



Februari 2025

# Sneller naar een koolstofvrije huishoudelijke verwarming

## De rol van koolstoflimieten in het Energie Prestatie Certificaat

### Auteurs:

Jonas Mariën (EnergyVille / VITO)

Nele Renders (EnergyVille / VITO)

### Reviewers:

Glenn Reynders (EnergyVille / KU Leuven)

Maarten De Groot (EnergyVille / VITO)

Pieter Bosmans (EnergyVille / VITO)

Jan Verheyen (EnergyVille / VITO)



---

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2 De EPC Methodiek</b>	<b>7</b>
2.1 Aanpassing van het EPC voor een versnelde decarbonisatie . . . . .	7
<b>3 Representatie van het Vlaamse Gebouwenportfolio</b>	<b>8</b>
3.1 Archetypes . . . . .	8
3.2 Districtsbenadering . . . . .	9
3.3 Renovatiesimulaties . . . . .	9
3.4 Optimalisatie met betrekking tot investering en total cost of ownership . . . . .	10
3.5 Energieprijzen en investeringskosten . . . . .	10
<b>4 Resultaten</b>	<b>12</b>
4.1 Scenario ontwikkeling . . . . .	12
4.2 Archetypes . . . . .	13
4.3 TCO, investering en optimale renovatiepakketten . . . . .	17
4.4 Koolstofintensiteit van elektriciteit . . . . .	19
4.5 Renovatietempo's en gefaseerde renovaties . . . . .	20
4.6 Districten . . . . .	23
4.7 Investering, total cost of ownership en koolstofemissies . . . . .	25
<b>5 Conclusie</b>	<b>28</b>
<b>A Appendix</b>	<b>31</b>
A.1 . . . . .	31

---

## Samenvatting

Er wordt gezegd dat "*Belgen met een baksteen in de maag geboren worden*", wat betekent dat het bezitten van een huis dé ultieme Belgische droom is. En waarom zou dat niet zo zijn? Met een huiseigendom percentage van meer dan 70%<sup>1</sup> is deze droom meer werkelijkheid dan fantasie<sup>2</sup>. Belgische huiseigenaren staan bekend om hun liefde voor solide, goed gebouwde huizen die de tand des tijds kunnen doorstaan, en deze passie wordt weerspiegeld in hun bouwbeleid. Toch, hoewel de focus op energie-efficiëntie belangrijk is — voornamelijk gemeten door de lens van het primaire energieverbruik — dragen deze stevige Belgische huizen nog steeds aanzienlijk bij aan de koolstofuitstoot van België. Dus misschien is het tijd om af te vragen: zouden we naast de woningkwaliteit, ook niet moeten streven naar een kleinere ecologische voetafdruk door de CO-uitstoot van het energieverbruik te beperken?

Deze studie, in opdracht van Luminus, onderzoekt hoe aanpassingen aan het Vlaamse Energieprestatiecertificaat (EPC) het behalen van klimaatdoelstellingen zouden kunnen versnellen. Daarbij ligt de focus op het stimuleren van de adoptie van koolstofarme verwarmingstechnologieën, met bijzondere aandacht voor warmtepompen. Door 135 archetypen te onderzoeken die een verscheidenheid aan gebouwtypes en bouwperiodes omvatten, past deze studie de bevindingen toe op reële wijken. Deze aanpak biedt een diepgaande analyse van hoe beleidsverbeteringen zowel de energie-efficiëntie kunnen verhogen als de koolstofemissies in de Vlaamse bouwsector kunnen verminderen.

## Context en Doelstellingen

Residentiële verwarming draagt significant bij aan de koolstofemissies van Vlaanderen. Het vertegenwoordigde in 2019 72% van het Vlaamse finale energieverbruik<sup>3</sup>. Huidige beleidsinstrumenten, zoals het EPC, leggen de nadruk op energieprestaties door het verminderen van het primaire energieverbruik, maar houden geen directe rekening met de bijbehorende koolstofemissies. Deze studie heeft tot doel:

- De impact te beoordelen van het integreren van koolstoflimieten in het EPC-kader
- De rol van elektrificatietechnologieën, in het bijzonder warmtepompen, bij het verminderen van emissies te verkennen
- De effecten van de elektriciteits-gasprijssverhouding op renovatiekeuzes en koolstofvermindering te onderzoeken

De analyse is gebaseerd op archetypen die eerder zijn ontwikkeld<sup>4</sup> en afgeleid zijn van Vlaamse EPC-gegevens. De resultaten worden vervolgens verder onderzocht voor drie geselecteerde wijken: Brugse Poort (Gent), Boxbergerheide (Genk) en Berendrecht (Antwerpen). De studie maakt gebruik van de volgende tools om verschillende renovatiescenario's te simuleren: Energyville Building Energy Calculation Service (EBECS) en Urban Energy Pathfinder (UEP).

---

<sup>1</sup>in Vlaanderen

<sup>2</sup>Statbel. *Housing - Type of Ownership*. statbel.fgov.be. 2024.

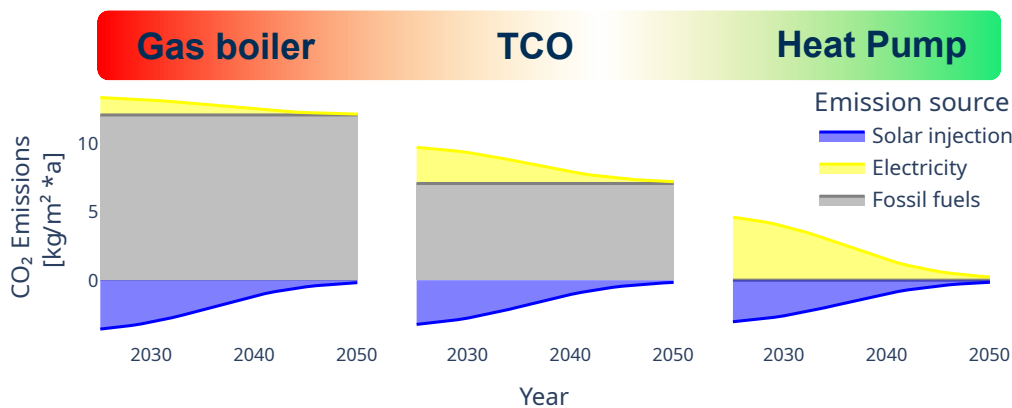
<sup>3</sup>VEKA. *Warmte in Vlaanderen*. assets.vlaanderen.be. 2020.

<sup>4</sup>G. Reynders M. De Groote D. Aerts. *De snelste weg naar A*. energyville.be. 2022.

## Bevindingen

### Niet Alle A-Labels Zijn Gelijkwaardig

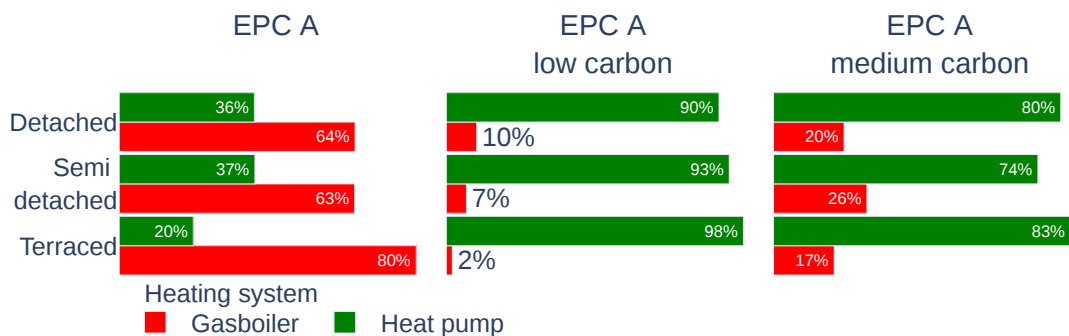
De koolstofintensiteit van elektriciteit in Vlaanderen werd in 2022 gerapporteerd op 0,195 kg CO<sub>2</sub>/kWh[4], en zal naar verwachting verder dalen in de komende jaren door inspanningen voor decarbonisatie van het elektriciteitsnet[5]. Daarentegen is de koolstofintensiteit voor aardgas aanzienlijk hoger, namelijk 0,202 kg CO<sub>2</sub>/kWh (condensatieketel met een rendement van 90%). Elektrificatie, door de adoptie van warmtepompen, biedt een aanzienlijke kans om koolstofemissies te verminderen. Uitgaande van conservatieve warmtepomp rendementen, zou een volledig geëlektrificeerd verwarmingssysteem de koolstofemissies van ruimteverwarming met meer dan twee derde kunnen verminderen in vergelijking met met gasgestookte systemen. Naarmate het aandeel groene elektriciteit blijft toenemen, zullen de koolstofbesparingen verder groeien. Daarentegen zullen huizen die blijven verwarmen op gas achterblijven, met blijvende hoge emissies tot gevolg. Dit wordt getoond in Figuur 1, waar de koolstofemissies per m<sup>2</sup> van drie scenario's, elk met een A-label, worden getoond voor de archetypen.



**Figuur 1:** Jaarlijkse koolstofemissies per m<sup>2</sup> van de archetypen voor drie A-labelscenario's: een volledig gasboilerscenario, een Total Cost of Ownership (TCO)-geoptimaliseerd scenario, en een volledig warmtepompscenario.

### Koolstofbeperkingen als Stimulans voor Elektrificatie

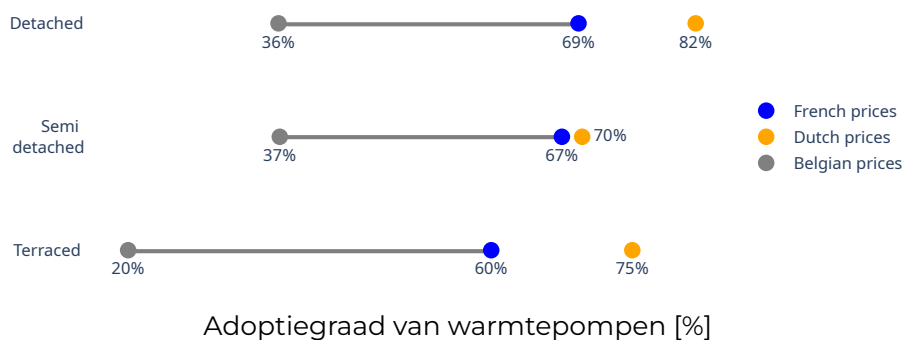
De introductie van koolstofbeperkingen in de EPC-methode — zoals 6 kg/m<sup>2</sup> (low carbon) of 8 kg/m<sup>2</sup> (medium carbon) — stimuleert de adoptie van warmtepompen in verschillende bouwtypen. Onder de koolstofbeperking van 6 kg/m<sup>2</sup> domineren warmtepompen als het geprefereerde systeem vanuit een Total Cost of Ownership (TCO) perspectief (Fig. 2).



**Figuur 2:** Adoptie van warmtepompen voor het A-label, het A-label low carbon (6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) en het A-label medium carbon (8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>).

## Investerings- en Operationele Kostendynamiek

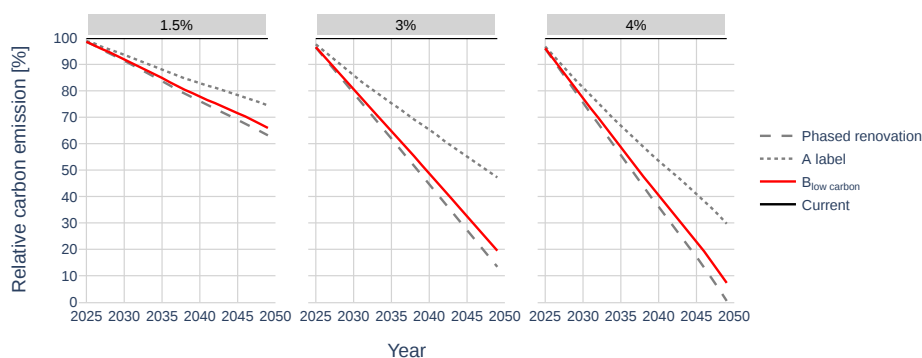
Hoewel de initiële investeringskosten voor warmtepompen hoger zijn in vergelijking met gasboilers, vormt dit geen obstakel. Dit omdat warmtepompen een grote impact hebben op het verbeteren van het EPC-label. Echter, de langetermijn Total Cost of Ownership (TCO) vormt een financiële belemmering, vooral bij ongunstige elektriciteits-gasprijssverhoudingen, zoals in Vlaanderen. Een verschuiving naar de Franse of Nederlandse prijsverhoudingen daarentegen, kan warmtepompen steeds concurrerender maken in Vlaanderen, zelfs zonder de integratie van een CO<sub>2</sub>-beperking (Figuur 3).



**Figuur 3:** Vergelijking van TCO-geoptimaliseerde adoptiegraad van warmtepompen per gebouwtype met Belgische, Franse en Nederlandse energieprijzen.

## Koolstofreductie en Renovatiepercentages

Binnen het huidige beleidskader moeten de renovatiepercentages worden verhoogd tot 3%-4% per jaar<sup>5</sup> om de langetermijnklimaatdoelstellingen te halen. Huidige schattingen gaan echter uit van slechts 2,5%<sup>6,6</sup> tot minder dan 1%<sup>7,8</sup>. In deze studie onderzochten we tevens gefaseerde renovaties als een kosteneffectieve weg naar decarbonisatie. Hierbij worden woningen eerst gedeeltelijk gerenoveerd naar EPC-label C met een warmtepomp<sup>9</sup> en ondergaan vervolgens verdere upgrades (om EPC A te bereiken). Figuur 4 illustreert het koolstofreductiepotentieel van zowel gefaseerde renovaties als low-carbon EPC B<sup>10</sup> scenario's voor Boxbergerheide (Genk), in vergelijking met een standaard A-label; en dit voor diverse renovatiesnelheden.



**Figuur 4:** Koolstofreductiepercentages voor jaarlijkse renovatiepercentages van 1,5%, 3% en 4% in Boxbergerheide (Genk).

<sup>5</sup>Vlaamse Overheid. *Vlaamse langetermijnrenovatiestrategie voor gebouwen*. assets.vlaanderen.be. 2020.

<sup>6</sup>Er wordt opgemerkt dat slechts een beperkt deel renoveert tot de 2050 doelstelling.

<sup>7</sup>Euroconstruct. *New Construction and Climate Goals in Europe*. euroconstruct.org. 2018.

<sup>8</sup>EnergyVille. *DITUR: Digital Twin for Upscaled Retrofits*. energyville.be. 2022.

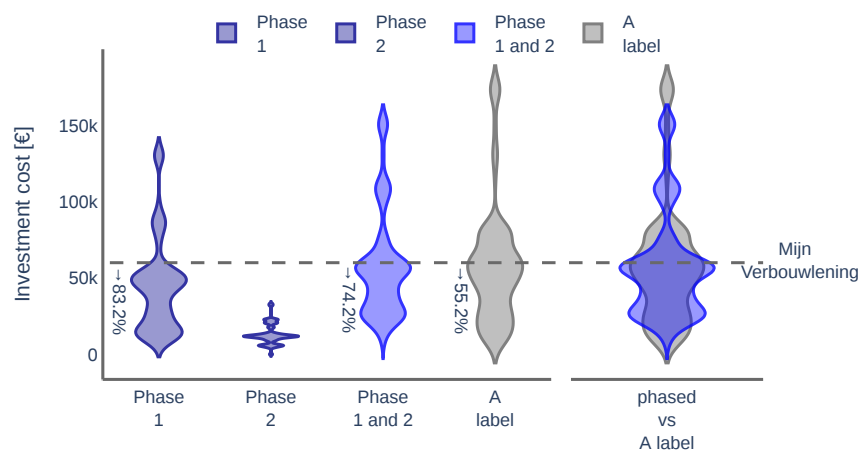
<sup>9</sup>Merk op dat de fase 1-renovaties beperkt zijn tot renovatiepakketten warmtepompklaar zijn.

<sup>10</sup>Het low-carbon EPC B-scenario is een EPC B-label met de extra beperking van minder dan 6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> uitstoot.

## Betaalbaarheid van Investing voor Gefaseerde en Districtspecifieke Renovatiestrategieën

Figuur 5 toont de verdeling van investeringskosten voor TCO-geoptimaliseerde gefaseerde renovaties en A-label renovaties voor Boxbergerheide (Genk). Hieruit blijkt dat meer dan 83% van de fase 1-renovaties volledig kan worden gefinancierd via gunstige leningen ("Mijn Verbouwen")<sup>11</sup>, terwijl dit slechts 55% bedraagt voor het geval van een EPC A-renovatie.

Het toepassen van archetypes op reële wijken benadrukt het belang van lokale renovatiestrategieën. Een succesvolle renovatiestrategie moet zorgvuldig rekening houden met de socio-economische en demografische variaties, evenals de unieke gebouwtypologie van elke wijk. We onderzochten de impact van koolstoflimieten en veranderingen in energieprijzen op de wijk Boxbergerheide. Hoewel een grootschalige overgang naar warmtepompsystemen financiële uitdagingen met zich meebrengt, kan dit in de juiste beleidscontext een win-winscenario opleveren.



**Figuur 5:** Vergelijking van investeringskosten voor gefaseerde renovaties en A-label renovaties.

## Conclusie

De bevindingen van deze studie benadrukken de positieve impact van beleidsmaatregelen door:

- Het versnellen van de elektrificatie van huishoudelijke verwarming om klimaatdoelstellingen voor gebouwen te behalen. Dit kan worden bereikt door **koolstoflimieten in het EPC op te nemen**: Een meer omvattend EPC-kader, dat drempelwaarden voor koolstofemissies integreert, zou de adoptie van koolstofarme technologieën stimuleren en de milieueffecten van een gebouw nauwkeuriger weerspiegelen, terwijl de investeringskosten worden verlaagd.
- Het combineren van warmtepompen en gefaseerde renovaties kan ook de decarbonisatie van de residentiële woningen vergemakkelijken: **het verlaagt de initiële investering en leidt tot hogere koolstofbesparingen** in vergelijking met diepgaande renovaties.
- **Het Bevorderen van Elektrificatie**: Beleidsmaatregelen, waaronder financiële ondersteuning voor warmtepompen en het verlagen van de elektriciteit-gasprijsverhouding, zijn cruciaal om de TCO van warmtepompen te verlagen en de elektrificatie te versnellen.

Deze studie toont het potentieel van elektrificatie—met name door warmtepompen—als een

<sup>11</sup>Vlaamse Overheid. *Mijn Verbouwen*. [www.vlaanderen.be/mijn-verbouwen](http://www.vlaanderen.be/mijn-verbouwen). 2024.

---

belangrijke strategie voor de decarbonisatie van residentiële gebouwen in Vlaanderen. Door koolstofbeperkingen in het EPC-kader op te nemen en de focus te verschuiven van uitsluitend energie-efficiëntie naar ook koolstofemissies, kunnen beleidsmakers de adoptie van koolstofarme technologieën versnellen terwijl financiële barrières worden geminimaliseerd. Het behalen van klimaatdoelstellingen vereist echter een pakket aan beleidsinstrumenten om elektrificatie voorop te stellen.

---

## 1 Inleiding

Decarbonisatie van residentiële verwarming is een belangrijke factor in de transitie naar een koolstofarme economie. Verschillende technologieën, waaronder warmtepompen, hebben het potentieel om aanzienlijk bij te dragen aan koolstofreducties. De effectiviteit van de huidige beleidsinstrumenten, zoals het Vlaamse Energieprestatiecertificaat (EPC) kader, kan verder geoptimaliseerd worden om de adoptie van koolstofarme verwarmingsoplossingen te stimuleren. Dit roept belangrijke vragen op: In hoeverre kan bestaande regelgeving worden benut of aangepast om de koolstofreductiedoelstellingen te ondersteunen? Hoe kunnen we vooruitgang boeken richting duurzame en hernieuwbare residentiële verwarming?

Op vraag van Luminus evalueert deze VITO/Energyville studie in hoeverre het EPC-kader Vlaamse huiseigenaren aanmoedigt om koolstofbewuste beslissingen te nemen, met een specifieke focus op de rol van koolstofarme verwarmingstechnologieën, zoals warmtepompen. De studie onderzoekt hoe het opnemen van koolstofemissiecriteria in de EPC-methodologie de effectiviteit ervan kan versterken. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de koolstofintensiteit van elektriciteit uit het net en de verhouding tussen elektriciteits- en gasprijzen.

Voor deze studie werd een representatieve verzameling van gebouwen samengesteld. Deze gebouwen werden geanalyseerd op hun huidige energiegebruik en emissies, evenals de potentiële effecten van verschillende renovatiescenario's. Deze analyse werd uitgevoerd met behulp van de volgende tools: EnergyVille Building Energy Calculation Service (EBECS) en de Urban Energy Pathfinder (UEP). De beoordeling begint met gebouwtypologieën, volgens dezelfde methodologie die werd gebruikt in eerdere VITO-studies, zoals 'De Snelste Weg Naar A'<sup>12</sup> en 'Hybrid Heat Pumps'<sup>13</sup>. Vervolgens werden de inzichten uit de typologie-analyses toegepast op drie wijken om de potentiële impact van verbeterde EPC-criteria 'in het veld' te evalueren.

---

<sup>12</sup>G. Reynders M. De Groote D. Aerts. *De snelste weg naar A*. energyville.be. 2022.

<sup>13</sup>B. Vandeveld, G. Reynders, J. Verheyen, M. Sharifi, P. Vingerhoets. *Onderzoek naar beleidsmaatregelen omtrent hybride warmtepompen in bestaande woongebouwen*. vlaanderen.be. 2023.



## 2 De EPC Methodiek

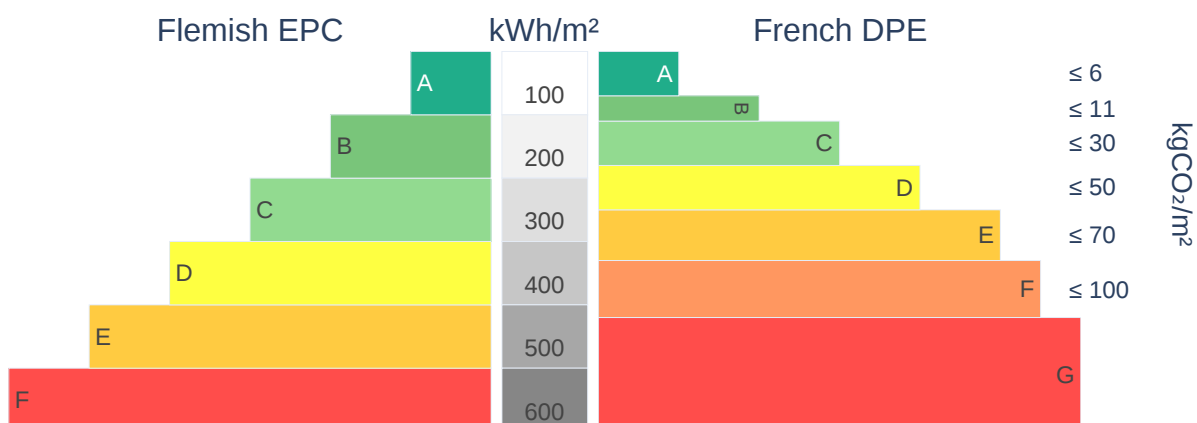
Het Energie Performantie Certificaat (EPC) voor residentiële eenheden in Vlaanderen kent een energielabel toe van A (zeer efficiënt) tot F (zeer inefficiënt) en biedt een objectieve energiescore die het jaarlijkse primaire energieverbruik per vierkante meter aangeeft. Deze beoordeling houdt rekening met verschillende factoren, zoals isolatie, het verwarmingssysteem en de aanwezigheid van hernieuwbare energie-installaties. Het EPC dient als een instrument om de energieprestaties van verschillende eigendommen te vergelijken en bevat aanbevelingen om de energieprestaties te verbeteren.

Daarom speelt het EPC een cruciale rol in de decarbonisatie door minimale energieprestatiestandaarden vast te stellen of stimulansen te bieden voor gebouweigenaren om de energieprestaties van hun woning te verbeteren. Echter, hoewel het EPC is ontworpen om energieprestaties te bevorderen, blijft een belangrijke uitdaging bestaan: gebouwen kunnen nog steeds een A-label behalen—wat een hoge energieprestatie aanduidt—terwijl zij afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen voor verwarming en warm water. Dit betekent dat niet alle gebouwen met een A-label dezelfde mate van koolstofimpact weerspiegelen; sommige gebouwen, ondanks hun hoge energiescore, hebben nog steeds een veel hogere koolstofuitstoot dan andere.

### 2.1 Aanpassing van het EPC voor een versnelde decarbonisatie

De huidige Vlaamse EPC-methodologie evalueert de energieprestaties van een gebouw voornamelijk op basis van het primaire energieverbruik. Deze maatstaf richt zich op het totale energieverbruik, maar omvat niet direct de koolstofemissies (CO<sub>2</sub>) die samenhangen met dat energieverbruik. Daarentegen hanteert het Franse systeem, bekend als de Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), een meer holistische benadering<sup>14</sup>. De DPE houdt niet alleen rekening met het primaire energieverbruik, maar ook met de koolstofemissies.

Figuur 6 vergelijkt de energielabelcategorieën die in zowel het Vlaamse als het Franse systeem worden gebruikt, waarbij de verschillen in beoordelingscriteria worden benadrukt. Dit onderstreept de bredere reikwijdte van de Franse DPE bij het aanpakken van de bijdrage van een gebouw aan koolstofreductie.



**Figuur 6:** De Franse en Vlaamse energielabels voor residentiële eenheden.

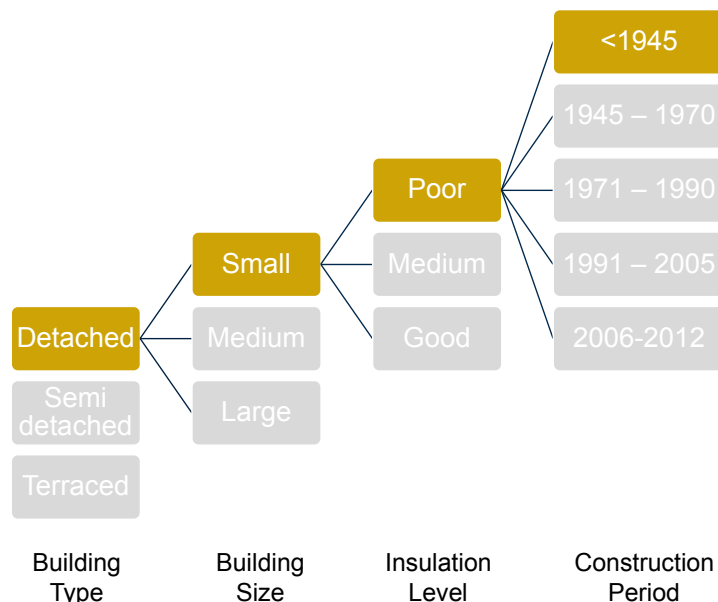
<sup>14</sup> Ministère de la Transition Écologique. *Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)*. [ecologie.gouv.fr](https://ecologie.gouv.fr). 2024.

### 3 Representatie van het Vlaamse Gebouwenportfolio

De studie had als doel om te werken met een beheersbare dataset, terwijl de conclusies breed toepasbaar bleven op heel Vlaanderen. Om dit te bereiken, werd een representatieve selectie van archetypische woningen gekozen, die de diversiteit van bouwtypes en -condities in Vlaanderen weerspiegelt. Deze archetypes werden gebruikt om beleidsgerichte scenario's te bepalen die gericht zijn op het versnellen van de decarbonisatie van het Vlaamse gebouwenportfolio. Om de geldigheid van deze selectie verder te versterken, werd een veldtest uitgevoerd in drie districten om te beoordelen in hoeverre de gekozen archetypes de werkelijke omstandigheden weerspiegelden. Dit proces bevestigde niet alleen de relevantie van de geselecteerde archetypes, maar leverde ook inzichten op die bredere beleids- en renovatiestrategieën ondersteunen. Door de analyse te baseren op zowel archetypes als praktische validatie, biedt de studie een robuust kader voor het begrijpen van de uitdagingen en kansen binnen het Vlaamse residentiële gebouwenportfolio.

#### 3.1 Archetypes

De studie maakt gebruik van 135 archetypes gebaseerd op de Vlaamse EPC-dataset, die identiek zijn aan die uit de 2022-position paper "De snelste weg naar A"<sup>15</sup> en de 2023-position paper "Winter is coming"<sup>16</sup>. Deze studie richt zich op eengezinswoningen van drie typologieën: vrijstaande, halfopen en gesloten bebouwing. De archetypes worden verder onderverdeeld op basis van bouwperiode, gebouwgrrootte en isolatieniveau. De categorieën van archetypes worden visueel weergegeven in Figuur 7.



**Figuur 7:** De archetypes, ingedeeld op basis van hun kernkenmerken

Er dient opgemerkt te worden dat de studie geen appartementen omvat en zich richt op eengezinswoningen. Daarom zijn de resultaten van deze studie van toepassing op 94,2% van het Vlaamse residentiële gebouwenportfolio<sup>17</sup>. Appartementen worden niet in beschouwing

<sup>15</sup>G. Reynders M. De Grootte D. Aerts. *De snelste weg naar A*. energyville.be. 2022.

<sup>16</sup>B. Vandeveldde C. Protopapadaki M. De Grootte. *Winter is Coming. Where are the Heat Pumps?* energyville.be. 2023.

<sup>17</sup>Vlaamse Overheid. *Vlaamse langetermijnrenovatiestrategie voor gebouwen*. assets.vlaanderen.be. 2020.

---

genomen, aangezien het toepassen van de methodologie gepaard gaat met een grote onzekerheid bij het correct modelleren van de energiebehoeften van meerdere wooneenheden binnen een appartementsgebouw.

### 3.2 Districtsbenadering

Voor de districtsbenadering maakt VITO/EnergyVille gebruik van een reeks gespecialiseerde tools en datasets. De belangrijkste tool is EnergyVille's Urban Energy Pathfinder (UEP)<sup>18</sup>, een krachtig datagestuurd model dat is ontworpen om de energiestatistiek van gebouwen binnen geselecteerde districten te simuleren en te beoordelen. Door open data te integreren met lokale factoren en specifieke projectdetails, genereert UEP probabilistische modellen die een uitgebreid beeld geven van energiegebruik, efficiëntie en mogelijke verbeteringen op zowel gebouw- als districtsniveau.

### 3.3 Renovatiesimulaties

Zodra de huidige situatie is geëvalueerd, hetzij via de archetypes of de geselecteerde districten, worden de resultaten gekoppeld aan de EnergyVille Building Energy Calculation Service (EBECS)-tool<sup>19</sup>. Deze tool maakt het mogelijk om verschillende renovatiescenario's te modelleren en helpt bij het verkennen van mogelijke beleidsverbeteringen op het gebied van energie-efficiëntie en duurzaamheid.

De EBECS-tool kan gedetailleerd renovatieadvies bieden door verschillende aspecten van een woning en zijn gebruikersgedrag te evalueren. Na een grondige beoordeling van de huidige staat van het gebouw—met inbegrip van factoren zoals geometrie, installaties, energieverbruik en isolatie—benut EBECS de expertise van EnergyVille om op maat gemaakte aanbevelingen te doen voor renovaties en duurzame systeemverbeteringen.

Het EBECS-model werkt op basis van een maandelijkse, stationaire energieberekening. Deze methode maakt het mogelijk om het theoretische energieverbruik te schatten, vergelijkbaar met de EPC-methodologie, of een benadering van het werkelijke energieverbruik te maken. Voor deze studie, die de reikwijdte van de EPC-methodologie wil beoordelen, ligt de focus voornamelijk op het schatten van het theoretische energieverbruik. Echter, voor de berekening van koolstofemissies en de Total Cost of Ownership, TCO, werd het werkelijke verbruik ingezet (zie sectie 3.4).

Het doel van de studie is om een optimaal renovatiepakket te vinden dat voldoet aan de voorgestelde grenzen voor primair energieverbruik en koolstofemissies. Elke grenswaarde wordt vervolgens geëvalueerd op zijn effectiviteit in het verminderen van koolstofemissies. **Renovatiepakketten die een warmtepomp bevatten, zijn beperkt tot warmtepompklaare pakketten (met een verwarmingsvermogen onder 105W/m<sup>2</sup>).** De grenzen zijn strikt, wat betekent dat ze altijd worden toegepast (d.w.z. een gebouw wordt gerenoveerd totdat het voldoet aan de opgelegde beperkingen).

Een volledig overzicht van de in beschouwing genomen renovatiemaatregelen is te vinden in bijlage A.1.

---

<sup>18</sup>Urban Energy Pathfinder. vito.be.

<sup>19</sup>EnergyVille Building Energy Calculation Service. energyville.be.

### 3.4 Optimalisatie met betrekking tot investering en total cost of ownership

Verschillende combinaties van potentiële renovatiemaatregelen werden geëvalueerd voor elk gebouw of archetype. Het optimale renovatiepakket werd bepaald op basis van één van twee criteria: de laagste investeringskost of de laagste total cost of ownership (TCO).

Voor het eerste criterium wordt het optimale renovatiepakket gedefinieerd als de set van maatregelen die de laagste initiële kost met zich meebrengt, terwijl het gebouw tegelijkertijd op lange termijn aan de doelstellingen voldoet. Deze aanpak wordt aangeduid als **investeringsoptimalisatie**.

Voor het tweede criterium worden de operationele kosten, naast de initiële investering, in rekening gebracht. Het optimale renovatiepakket wordt dus bepaald door de laagste TCO, gedefinieerd als de som van de initiële investeringskosten en de verwachte jaarlijkse energiekosten over een periode van 25 jaar (van 2025 tot 2050), in overeenstemming met de verwachte levensduur van de renovatiemaatregelen. Bovendien werd een discontovoet van 3%<sup>20</sup> toegepast, zoals weergegeven in vergelijking 1:

$$TCO = \text{investering} + \sum_{\text{brandstof}} (c_{\text{brandstof}} \times p_{\text{brandstof}}) \times \gamma^n \quad (1)$$

Waarbij  $c_{\text{brandstof}}$  het energieverbruik van gas, elektriciteit of stookolie voorstelt,  $p_{\text{brandstof}}$  de bijbehorende brandstofprijzen aanduidt, en  $\gamma^n$  de discontovoet is voor een periode van  $n$  jaar. Indien zonnepanelen worden geïnstalleerd, wordt ook de injectie van zonne-energie in de som opgenomen, gewaardeerd tegen marktconforme prijzen. Deze optimalisatiemethode wordt in dit rapport aangeduid als **TCO-optimalisatie**. Het is belangrijk op te merken dat deze berekening vereenvoudigd is en geen rekening houdt met mogelijke (lokale) schommelingen in brandstofprijzen gedurende de beschouwde periode.

De initiële investering die aan de renovatie is gekoppeld, wordt uitsluitend toegeschreven aan energiegerelateerde verbeteringen. Kosten met betrekking tot esthetische afwerking, bijkomende herstellingen of andere aanvullende diensten (bijv. expertadvies) worden uitgesloten. In gevallen waarin externe renovaties worden uitgevoerd, zoals dak- of gevelisolatie aan de buitenzijde, worden de afwerkingskosten (bijv. pleisterwerk of dakpannen) wel meegenomen.

### 3.5 Energieprijzen en investeringskosten

Deze studie omvat prijsniveaus voor elektriciteit en gas uit België, Frankrijk en Nederland. Deze prijzen beïnvloeden de kosten en baten van verschillende verwarmingssystemen en renovatiemaatregelen, zoals warmtepompen versus gasketels. De elektriciteit-gasprijsverhouding, samen met varianten ervan, is opgenomen om realistische scenario's weer te geven en de impact ervan op renovatiekeuzes te analyseren. Tabel 1 geeft een overzicht van de gebruikte prijzen, verkregen uit [15].

<sup>20</sup>Deze waarde is in lijn met eerdere VITO-studies [3][12][5]

---

	<b>Elektriciteitsprijs</b>	<b>Gasprijs</b>	<b>Verhouding (elektriciteit/gas)</b>
België	0.3778€	0.0994€	3.80
Frankrijk	0.25911€	0.1181€	2.19
Nederland	0.2515€	0.1500€	1.48

**Table 1:** Energieprijzen in België, Frankrijk en Nederland voor de tweede helft van 2023.

Bron: [15]

Daarnaast zijn de investerings- en onderhoudskosten voor verschillende renovatiemaatregelen binnen het EBECS-model gebaseerd op gevestigde databronnen en worden deze regelmatig geüpdatet via indexatie. Voor deze studie zijn de kosten van warmtepompen bijgewerkt om de huidige marktomstandigheden te weerspiegelen, terwijl andere kosten, waaronder isolatie en zonne-PV, consistent blijven met de meest recente updates uit eerdere studies

## 4 Resultaten

### 4.1 Scenario ontwikkeling

De studie simuleert potentiële wijzigingen in de bestaande rekenmethode van het Energieprestatiecertificaat (EPC) in Vlaanderen, met als primair doel de koolstofemissies te verminderen. Zoals eerder besproken, is het aanpakken van koolstofemissies cruciaal om klimaatdoelen te bereiken, en het evalueren van verschillende benaderingen kan waardevolle inzichten bieden voor een effectieve beleidsimplementatie.

Om deze wijzigingen te bepalen, vergelijken we de Vlaamse EPC-rekenmethode met de Franse Diagnostic de Performance Énergétique (DPE). De laatste omvat reeds een drempelwaarde voor koolstofemissies als onderdeel van de beoordeling. We bekijken ook vier gemengde scenario's, deze worden samengevat in Tabel 2.

	Baseline	Referentie geval	gemengd 1 A <sub>lowcarbon</sub>	gemengd 2 B <sub>lowcarbon</sub>	gemengd 3 A <sub>mediumcarbon</sub>	gemengd 4 B <sub>mediumcarbon</sub>
<b>Beschrijving</b>	EPC A	DPE A	EPC A Franse CO <sub>2</sub>	EPC B Franse CO <sub>2</sub>	EPC A Mildere CO <sub>2</sub>	EPC B Mildere CO <sub>2</sub>
<b>EPC [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	100	70	100	200	100	200
<b>CO<sub>2</sub> [kg/m<sup>2</sup>]</b>		6	6	6	8	8

**Table 2:** De gedefinieerde scenario's die in deze studie worden besproken.

Voor elk scenario worden de effecten van de invoering van een koolstoflimiet beoordeeld op de koolstofemissies in residentiële gebouwen, de bijbehorende koolstofreductiekosten en de adoptiegraad van warmtepompen. Met deze analyse willen we strategieën identificeren die de transitie naar een duurzamere en koolstofarme residentiële gebouwenvoorraad in Vlaanderen kunnen versnellen. Tenzij anders vermeld, zijn de resultaten in deze sectie geschaald naar de relatieve aanwezigheid van de archetypes in Vlaanderen.

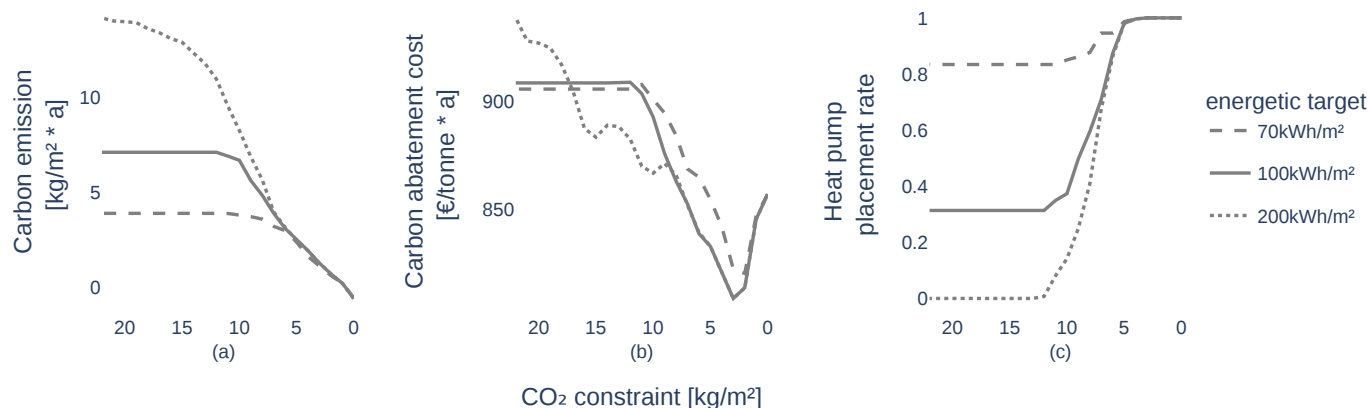
Figuur 8 toont (a) de jaarlijkse koolstofemissies per m<sup>2</sup>, (b) de koolstofreductiekost en (c) de adoptiegraad van warmtepompen voor TCO-geoptimaliseerde renovaties naar drie energiedoelen (70kWh/m<sup>2</sup>, 100kWh/m<sup>2</sup> en 200kWh/m<sup>2</sup>), waarbij een koolstofbeperking wordt toegepast. Voor koolstoflimieten boven 10 kg/m<sup>2</sup> vindt decarbonisatie voornamelijk plaats via gebouwschilisolatie, zoals blijkt uit de koolstofemissies per m<sup>2</sup> en de constante plaatsingsgraad van warmtepompen in figuren 8 (a) en (c). Naarmate de koolstoflimiet onder 10 kg/m<sup>2</sup> daalt, nemen de koolstofemissies snel af, gedreven door verhoogde elektrificatie via de installatie van warmtepompen. Zowel de plaatsingsgraad van warmtepompen als de koolstofemissies convergeren bij een koolstoflimiet van 6 kg/m<sup>2</sup>, wat aangeeft dat onder deze omstandigheden de koolstoflimiet de dominante factor is die de plaatsingsgraad van warmtepompen beïnvloedt.

De koolstofreductiekost<sup>21</sup>, zoals weergegeven in figuur 8 (b), daalt aanvankelijk sterk voor het 200 kWh/m<sup>2</sup>-doel vanwege de extra isolatie die nodig is om het koolstofdoel te halen. Rond de koolstoflimiet van 12 kg/m<sup>2</sup> stijgt de kost licht, wat overeenkomt met de verschuiving van gebouwschilisolatie (die de warmtevraag verlaagt) naar warmtepompsystemen. Hoewel deze

<sup>21</sup>De koolstofreductiekost wordt berekend door het gemiddelde te nemen van de TCO en de bijbehorende CO<sub>2</sub>-reducties.

systemen operationeel duurder zijn, dragen ze aanzienlijk bij aan koolstofreductie. Dit patroon is ook zichtbaar in de scenario's van 70 kWh/m<sup>2</sup> en 100 kWh/m<sup>2</sup>. Voor koolstoflimieten onder 10 kg/m<sup>2</sup> is de koolstofreductiekost vergelijkbaar voor de scenario's van 200 kWh/m<sup>2</sup> en 100 kWh/m<sup>2</sup>, maar vertoont deze een stijgende trend voor het scenario van 70 kWh/m<sup>2</sup>.

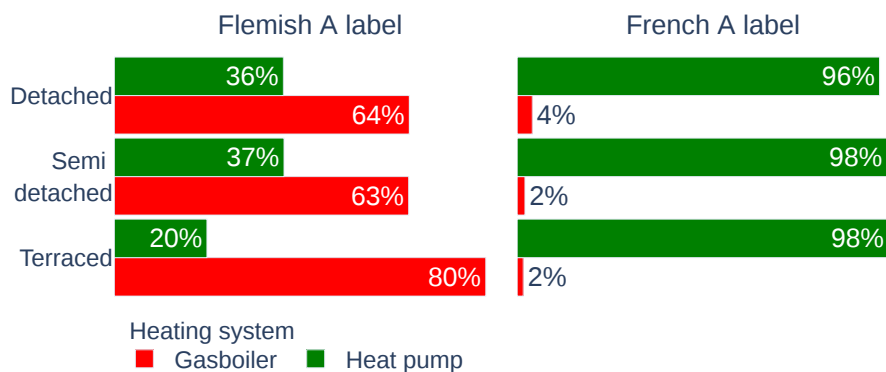
Op basis van de resultaten uit figuur 8 werden zes scenario's gedefinieerd voor verdere diepgaande analyse: het Vlaamse en Franse A-label, het Vlaamse A-label met koolstoflimieten van 6 kg/m<sup>2</sup> en 8 kg/m<sup>2</sup> (respectievelijk A<sub>lowcarbon</sub> en A<sub>mediumcarbon</sub>), evenals het Vlaamse B-label met koolstoflimieten van 6 kg/m<sup>2</sup> en 8 kg/m<sup>2</sup> (respectievelijk B<sub>lowcarbon</sub> en B<sub>mediumcarbon</sub>). Deze scenario's zijn samengevat in tabel 2.



**Figuur 8:** Impact van koolstofbeperkingen op (a) koolstofemissies, (b) koolstofreductiekost en (c) adoptiegraad van warmtepompen, gebaseerd op TCO-geoptimaliseerde renovatiebeslissingen.

## 4.2 Archetypes

Elektrificatie wordt gezien als een belangrijke route naar de decarbonisatie van verwarming en koeling. In de Europese Unie vertegenwoordigen verwarming en koeling meer dan 50% van het totale energieverbruik. Meer dan 70% van deze energie komt uit fossiele brandstoffen, en verwarming en koeling maken 80% uit van het finale energieverbruik in de residentiële sector<sup>22</sup>. De nadruk op elektrificatie wordt verder versterkt door de doelstellingen van de Europese Unie om het plaatsingstempo van warmtepompen te verdubbelen en de uitfasering van zelfstandige fossiele ketels<sup>16</sup>. Figuur 9 toont de gesimuleerde adoptiegraad van warmtepompen in Vlaanderen voor de scenario's van (a) het Vlaamse A-label en (b) het Franse A-label.



**Figuur 9:** Het aantal gebouwen per bouwtype dat kiest voor een warmtepomp in hun TCO-geoptimaliseerde renovatiekeuze terwijl ze het Vlaamse A-label of het Franse A-label behalen.

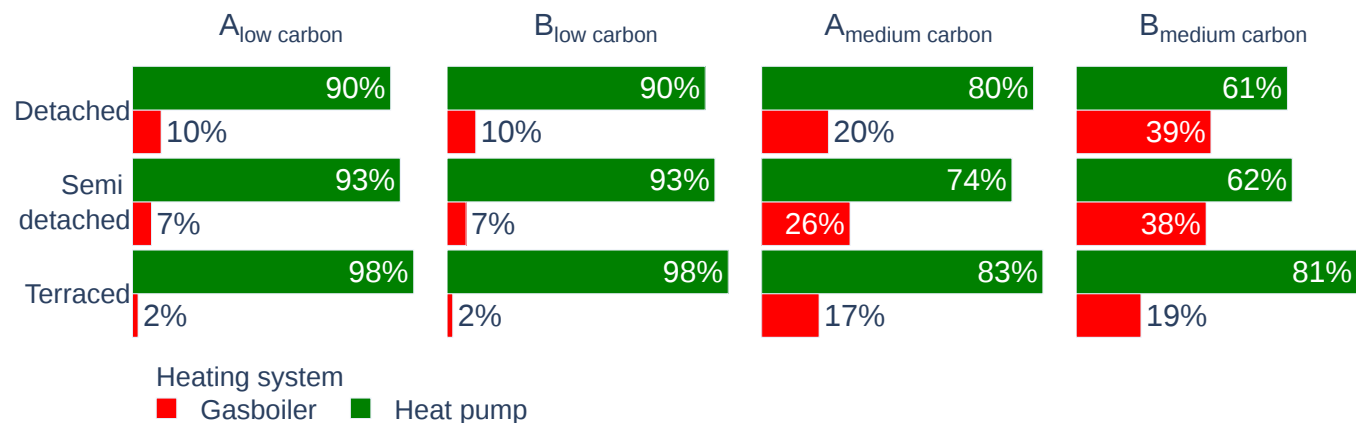
<sup>22</sup>European Commission. *Heat Pumps*. energy.ec.europa.eu. 2024.

Aan de linkerkant is duidelijk te zien dat bij het Vlaamse A-label gasketels de optimale verwarmingskeuze blijven, met een aandeel van 80% bij rijwoningen en bijna twee derde bij halfopen en vrijstaande woningen. Deze dominantie van gasketels komt overeen met eerder gerapporteerde resultaten<sup>23</sup>. In contrast daarmee geeft het Franse A-label sterk de voorkeur aan warmtepompsystemen als optimale verwarmingsoplossing. Hier kiest meer dan 95% van de gebouwen voor een warmtepomp, ongeacht het type woning. Deze grotere voorkeur voor warmtepompen, evenals de strengere energetische vereisten van het Franse A-label, komen echter met een hogere kost. Dit wordt getoond in Tabel 3, waarin een toename van 5,4% in initiële investering ten opzichte van het Vlaamse A-label wordt genoteerd, en een stijging van 7,9% in de total cost of ownership. Opmerkelijk is dat het absolute verschil in investering slechts €19/m<sup>2</sup> bedraagt, minder dan de helft van het verschil in total cost of ownership (€42/m<sup>2</sup>), als gevolg van de ongunstige elektriciteit-gasprijsverhouding in Vlaanderen.

	TCO [€/m <sup>2</sup> ]	Investering [€/m <sup>2</sup> ]	CO <sub>2</sub> -reductie [%]
<b>Huidige situatie</b>	407	0	0
<b>Vlaams A-label</b>	534	348	74
<b>Frans A-label</b>	576	367	91

**Table 3:** Vergelijking van initiële investering en total cost of ownership (TCO) tussen de huidige situatie, het Vlaamse A-label en het Franse A-label. Deze kosten zijn gewogen naar de frequentie van de gebouwarchetypes in Vlaanderen.

In een volgende stap worden het Vlaamse A- en B-label gecombineerd met strikte CO<sub>2</sub>-limieten. Figuur 10 toont de optimale keuze van verwarmingssystemen voor EPC A- en B-labels met koolstoflimieten van 6kg/m<sup>2</sup> en 8kg/m<sup>2</sup>. Figuur 10 laat zien dat de strengste CO<sub>2</sub>-beperking resulteert in renovaties waarbij de warmtepomp de dominante verwarmingskeuze wordt, met een aandeel van meer dan 90% voor elk woningtype. In de scenario's A<sub>mediumcarbon</sub> en B<sub>mediumcarbon</sub> is de aanwezigheid van warmtepompen iets lager, maar ze blijven de dominante keuze. Voor rijwoningen wordt een klein verschil in adoptie van warmtepompen waargenomen, met 83% voor het A<sub>lowcarbon</sub>-scenario versus 81% in het B<sub>mediumcarbon</sub>-scenario. Dit verschil is groter bij vrijstaande en halfopen bebouwing, waar respectievelijk 80% en 74% van de optimale verwarmingssystemen warmtepompen zijn in het A<sub>mediumcarbon</sub>-scenario, tegenover 61% en 62% in het B<sub>mediumcarbon</sub>-scenario.



**Figuur 10:** Het aantal gebouwen dat een warmtepomp ontvangt in hun TCO-geoptimaliseerde renovatie terwijl ze (a) het Vlaamse A-label en (b) het Franse A-label behalen.

<sup>23</sup>G. Reynders M. De Groot D. Aerts. *De snelste weg naar A*. energyville.be. 2022.



Tabel 4 toont de initiële investering, de total cost of ownership en de relatieve reductie in koolstofemissies ten opzichte van de huidige situatie voor elk van de zes scenario's, evenals de huidige situatie. Opmerkelijk is dat het Vlaamse A-label de op één na laagste TCO heeft van alle scenario's (exclusief de huidige situatie), na het B<sub>mediumcarbon</sub>-scenario. Echter, het heeft ook de op één na hoogste investeringskost, waarbij alleen het Franse A-label een hogere investeringskost heeft. Bovendien is het, van de getoonde scenario's, het minst effectief in koolstofreductie, wat te wijten is aan het hoge aandeel gasketels.

Daarnaast is het effect van de elektriciteit-gasprijsverhouding duidelijk zichtbaar in het verschil tussen de resulterende TCO's van de scenario's met Belgische, Franse en Nederlandse prijzen. Voor zowel de Franse als Nederlandse prijzen is het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario het scenario met de laagste initiële investering en ook de laagste TCO. Bovendien, terwijl het Vlaamse A-label de laagste TCO heeft bij toepassing van Franse en Belgische prijzen, geldt dit niet langer bij Nederlandse prijzen, waar het de hoogste total cost of ownership heeft.

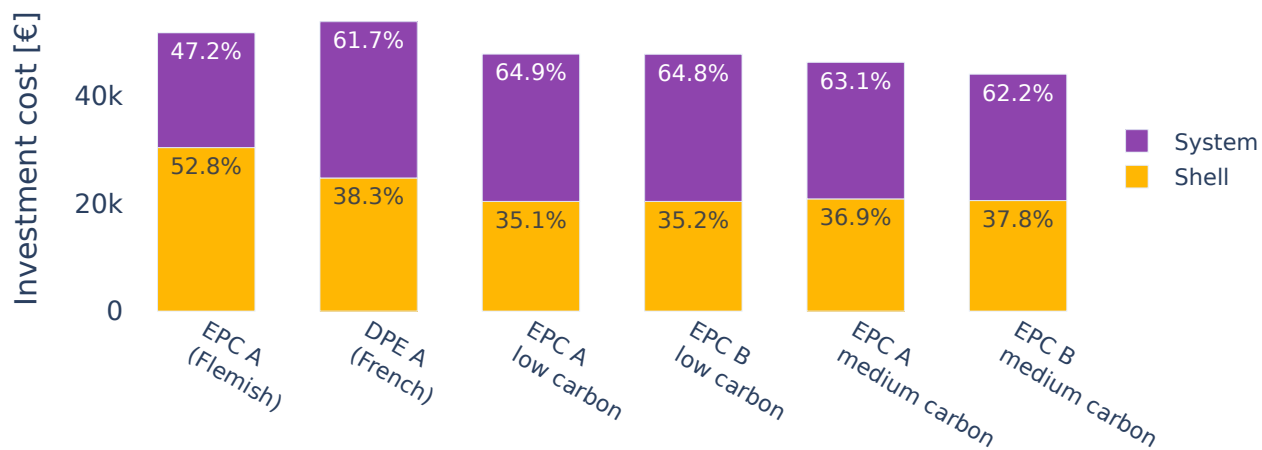
De hoogste CO<sub>2</sub>-besparing wordt bereikt wanneer een strikte CO<sub>2</sub>-beperking van 6 kg/m<sup>2</sup> wordt toegepast, zowel in combinatie met het Vlaamse A-label als het B-label. Deze aanpak leidt ook tot gematigd hogere kosten in vergelijking met het Vlaamse A-label (zonder koolstofbeperkingen). Echter, als de elektriciteit-gasprijsverhouding gunstiger wordt, nemen deze kostverschillen af, waardoor de hogere CO<sub>2</sub>-besparing kosteneffectiever wordt onder die omstandigheden.

	<b>TCO BE</b> <b>[€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Investing</b> <b>[€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>CO<sub>2</sub>-reductie</b> <b>[%]</b>	<b>TCO FR</b> <b>[€/m<sup>2</sup>]</b>	<b>TCO NL</b> <b>[€/m<sup>2</sup>]</b>
<b>Huidige situatie</b>	407	0	0	444	509
<b>Vlaams A-label</b>	534	348	74	527	556
<b>Frans A-label</b>	576	367	91	513	517
<b>A<sub>lowcarbon</sub></b>	552	322	90	480	482
<b>B<sub>lowcarbon</sub></b>	551	321	90	479	481
<b>A<sub>mediumcarbon</sub></b>	536	311	85	478	487
<b>B<sub>mediumcarbon</sub></b>	528	298	83	478	492

**Table 4:** Overzicht van de initiële investering, de total cost of ownership en de relatieve koolstofreductie ten opzichte van de huidige situatie. Deze kosten zijn gewogen naar de verdeling van de gebouwvarianten in Vlaanderen.

De resultaten van deze sectie tonen aan dat een aanzienlijke reductie in CO<sub>2</sub>-emissies kan worden bereikt door een verhoogde adoptie van warmtepompen, en dat deze toename gestimuleerd kan worden door de toevoeging van koolstofbeperkingen. Dit betekent echter niet noodzakelijk dat schilrenovatie overbodig wordt. Figuur 11 toont de gemiddelde verdeling van de initiële investering over systeemupgrades (verwarmingssystemen, PV-systemen, ventilatie en batterijen) en gebouwschilrenovaties. Voor scenario's met een koolstoflimiet (waaronder het Franse DPE A-label) wordt een groter deel van de initiële investering toegewezen aan systeemupgrades.

Proportion of upfront average investment by cost category



**Figuur 11:** Staafdiagram met de gemiddelde verdeling van de initiële investering voor de zes scenario's.

### 4.3 TCO, investering en optimale renovatiepakketten

Eerdere studies hebben vergelijkbare analyses uitgevoerd als gepresenteerd in deze studie. In de eerdere VITO-studie 'De snelste weg naar A' (2022) vertegenwoordigen warmtepompen 84% van de optimale verwarmingssystemen voor de archetypes volgens het investeringsgeoptimaliseerde scenario. In contrast daarmee resulteerde het TCO-geoptimaliseerde scenario niet in extra warmtepompen<sup>24</sup>. De afgelopen vijf jaar waren bijzonder volatiel voor de bouwsector, gekenmerkt door de verstoringen van de COVID-19-pandemie en de energiecrisis, die de renovatiekosten en energieprijzen aanzienlijk hebben verhoogd.

Deze recente veranderingen verklaren waarom de TCO-optimaal behaalde resultaten voor de archetypes (Figuur 12) afwijken van 'De snelste weg naar A': gemiddeld ontvangt 25% van de gebouwarchetypes een warmtepomp, in tegenstelling tot geen enkele in de eerdere schattingen. Daarnaast is in het scenario met de laagste initiële investering (niet getoond) slechts 60% van de gebouwen uitgerust met een warmtepompsysteem, een aanzienlijke daling ten opzichte van de 84% gerapporteerd in 'De snelste weg naar A'.



**Figuur 12:** De OPEX-geoptimaliseerde renovatiepakketten van de gebouwarchetypes. Merk op dat, ter vergelijking met [3], en in tegenstelling tot de discussie volgend op Figuur 4 en 5, de resultaten niet zijn geschaald naar hun relatieve voorkomen in de Vlaamse bouwvoorraad.

Opvallend is dat de meerderheid van de warmtepompen geplaatst wordt in gebouwen met bouwperiodes tussen 1945 – 1970 en 1971 – 1990. Dit resultaat kan als volgt worden verklaard: spouwmuren zijn zeldzaam bij gebouwen die vóór 1960 zijn gebouwd. Dit, gecombi-

<sup>24</sup>G. Reynders M. De Groote D. Aerts. *De snelste weg naar A*. energyville.be. 2022.

---

neerd met hun vaak lagere isolatieniveau, leidt tot duurdere renovatiemaatregelen, zoals dakvernieuwingen en buitenmuurisolatie. Een tweede blik op de gebouwen uit de periode 1945-1990 toont aan dat diegene die kiezen voor een warmtepomp, doorgaans dezelfde gebouwen zijn die erin slagen om een grote kost, zoals dakvernieuwing of buitenmuurisolatie, te vermijden en in plaats daarvan kiezen voor kostenefficiëntere maatregelen zoals spouwmuurisolatie of dakisolatie langs de binnenzijde<sup>25</sup>. Voor gebouwen na 1990 ontvangen slechts enkele gebouwen een warmtepomp. Dit komt vaak doordat het isolatieniveau al vrij hoog is en spouwmuurisolatie, gecombineerd met een andere gebouwschilmaatregel en een PV-systeem, vaak voldoende is om een A-label te bereiken. Het is belangrijk op te merken dat, voor vergelijkingsdoeleinden—en in tegenstelling tot de discussie volgend op Figuur 4 en 5—deze resultaten niet zijn geschaald naar de relatieve frequentie van elk archetype in Vlaanderen.

De verschillen in deze resultaten zijn te wijten aan grote variaties en onzekerheid in energieprijzen en renovatiekosten. Hoewel warmtepompen een voldoende hoog isolatieniveau van de gebouwschil vereisen voor efficiënte werking, beïnvloeden de stijgende renovatiekosten zowel gas- als warmtepompsystemen op vergelijkbare wijze. Dit zou kunnen verklaren waarom er minder warmtepompen werden gekozen bij focus op minimale initiële investeringen, aangezien de prijzen van verschillende renovatiemaatregelen relatief ten opzichte van elkaar zijn verschoven.

De afwijking wordt duidelijker bij het bekijken van de verandering in energieprijzen. In de tweede helft van 2020 bedroegen de gas- en elektriciteitsprijzen voor huishoudelijke consumenten in België respectievelijk €0.0498/kWh en €0.2702/kWh, een verhouding groter dan 5<sup>26</sup>. In contrast daarmee zijn de prijzen die in deze studie worden gebruikt die van de tweede helft van 2023: €0.0994/kWh voor gas en €0.3778/kWh voor elektriciteit, waardoor deze verhouding daalt tot onder 4. Deze verschuiving verbetert de economische haalbaarheid van warmtepompen aanzienlijk, zoals blijkt uit het TCO-geoptimaliseerde scenario.

---

<sup>25</sup>Renovatiepakketten met een warmtepomp zijn beperkt tot pakketten die warmtepomp-klaar zijn, zoals besproken in de methodologiesectie.

<sup>26</sup>European Union. *Eurostat energy prices for household consumers*. eurostat. 2024.

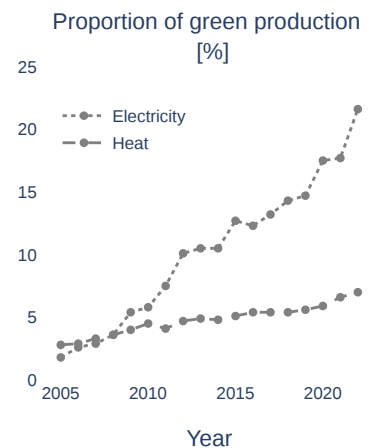
## 4.4 Koolstofintensiteit van elektriciteit

Aangezien elektrificatie een belangrijke bijdrage kan leveren aan de decarbonisatie van de residentiële sector, is het cruciaal om de impact ervan te begrijpen. In 2022 bedroeg de koolstofintensiteit van elektriciteit in Vlaanderen 0,195 kg/kWh<sup>27</sup>. Ter vergelijking: de koolstofintensiteit van een condenserende gasketel (met een rendement van 90%) is 0,202 kg/kWh, zoals gerapporteerd door [4].<sup>28</sup>

In Vlaanderen was in 2022 slechts 21,6% van de totale elektriciteitsproductie groene productie, terwijl de groene warmteproductie slechts 7% bedroeg, zoals weergegeven in Figuur 13. Naarmate de elektriciteitsmix snel evolueert naar groenere productie, wordt elektrificatie een steeds effectievere strategie voor decarbonisatie. Volgens Paths2050<sup>29</sup> zal de emissiefactor van elektriciteit tegen 2050 verder dalen tot vrijwel CO<sub>2</sub>-neutraal<sup>30</sup>, wat de koolstofefficiëntie van warmtepompen verder zal verbeteren. Daarentegen zijn fossielgestookte ketels volledig afhankelijk van de specifieke emissiewaarde van hun brandstof, waardoor hun koolstofintensiteit in de tijd constant blijft.

Als we aannemen dat een warmtepomp volledig wordt aangedreven door netstroom en een conservatief rendement van 300% behaalt<sup>31</sup>, dan kan een warmtepomp alleen al de koolstofemissies van ruimteverwarming met meer dan tweederde verminderen. Deze schatting houdt geen rekening met extra factoren, zoals zelfconsumptie van fotonvoltaïsche (PV) systemen, die de emissies verder zouden verminderen.

Figuur 14 illustreert drie renovatiescenario's voor A-label renovaties van de gebouwarchetypes: (1) alle gebouwen met een gasketel (links), (2) gebouwen gerenoveerd op basis van een TCO-geoptimaliseerde keuze (midden) en (3) alle gebouwen gerenoveerd met een warmtepomp (rechts).



**Figuur 13:** Het proportionele aandeel van groene energieproductie voor warmte- en elektriciteitsverbruik in Vlaanderen. Bron: [17].

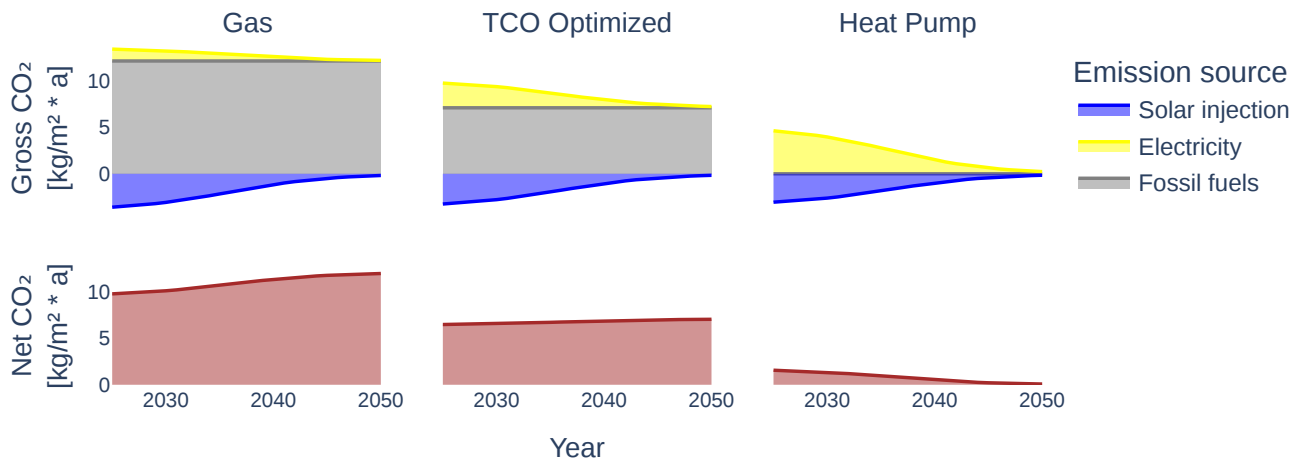
<sup>27</sup>VEKA. *Emissiefactoren*. vlaanderen.be. 2024.

<sup>28</sup>Merk op dat in deze studie een CO<sub>2</sub>-intensiteit van 0.171 kg/kWh werd gehanteerd, in lijn met Paths2050 [5].

<sup>29</sup>Paths2050 - *The power of perspective*. Paths2050.energyville.be.

<sup>30</sup>Voor het centrale scenario wordt een intensiteit van 0,002 kg/kWh verwacht, en 0 kg/kWh in het elektrificatiescenario.

<sup>31</sup>Merk op dat hier bewust een pessimistische SCOP van 3 is gekozen voor deze vergelijking. In werkelijkheid zijn SCOP-waarden vaak aanzienlijk hoger, wat leidt tot een nog grotere CO<sub>2</sub>-reductie bij vervanging van een gasketel door een warmtepomp.



**Figuur 14:** De CO<sub>2</sub>-emissies per m<sup>2</sup> voor drie scenario's van het A-label: (1) alle gebouwen met een gasketel (links), (2) alle gebouwen gerenoveerd op basis van een TCO-geoptimaliseerde keuze (midden) en (3) alle gebouwen gerenoveerd met een warmtepomp (rechts).

De koolstofemissies worden berekend op basis van de verwachte emissiefactoren (zie sectie 2). De bruto-emissies (bovenste rij) zijn onderverdeeld in emissies door fossiele brandstoffen, emissies door elektriciteitsverbruik (incl. zelfconsumptie van fotovoltaïsche systemen) en emissies door zonne-injectie (weergegeven als negatieve emissiewaarden). De netto-emissies (onderste rij) zijn de som van deze drie bronnen.

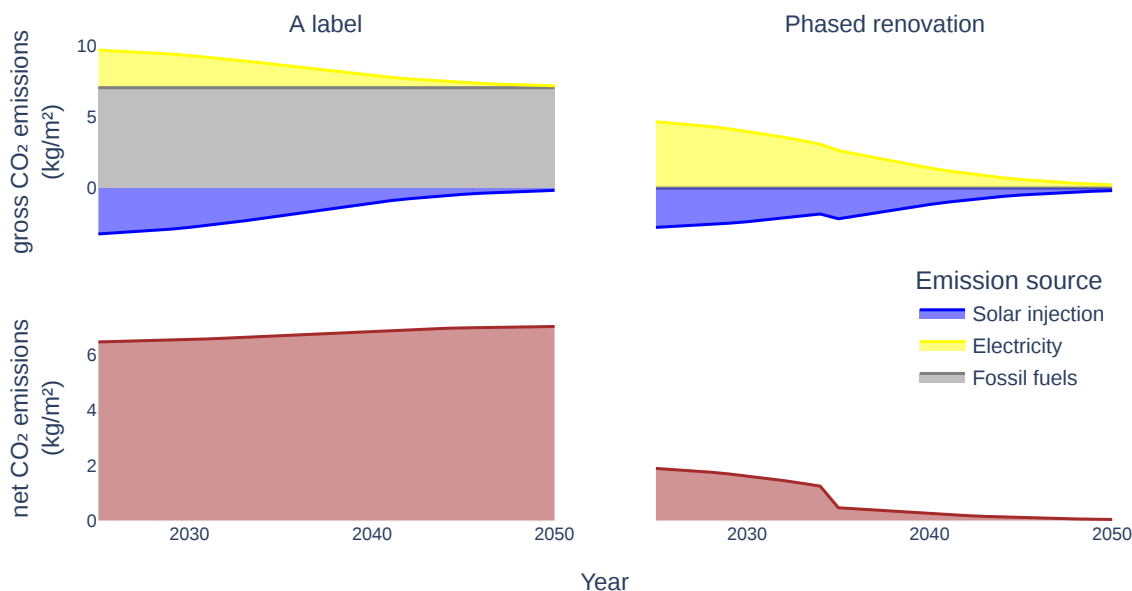
Na renovatie veranderen het elektriciteitsverbruik en de zonne-injectie de koolstofemissies als gevolg van de verwachte daling van de koolstofintensiteit van elektriciteit, terwijl de emissies door fossiele brandstoffen constant blijven. In de scenario's met een gasketel en TCO-optimalisatie **nemen de netto-emissies in de tijd toe**, wat op het eerste gezicht contra-intuïtief lijkt, gezien de overgang naar elektriciteit. Een nadere analyse toont echter aan dat de compensatie door zonne-injectie groter is dan de emissies afkomstig van elektriciteitsverbruik. Naarmate de koolstofintensiteit van elektriciteit *afneemt*, nemen zowel de emissies afkomstig van elektriciteitsverbruik als die afkomstig van zonne-injectie ook *af*. Wanneer de zonne-injectie groter is dan het elektriciteitsverbruik, nemen de totale emissies toe.

Dit effect treedt niet op in het scenario met een warmtepomp, waar volledige elektrificatie ervoor zorgt dat de emissies door elektriciteitsverbruik groter zijn dan de compensatie door zonne-injectie. Hierdoor is het warmtepompscenario het enige waarin de netto-emissies in de tijd daadwerkelijk afnemen.

## 4.5 Renovatietemp'o's en gefaseerde renovaties

Gefaseerde renovaties worden vaak toegepast door huishoudens om hun investeringen over de tijd te spreiden en zo de betaalbaarheid van hun gebouwrenovaties te verbeteren. Echter, lock-in-effecten kunnen een belangrijk nadeel van deze aanpak vormen.

Om het effect van het prioriteren van elektrificatie te onderzoeken, werd een gefaseerde renovatiemethode toegepast en de resultaten vergeleken met het Vlaamse A-label. In ons voorbeeld bestaat de gefaseerde renovatie uit twee renovatiemomenten: eerst wordt een gebouw gerenoveerd naar een EPC C-label met een warmtepomp. Daarna, na 10 jaar, wordt het verder gerenoveerd naar een A-label. De eerste renovatie wordt altijd gekozen in functie van de uiteindelijke renovatie naar een A-label, om lock-in-effecten te vermijden.



**Figuur 15:** De koolstofemissie per m<sup>2</sup> van de TCO-geoptimaliseerde renovatiepakketten voor een A-label (links) en een gefaseerde renovatie met een warmtepomp in fase 1.

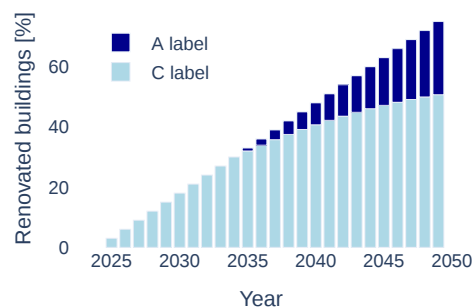
Figuur 15 toont een stacked area-diagram van de koolstofemissies van de gebouwarchetypes voor A-label renovaties (links) en gefaseerde renovaties (rechts), waarbij rekening wordt gehouden met de toekomstige koolstofintensiteit van elektriciteit. De gefaseerde renovatie vertoont een aanzienlijk lagere koolstofemissie en, in tegenstelling tot het A-label, verlaagt deze netto-emissies ondanks de zonnecompensatie (zie sectie 4.4).

Figuur 15 illustreert een optimaal scenario, waarin alle gebouwen gelijktijdig worden gerenoveerd, wat het volledige potentieel van grootschalige elektrificatie aantoont. Een realistischere aanpak omvat echter een jaarlijks renovatietempo. Figuur 17 toont de koolstofemissies ten opzichte van de huidige situatie voor gefaseerde en A-label renovaties, geëvalueerd bij renovatietempo's van 1,5%, 3% en 4%.<sup>32</sup>

Het is belangrijk op te merken dat zelfs bij deze renovatietempo's het scenario van de gefaseerde renovatie nooit 100% A-label renovaties bereikt. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 16, die het totale aantal gerenoveerde gebouwen toont bij een renovatietempo van 3% en het aandeel gebouwen dat een A-label behaalt in de gefaseerde renovatiestrategie.

De resultaten tonen duidelijk aan dat bij elk van de drie renovatietempo's een gefaseerde renovatie — waarbij warmtepompen worden vooropgesteld boven gebouwschilisolatie — tot een grotere koolstofreductie leidt. Opvallend is dat de gefaseerde renovatie bij een renovatietempo van 3% een grotere koolstofreductie behaalt dan de A-label renovatie bij een renovatietempo van 4%, zoals weergegeven in Figuur 18.

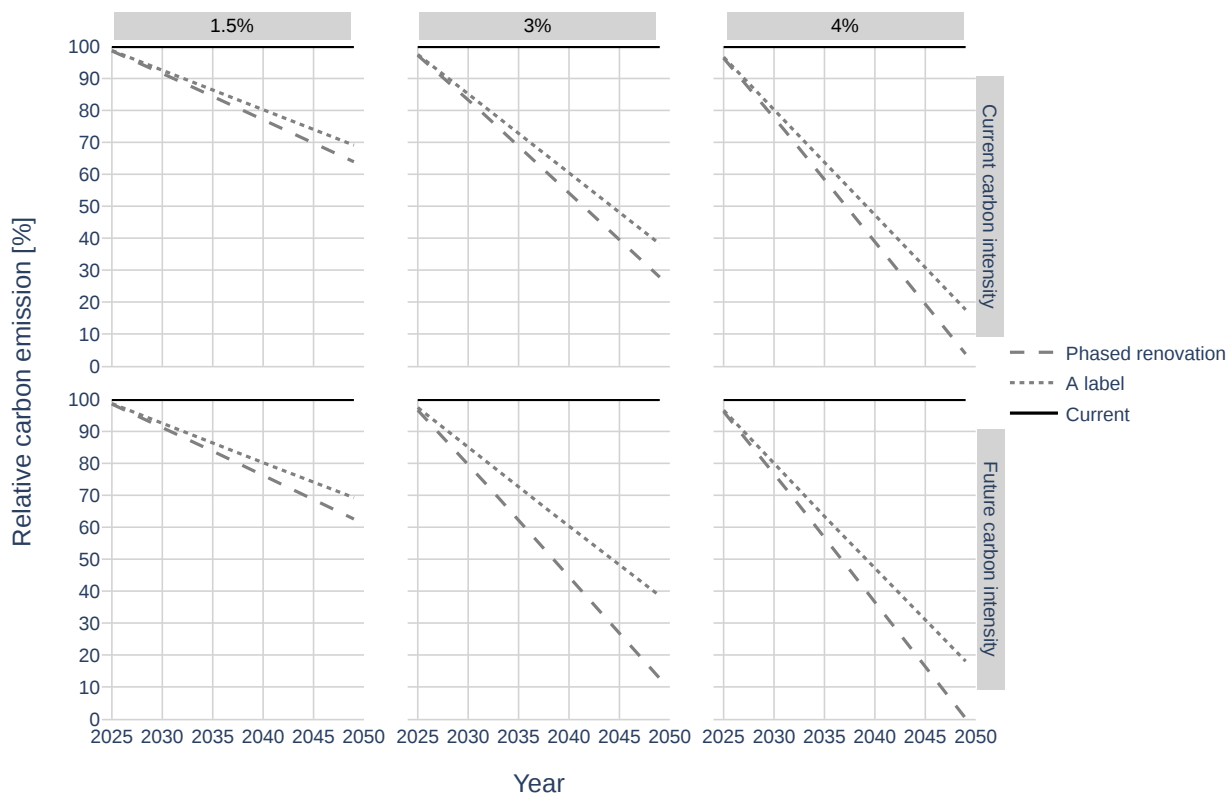
Kort gezegd, bij het optimaliseren van de TCO voor renovatie kan een stapsgewijze renovatie richting decarbonisatie leiden tot een grotere CO<sub>2</sub>-reductie, mits warmtepompen worden



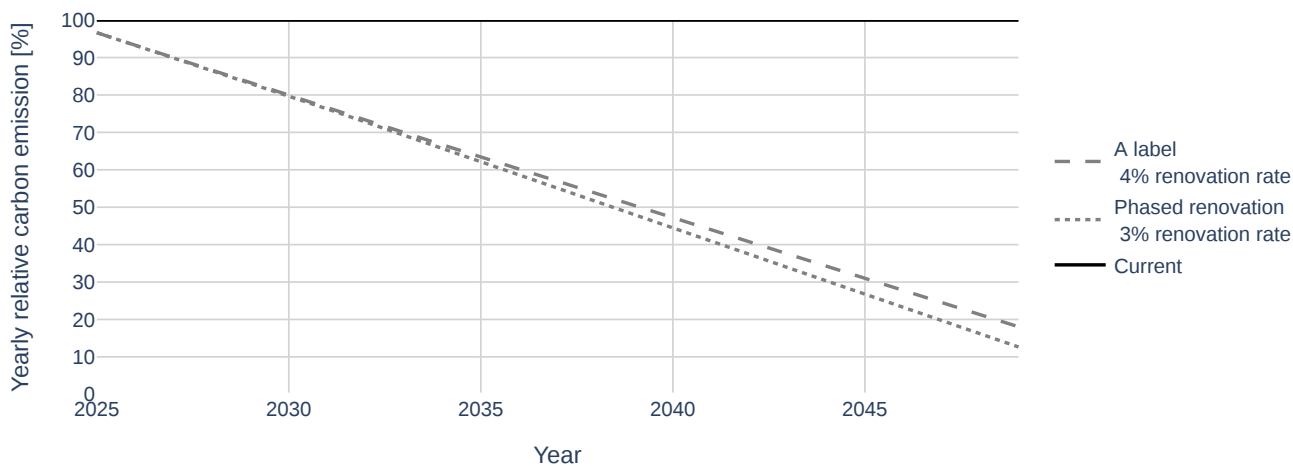
**Figuur 16:** Proportie gerenoveerde gebouwen bij een renovatietempo van 3%. Bij niet-gefaseerde renovaties is het aantal gerenoveerde gebouwen gelijk aan de som van A- en C-label renovaties.

<sup>32</sup>Om eventuele selectiebias te beperken, werd deze berekening meerdere keren herhaald en het gemiddelde resultaat gerapporteerd.

geprioriteerd en lock-in-effecten worden vermeden.



**Figuur 17:** De relatieve jaarlijkse koolstofemissie van EPC A-label en gefaseerde renovaties bij renovatietempo's van 1,5%, 3% en 4%, ten opzichte van de huidige situatie.



**Figuur 18:** Relatieve jaarlijkse koolstofemissie (t.o.v. de huidige situatie) voor het A-label scenario met een renovatietempo van 4% en het gefaseerde renovatiescenario met een renovatietempo van 3%.

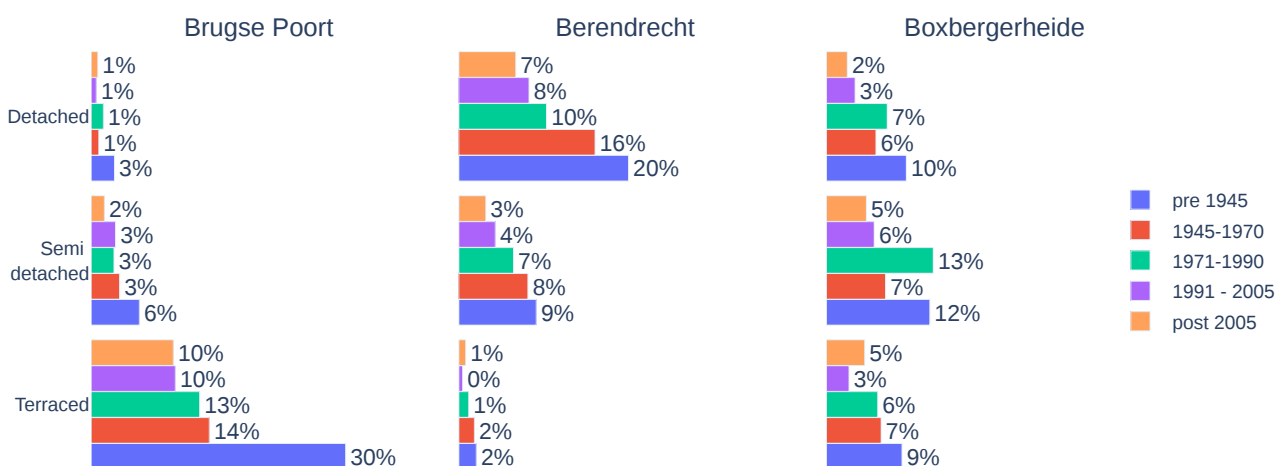


## 4.6 Districten

De resultaten van de archetypes tonen aan dat elektrificatie van residentiële verwarming, met name via warmtepompsystemen, een cruciale rol speelt in koolstofreductie. Door energie-doelstellingen af te stemmen op de specifieke kenmerken van verschillende gebouwtypes, kunnen aanzienlijke koolstofreducties worden gerealiseerd zonder dat de investeringskosten noodzakelijkerwijs hoger uitvallen dan die vereist zijn om een EPC A-label te behalen. Echter, de elektriciteit-gasprijsverhouding blijft een significante belemmering voor grootschalige adoptie.

Het is belangrijk te erkennen dat de archetypere resultaten, ondanks dat ze zijn geschaald naar hun relatieve voorkomen in Vlaanderen, niet direct vertaald kunnen worden naar specifieke districten vanwege lokale variaties in sociale, demografische en geografische factoren. Om rekening te houden met deze variaties, werden de archetypere resultaten toegepast op drie verschillende districten: Boxbergerheide in Genk, Brugse Poort in Gent en Berendrecht in Antwerpen. Deze districten werden geselecteerd op basis van hun verdeling van bouwtypologieën en bouwperiodes, evenals om diverse sociale contexten te omvatten, zoals de 50/50-verdeling tussen eigenaars en huurders in de sociale woonwijk Brugse Poort en het overwicht van huis-eigenaren in Boxbergerheide.

Figuur 19 illustreert de verdeling van bouwperiodes en gebouwtypes in deze districten.



**Figuur 19:** Verdeling van bouwperiodes en gebouwtypes in Brugse Poort, Berendrecht en Boxbergerheide.

Figuur 20 toont de resultaten voor de volgende vijf scenario's: het standaard Vlaamse A-label, de A- en B-labels met  $6\text{kg/m}^2$  en  $8\text{kg/m}^2$ ,  $A_{\text{lowcarbon}}$  en  $A_{\text{mediumcarbon}}$ , en  $B_{\text{lowcarbon}}$  en  $B_{\text{mediumcarbon}}$ . Voor vrijstaande gebouwen tonen alle districten een voorkeur voor gasketels, maar dit is veel minder uitgesproken dan bij de archetypegebouwen, waar 90% van de vrijstaande woningen een gasketel verkoos. Rijwoningen en halfopen bebouwing blijven wel sterk de voorkeur geven aan gasketels.

Het is duidelijk dat, net als in de bespreking van de archetypes, bij lage koolstoflimieten van  $6\text{kg/m}^2$  de koolstoflimiet de bepalende factor is in de TCO-geoptimaliseerde keuze van verwarmingssystemen, aangezien slechts kleine verschillen worden waargenomen tussen beide scenario's voor elk district. Van de drie districten toont Berendrecht een hogere plaatsingsgraad van warmtepompen bij deze koolstofbeperking.

Bij een koolstoflimiet van  $8\text{kg/m}^2$  is het verschil tussen een A-label en een B-label meer uitge-

spoken. Dit komt grotendeels door de toegenomen flexibiliteit om te kiezen voor een warmtepompsysteem in plaats van een typisch dure gebouwschilrenovatie. Dit alternatief stelt gebouwen in staat om hun koolstofdoelstellingen kostenefficiënter te behalen.



**Figuur 20:** Overzicht van de TCO-geoptimaliseerde keuze van verwarmingssysteem voor de koolstofscenario's in de districten Brugse Poort (Gent), Berendrecht (Antwerpen) en Boxbergerheide (Genk).

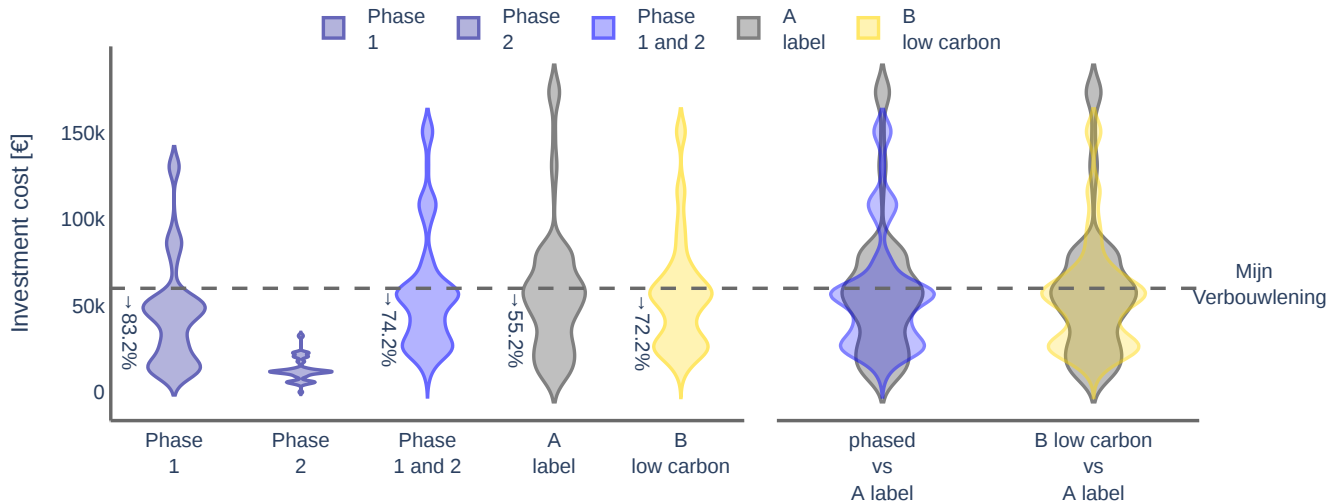
## 4.7 Investerings, total cost of ownership en koolstofemissies

Volgens het Vlaams Energie- en Klimaatagentschap (VEKA) bedraagt het jaarlijkse renovatietempo dat een bouwvergunning vereist 0,6%. Wanneer rekening wordt gehouden met renovaties die geen vergunning vereisen wordt dit geschat op 2,5%<sup>33</sup>. Echter, slechts een beperkt aantal van deze renovaties betreft een eenmalige renovatie om te voldoen aan de 2050-doelstelling van een A-label. Daarnaast schatten andere rapporten dit renovatietempo op 1% of lager<sup>34,35</sup>.

Een van de belangrijkste belemmeringen voor (energetische) gebouwrenovaties is de hoge initiële investeringskost, vooral voor huishoudens met een laag inkomen<sup>36</sup>. Een kerndoel van de langetermijnstrategie van Vlaanderen is daarom om de reeds bestaande investeringsbereidheid te stimuleren<sup>6</sup>.

Figuur 21 toont de **investeringskosten** voor verschillende renovatiestrategieën in de wijk Boxbergerheide in Genk: een gefaseerde renovatie (zoals beschreven in sectie 4.5), het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario en het bestaande A-label. Als referentie is de Vlaamse "Mijn Verbouwlening"<sup>37</sup> toegevoegd, een voordelige lening tot €60.000, beschikbaar voor huiseigenaren die willen investeren in een energetische renovatie<sup>38</sup>.

Hieruit blijkt duidelijk dat de investeringsdruk voor woningrenovatie aanzienlijk daalt bij de gefaseerde renovatie en het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario, waarbij respectievelijk 74% en 72% van de woningrenovaties volledig kunnen worden gefinancierd met deze lening, tegenover slechts 55% in het A-label scenario. Deze daling in investeringsdruk is nog hoger voor fase 1 van de gefaseerde renovatie, waar 83,2% van de gebouwen volledig gefinancierd kan worden.



**Figuur 21:** Verdeling van de investeringskosten voor verschillende renovatiestrategieën: het EPC A-label, het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario en een gefaseerde renovatie met focus op elektrificatie. Hier komt fase 1 overeen met een EPC-label C met een warmtepomp en fase 2 is de vervolgrenovatie naar een EPC-label A.

<sup>33</sup>Vlaamse Overheid. *Vlaamse langetermijnrenovatiestrategie voor gebouwen*. assets.vlaanderen.be. 2020.

<sup>34</sup>Euroconstruct. *New Construction and Climate Goals in Europe*. euroconstruct.org. 2018.

<sup>35</sup>EnergyVille. *DITUR: Digital Twin for Upscaled Retrofits*. energyville.be. 2022.

<sup>36</sup>Erik Laes e.a. *How do policies help to increase the uptake of carbon reduction measures in the EU residential sector? Evidence from recent studies*. 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2018.05.046.

<sup>37</sup>"Mijn Verbouwlening" in het Nederlands

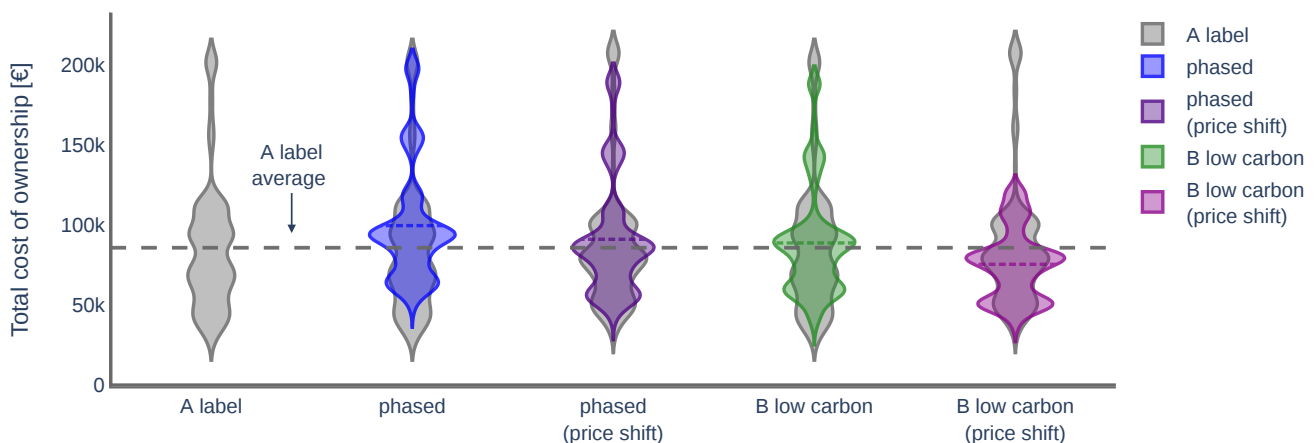
<sup>38</sup>Vlaamse Overheid. *Mijn Verbouwlening*. www.vlaanderen.be/mijn-verbouwlening. 2024.

Figuur 22 toont de **total cost of ownership** van de renovatiescenario's voor dezelfde wijk. Naast de TCO berekend met Belgische energieprijzen, zijn de scenario's ook berekend met een prijsverschuiving. Concreet worden in de eerste tien jaar de huidige Belgische energieprijzen aangenomen, en de vijftien daaropvolgende jaren de Franse energieprijzen.

Deze aanpak weerspiegelt een potentiële verschuiving in de verhouding tussen elektriciteits- en gasprijzen, anticiperend op een mogelijke verandering in de komende tien jaar van de huidige waarde van 3,8 naar de Franse benchmark van 2,2<sup>39</sup>.

Zoals besproken in sectie 4.2, geeft de TCO-optimalisatie de voorkeur aan verwarmingssystemen op basis van gasketels in het geval van een A-label renovatie. Dit is zichtbaar in het lagere segment van de TCO-verdeling in het A-label scenario.

Het TCO-gemiddelde van elk scenario<sup>40</sup> wordt weergegeven als een stippellijn in Figuur 22. Hieruit blijkt dat het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario na een prijsverschuiving het enige scenario is waarbij het gemiddelde TCO onder het A-label gemiddelde daalt. Daarnaast vertoont dit scenario een aanzienlijke afname in uitschieters, wat te danken is aan de lagere energetische doelstelling die is vastgelegd in het B-label.



**Figuur 22:** Verdeling van de total cost of ownership voor verschillende renovatiestrategieën: het EPC A-label, het EPC B<sub>lowcarbon</sub>-label en een gefaseerde renovatie met focus op elektrificatie.

Figuur 23 toont de relatieve koolstofemissies van de drie scenario's ten opzichte van de huidige situatie, voor renovatietempo's van 1,5%, 3% en 4%.

Hieruit blijkt dat zowel het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario als de gefaseerde renovatie aanzienlijk bijdragen aan een versnelde koolstofreductie ten opzichte van de A-label renovatie, dankzij de hoge elektrificatiegraad door warmtepompen (100% in de gefaseerde renovatie).

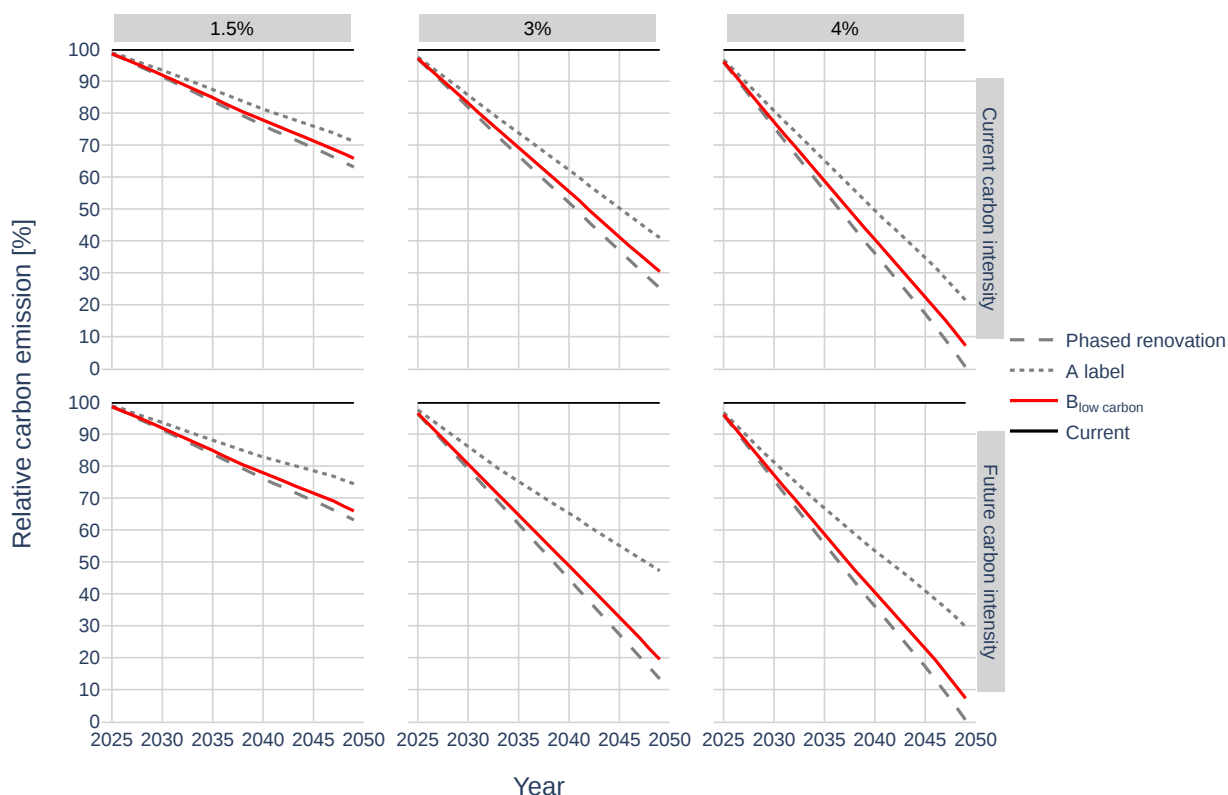
Hoewel het enige scenario dat in staat is om bijna-nul emissies te bereiken het 4% renovatietempo is met volledige elektrificatie in de gefaseerde renovatieaanpak, presteert het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario ook goed en aanzienlijk beter dan het A-label scenario.

<sup>39</sup>Merk op dat de Vlaamse overheid van plan is de elektriciteit-gasprijsverhouding te verlagen naar 2,5. Deze opmerking wordt zonder referentie gegeven, aangezien dit deel uitmaakt van lopende regeringsonderhandelingen na de verkiezingen van 2024 en breed werd gerapporteerd in de media.

<sup>40</sup>Merk op dat ook het A-labelscenario is onderworpen aan de prijsverschuiving wanneer het wordt vergeleken met de verschoven scenario's. Het gemiddelde wordt echter niet weergegeven, omdat het minder dan 1% afwijkt van het niet-verschoven gemiddelde.

Wanneer we terugkijken naar de investerings- en TCO-resultaten in Figuur 21 en Figuur 22, is het duidelijk dat beide scenario's een lagere instapdrempel hebben vanwege hun gunstige initiële investeringskosten ten opzichte van het A-label.

Echter, bij het in overweging nemen van de operationele kosten wordt duidelijk dat, behalve voor het B<sub>lowcarbon</sub>-scenario met een prijsverschuiving, deze transitie zal leiden tot hogere kosten. Dit onderstreept de noodzaak van een prijsverschuiving in de Vlaamse energieprijzen als de uitrol van warmtepompen aanzienlijk versneld moet worden.



**Figuur 23:** Renovatietempo's in Genk - Boxbergerheide en de relatieve impact van het EPC A-label, het B<sub>lowcarbon</sub>-label en de gefaseerde renovatiescenario's op koolstofreductie.

## 5 Conclusie

Dit rapport benadrukt de cruciale rol die elektrificatie speelt bij de decarbonisatie van residentiële verwarming in eengezinswoningen. Door scenarioanalyse van zowel archetypische representaties als praktische validatie (districten), biedt dit rapport een robuust kader voor het begrijpen van de uitdagingen en kansen binnen het Vlaamse residentiële gebouwenbestand. De bevindingen tonen aan dat het integreren van koolstoflimieten binnen het kader van het Energieprestatiecertificaat (EPC) de adoptie van warmtepompen in bestaande gebouwen kan versnellen, wat leidt tot aanzienlijke koolstofreducties.

Deze studie bracht verschillende belangrijke inzichten aan het licht:

- **Warmtepompen als sleuteloplossing:** Onder scenario's met strikte koolstoflimieten (6 kg/m<sup>2</sup>) worden warmtepompen het dominante verwarmingssysteem, wat leidt tot aanzienlijke koolstofreducties. Dit onderstreept het potentieel van elektrificatie, vooral in combinatie met verbeteringen aan de gebouwschil, om koolstofneutraliteit in residentiële verwarming te bereiken. Zonder koolstofrestricties in de EPC-beoordeling blijven gasketels echter het voorkeursverwarmingssysteem in Vlaamse gebouwen met een A-label. Bovendien kunnen koolstofbeperkingen de totale investeringsdrempel verlagen terwijl hoge koolstofreducties worden behaald. Voor sommige woningen kunnen warmtepompen in combinatie met matige isolatie een alternatief vormen voor diepgaande isolatieniveaus. Dit kan de totale investeringen verlagen terwijl vergelijkbare koolstofreducties worden gerealiseerd. Deze aanpak vermindert direct de CO<sub>2</sub>-uitstoot en ondersteunt duurzame oplossingen naarmate het elektriciteitsnet groener wordt.
- **Kosteneffecten en elektriciteit-gasprijsverhouding:** Hoewel warmtepompen op lange termijn bijdragen tot het verminderen van koolstofemissies, vormen hun hoge operationele en investeringskosten vaak een barrière voor huiseigenaren. Gefaseerde renovatiestrategieën—zoals eerst de installatie van een warmtepomp en daarna isolatie—kunnen deze initiële kosten verlichten. Als de elektriciteit-gasprijsverhouding gunstiger wordt (bv. een verhouding van 2,2 zoals in Frankrijk of 1,5 zoals in Nederland), nemen de operationele kosten af. Dit maakt hogere CO<sub>2</sub>-besparingen kosteneffectiever, zelfs onder strikte CO<sub>2</sub>-beperkingen, zoals blijkt uit de optimalisaties van de Total Cost of Ownership (TCO). Dit onderstreept de noodzaak van beleidsmaatregelen om prijsverschillen aan te pakken. Één van deze beleidsmaatregelen is de invoering van het Emissiehandelssysteem (ETS2)<sup>41</sup>, dat de prijsverhouding vanaf 2027 zal beïnvloeden [19]. De Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu heeft eerder geschat dat de gemiddelde energiekosten van een huishouden met een modaal voertuig en een goed geïsoleerde, gasverwarmde woning met €177 per jaar zouden stijgen, uitgaande van een ETS2-prijs van €45/MWh<sup>20</sup>.
- **Integratie van koolstofemissies in EPC-beoordelingen:** De resultaten geven aan dat het integreren van koolstofemissies in de Vlaamse EPC-beoordelingen, vergelijkbaar met de Franse Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), de invoering van koolstofarme technologieën zoals warmtepompen kan stimuleren. Dit helpt huiseigenaren beter op weg naar koolstofneutraliteit. Deze strategie kan bijzonder effectief zijn wanneer het wordt gecombineerd met een beleidsmatige verschuiving in de elektriciteit-gasprijsverhouding.

Voor significante decarbonisatie in residentiële verwarming is een combinatie van beleids-

<sup>41</sup>European Union. *ETS2: Buildings, road transport and additional sectors*. climate.ec.europa.eu. 2024.

---

matige ondersteuning en financiële stimulansen nodig om de initiële kosten te verlagen. Daarnaast zijn strategische renovatiebenaderingen essentieel die elektrificatie als prioriteit stellen. Naarmate de elektriciteitsmix op het net groener wordt, zullen warmtepompen een steeds grotere bijdrage leveren aan emissiereducties. Dit benadrukt de noodzaak om grootschalige uitrol in uiteenlopende gebouwtypen en districten te ondersteunen.

---

## Referenties

- [1] Statbel. *Housing - Type of Ownership*. statbel.fgov.be. 2024.
- [2] VEKA. *Warmte in Vlaanderen*. assets.vlaanderen.be. 2020.
- [3] G. Reynders M. De Groote D. Aerts. *De snelste weg naar A*. energyville.be. 2022.
- [4] VEKA. *Emissiefactoren*. vlaanderen.be. 2024.
- [5] *Paths2050 - The power of perspective*. Paths2050.energyville.be.
- [6] Vlaamse Overheid. *Vlaamse langetermijnrenovatiestrategie voor gebouwen*. assets.vlaanderen.be. 2020.
- [7] Euroconstruct. *New Construction and Climate Goals in Europe*. euroconstruct.org. 2018.
- [8] EnergyVille. *DITUR: Digital Twin for Upscaled Retrofits*. energyville.be. 2022.
- [9] Vlaamse Overheid. *Mijn Verbouwen*. www.vlaanderen.be/mijn-verbouwen. 2024.
- [10] B. Vandevelde, G. Reynders, J. Verheyen, M. Sharifi, P. Vingerhoets. *Onderzoek naar beleidsmaatregelen omtrent hybride warmtepompen in bestaande woongebouwen*. vlaanderen.be. 2023.
- [11] Ministère de la Transition Écologique. *Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)*. ecologie.gouv.fr. 2024.
- [12] B. Vandevelde C. Protopapadaki M. De Groote. *Winter is Coming. Where are the Heat Pumps?* energyville.be. 2023.
- [13] *Urban Energy Pathfinder*. vito.be.
- [14] *EnergyVille Building Energy Calculation Service*. energyville.be.
- [15] European Union. *Eurostat energy prices for household consumers*. eurostat. 2024.
- [16] European Commission. *Heat Pumps*. energy.ec.europa.eu. 2024.
- [17] VEKA. *Groene stroom*. app.energiesparen.be. 2022.
- [18] Erik Laes e.a. *How do policies help to increase the uptake of carbon reduction measures in the EU residential sector? Evidence from recent studies*. 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2018.05.046.
- [19] European Union. *ETS2: Buildings, road transport and additional sectors*. climate.ec.europa.eu. 2024.
- [20] Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu FOD Volksgezondheid. *The Landscape of Carbon and Energy Pricing and Taxation in Belgium*. klimaat.be. 2024.
- [21] een persoon. "placeholder". In: *placeholder* 17.1 (2014), p. 7–32.
- [22] Vlaanderen. *Formulestructuur Energieprestatiecertificaat bestaande gebouwen met residentiële en kleine niet-residentiële bestemming*. vlaanderen.be. 2022.
- [23] *EPC residential units (Flanders)*. vlaanderen.be.
- [24] *EPC residential units (France)*. ecologie.gouv.fr.



## A Appendix

### A.1

Tabel 24 geeft een overzicht van de toegepaste renovatiemaatregelen in deze studie.

Systemen	Maatregel	Type	Beschrijving
Systemen	Warmtepomp	Lucht-Water	Voor verwarming en sanitair warm water (SWW). SCOP is afhankelijk van het systeemtype en de isolatiekwaliteit van het gebouw.
		Bodem-Water	
	Gasketel	Condenserende Gasketel	Voor verwarming en SWW. $\eta$ efficiency = 102%
	Zonnepanelen	Zonder Batterij	Dimensionering is gebaseerd op het beschikbare dakoppervlak en de oriëntatie van het dak.
		Met Batterij	
	Ventilatie	Systeem D	Mechanische aanvoer en afvoer met warmterecuperatie.
Systeem C+		Mechanische afvoer met vraagsturing.	
Schilrenovatie			U Waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Vervangen van Ramen***		Dubbele beglazing	1.50
		Driedubbele beglazing**	1.20
Vervangen van Deuren		Enkel in combinatie met ramen	1.30
Muurisolatie		Spouwmuurisolatie	0.55
		Buitenmuurisolatie	0.24
Dakisolatie		Langs binnen	0.24
		Langs buiten	0.20
Vloerisolatie		Enkel boven bestaande onderkeldering	0.24

\*Enkel voor de archetypes

\*\*Enkel voor de archetypes

\*\*\*Met of zonder vervanging van het frame. Frame is altijd inbegrepen bij de district analyse

**Figuur 24:** Renovatie maatregelen die in deze studie toegepast zijn.