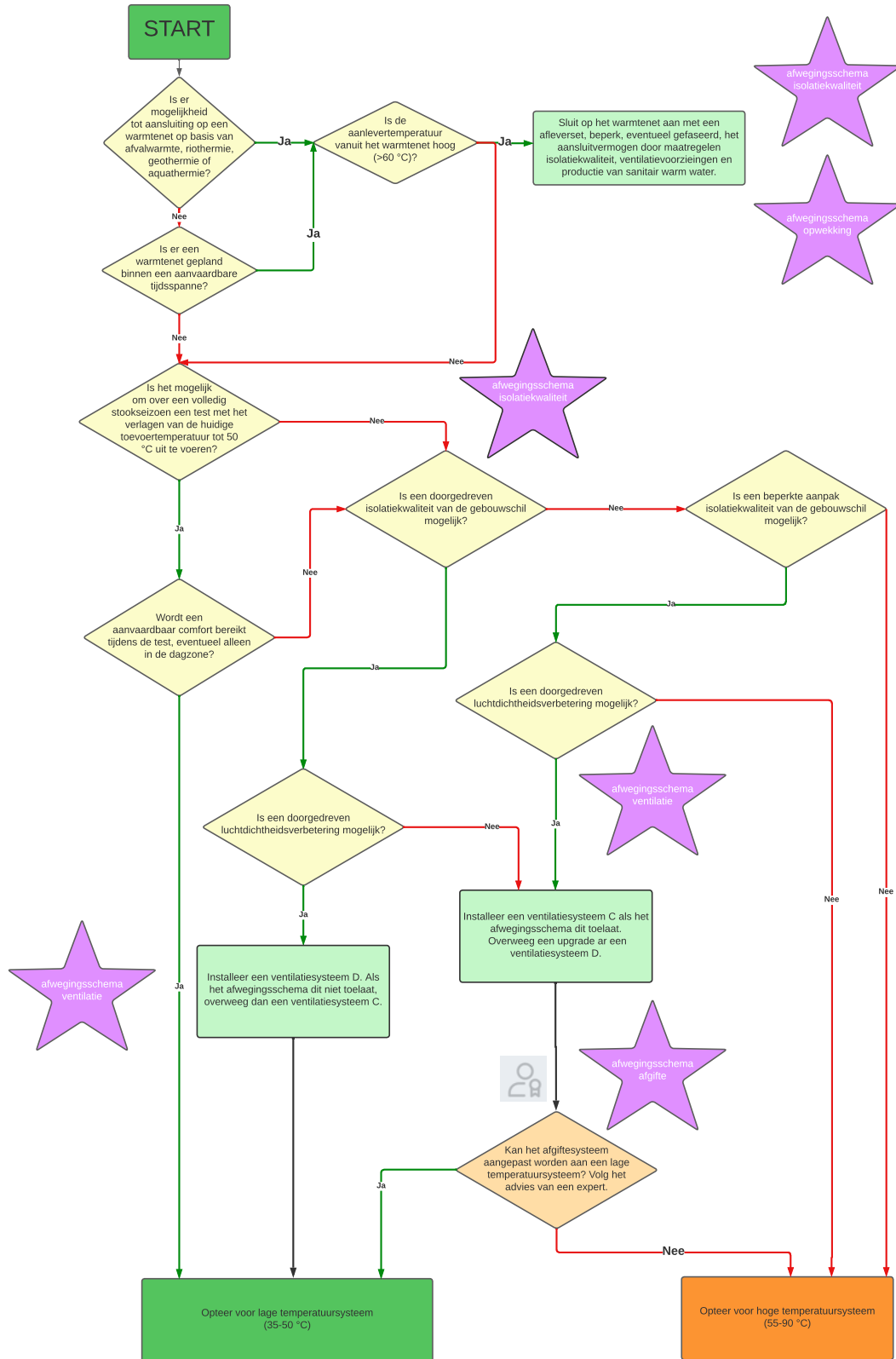


## BIJLAGE 3: BESLISSINGSBOOM KOOLSTOFARME SYSTEMEN

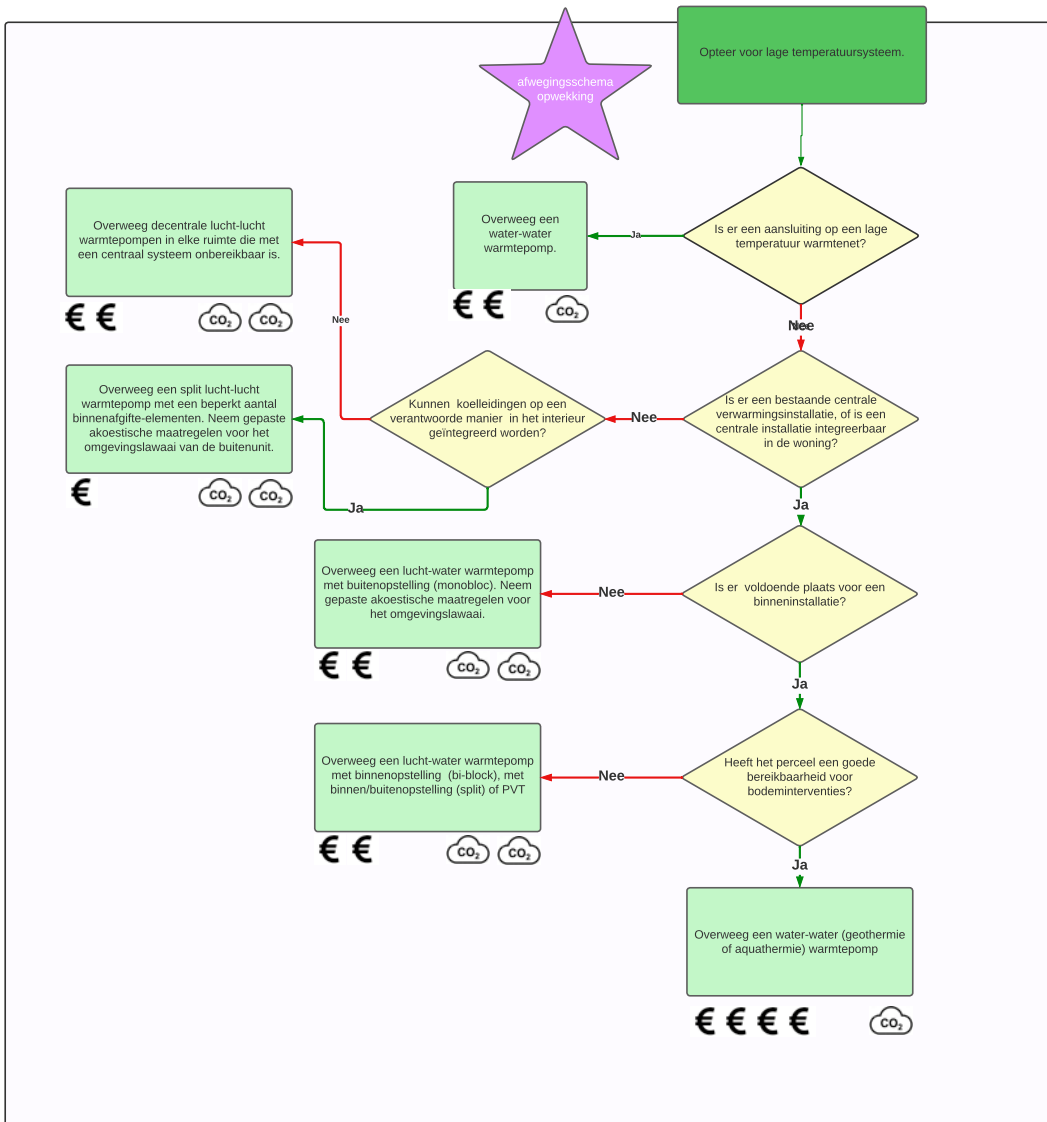


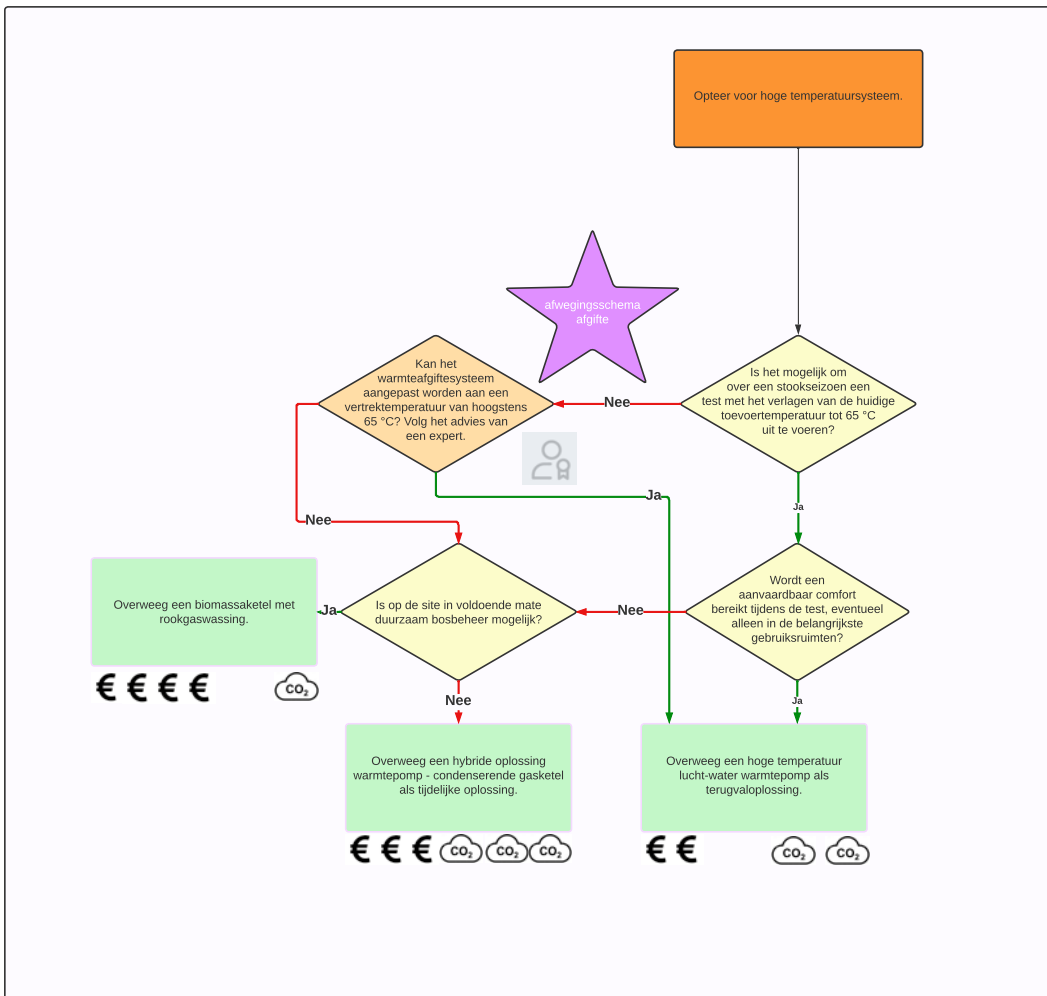
# beslissingsboom koolstofarme energiesystemen

## deel 1: thermische isolatie - ventilatie - temperatuurniveau



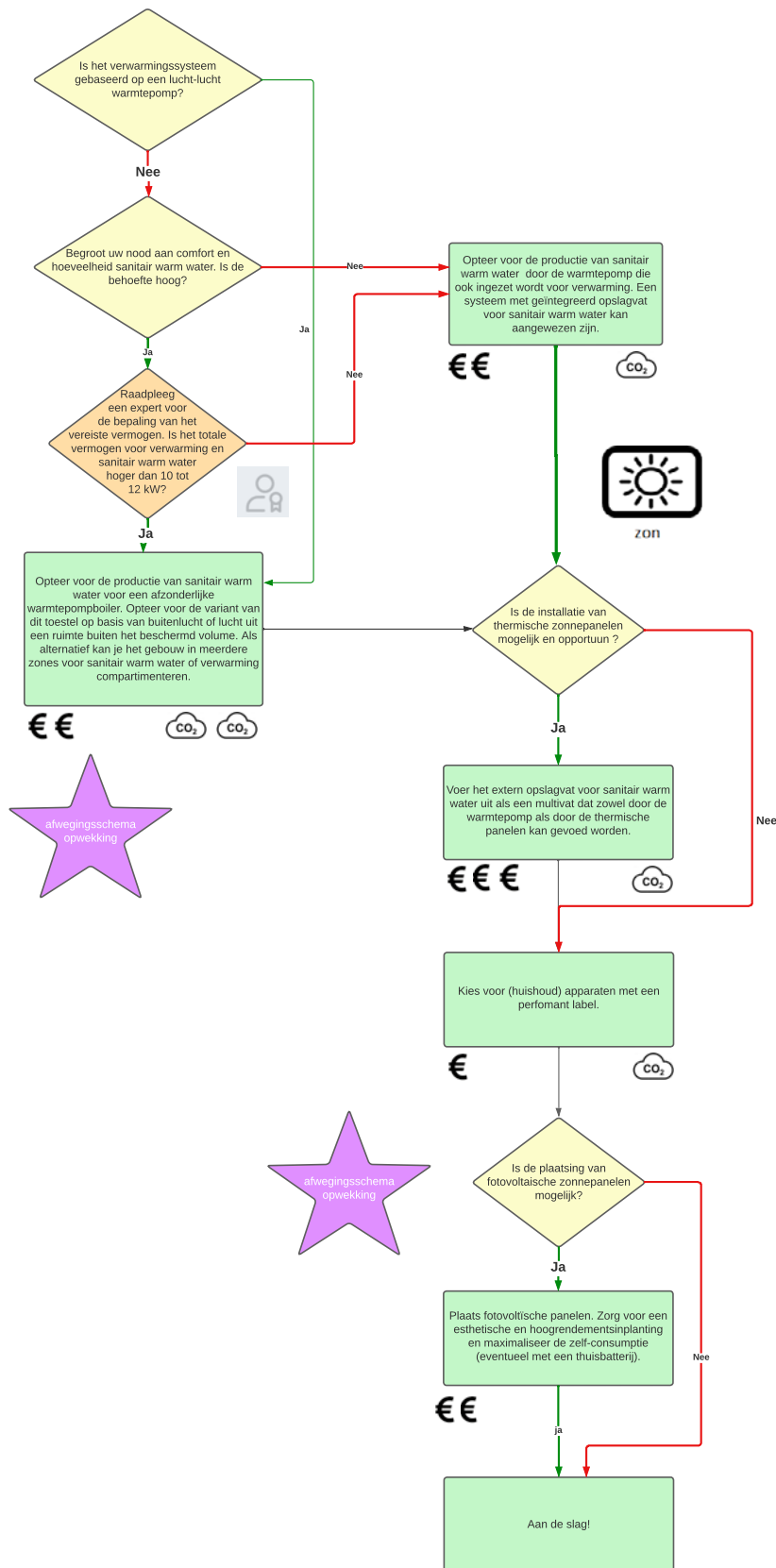
# beslissingsboom koolstofarme energiesystemen deel 2: systeemkeuze







# beslissingsboom koolstofarme energiesystemen deel 3: sanitair warm water en zonnesystemen



# kolommen per afwegingsschema



- ventilatiesysteem D of D cascade
- ventilatiesysteem C
- ventilatiesysteem C hal
- geen ventilatieingrepen mogelijk



- behoud bestaande afgifte-elementen
- grotere of bijkomende radiatoren
- convectoren
- ventiloconvectoren
- vloer-, wand- of plafondverwarming
- binnenunits lucht-lucht warmtepomp



- lucht-lucht warmtepomp (split)
- lucht-water warmtepomp (split)
- lucht-water warmtepomp (monoblock)
- hybride warmtepomp
- biomassaketel
- water-water warmtepomp (geothermisch)
- water-water warmtepomp (aquifer, riool, warmtenet)
- zonnestystemen
- warmtenet
- warmtepompboiler



## BIJLAGE 4: BIBLIOGRAFIE

3ENCULT, Eurac research, Passive house institution, Energy efficiency solutions for historic buildings, 2015

Buyle E. 2018: Afwegingskader zonne-energie in een erfgoedcontext, Afwegingskaders agentschap Onroerend Erfgoed 5

CIBSE Guide to building services for historic buildings, Sustainable services for traditional buildings (2002)

De Graef R. (ed.) 2017: Afwegingskader voor het plaatsen van dakisolatie bij beschermd erfgoed, Afwegingskaders agentschap Onroerend Erfgoed 4

De Houwer V., Meganck L. & Van Herck K. 2023: Waarderen van erfgoed: erfgoedwaarden en criteria, Afwegingskaders agentschap Onroerend Erfgoed 13

Haesendonck D. & Descamps F. 2022: Ontwikkelen van een energieprestatie-certificaat voor beschermde woningen, Onderzoeksrapporten Agentschap Onroerend Erfgoed

Haesendonck D. & Descamps F. 2022: Opmaak afwegingskaders voor gevels, vloeren en technieken

Mahieu F. (ed.) 2017: Afwegingskader historisch schrijnwerk, Afwegingskaders agentschap Onroerend Erfgoed 3

NBN EN 15759:2018, Conservation of cultural heritage - Indoor climate - Part 2: Ventilation management for the protection of cultural heritage buildings and collections

NBN EN 16853:2017, Conservation of cultural heritage - Conservation process - Decision making, planning and implementation

NBN EN 16883:2017, Conservation of cultural heritage - Guidelines for improving the energy performance of historic buildings

NBN EN 16096:2012, Conservation of cultural property - Condition survey and report of built cultural heritage

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en Rijksgebouwendienst (E. J. Nusselder). 2007: Handboek duurzame monumentenzorg. Theorie en praktijk van duurzaam monumentenbeheer

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: 2023, Verduurzaming van monumenten. Afwegingskader voor vergunningverlening.

VDI 3817 Building services in listed and historical buildings (2010)

Verdonck P., Beel R., Vermeiren E. & Grieten B. 2017: Energiezuinige maatregelen in monumenten met woonfunctie, Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed 70/1 en 70/2

Vernimme N. 2013: Energiezuinig leven in woningen met erfgoedwaarde, Handleiding agentschap Onroerend Erfgoed 1

De resultaten van het DEMI MORE project : <https://maakmonumentenduurzaam.eu/> (geraadpleegd op 2/08/2022)

De beslissingsboom Duurzame Verwarming ontwikkeld door VEKA: <https://www.energiesparen.be/duurzaamverwarmen> (geraadpleegd op 2/8/2022)

