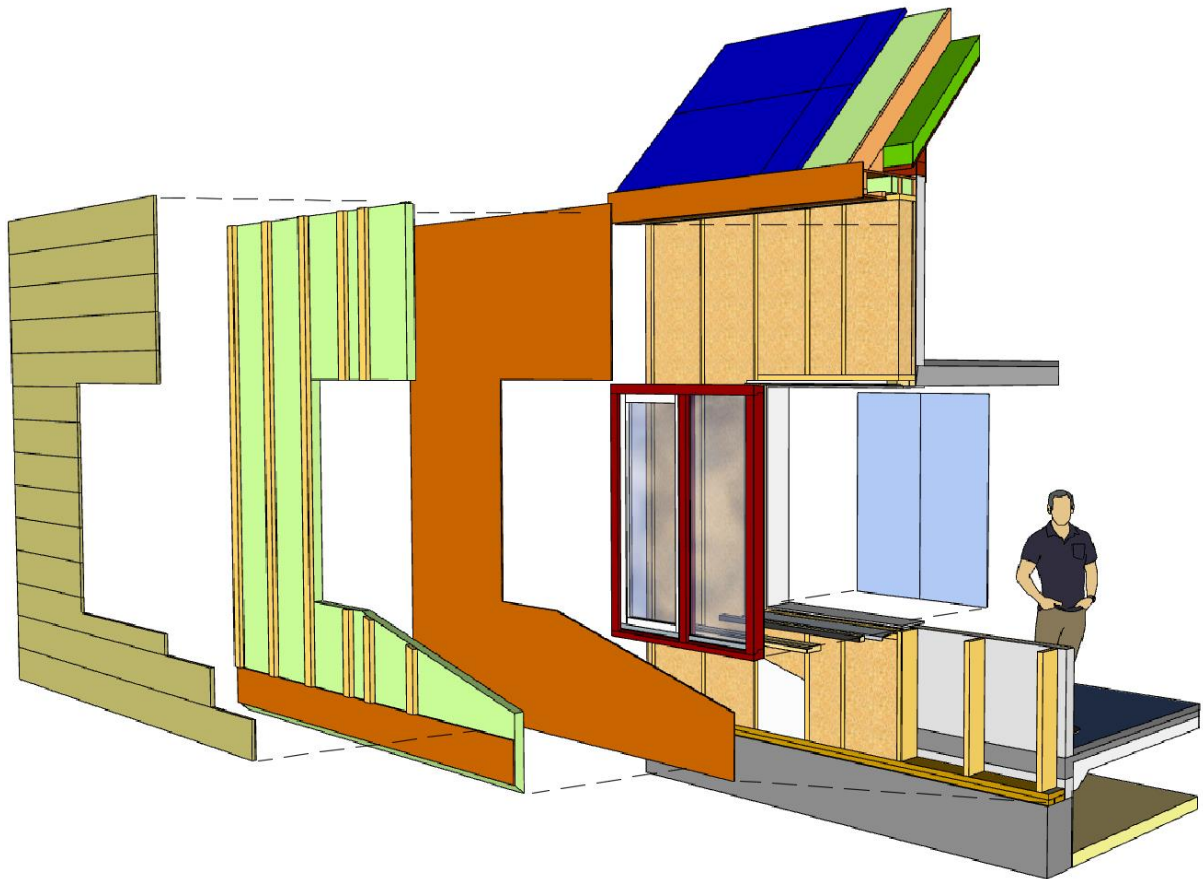


# Scriptie afstudeeronderzoek

## Upcyclen met vitrinekozijnen



Datum: 10-01-2017  
Versie: 2.0  
Status: definitief



HOGESCHOOL  
ROTTERDAM



**SUPERUSE**  
STUDIOS

## Scriptie vitrinekozijnconcept

### Upcyclen met vitrinekozijnen

#### *Gegevens student:*

Naam: R.P. Middelburg  
Studentnummer: 0860775  
E-mail: [0860775@hr.nl](mailto:0860775@hr.nl)  
Tel: 06-38277261

#### *Gegevens school:*

Naam: Hogeschool Rotterdam, Academieplein  
Adres: G.J. de Jonghweg 4-6  
Postcode: 3015 GG Rotterdam  
Afstudeerbegeleider: C. van Kranenburg  
E-mail: [c.van.kranenburg@hr.nl](mailto:c.van.kranenburg@hr.nl)

#### *Gegevens bedrijf:*

Naam: Superuse Studios  
Adres: Teilingerstraat 120, Rotterdam  
Postcode: 3032 AW  
Afstudeerbegeleider: J. Jongert  
E-mail: [jan@superuse-studios.com](mailto:jan@superuse-studios.com)  
Tel: 010-466 4444

Naam: SUS-Ateliers  
Adres: Directiekade 23, Rotterdam  
Postcode: 3089 JB  
Afstudeerbegeleider: A. Karssenber  
Bouwfysisch expert: C. Kranenburg en H. Bosch  
E-mail: [a.j.karssenber@hr.nl](mailto:a.j.karssenber@hr.nl)  
Tel: 06-31796172

#### *Gegevens document:*

Datum laatst gewijzigd: 10-01-2017  
Versie: 2.0  
Status: definitief

## Voorwoord

---

Door middel van dit afstudeeronderzoek wordt mijn afstudeerperiode bij Superuse Studio's en SUS-Ateliers afgesloten. Twintig werkweken lang is er onderzoek verricht naar mijn vitrinekozijnconcept en dit is in deze scriptie samengevat tot één document.

Dit afstudeeronderzoek heeft onderzoek verricht naar de verwachte sloop van woningen aan de hand van energielabels, de statische, thermische warmtedoorgangscoefficienten van het vitrinekozijn met en zonder ventilatieroosters, de bouwtechnische toepassing van het vitrinekozijn in zowel de renovatie en nieuwbouw. Ook is er een kleinschalige financiële begroting toegevoegd om de besparende mogelijkheden van het vitrinekozijnconcept inzichtelijk te maken.

Hierbij zou ik graag dhr. A. Karssenbergh willen bedanken voor zijn hulp voor het vinden van een afstudeerbedrijf en zijn begeleiding gedurende mijn werkdagen bij Superuse Studio's. Vervolgens wil ik graag dhr. J. Jongert en de werknemers van Superuse Studio's bedanken voor het geven van een afstudeerplek en hun bereidheid om mij te helpen indien ik vragen had. Als laatste wil ik dhr. C. van Kranenburg en dhr. J. Bosch bedanken voor zijn begeleiding, steun en enthousiasme gedurende mijn stageperiode bij SUS-Ateliers.

## Samenvatting

---

Het vitrinekozijnconcept is ontwikkeld als een reactie op het Europees Energiebeleid voor 2050 (SER,2013) en de mate van duurzaamheid in de huidige woningbouw. Het vitrinekozijn kan de milieuvriendelijkheid van de woningbouw verhogen door gebruik te maken van gerecyclede, hergebruikte of biobased producten. Dit geldt voor zowel de nieuwbouw als renovatie voor het behalen van een energieneutraal 2050. Door het vitrinekozijnconcept wordt er gebruik gemaakt van de toekomstige vergrootte afvalstroom van kozijnen voor een meer circulaire waarde in het woningontwerp.

Het vitrinekozijnconcept moet de milieuvriendelijkheid van nieuwbouw en renovatie verhogen door middel van hergebruik van oude kozijnen. Bouwfysisch moet dit verantwoord worden aan de hand van Bouwbesluit 2015 met NEN 1068 en NEN-EN-ISO 10077-1. Het kozijn moet een  $U_w$ -waarde van  $1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  of lager hebben. Ook moet berekend worden of er condensatie optreedt rondom het vitrinekozijn. Bouwtechnisch en financieel moet het concept onderbouwd worden.

Voor de opbouw van het vitrinekozijn en van de nulsituatie is er aan de hand van energielabels van woongebouwen gezocht naar labels die de grootste kans hebben om gesloopt te worden in plaats van gerenoveerd. Aan de hand van het rapport "Vervangende nieuwbouw" van TNO is gezocht naar woningen met een energielabel E, F en G. Hieruit wordt het kozijn gekozen die in de berekeningen en detaillering wordt verwerkt. Woningen met energielabel D worden als referentiewoning gebruikt voor de nulsituatie. Uit het onderzoek wordt het adres Achterdonk 60 Rotterdam als referentie gebruikt en het vitrinekozijn wordt opgebouwd met een hardhouten kozijn met dubbelglas.

Uit thermische berekeningen is gebleken dat een vitrinekozijn met een bufferruimte van 40mm, een  $U_w$ -waarde van  $1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$  heeft. Andere bufferruimtediepten krijgen condensatie op het dubbelglas. Na glasvervanging met HR++ beglazing is er geen risico op condensatie meer bij de andere bufferruimtediepten en er wordt een  $U_w$ -waarde van  $0,97\text{-}1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$  behaald. De G-waarde van het vitrinekozijn is 0,56 en de LTA-waarde is 0,72. Na glasvervanging zijn deze waarden 0,48 en 0,63.

De oude kozijnen worden met sloopwerkzaamheden gewonnen. Voordat deze plaatsvinden moet het kozijn worden veiliggesteld van enige schade. Tevens door de leeftijd van de houten kozijnen kunnen de verbindingen tussen de stijlen en dorpels diens sterkte verliezen, waardoor de hoekpunten van de kozijnen losser zullen zitten. Dit kan het kozijn vervormen als deze wordt gedemonteerd van het binnenblad. Bij een binnenbladrenovatie zijn de sloopwerkzaamheden niet nodig.

Het oude kozijn wordt met het bestaande stelkozijn of een nieuw stelkozijn in de nieuwe gevelsparingen geplaatst. Eerst moeten er regels met compriband worden gemonteerd waar het stelkozijn tegen aan wordt gedrukt. Zo is de aansluiting met het stelkozijn en de nieuwe gevel luchtdicht. Hierna worden de dagkantaftimmeringen geplaatst en de vitrinedeuren opgehangen. De nieuwe levensduur van de oude kozijnen als vitrinekozijn is afhankelijk van de gewonnen kozijnwaliteit.

Voor de begroting is het afhankelijk van de aanschafkosten per kozijn en de benodigde mate van renovatie, hoeveel de totale kosten voor het vitrinekozijn zijn. Door het aanhouden van de gemiddelde gevonden kosten voor vijftig oude kozijnen is er een kostenbesparing ten opzichte van vijftig nieuwe kozijnen van € 18.000 - € 33.000,- mogelijk. Dit is ongeveer € 360,- per kozijn. Naar mate de oude kozijnen duurder worden dan € 150,-, wordt de besparing lager.

## Inhoudsopgave

---

<b>Voorwoord .....</b>	<b>3</b>
<b>Samenvatting.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Inleiding tot onderzoek .....</b>	<b>7</b>
1.1 Aanleiding tot onderzoek.....	7
1.2 Doelstelling van onderzoek.....	7
1.3 Centrale hoofdvraag .....	7
<b>2. Kader en theorie .....</b>	<b>8</b>
2.1 Oude kozijnen en energielabels .....	8
2.2 Vergelijking oude en nieuwe kozijnen.....	8
2.3 Duurzaamheid en materialen.....	8
2.4 Bouwfysische berekeningen vitrinekozijn en renovatiegevels .....	9
2.5 Bouwtechnische detailleren.....	9
2.6 Begroten vitrinekozijnen .....	9
2.7 Begrippen.....	10
<b>3. Onderzoeksopzet .....</b>	<b>14</b>
3.1 Theoretische werking vitrinekozijnconcept .....	14
3.2 Bouwbesluiten.....	14
3.3 Selecteren oude kozijnen .....	14
3.4 Selecteren nieuwe kozijnen .....	15
3.5 Selecteren referentiewoning .....	15
3.6 Berekenen warmtedoorgangscoefficienten vitrinekozijn .....	15
3.7 Berekenen dynamisch en hygrothermisch transport vitrinekozijn .....	16
3.8 Berekenen daglichttoetreding vitrinekozijn .....	16
3.9 Praktische uitwerken vitrinekozijn .....	16
3.10 Financieel begroten renovatie referentiewoning.....	17
<b>4. Theoretische uitwerking .....</b>	<b>18</b>
4.1 Uitgangspunten vitrinekozijnconcept .....	18
4.2 Theoretisch functioneren vitrinekozijn .....	18
4.3 Eisen Bouwbesluit 2015 t.b.v. kozijnen.....	21
4.4 Slopen of vervangende nieuwbouw .....	21
4.5 Selectie oude kozijnen .....	22
4.6 Selectie nieuwe kozijnen.....	23
4.7 Warmtedoorgangscoefficienten vitrinekozijn.....	25

4.8 Hygrothermisch damptransport vitrinekozijn .....	26
4.9 Daglichttoetreding vitrinekozijn.....	28
<b>5. Praktische uitwerking.....</b>	<b>29</b>
5.1 Demonteren van oude kozijnen voor hergebruik .....	29
5.2 Levensduurverlenging en onderhoud .....	30
5.3 Bestaande situatie kozijnaansluitingen Achterdonk 60.....	32
5.4 Toepassen vitrinekozijn in buitenbladrenovatie .....	33
5.5 Toepassen vitrinekozijn in binnenbladrenovatie .....	34
5.6 Toepassen vitrinekozijn in vervangende nieuwbouw .....	35
5.7 Financiële begroting renovatie en nieuwbouw .....	36
<b>6. Conclusie .....</b>	<b>38</b>
6.1 Conclusie afstudeeronderzoek.....	38
6.2 Aanbevelingen en vervolgonderzoek .....	39
6.3 Discussie.....	39
6.4 Validatie .....	39
<b>Bijlage I Bibliografie .....</b>	<b>40</b>
<b>Bijlage II Deelonderzoek Nulsituatie .....</b>	<b>44</b>
<b>Bijlage III Deelonderzoek Bouwfysica.....</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage IV Deelonderzoek Bouwtechniek.....</b>	<b>46</b>
<b>Bijlage V Bouwtechnische DO-details vitrinekozijnconcept.....</b>	<b>47</b>

# 1. Inleiding tot onderzoek

---

## 1.1 Aanleiding tot onderzoek

Conform het Europees Energiebeleid moet de gehele woningvoorraad van Nederland energieneutraal zijn in 2050 (SER, 2013). Dit betekent dat nieuwbouw- en renovatieprojecten energieneutraal moeten worden uitgevoerd. Echter met oog op duurzaamheid is het minimaliseren van de energievraag niet genoeg. Door deze nieuwbouw- en renovatieprojecten ontstaan afvalstromen van bouwmaterialen. Er kan gebruik worden gemaakt van deze afvalstromen met kozijnen, door hergebruik voor renovatie en nieuwbouw. Dit verlaagt de totale afvalstroom van bouwproducten in Nederland en geeft een meer milieuvriendelijke woningvoorraad.

Door dit kozijnconcept zou de milieu impact van nieuwe en te renoveren woningen kunnen worden verlaagd, de nieuwe woningen door middel van hergebruik en de gerenoveerde woningen door middel van een verkleining van de afvalstroom. Als bijproduct kan de levensduur van de oude kozijnen worden verlengd samen met de levensduur van te renoveren woning.

Gedurende de Minor Duurzaamheid aan SUS-Ateliers is een concept gekomen die het hergebruiken van oude kozijnen mogelijk kan maken. Zowel in nieuwbouw als in renovatie. SUS-Ateliers wil zelf ook zo veel mogelijk hergebruiken, dus dit concept past in de duurzaamheidsvisie van het stagebedrijf.

Superuse Studios wilt hergebruik inzetten om de duurzaamheid van haar bouwwerken te verhogen. Door het hergebruik van oude kozijnen past het in de duurzaamheidsvisie van Superuse Studios. Wel is het van belang dat dit concept bouwfysisch is doorgerekend en enige financiële inzichten geeft.

## 1.2 Doelstelling van onderzoek

De doelstelling van dit afstudeeronderzoek is onderzoeken of het vitrinekozijnconcept toegepast kan worden in de nieuwbouw en renovatie conform de huidige eisen van het Bouwbesluit 2015. Indien dit afstudeeronderzoek concludeert dat het concept toegepast kan worden conform Bouwbesluit 2015, dan zal het onderzoek gepubliceerd worden op de website van de Harvestmap van Superuse Studios. Dit moet andere bouwbedrijven en architectenbureaus aansporen om hergebruikte kozijnen toe te passen en dus de totale afvalstroom van Nederland te verkleinen.

## 1.3 Centrale hoofdvraag

Om de doelstelling van dit afstudeeronderzoek te behalen en een conclusie te schrijven aan de hand van het onderzoek, moet er een centrale hoofdvraag worden opgesteld. Deze vat het onderzoek samen tot één vraag. De centrale hoofdvraag van dit onderzoek is hieronder beschreven.

***Wat zijn de bouwfysische prestaties, bouwtechnische maatregelen en financiële gevolgen van het vitrinekozijnconcept voor nieuwbouw en renovatie conform Bouwbesluit 2015?***

## 2. Kader en theorie

---

### 2.1 Oude kozijnen en energielabels

Er wordt gezocht naar de minst gunstige bouwfysische eigenschappen van oude kozijnen om deze toe te kennen aan het vitrinekozijn. Zo wordt de minimale theoretische eigenschappen van het vitrinekozijn onderzocht voor de deelonderzoeken Bouwfysica en Bouwtechniek.

Door de omvang van de Nederlandse woningvoorraad, kozijntypen en kozijnafmetingen zal het zoekgebied beperkt worden tot Rotterdam. Aan de hand van bouwjaren en energielabels van woongebouwen kan gezocht worden naar oude kozijnen op woningadressen via het Stadsarchief Rotterdam.

De technische kwaliteit van het geselecteerde kozijn wordt niet meegenomen. Er zal worden beschreven in deelonderzoek Bouwtechniek hoe deze kwaliteit moet worden benaderd.

### 2.2 Vergelijking oude en nieuwe kozijnen

Om de bouwfysische eigenschappen van het vitrinekozijnconcept herkenbaar te maken, wordt er een vergelijkend overzicht opgesteld. Deze vergelijking moet ervoor zorgen dat het eenvoudiger wordt voor aannemers, architecten en andere partijen om in te zien hoe het vitrinekozijn presteert. Voor de vergelijking wordt er gezocht naar kozijnen met HR++-beglazing en naar drievoudig beglaasde passiefkozijnen. HR++ beglaasde kozijnen worden veelal toegepast in de hedendaagse woning en passiefkozijnen zijn een van de beste bouwfysisch presterende kozijnen die tot nu toe op de Nederlandse bouwmarkt verkrijgbaar zijn.

De kozijnen worden vergeleken op  $U_w$ -waarden, G-waarden en LTA-waarden. Tevens wordt er door middel van deelonderzoek Bouwtechniek een financiële vergelijking gegeven voor de nulsituatie. Akoestische waarden van het concept zullen niet worden berekend door de hoge complexiteit van de benodigde berekeningen. Ook zal luchtdichtheid niet worden meegenomen in de vergelijking doordat deze in de praktijk gemeten moet worden. Dit vereist een mock-up, diverse materialen en apparatuur. Hier is in de gegeven twintig werkweken geen tijd voor naast de andere deelonderzoeken. In deelonderzoek Bouwtechniek zal er voor het bouwtechnisch uitwerken van het concept in de detaillering rekening worden gehouden met luchtdichtheid.

### 2.3 Duurzaamheid en materialen

Duurzaamheid op milieu impact (Sustainability) wordt meegenomen in het onderzoek naar de nulsituatie. De milieu impact van de nieuwe kozijnen is één van de redenen waarom het hergebruiken van oudere kozijnen duurzamer kan zijn. Denk hierbij aan circulair bouwen en CO<sub>2</sub>-emissies. De milieu impact zal bepaald worden volgens de milieuclassificaties die zijn vrijgegeven op de website van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (Nibe).

Er zal geen volledige levenscyclusanalyse worden uitgevoerd in verband met de tijd die aan de stage kan worden besteed. Het bouwfysisch doorrekenen heeft samen met het kozijnonderzoek voorrang op enige duurzaamheidsaspecten. Dit omdat het doorrekenen en het kozijnonderzoek minimaal nodig zijn om het concept te verantwoorden. De milieuclassificaties van Nibe dienen als beknopte levenscyclusanalyses.



## 2.4 Bouwfysische berekeningen vitrinekozijn en renovatiegevels

De bouwfysische berekeningen worden uitgewerkt om te onderzoeken indien het vitrinekozijnconcept volgens het Bouwbesluit 2015 zou mogen worden toegepast in renovatie en nieuwbouw. De volgende bouwfysische aspecten zullen worden behandeld:

- Warmteweerstanden ( $R_c$ -waarde) renovatiegevels;
- Warmtedoorgangscoefficienten ( $U_w$ -waarde) vitrinekozijnstanden;
- G-waarde (voorheen ZTA) vitrinekozijnen;
- LTA-waarde vitrinekozijnen;
- Oppervlaktecondensatie;
- Condensatie in constructies.

Koudeval wordt niet berekend ter plaatse van de oude kozijnen. Dit is een aspect die in verband met de planning en complexiteit van de berekeningen tot  $R_c$ -waarden voor de bufferruimten wordt beredeneerd.

Doordat de focus van deze scriptie op het vitrinekozijn ligt, worden de thermische en hygrothermische berekeningen van de gerenoveerde gevels hier niet behandeld. In deelonderzoek Bouwfysica in bijlage III is toegelicht hoe de selectie van materialen is benaderd en hoe de gevels moeten worden opgebouwd.

## 2.5 Bouwtechnische detailleren

De DO-tekeningen worden getekend met de uitkomsten van de bouwfysische berekeningen. De situaties worden berekend, getekend en uitgevoerd aan de hand van twee renovatiemethoden, namelijk isoleren aan de buitenzijde en isoleren aan de binnenzijde. Ook wordt een nieuwbouwsituatie getekend met een vergelijkbare opbouw. De thermische en hygrothermische resultaten van de gevelrenovaties zijn met oog op bouwfysische en bouwtechnische eigenschappen vergelijkbaar aan de situatie die zich in een nieuwbouwsituatie zouden voordoen.

## 2.6 Begroten vitrinekozijnen

De financiële verantwoording en begroting wordt berekend als de nieuwbouwsituatie, waarbij de kosten het hoogst zullen liggen. Bij renovatie zijn de bestaande kozijnen aanwezig en hoeven deze niet gekocht te worden. Er moet wel rekening worden gehouden met opslag en mogelijke kozijnrenovaties. De begroting wordt berekend met hetzelfde aantal gevelkozijnen en met dezelfde kozijnafmetingen als het bestaande adres Achterdonk 60 te Rotterdam. Dit is een blok met tien rijtjeswoningen die in 1988 zijn gebouwd. Elke woning heeft vijf gevelkozijnen, dus in de begroting heeft het woningblok in totaal vijftig gevelkozijnen. Zo wordt inzichtelijk welk gevolg een grotere kozijnvraag heeft op de productkosten. Deuren worden niet meegenomen omdat het vitrinekozijnconcept hierbij niet praktisch is. Dit is in het deelonderzoek Nulsituatie verder verantwoord. Naast de productkosten worden transportkosten ook meegenomen.

## **2.7 Begrippen**

### **Afvalstroom**

Dit is het afval, beschouwd als een continu door de moderne maatschappij heen vloeiende, voor ingrijpen vatbare stroom. Bij bouw- en slooprojecten komt een stroom van bouwafval vrij die kan worden hergebruikt of gerecycled.

### **Biobased**

Het begrip biobased houdt in dat het betreffende materiaal 100% natuurlijk is. Dus geheel organisch zonder enige toevoegingsmiddelen of afwerkingen die anorganisch en/of onnatuurlijk zijn. Een biobased materiaal kan afgebroken worden door de biosfeer (zie circulaire economie) zonder dat het milieu beschadigd wordt.

### **Circulaire economie, visie**

MVO Nederland (december 2016) omschrijft een circulaire economie als volgt: "De circulaire economie is een economisch systeem dat bedoeld is om herbruikbaarheid van producten en grondstoffen te maximaliseren en waardevernietiging te minimaliseren. Anders dan in het huidige lineaire systeem, waarin grondstoffen worden omgezet in producten die aan het einde van hun levensduur worden vernietigd." Dit houdt in dat afval wordt getransformeerd tot nieuwe producten. Deze transformatie kan zowel in de biosfeer als technosfeer plaats vinden.

### **Circulaire economie, biosfeer**

Dit omschrijft de biologische wijze van afbreken van materialen van eindproducten tot grondstoffen voor nieuwe producten. Deze wijze gaat uit van maximaal recyclen waarbij al het geproduceerde afval via de natuur als grondstof wordt gebruikt.

### **Circulaire economie, technosfeer**

Dit omschrijft de industriële wijze van afbreken van materialen van eindproducten tot grondstoffen voor nieuwe producten. Deze wijze gaat uit van maximaal recyclen en hergebruiken waarbij al het geproduceerde afval via de industrie wordt gerecycled of hergebruikt.

### **Duurzaamheid, sustainability en durability**

Een economische, technische en ecologische visie op een proces of ontwerp. Voor dit deelonderzoek is de duurzaamheid gericht op het vitrinekozijn en bouwmethode. Duurzaamheid heeft geen vaste definitie, maar wel een overkoepelende visie. Het begrip duurzaamheid kan worden omschreven als de minimalisatie van de klimaat impact in de bouw. Duurzaamheid kan worden verdeeld onder sustainability en durability.

Sustainability behandelt onderwerpen als milieu impact, energie, recycling en hergebruik. Durability behandelt onderwerpen als technische en economische levensduur, flexibiliteit en onderhoudsvriendelijkheid.

## **Energielabel**

Een energielabel is een tool om inzichtelijk te maken hoe energiezuinig een bouwwerk of machine is. De minst zuinige energielabel is G en de meest zuinige is A++. Er is nog één niveau van energiezuinigheid boven A++, maar deze wordt veelal aangegeven als “label Eigenwarmte”, energieneutraal of nul-op-de-meter (NoM).

Er zijn twee soorten energielabels, namelijk voorlopige en definitieve labels. De voorlopige labels worden bepaald aan de hand van het Kadaster op bouwjaar, type woning en afmetingen. Enige aanpassingen aan de woning na oplevering zijn niet meegenomen. De definitieve labels worden verstrekt aan de hand van een gespecialiseerde meting en opname van de woning.

## **G-waarde**

Factor voor de hoeveelheid zonnewarmte die door een transparante materiaal dringt.

## **Hergebruiken**

Het opnieuw gebruiken van producten die uit de afvalstroom komen. Met uitzondering op bepaalde bewerkingen als zagen of verven, blijft de oorspronkelijke vorm van het product behouden. De oorspronkelijke functie hoeft niet te worden behouden.

## **Koudeval**

Bij koudeval wordt de luchtlaag tegen een oppervlak afgekoeld. Dit kan bijvoorbeeld voorkomen bij een kozijn gedurende koudere dagen in het jaar waarbij de woning verwarmd moet worden. Doordat koude lucht een hogere dichtheid heeft dan warme lucht, zal de koude lucht door zwaartekracht dalen. Als deze koudeval niet wordt gecompenseerd door een warme luchtstroom, dan kan dit verschijnsel tot een onbehagelijk binnenklimaat leiden<sup>1</sup>.

## **Kozijn, vleugel**

Draaiende of beweegbare delen in een kozijn. Denk hierbij aan draaikiep- en valramen.

## **LTA-factor**

Factor voor de hoeveelheid daglicht die door een transparante materiaal dringt.

## **Nibe, milieuklasse**

Classificatiemethode waarbij de mate van duurzaamheid en milieu impact wordt weergegeven. Dit door een combinatie van nummers en letters, bijvoorbeeld 3a. Hoe lager het nummer, hoe duurzamer en milieuvriendelijker het product/materiaal.

## **Nibe, schaduwkosten**

De theoretische kosten die gemaakt moeten worden om het milieu te herstellen na het productie en afvalverwerking van het desbetreffende product.

---

<sup>1</sup> Nederlands Vlaams Bouwfysica Vereniging, 2011. “Ontwerprichtlijnen ter voorkoming van koudeval”. Geraadpleegd januari 2017.

## **Nul-op-meter-woning**

Het begrip “Nul op de meter” kan op verschillende manieren worden ingevuld<sup>2</sup>. Zo kunnen woningen worden ontworpen met een EPC van 0,0, waarbij geen rekening is gehouden met huishoudelijke apparaten. Er kan energienootloos worden ontworpen waarbij de woningen een overschot leveren zodat de bewoners geen energiekosten ontvangen. Ook kunnen woningen worden ontworpen waarbij de meterstand aan het einde van het jaar gelijk is aan de meterstand aan het begin van het jaar.

Voor elk van deze uitgangspunten kan worden gesteld dat de gevels van de woningen, volgens het Bouwbesluit of passiefhuisprincipe, een warmteweerstand van 5,0-10,0 m<sup>2</sup>K/W hebben. Er wordt gewerkt met drievoudig glas, zonnepanelen, zonnecollectoren en luchtdichte gevels.

## **Nulsituatie**

Dit is een omschrijving van de bouwtechnische situatie in dit onderzoek waar berekeningen over worden losgelaten. Deze situatie is in dit onderzoek een buitenblad- en binnenbladrenovatiesituatie op het gekozen referentieadres.

## **Recyclen**

Het opnieuw gebruiken van stoffen uit de afvalstroom om nieuwe producten te produceren. Denk hierbij aan het omsmelten van stalen profielen tot nieuwe stalen profielen.

## **Upcycling**

Dit is een vorm van hergebruiken. Hierbij krijgt het bestaande product een nieuwe of toegevoegde waarde. De functie van het bestaande product hoeft niet behouden te worden voor upcycling.

## **Warmtedoorgangscoefficiënt (Uw-waarde)**

Door middel van een warmtedoorgangscoefficiënt wordt de thermische kwaliteit van beglazing, deuren en kozijnen aangegeven. De warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing wordt aangegeven met de formule U<sub>gl</sub> (glass), de formule van kozijnen als U<sub>fr</sub> (frame) en de formule van het totale raam als U<sub>w</sub> (window).

## **Vitrinekozijn, bufferdiepte**

De diepte of afstand vanaf de achterzijde van het hergebruikte kozijn tot het enkelglas.

## **Vitrinekozijn, bufferruimte**

Het volume tussen de achterzijde van het hergebruikte kozijn en het enkelglas.

## **Warmteweerstand (R<sub>m</sub>-waarde)**

De warmteweerstand van bijvoorbeeld een dak- of gevelelement geeft aan hoeveel warmte er via het element verloren gaat door warmtetransport. Hoe hoger de R<sub>m</sub>-waarde, hoe lager het warmteverlies en de energievraag voor het binnenklimaat.

---

<sup>2</sup> Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, mei 2015. “Nul op de meter, ervaringen van vernieuwers in de woningbouw”. Geraadpleegd januari 2017.

## **WOZ-waarde**

De WOZ-waarde of Waardering Onroerende Zaken is een waarde die door de gemeente wordt toegeschreven aan een woning om de hoogte van belasting en heffingen van diens bewoners te bepalen<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Kadaster (z.d.). "WOZ-waarde". Geraadpleegd januari 2017.

## 3. Onderzoeksopzet

---

### 3.1 Theoretische werking vitrinekozijnconcept

Het concept voor het hergebruiken van oude kozijnen wordt zowel bouwfysisch als bouwtechnisch beschreven. Ook wordt er uitgelegd hoe het concept tot stand is gekomen. De bouwfysische aspecten die beschreven zullen worden zijn warmteoverdracht, damptransport en daglichttoetreding. Bouwtechnisch wordt beschreven hoe het concept zou moeten worden toegepast, hoe deze is opgebouwd en welke uitvoeringsvarianties er mogelijk zijn.

### 3.2 Bouwbesluiten

Om te onderzoeken of het vitrinekozijnconcept zou mogen worden toegepast in de nieuwbouw en renovatie worden de Bouwbesluiten van nieuwbouwwoningen opgezocht op [www.bouwbesluitonline.nl](http://www.bouwbesluitonline.nl). Het concept is in theorie toepasbaar voor zowel nieuwbouw als renovatie. Doordat de eisen voor nieuwbouw hoger liggen dan voor renovatie, zal het concept worden verantwoord door middel van de nieuwbouweisen van Bouwbesluit 2015. De eisen die onderzocht moeten worden gelden voor warmteweerstanden, warmtedoorgangscoefficienten en condensatie.

### 3.3 Selecteren oude kozijnen

Er wordt voor de selectie onderzocht welke woningenergielabels fictief gerenoveerd zullen worden en welke energielabels fictief gesloopt zullen worden. Dit wordt verder uitgewerkt in de analyse. Uit de sloop van de onderzochte woningen komen kozijnen vrij. Deze worden gebruikt voor de selectie van oude kozijnen.

Per energielabel zal er gezocht worden naar vier adressen, waarvan twee grondgebonden en twee gestapeld. Dit om enige mogelijke bouwtechnische ontwikkelingen op bepaalde bouwmethoden te vinden.

De randvoorwaarden voor deze selectie zijn onderverdeeld in kozijn-, bouwfysische en bouwtechnische eigenschappen. De kozijneigenschappen behandelen materiaal, glaslagen en  $U_w$ -waarden. De bouwtechniek en renovatie behandelen inbouwmethode, sloopintensiteit en renovatiemogelijkheden. Bij sloopintensiteit wordt er rekening gehouden met drie sloopscenario's voor de kozijnen, namelijk "laag", "middel" en "hoog". De sloopintensiteit wordt als "laag" indien het kozijn zonder sloop van gevelelementen en zonder snijden/zagen kan worden verwijderd. Bij een intensiteit van "middel" wordt snij- en/of zaagwerk gerekend en bij "hoog" wordt ook nog sloopwerkzaamheden van gevelelementen gerekend.

### 3.4 Selecteren nieuwe kozijnen

Voor het selecteren van de materialisatie van de nieuwe kozijnen is er een selectie opgesteld. Deze selectie behandelt één extra randvoorwaarde in vergelijking met 3.3, namelijk milieu impact. Deze impact wordt inzichtelijk gemaakt met de gegevens van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (Nibe). Deze milieu impact wordt weergegeven door middel van een milieuklasse en schaduwkosten. Verder zijn er gegevens toegevoegd die inzichtelijk maken hoe de milieuklasse en schaduwkosten tot stand zijn gekomen.

Voor het selecteren van het nieuwe HR++- en passiefkozijn is er gezocht naar grotere kozijn-fabrikanten in Nederland. Dit om de vergelijking tussen het vitrinekozijn en de andere kozijnen meer inzichtelijk te maken door producenten te kiezen die veelal in de Nederlandse bouwwereld worden gebruikt.

Anders dan de selectie voor oude kozijnen, wordt er een randvoorwaarde gesteld aan inzetintensiteit in plaats van sloopintensiteit. Ook voor deze intensiteit worden de begrippen “laag”, “midden” en “hoog” aangehouden. “Laag” zal aangeven dat er minimaal pas- en montagewerk nodig is voor het inzetten van het kozijn. “Midden” zal aangeven dat het kozijn een lage intensiteit voor monteren heeft, maar een hogere intensiteit in paswerk. “Hoog” zal aangeven dat het kozijn alleen op het werk kan worden gemonteerd en wordt geleverd zonder stelkozijn.

### 3.5 Selecteren referentiewoning

De referentiewoning wordt als de nulsituatie gebruikt om een fictieve renovatie uit te voeren en hier bouwfysische berekeningen op te baseren. Het woningadres dat wordt gekozen wordt met drie maatregelen bouwtechnisch uitgewerkt. Deze maatregelen zijn een buitenbladrenovatie, een binnenbladrenovatie en vervangende nieuwbouw.

Het adres van de referentiewoning wordt op vergelijkbare wijze gezocht als bij 3.3. Dit eveneens met energielabels en bouwjaren. Stel dat woningen met een energielabel G worden gesloopt, dan zal er gezocht worden naar referentiewoningen met een energielabel F. In de berekeningen zal dan met de kozijnen van label G worden gerekend.

### 3.6 Berekenen warmtedoorgangscoefficienten vitrinekozijn

Voor het berekenen van de warmteprestaties ( $U_w$ -waarden) van het vitrinekozijn zijn er vier kozijnstanden opgezet. Deze standen verschillen in de afstand van het kozijn tot de vitrinedeur. In deze standen wordt er onderscheid gemaakt tussen een hergebruikt kozijn die een ventilatierooster bevat en een hergebruikt kozijn die geen ventilatierooster bevat. Tevens wordt er per stand eenmaal berekend wat de thermische prestatie wordt als het oude dubbelglas wordt vervangen door HR++-glas. Deze situatie kan voorkomen wanneer de oude beglazing is beschadigd. HR-beglazing wordt over het algemeen veelal toegepast in de Nederlandse nieuwbouw.

Tabel 3.6a Overzicht bufferruimtediepten en warmteweerstanden

	$R_{cav}$ 340mm ( $m^2K/W$ )	$R_{cav}$ 240mm ( $m^2K/W$ )	$R_{cav}$ 140mm ( $m^2K/W$ )	$R_{cav}$ 40mm ( $m^2K/W$ )
Geventileerd	0,10	0,10	0,15	0,25
Niet-geventileerd	0,40	0,40	0,25	0,25

Conform NEN 1068 en NEN-EN-ISO 100777-1 zullen de vitrinekozijnen worden berekend met afmetingen van 1230x1480mm. Het vitrinekozijn wordt berekend als een dubbelkozijn waarbij de  $U_w$ -waarde van het binnenste kozijn wordt vervangen voor de  $U_g$ -waarde van het enkelglas.

De warmteweerstanden voor de lucht in de bufferruimte is afhankelijk van de aanwezigheid van een ventilatierooster in het oude kozijn. Als er geen ventilatierooster aanwezig is in het oude kozijn, dan zal de lucht tussen het kozijn en het enkelglas als luchtlaag met een warmtestroom worden beschouwd. Als er een ventilatierooster aanwezig is, dan zal de luchtsnelheid in de bufferruimte verhoogd worden en de warmteweerstand lager uitvallen. In een spouw van 40mm dik wordt een warmteweerstand van  $0,18 \text{ m}^2\text{K/W}$  gerekend. Aan de hand van deze waarde is beredeneerd dat door de warmte van het binnenklimaat, de lucht in bufferruimte verwarmt (afzonderlijk van zonnearmte). Een diepere bufferruimte van 340mm kan meer warmte opslaan dan een ruimte van 40mm diep. Door deze beredenering hebben de kozijnen met ventilatieroosters en een bufferafstand van 340mm, een warmteweerstand van  $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Zo hebben de kozijnen zonder ventilatierooster en een bufferafstand van 340mm, een warmteweerstand van  $0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

De bufferruimte wordt overdag verwarmd door zonlicht. De temperatuurverhogingen door zonnearmte worden echter niet meegenomen in de thermische berekeningen. Dit omdat deze zonnearmte in de nacht niet aanwezig is en dit dus de meest ongunstigste situatie is om berekeningen over uit te voeren. Zo wordt het concept bouwfysisch gestrest.

### **3.7 Berekenen dynamisch en hygrothermisch transport vitrinekozijn**

Het vormen van condens is met dit concept een aanzienlijke zorg. Dit doordat enig vocht tussen het oude kozijn en de vitrinedeur zeer matig zal worden geventileerd of zelfs helemaal niet. Dit houdt in dat het gecondenseerde vocht zal blijven liggen en dit heeft schimmelvorming en/of houtaantasting tot gevolg.

Door middel van een hygrothermische berekening met BINK 9.0.76 kan worden berekend of er condens zal ontstaan in de bufferruimte. Dit wordt dynamisch berekend over een "normale" bezetting (zoals in BINK vermeld) en volgens NEN-EN-ISO 13788:2013 (Annex A).

### **3.8 Berekenen daglichttoetreding vitrinekozijn**

De daglichttoetreding van het vitrinekozijn wordt berekend zodat ontwerpende partijen dit niet zelf hoeven te doen. Deze toetreding is vooral van invloed op de omvang van de zonbelasting die door het jaar het bouwwerk binnen komt. Door middel van een vereenvoudigde berekening wordt de G-waarde en LTA-factor van het vitrinekozijn berekend.

### **3.9 Praktische uitwerken vitrinekozijn**

Om inzichtelijk te maken hoe het vitrinekozijn op de bouw moet worden toegepast en hoe de oude kozijnen kunnen worden hergebruikt, wordt er gewerkt naar een praktische uitwerking van dit concept. Voor het praktisch uitwerken van het vitrinekozijn wordt er rekening gehouden met drie aspecten, namelijk demontage, levensduur en bouwkundig inzetten.

Het bouwkundig inzetten van het vitrinekozijn wordt in de detaillering van de renovaties en nieuwbouw verwerkt. De buitenbladrenovatie en nieuwbouw wordt met de kozijnen van Dempostraat 63 gedetailleerd om te laten zien op welke wijze het vitrinekozijn moet worden ingezet. De niet overeenkomende afmetingen van de kozijnen van Dempostraat 63 en de gevelsparingen van Achterdonk 60 worden in de details niet meegenomen zodat de inzetmethode zo



eenvoudig mogelijk kan worden toegelicht. De binnenbladrenovatie wordt gedetailleerd met het bestaande kozijn van Achterdonk 60.

De uitwendige scheidingsconstructies zijn samen met het vitrinekozijn gedetailleerd om reële afmetingen en bouwmethoden te gebruiken. Ook wordt hiermee inzichtelijk hoe milieuvriendelijker gebouwd zou kunnen worden door materialisatie. Echter de focus ligt op het vitrinekozijn. Dus wordt de verantwoording van de uitwendige scheidingsconstructies in de bijlagen en details toegevoegd, maar niet verder behandeld in het deelonderzoek.

### **3.10 Financieel begroten renovatie referentiewoning**

Op verzoek van de opdrachtgevers Superuse Studio's en SUS-Ateliers wordt er ook een kleinschalige financiële vergelijking toegevoegd in het deelonderzoek. Dit om inzichtelijk te maken aan aannemers en ontwerpers welke mogelijke kosten er kunnen meekomen met het vitrinekozijn. Ook wordt er aan de hand van deze vergelijking bepaald hoe groot het zoekgebied voor oude kozijnen kan zijn voordat de totale kosten inclusief de transportkosten duurder worden dan de nieuwe HR++-kozijnen en passiefkozijnen. De begroting is opgedeeld in drie onderdelen, namelijk aanschafkosten voor oude kozijnen, aanschafkosten voor het hang- en sluitwerk van de vitrinedeur en de transportkosten.

De begroting wordt berekend over de fictieve situatie waarbij het gehele woningblok van Achterdonk 60 wordt gerenoveerd. Ook wordt er rekening gehouden met vervangende nieuwbouw. Het woningblok bestaat uit tien woningen met elk vijf gevelkozijnen zonder deuren. Dus de begroting omvat vijftig gevelkozijnen.

Voor het bepalen van de aanschafkosten van oude kozijnen wordt de werkmethode van Superuse Studio's aangehouden. De bouwtechnicus of werkvoorbereider zoekt naar herbruikbare producten met bijvoorbeeld de Harvest-map, een online kaart waar sloopmateriaal en andere mogelijk herbruikbare producten online worden gezet. Via deze kaart wordt er gezocht naar producten. Er is ook contact gezocht met sloopbedrijven in de Randstad die online hebben aangegeven kozijnen op te slaan.

## 4. Theoretische uitwerking

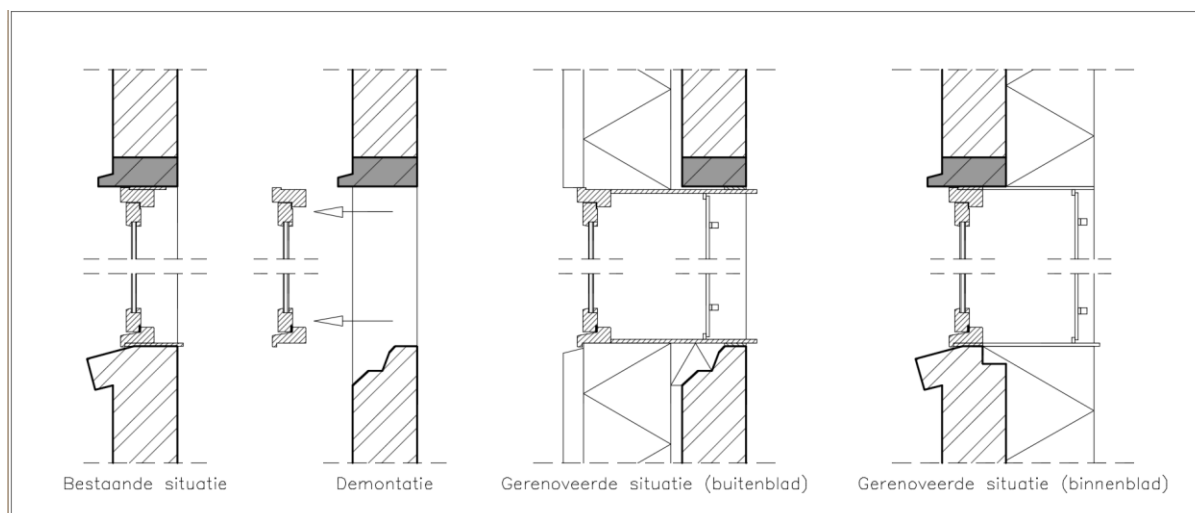
### 4.1 Uitgangspunten vitrinekozijnconcept

Het vitrinekozijn is ontworpen als reactie op het Europees Energiebeleid voor 2050 (SER, 2013) en de snelheid waarmee er in Nederland gewerkt wordt naar een duurzamere bouwwereld. Veel grote aannemers stappen over naar energieneutraal bouwen, maar doen dit voornamelijk met steenachtige materialen die uitputtelijke grondstoffen hebben. Denk hierbij aan beton, kalkzandsteen en bakstenen. Deze producten worden laagwaardig gerecycled en minimaliseren daarmee niet de vraag naar grondstoffen.

Recent is er door het ministerie van Infrastructuur en Milieu besloten om te werken naar een circulaire economie in 2050<sup>4</sup>. In een circulaire economie is de vraag naar uitputtelijke grondstoffen nihil. Het toepassen van milieuvriendelijke, biobased, volledig gerecyclede en/of hergebruikte producten en materialen zal de duurzaamheid van de bouw verhogen. Dit terwijl de vraag naar grondstoffen wordt verlaagd.

Het vitrinekozijnconcept is een middel om ontwerpers en aannemers enthousiast te maken voor het toepassen van hergebruikte materialen. De komende jaren zal er een grotere afvalstroom uit de bouw komen door renovatie en vervangende nieuwbouw. Het toepassen van het vitrinekozijn verkleint deze stroom enigszins en brengt een deel sustainability door hergebruik in de woningen voor 2050.

### 4.2 Theoretisch functioneren vitrinekozijn



Figuur 1. Schets renovatie met vitrinekozijn

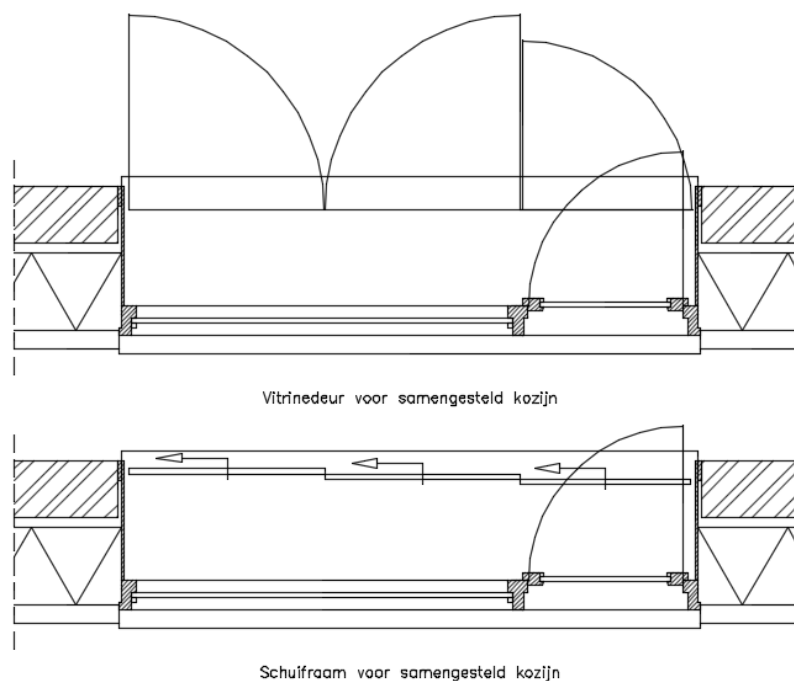
In de afbeelding hierboven is een versimpeld beeld weergegeven hoe het vitrinekozijn in een renovatieproject kan worden toegepast. Allereerst wordt het kozijn in de bestaande situatie gedemonteerd en daarmee uit de gevel gehaald. Het is altijd projectafhankelijk hoe het kozijn wordt losgemaakt van de gevel en gerenoveerd indien nodig. Enige sloopwerkzaamheden rondom het kozijn kunnen nodig zijn. Het nieuwe buitenblad wordt in dit voorbeeld als een houtskeletelement toegepast. Hierin wordt het bestaande kozijn gemonteerd. De gesloopte gevelstukken worden opgevuld met isolatie en de dagkantaftimmeringen worden aangebracht.

<sup>4</sup> Ministerie van Infrastructuur en Milieu (september 2016). "Nederland circulair in 2050". Geraadpleegd november 2016.

De vitrinedeuren worden opgehangen aan de dagkantaftimmeringen door middel van kogellagersscharnieren. Aan de onder- en bovenzijde van het enkelglas worden magneetplaatjes bevestigd. Aan de bovenzijde van de dagkantaftimmering en op de vensterbank worden magneetsnappers geplaatst. In combinatie met de magneetplaatjes houden de snappers de vitrinedeuren vast zodat deze enkel open kunnen als de bewoner zelf de deuren open zet. Er wordt geen gebruik gemaakt van rubbers om die naden rondom het enkelglas te dichten. Door de ophanging blijft er rondom het glas een naad van één tot drie millimeter open.

De vitrinedeuren zijn van gehard enkelglas. Dit om ervoor te zorgen dat het enkelglas niet breekt door bewonersgedrag. Als het glas breekt dan blijven er enkel glaskruimels over in plaats van glasscherven om de kans op verwonden te verkleinen.

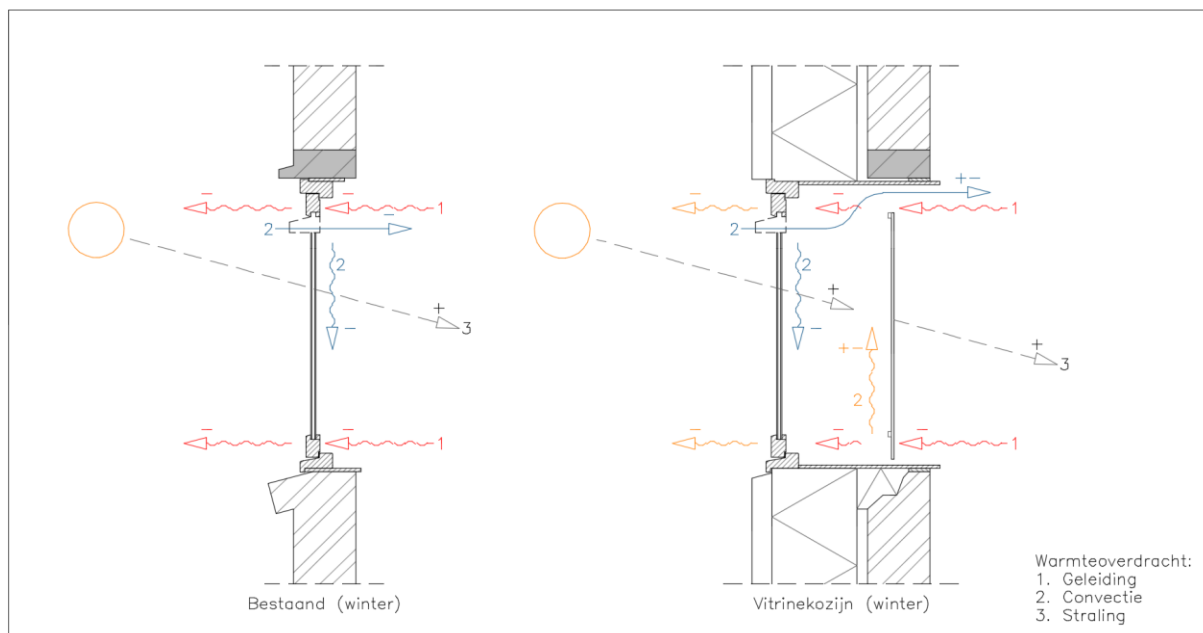
Het vitrinekozijn kan gevarieerd worden uitgevoerd. De bestaande woningvoorraad heeft verschillende kozijncombinaties waarmee rekening moeten worden gehouden voor het toepassen van een vitrinekozijn. Dit met oog op bruikbaarheid en toepasbaarheid. Daarom is het belangrijk dat zo veel mogelijk verschillende oude kozijnencombinaties kunnen worden gebruikt voor een vitrinekozijn. Hierboven wordt weergegeven hoe door het veranderen van de vitrinedeuren, de bruikbaarheid en toepasbaarheid van verschillende kozijnsoorten en -combinaties mogelijk maakt.



*Figuur 2. Uitvoeringsvariatie met vastglaskozijnen, draaiende vleugels en samengestelde kozijnen*

Vitrinekozijnen met vast glas, valramen of naar buiten draaiende delen kunnen met één of twee vitrinedeuren worden toegepast, afhankelijk van de breedte van het kozijn. Bij kozijnen met naar binnen draaiende delen of draaikiepramen worden de vitrinedeuren uitgevoerd als deur of schuifraam. Deze schuifraam heeft een metalen profiel aan de boven- en onderzijde van het enkelglas, de zijkanten blijven open. Vitrinedeuren zijn bij naar binnen draaiende vleugels een risico omdat de oude kozijnvleugel met diens gewicht tegen het enkelglas van de vitrinedeur kan stoten of waaien, waardoor het enkelglas kan barsten. Wel is het mogelijk om de draairichting van de vitrinedeur te spiegelen om zo niet in de weg te zitten van deze vleugels.

Hergebruikte kozijnen die meerdere delen bevatten, zoals in figuur 4 is weergegeven, kunnen een geharde enkelglaslaag van meerdere vitrine-deuren krijgen. Het is belangrijk om rekening te houden met draairichtingen van draaiende vleugels. Het is belangrijk dat het vitrineglas achter het draaiende deel breed genoeg is zodat de gehele draaicirkel van de vleugel vrij is van obstakels in verband met stootgevaar. Ook kan het samengestelde kozijn van een driedelig schuifraam worden voorzien. Met oog op onderhoud moeten deze drie glasdelen helemaal naar links of rechts kunnen schuiven om de bewoner niet te belemmeren tijdens het schoonmaken of bij het plaatsen van decoratie.



Figuur 3. Schets warmteoverdracht oud kozijn en vitrinekozijn

In het bovenstaande figuur is getekend hoe het toepassen van een vitrinekozijn de warmteoverdracht door de gevelsparing werkt ten opzichte van een bestaande situatie met een oud kozijn. Warmteoverdracht kent drie stromen, namelijk geleiding, convectie en straling. Deze zijn in het figuur verwerkt in een wintersituatie omdat in deze periode de meeste warmte verloren zal gaan.

Ten opzichte van de bestaande situatie zal het warmteverlies door geleiding door middel van het vitrinekozijn worden verlaagd. Dit komt door de nieuwe glaslaag met een bufferruimte. Als het oude kozijn een ventilatierooster bevat, dan is de bufferruimte licht geventileerd, afhankelijk van de diepte van de ruimte. Als het oude kozijn geen ventilatieroosters heeft dan is er sprake van stilstaande lucht. De  $U_w$ -waarde van het vitrinekozijn is lager dan de  $U_w$ -waarde van het oude kozijn.

Indien het oude kozijn ventilatieroosters heeft in het kozijn, dan wordt er een ruimte aan de bovenzijde van de vitrine-deuren vrijgehouden. De benodigde ruimte wordt berekend aan de hand van berekeningen voor ventilatiekanalen in combinatie met ventilatiedebiet. Met een ventilatiedebiet van  $10,0 \text{ dm}^3/\text{s}$  en een luchtsnelheid van  $0,18 \text{ m}^1/\text{s}^5$  op een kozijn van één meter breed geeft dit een kanaaloppervlakte van  $5,56 \text{ dm}^2$  en een kanaalhoogte van ongeveer 60mm. Deze kanaalhoogte wordt dan de hoogte van de ruimte tussen het enkelglas en de bovenzijde van de dagkantaftimmering.

<sup>5</sup> Nederlands Vlaams Bouwfysica Vereniging (NVBV) 2011. "Ontwerprichtlijnen ter voorkoming van koudeval". Geraadpleegd november 2016.

In de bestaande situatie zal de luchtverversing vanuit het koude buitenklimaat direct via het ventilatierooster binnen stromen. Dit verlaagt de temperatuur in de binnenruimte waardoor er meer energie in de ruimteverwarming moet worden gestopt. Langs het kozijn zal er een koudeval plaatsvinden en dit kan een onbehagelijk klimaat bij het kozijn geven. Bij het vitrinekozijn zal ook een koudeval plaatsvinden. Deze koude lucht staat echter niet in direct contact met het binnenklimaat, maar met de bufferruimte. Deze bufferruimte heeft een koude zijde langs het kozijn en een warmere zijde langs het enkelglas. Het enkelglas wordt verwarmd door de ruimteverwarming van het binnenklimaat. Door dit warmteverschil zal er een warmtestroming in de bufferruimte ontstaan. Deze warmtestroom dient als voorverwarming van de ventilatielucht en als een isolerend luchtlaag.

### 4.3 Eisen Bouwbesluit 2015 t.b.v. kozijnen

Middels het Bouwbesluit is nagegaan welke eisen gelden voor het vitrinekozijnconcept. Hierdoor wordt het vitrinekozijn gecontroleerd aan de hand van twee eisen:

- $U_w \leq 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  of  $R_m \geq 2,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;
- $f \geq 0,65$  (oppervlaktecondensatie).

Als het vitrinekozijnconcept voldoet aan deze waarden, dan mag het concept worden toegepast in de nieuwbouw en renovatie.

### 4.4 Slopen of vervangende nieuwbouw

De huidige Nederlandse woningvoorraad bestaat uit 4,3 miljoen koopwoningen en 3,3 miljoen huurwoningen<sup>6</sup>. Een aanzienlijk deel van de huidige woningvoorraad bereikt dit decennium het einde van diens technische levensduur van vijftig jaar als de NEN-EN 1990 wordt aangehouden voor ontwerplevensduur die in het Bouwbesluit 2015 is aangegeven. Woningen die vóór 1970 zijn gebouwd, hebben het einde van deze levensduur al behaald.

TNO heeft onderzocht of het Nationale Energieakkoord voor Duurzame Groei (SER, 2013) wordt behaald als de renovatie van de huidige woningvoorraad verloopt volgens de door het Planbureau voor de Leefomgeving aanbevolen paden. Van deze paden werd “breed” door TNO gebruikt als basisscenario voor het onderzoek. In dit pad wordt er jaarlijks 300.000 woningen gerenoveerd tot 2030. Daarna worden er enkel 170.000 woningen per jaar gerenoveerd. Ook worden daarnaast jaarlijks 15.000 woningen vervangen. Dit is een gemiddelde voor het aantal vervangende nieuwbouwwoningen vanaf 1990<sup>7</sup>. Door deze renovaties moeten de woningen twee energielabelstappen omhoog met een maximum tot label B. Na 2030 worden deze woningen opnieuw gerenoveerd, maar dan tot een nul-op-de-meter-woning. Dit leidt tot een renovatiegemiddelde van 228.000 woningen per jaar tot 2050.

Naast het basisscenario is er, door TNO, een vervangscenario gevormd, waarbij de grootte en methoden van renovaties gelijk is aan het basisscenario, maar er vind meer vervangende nieuwbouw plaats. Dit zijn 45.000 woningen per jaar tot 2050. Het rapport stelt dat woningen met energielabels E, F en G zullen worden vervangen door nieuwbouw in de vorm van nul-op-de-meter-woningen. Door de grotere omvang van de vervangende nieuwbouw ligt het renovatiegemiddelde op 168.000 woningen per jaar tot 2050. Dit geeft een aanzienlijke reductie van de CO<sub>2</sub>-emissies van Nederland. De investeringskosten zijn berekend als 211,5 miljard euro voor een energieneutraal 2050 met een CO<sub>2</sub>-reductie van 205,8 Mton.

---

<sup>6</sup> Ministerie van Binnenlandse Zaken (april 2016). “Cijfers over wonen en bouwen 2016”. Geraadpleegd september 2016.

<sup>7</sup> TNO (juni 2015). “Vervangende nieuwbouw”. Geraadpleegd september 2016.

## 4.5 Selectie oude kozijnen

Tabel 4.5a Samenvatting resultaten energielabels G t/m E

Adres	Kozijnmateriaal	Enkelglas	Dubbelglas	$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	Sloopintensiteit
Fazantstraat	Grenen	x		> 2,90	Hoog
Melchtertstraat	Grenen	x		> 2,90	Hoog
Grote Visserijstraat	Grenen	x		> 2,90	Hoog
Oldegaarde	Grenen	x		> 2,90	Hoog
Meidoornsingel	Kunststof (renov.)		x	2,90	Hoog
Meijersplein-Zuid	Kunststof (renov.)		x	2,90	Middel
Van Campenweg	Grenen	x		> 2,90	Hoog
Kelloggplaats	Meranti (renov.)		x	2,90	Hoog
Gijzenstraat	Meranti		x	2,90	Middel
Steenbreekvaren	Meranti		x	2,90	Middel
Carnissesingel	Meranti		x	2,90	Middel
Middelharnishof	Meranti		x	2,90	Middel
Barcelonastraat	Meranti		x	2,90	Middel
Nijenrodeweg	Meranti		x	2,90	Hoog
Josephlaan	Meranti		x	2,90	Middel
Dempostraat	Meranti		x	2,90	Middel

Doordat woningen met energielabels E, F en G in het scenario van TNO vervangen zullen worden, komt hier een afvalstroom met kozijnen. Door middel van het woningwaardestelsel zijn er bouwjaren aan de energielabels gekoppeld<sup>8</sup>. Met deze bouwjaren is er in Stadsarchief Rotterdam gezocht naar referentieadressen die fictief gesloopt zouden worden om te onderzoeken welke kwaliteiten de vrijgekomen kozijnen zullen hebben.

In de tabel hierboven zijn de resultaten weergegeven uit de analyse van bouwtekeningen van de woningen met energielabel G t/m E. Deze analyseschema's zijn dusdanig groot dat deze niet leesbaar zijn op deze pagina, dus worden de resultaten samengevat. In bijlage II zijn de uitgebreide analyseschema's toegevoegd.

Kozijnen die enkelglas bevatten worden niet toegepast in de bouwfysische berekeningen. Het concept zou drie glaslagen nodig hebben om te voldoen aan de nieuwbouweisen. Hierdoor worden kozijnen met enkelglas niet geselecteerd. Het enkelglas zou vervangen moeten worden. Dit zal eenvoudiger zijn voor houten kozijnen dan kunststof- aluminiumkozijnen doordat hout door middel van frezen bewerkt kan worden.

De overblijvende kozijnen hebben een gelijke  $U_w$ -waarde door de toepassing van dubbelglas waar geen verdere informatie over beschikbaar is in de bouwtekeningen van Stadsarchief Rotterdam. De materialisatie en sloopintensiteit brengen als enige verschillen met zich mee.

Doordat beglazing bij houten kozijnen eenvoudiger vervangen kan worden dan kunststofkozijnen, worden de kozijnen van de Dempostraat 63 voor de nulsituatie geselecteerd. Dit adres heeft als weinige een maatvoering van diens gevelkozijnen toegevoegd. In de nulsituatie wordt er vergeleken tussen draairamen (of draaikiepramen) omdat deze ramen een hogere  $U_w$ -waarde zullen hebben dan ramen met vastglas. Dit doordat de vleugel kierdichtingen vereist omdat er infiltratie zal optreden en dit zorgt voor warmteverlies.

<sup>8</sup> Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (juni 2016). "Aanpassingen woningwaardestelsel". Geraadpleegd september 2016.

## 4.6 Selectie nieuwe kozijnen

Kozijntypen/soorten	Levensduur (Nibe)	Materiaal	Milieuklasse	Schaduwkosten	Emissie	Grondstoffen
<b>HR++-kozijnen</b>						
HEBO 67x114mm	50 jaar	Meranti FSC	2b	€ 2,36 per m <sup>2</sup>	93,10%	0,90%
WEBO 67x114mm	50 jaar	Grenen (geacetyleerd)	2b	€ 2,42 per m <sup>2</sup>	93,10%	0,90%
HEBO 82x115mm	40 jaar	PVC met staalkern	4b	€6,80 per m <sup>2</sup>	84,70%	0,70%
Schüco Corona CT 70	40 jaar	PVC met staalkern	4b	€6,80 per m <sup>2</sup>	84,70%	0,70%
Reynaers CS 77 51x68mm	75 jaar	Aluminium (anodisatie)	2c	€ 2,92 per m <sup>2</sup>	81,30%	0,70%
Reynaers CS 77 51x68mm	75 jaar	Aluminium (poedercoating)	3a	€ 3,70 per m <sup>2</sup>	85,80%	0,50%
<b>Passiefkozijnen</b>						
Passiefkozijn.nl EHP	35 jaar	Lariks PEFC	1c	€ 1,65 per m <sup>2</sup>	80,40%	1,00%
Passiefkozijn.nl EMP	35 jaar	Vuren PEFC	1c	€ 1,65 per m <sup>2</sup>	80,40%	1,00%
Passiefkozijn.nl EMP Accoya	50 jaar	Vuren PEFC (geacetyleerd)	2b	€ 2,42 per m <sup>2</sup>	93,10%	0,90%
Passiefkozijn.nl EBP	50 jaar	Meranti PEFC	2b	€ 2,36 per m <sup>2</sup>	93,10%	0,90%
Hekonorm HF 310 85x114mm	75 jaar	Meranti PEFC /aluminium	2b/2c	€ 2,36 per m <sup>2</sup>	93,1%/81,30%	0,90%/0,70%
Hekonorm KF 410 93x113mm	75 jaar	Kunststof/aluminium	4b/2c	€ 6,80 per m <sup>2</sup>	84,70%/81,30%	0,70%/0,70%

Figuur 4. Selectietabel nieuw kozijn (deel 1)

In het bovenstaande figuur is in groen weergegeven welke kozijntypen worden geselecteerd aan de hand van de milieu impact. De kunststof kozijnen van PVC met staalkern worden niet geselecteerd doordat de schaduwkosten het hoogst zijn van de HR++-kozijnen. Deze kozijnen hebben ondanks een recyclingpercentage van 73,4% de laagste milieuklasse. Ook het aluminiumkozijn van Reynaers met poedercoating wordt vanwege de lage milieuklasse niet geselecteerd. Het aluminiumkozijn met geanodiseerde coating heeft een milieuklasse vergelijkbaar met de houten kozijnen dus is deze wel geselecteerd.

De samengestelde passiefkozijnen worden niet geselecteerd door diens milieuklassen en omdat de houten passiefkozijnen minder complex zijn met vergelijkbare uitvoering en schaduwkosten.

Kozijntypen/soorten	Levensduur (Nibe)	Materiaal	Glaslagen	Ugl (W/m <sup>2</sup> K)	Ufr (W/m <sup>2</sup> K)	Uw (W/m <sup>2</sup> K)
<b>HR++-kozijnen</b>						
HEBO 67x114mm	50 jaar	Meranti FSC	2,00	1,10	1,62	1,35
WEBO 67x114mm	50 jaar	Grenen (geacetyleerd)	2,00	1,00	2,40	1,60
HEBO 82x115mm	40 jaar	PVC met staalkern	2,00	1,10	1,39	1,30
Schüco Corona CT 70	40 jaar	PVC met staalkern	2,00	1,10	1,40	1,30
Reynaers CS 77 51x68mm	75 jaar	Aluminium (anodatie)	2,00	1,00	2,00	1,65
Reynaers CS 77 51x68mm	75 jaar	Aluminium (poedercoating)	2,00	1,00	2,00	1,65
<b>Passiefkozijnen</b>						
Passiefkozijn.nl EHP	35 jaar	Lariks PEFC	3,00	0,60	0,92	0,79
Passiefkozijn.nl EMP	35 jaar	Vuren PEFC	3,00	0,60	0,95	0,80
Passiefkozijn.nl EMP Accoya	50 jaar	Vuren PEFC (geacetyleerd)	3,00	0,60	0,92	0,79
Passiefkozijn.nl EBP	50 jaar	Meranti PEFC	3,00	0,60	1,15	0,87
Hekonorm HF 310 85x114mm	75 jaar	Meranti PEFC /aluminium	3,00	-	-	0,62
Hekonorm KF 410 93x113mm	75 jaar	Kunststof/aluminium	3,00	-	-	0,62

Figuur 5. Selectietabel nieuw kozijn (deel 2)

Als materialisatie voor de HR++-kozijnen aan de hand van diens bouwfysische eigenschappen is er gekozen voor het merantikozijn van HEBO. Het geanodiseerde aluminium kozijn van Reynaers valt af door de hogere U<sub>w</sub>-waarde in vergelijking met het houten HEBO-kozijn. Dit door de lage U<sub>w</sub>-waarde, namelijk 1,35 W/m<sup>2</sup>K. Als materialisatie voor de passiefkozijnen is er gekozen voor het lariks kozijn en het geacetyleerde vurenhouten kozijn. Dit vanwege de lagere U<sub>w</sub>-waarden van 0,79 W/m<sup>2</sup>K.

	Versie: 2.0	Inbouw-	Inzet-	
Kozijntypen/soorten	Levensduur (Nibe)	methode	intensiteit	Toekomstige kozijnrenovatiepunten
<b>HR++-kozijnen</b>				
HEBO 67x114mm	50 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
WEBO 67x114mm	50 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
HEBO 82x115mm	40 jaar	Inmetstel	Middel	Vervangen van tochtstrippen en glas
Schüco Corona CT 70	40 jaar	Inmetstel	Middel	Vervangen van tochtstrippen en glas
Reynaers CS 77 51x68mm	75 jaar	Montage	Laag	Vervangen van tochtstrippen en glas
Reynaers CS 77 51x68mm	75 jaar	Montage	Laag	Vervangen van tochtstrippen en glas
<b>Passiefkozijnen</b>				
Passiefkozijn.nl EHP	35 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
Passiefkozijn.nl EMP	35 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
Passiefkozijn.nl EMP Accoya	50 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
Passiefkozijn.nl EBP	50 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
Hekonorm HF 310 85x114mm	75 jaar	Inmetstel	Middel	Opschuren verven, vervangen van tochtstrippen en glas
Hekonorm KF 410 93x113mm	75 jaar	Inmetstel	Middel	Vervangen van tochtstrippen en glas

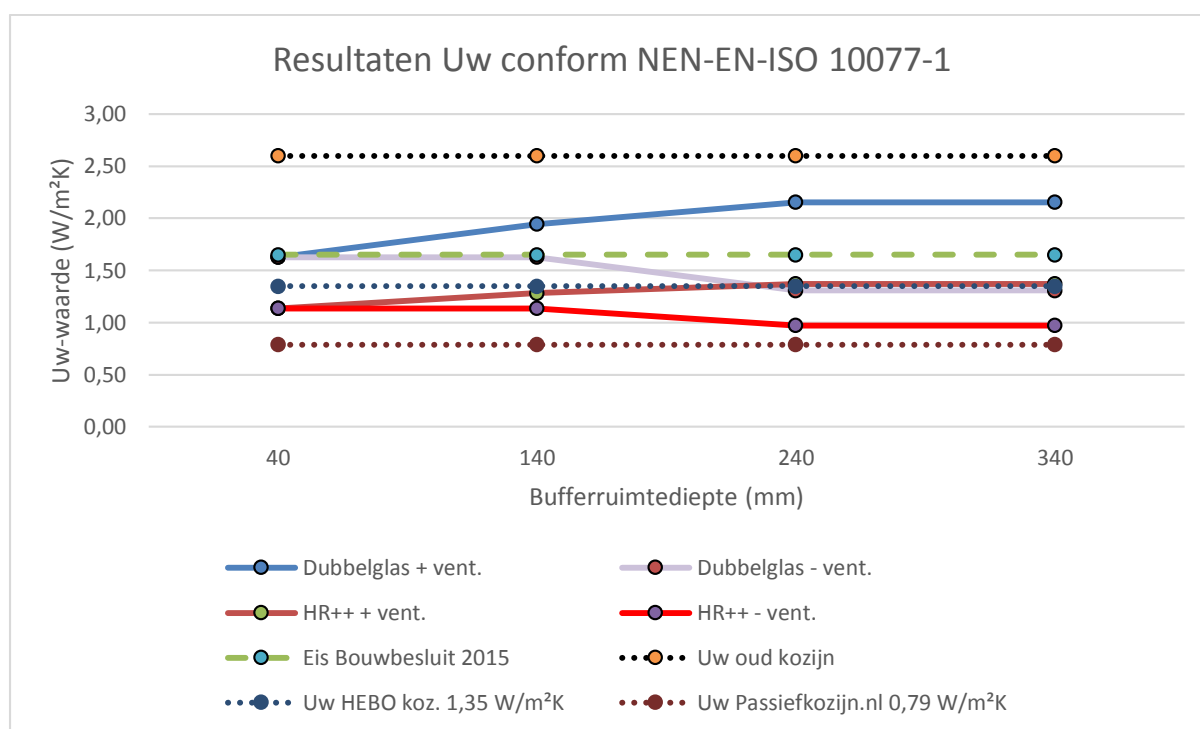
Figuur 6. Selectietabel nieuw kozijn (deel 3)

Als definitieve materialisatie van HR++-kozijnen is het merantikozijn van HEBO nog steeds geselecteerd. HEBO-kozijnen worden geleverd als inmetstelkozijnen. Dit betekent dat de kozijnen geprefabriceerd in houtskeletbouwelementen kunnen worden geleverd op de bouwplaats. De kozijnen kunnen ook met diens stelkozijnen in het werk worden gemonteerd in de spouwmuur. Indien het kozijn in het werk wordt ingezet dient er rekening te worden gehouden met voegen en kierdichtingen rondom het stelkozijn.

Als definitieve materialisatie van passiefkozijnen is er gekozen voor het geacetylerde (accoya) vuren houten kozijn vanwege de levensduur. De inbouwmethode en inzetintensiteit zijn voor het larikhouten kozijn (EHP) en het accoya vuren kozijn (EMP Accoya) hetzelfde. In renovatieproject is de levensduurverlenging afhankelijk van de eisen van de opdrachtgever. Bij een levensduurverlenging van twintig tot dertig jaar zou het larikhouten passiefkozijn aan te raden zijn. Echter er wordt getoetst op nieuwbouweisen conform NEN-EN 1990 en voor de ontwerplevensduur van een nieuwe woning wordt vijftig jaar aangehouden



## 4.7 Warmtedoorgangscoefficienten vitrinekozijn



Figuur 7. Resultaten NEN-EN-ISO 10077-1

Tabel 4.7a Overzicht resultaten  $U_w$ -waarden

Eis BB 2015 = 1,65 W/m²K	40mm (W/m²K)	140mm (W/m²K)	240mm (W/m²K)	340mm (W/m²K)
<b>Dubbelglas + vent.</b>	1,63	1,95	2,16	2,16
<b>Dubbelglas – vent.</b>	1,63	1,63	1,31	1,31
<b>HR++ + vent.</b>	1,38	1,28	1,38	1,38
<b>HR++ - vent.</b>	1,38	1,14	0,97	0,97

Uit de thermische berekeningen conform NEN-EN-ISO 10077-1 is gebleken dat niet alle variaties op het vitrinekozijn mogen worden toegepast volgens het Bouwbesluit. De situaties waar het dubbelglas vervangen wordt met HR++beglazing mogen wel worden toegepast in de nieuwbouw. Dit geldt ook voor de situaties waarbij het vitrinekozijn met dubbelglas en zonder ventilatieroosters wordt toegepast. Echter bij de dubbelglaskozijnen met ventilatieroosters moet de bufferruimte een diepte van 40mm krijgen. Als de ruimte dieper wordt, dan gaat er te veel warmte verloren waardoor de  $U_w$ -waarde van het kozijn boven 1,65 W/m²K komt. Bij hergebruikte kozijnen met ventilatieroosters is het aan te raden om een bufferruimte van 40mm te gebruiken.

Het is een mogelijkheid om het glas in deze situaties te vervangen voor een lagere  $U_w$ -waarde terwijl het kozijn behouden blijft. Het glas moet dan naar een bedrijf worden gebracht die dit materiaal recyclet voor nieuwe glasproducten. Zo blijft het circulaire uitgangspunt van het concept intact. De kosten voor het vervangen van het glas en de overige kosten voor het vitrinekozijn zijn nog een aandachtspunt voordat deze vervanging onderbouwd kan worden. In deelonderzoek Bouwtechniek wordt de financiële verantwoording behandeld

## 4.8 Hygrothermisch damptransport vitrinekozijn

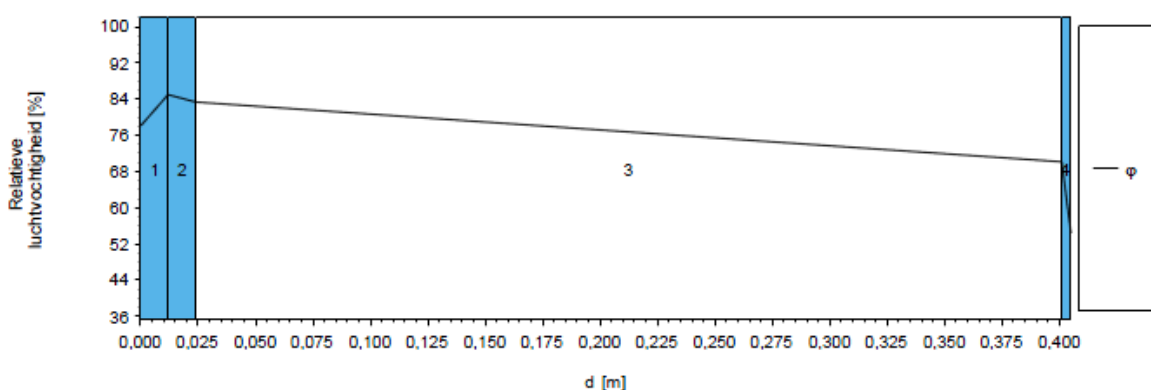
Tabel 4.8a Invoergegevens hygrothermische berekeningen BINK 9.0.76

Onderdeel vitrinekozijn	Materiaal	Dikte (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (mu)
Kozijn - enkelglas	Europees grenen	62,0	540,0	100,0
	Enkelglas	4,0	2500,0	99999,9
	Dubbelglas	24,0	2500,0	99999,9
	HR++ -glas	24,0	2500,0	99999,9
	Enkelglas	4,0	2500,0	99999,9
Bufferruimte - enkelglas		340	1,2	1,0
		240	1,2	1,0
		140	1,2	1,0
		40	1,2	1,0
Dubbelglas - enkelglas		377	1,2	1,0
		277	1,2	1,0
		177	1,2	1,0
		77	1,2	1,0

Het vormen van condens rondom het kozijn is een aanzienlijke zorg voor het concept vanwege het risico op schimmelvorming en de aantasting van het hergebruikte kozijn. In de bufferruimte wordt minimaal geventileerd of zelfs niet, afhankelijk van de aanwezigheid van ventilatieroosters in het kozijn. Als er condensatie optreedt, dan zal het kozijn beschadigd worden omdat het vocht niet wordt verwijderd uit de bufferruimte.

In tabel 4.8a zijn de invoergegevens weergegeven die worden gebruikt in de hygrothermische berekeningen met BINK 9.0.76. Het houten kozijn heeft een maximale dikte van 103mm en een minimale dikte van 62mm. De meest ongunstigste dikte van 62mm zal gebruikt worden.

### 2.4.1.2.1 Relatieve luchtvochtigheid grafiek



Figuur 8. Fragment resultaten hygrothermische berekeningen BINK

Er zal per bufferruimtediepte worden berekend of er condens optreedt. Hierin wordt onderscheid gemaakt met situaties die een ventilatierooster in het kozijn hebben en situaties die glasvervanging zijn ondergaan. In het figuur hierboven is een resultaat van de hygrothermische berekeningen weergegeven. In de gehele doorsnede moet de relatieve luchtvochtigheid onder de honderd procent blijven. Zodra deze wordt overschreden, dan is de lucht verzadigd en zal er condens ontstaan.

Tabel 4.8b Resultaten hygrothermische berekeningen BINK 9.0.76

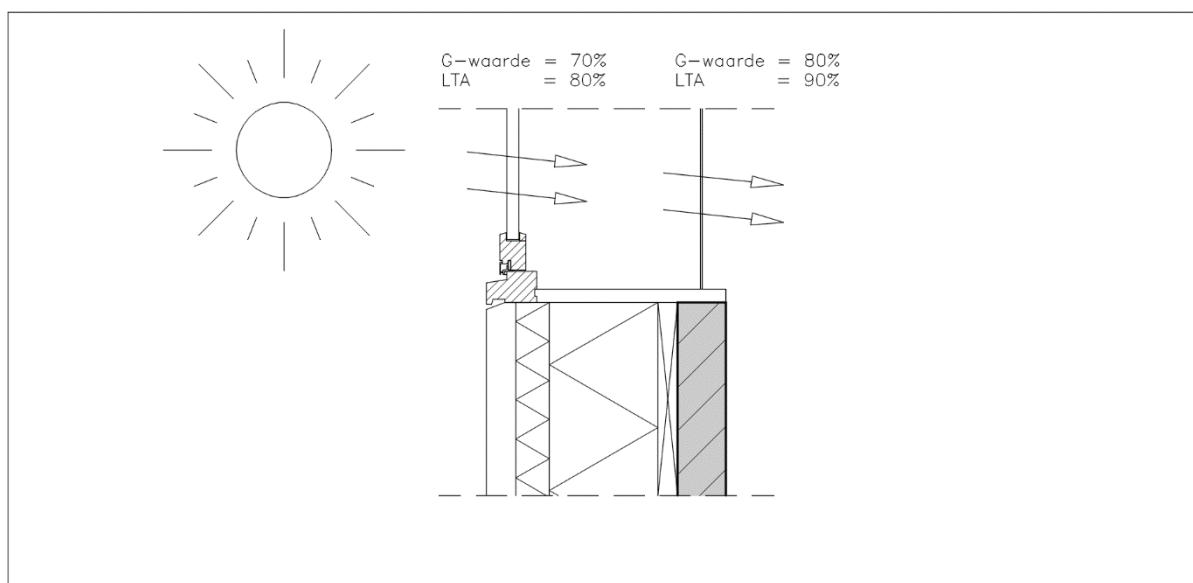
Situatiecode	Bufferruimte (mm)	Ventilatie-rooster?	Temp. aan kozijn (°C)	Condensatie?	Plaats van condensatie
Dubbelglas + vent.	340	J	8,89	N	-
Dubbelglas – vent.	340	N	6,22	J	Januari en februari, binnenzijde dubbelglas
HR++ + vent.	340	J	14,59	N	-
HR++ - vent.	340	N	12,22	N	-
Dubbelglas + vent.	240	J	8,89	N	-
Dubbelglas – vent.	240	N	6,22	J	Januari en februari, binnenzijde dubbelglas
HR++ + vent.	240	J	14,59	N	-
HR++ - vent.	240	N	12,22	N	-
Dubbelglas + vent.	140	J	8,32	N	-
Dubbelglas – vent.	140	N	7,35	N	-
HR++ + vent.	140	J	14,14	N	-
HR++ - vent.	140	N	13,31	N	-
Dubbelglas + vent.	40	J	7,35	N	-
Dubbelglas – vent.	40	N	7,35	N	-
HR++ + vent.	40	J	13,31	N	-
HR++ - vent.	40	N	13,31	N	-

In de tabel hierboven zijn de hygrothermische resultaten weergegeven. Uit de berekeningen is gebleken dat er condensatie optreedt bij de niet-geventileerde situaties met dubbelglas en een bufferruimte van 340mm en 240mm.

Bij deze situaties met hebben de bufferruimten een hogere warmteweerstand gekregen dan bij geventileerde vitrinekozijnen. Deze warmteweerstand is 0,40 m<sup>2</sup>K/W. Hierdoor geleidt het vitrinekozijn minder warmte richting het dubbelglas. Uit de resultaten is gebleken dat de temperatuur aan het dubbelglas 6,22°C is. Bij de andere bufferruimtes met dubbelglas is deze temperatuur 7,35°C en met HR++-glas is de temperatuur zelfs 13,31°C. De verhoging van temperatuur is in de andere situaties genoeg om oppervlaktecondensatie te voorkomen.

Door deze resultaten is het aan te raden om bij oude kozijnen waar geen ventilatieroosters in zitten, geen bufferruimte van 340mm of 240mm diep toe te passen. Voor de geventileerde situaties is elke bufferruimtediepte toepasbaar zonder risico op oppervlaktecondensatie.

## 4.9 Daglichttoetreding vitrinekozijn



Figuur 9. Verloop zonnewarmte en daglicht

In het figuur hierboven is weergegeven door welke materiaallagen het zonlicht en daglicht moeten gaan om het binnenklimaat te bereiken. Doordat de bouwfysische gegevens van het oude kozijn niet bekend zijn, wordt er een aanname gedaan over de glaseigenschappen die invloed hebben op lichtdoorlatendheid.

Dubbelglas heeft een G-waarde (voorheen ZTA-waarde) van 0,70<sup>9</sup>. Dit houdt in dat zeventig procent van de zonnewarmte van het buitenklimaat, afhankelijk van de kozijnoriëntatie en maand, het binnenklimaat bereikt. De LTA-factor van dubbelglas is 0,80. Hierdoor wordt enkel tachtig procent van het buitenlicht doorgelaten. Enkelglas heeft een G-waarde van 0,80 en een LTA-factor van 0,90. Voor het geval dat het dubbelglas wordt vervangen met HR++-beglazing dient er een G-factor van 0,60 en een LTA-waarde van 0,70 te worden toegepast.

Het daglicht en zonlicht moeten door twee materiaallagen (luchtlagen en interne glaslagen niet meegerekend). Dit betekent dat in de situatie met het oude kozijn zeventig procent van de zonnewarmte in de bufferruimte doorkomt en daarvan tachtig procent in het binnenklimaat. Met daglicht komt er negentig procent van tachtig procent door.

Tabel 4.9a Resultatenoverzicht glaseigenschappen vitrinekozijn

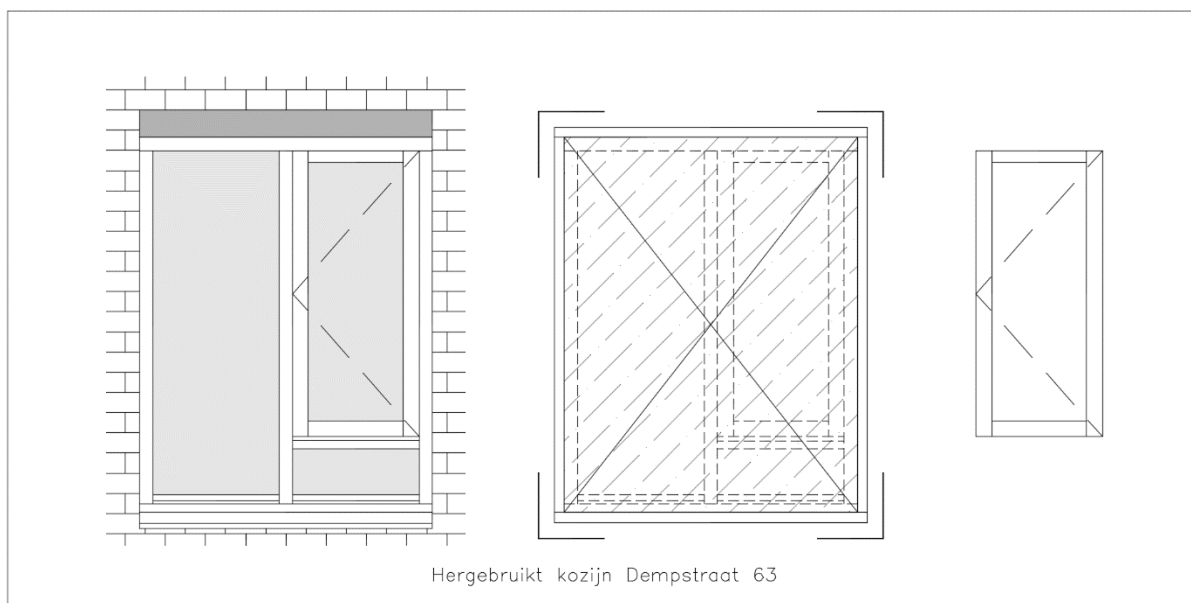
	G-waarde isolerend glas	G-waarde enkelglas	LTA isolerend glas	LTA enkelglas	G-waarde vitrinekozijn	LTA-waarde vitrinekozijn
<b>Vitrinekozijnconcept</b>	0,70	0,80	0,80	0,90	0,56	0,72
<b>Glasvervanging</b>	0,60	0,80	0,70	0,90	0,48	0,63

Het vitrinekozijn heeft een G-waarde van 0,56 en een LTA-waarde van 0,72. Na glasvervanging is de G-waarde 0,48 en de LTA-waarde 0,63.

<sup>9</sup> SBR CURnet (z.d.). "Isolatieglas selecteren, situeren en monteren?". Geraadpleegd november 2016.

## 5. Praktische uitwerking

### 5.1 Demoneren van oude kozijnen voor hergebruik



Figuur 10. Schets gedemonteerd oud kozijn Dempstraat 63

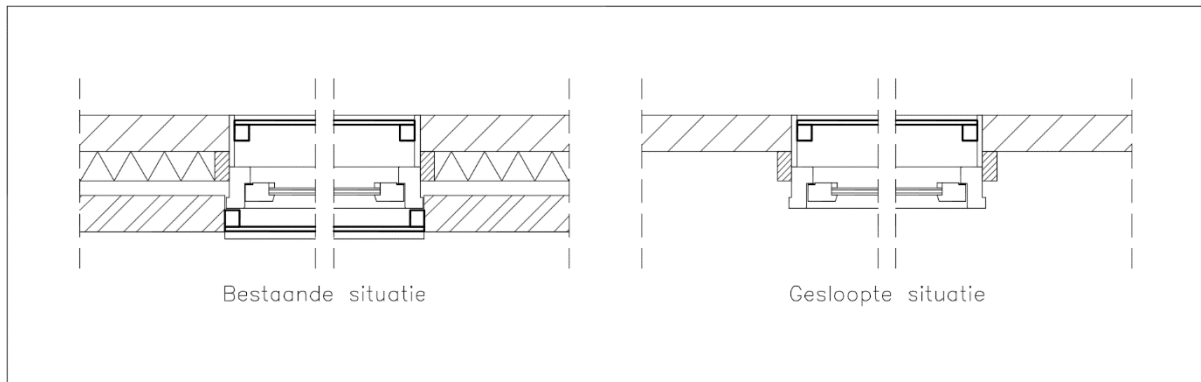
In deze fictieve casus wordt de Dempstraat 63 gesloopt voor vervangende nieuwbouw vanwege diens aanzienlijk hoge renovatiekosten en verhoging van hypotheek- of huurkosten. De kozijnen worden tijdens de sloop verwijderd. Het is belangrijk dat het kozijn in één geheel blijft en zonder schade wordt verwijderd. Dit verhoogd de technische waarde van het bouwelement.

Voordat de sloopwerkzaamheden zullen plaatsvinden moet het kozijn worden veiliggesteld van enige schade. Tevens door de leeftijd van de houten kozijnen kunnen de verbindingen tussen de stijlen en dorpels diens sterkte verliezen, waardoor de hoekpunten van de kozijnen losser zullen zitten. Dit kan het kozijn vervormen als deze wordt gedemonteerd van het binnenblad. De werkwijze die moet worden aangehouden voor het demonteren van oude kozijnen is hieronder opgesomd:

1. Verwijderen vleugels kozijnen in verband met oneven oppervlak;
2. Dichtzetten kozijnen met beplating (binnen- en buitenzijde);
3. Slopen buitenblad en blootleggen stelkozijn;
4. Hoekankers vastzetten om stelkozijn (optioneel);
5. Demoneren kozijnen met stelkozijn;
6. Opslaan en merken kozijnen.

Door de beplating bij de hoekpunten te bevestigen worden de kozijnhoeken momentvast gezet. Enig scharnieren wordt voorkomen. Voor extra stevigheid van het oude kozijn worden de hoeken van het bestaande stelkozijn ook vastgezet door middel van hoekankers. Indien het stelkozijn niet gedemonteerd kan worden, kunnen de hoekankers ook aan het houten kozijn worden verbonden.

Tijdens het opslaan is het aan te raden om elk kozijn te merken met een code die aangeeft welke oriëntatie, onderhoudsgraad, bouwjaar en benodigde renovatiewerkzaamheden. Dit helpt met het inzichtelijk maken welke kozijnen en kwaliteit er beschikbaar is gesteld voor nieuwe projecten. Dit kan door een sloopbedrijf of aannemer in een materiaalstaat worden opgenomen. De code zou ook als aantekening in programma's als BIM gebruikt kunnen worden.



Figuur 11. Schets dichtzetten kunststof of aluminium kozijnen

Bij kunststof en aluminium kozijnen is het niet aan te raden om beplating te bevestigen aan de dorpels en stijlen omdat de kozijnen hierdoor niet langer waterdicht zijn en diens profielsterkte verliezen. Er zijn hierdoor twee mogelijkheden voor het demonteren van deze kozijnen en voorkomen van schade, namelijk zeer voorzichtig slopen of de gevelsparingen dichttimmeren. De eerste mogelijkheid beschermt het kozijn niet tegen sloopschade en de tweede methode beschermt het kozijn zolang het buitenblad intact blijft. Tegen de dagkanten van het buitenblad ter plaatse van de kozijnstijlen worden houten latten geschroefd en tegen deze latten wordt een houten plaat bevestigd. Dit gebeurt ook aan de binnenkant, zie figuur 2. Na het slopen van de buitengevel worden de stappen vier, vijf en zes van de vorige bladzijde uitgevoerd.

In het geval van een binnenbladrenovatie blijft het bestaande kozijn zitten. Indien deze kozijnen enkelglas als beglazing hebben en het is geen monumentaal gebouw dan dient de beglazing vervangen te worden. Bij houten kozijnen zijn meerdere glassoorten mogelijk doordat er door middel van frezen in de dorpels, stijlen en vleugels, meer ruimte kan worden gemaakt voor dickere glaslagen. Bij kunststof en aluminium kozijnen zijn de mogelijkheden voor nieuw glas beperkt doordat diens dorpels, stijlen en vleugels op voor een bepaalde glassdikte zijn ontworpen en geproduceerd.

## 5.2 Levensduurverlenging en onderhoud

Het bepalen van de nieuwe levensduur van oude kozijnen is geheel projectafhankelijk. Het gebouw, waar de kozijnen worden gedemonteerd voor hergebruik, en diens gebruiker heeft invloed op de kwaliteit van het kozijn. De levensduur is afhankelijk van de toegepaste materialen, afwerkklagen en het onderhoud. Als de kozijnen goed zijn onderhouden volgens de onderhoudsadviezen van leveranciers die bij het toegepaste materialen horen, dan zouden er enkel oppervlakkige kozijnrenovaties uitgevoerd hoeven te worden op de kozijnen.

Bij kwalitatief slecht onderhouden houten kozijn kan houtrot of bruinrot hebben. Hierdoor moeten stukken hout vervangen worden of als de rot geheel is doorgedrongen in het kozijn, dan moet het oude houten kozijn worden weggegooid. Kunststof en aluminium kozijnen kunnen ook vergaan als deze niet worden onderhouden.

Doordat de mogelijke levensduurgarantie zo afhankelijk is van de onderhoudsstaat van kozijnen en verschillende mogelijkheden van toegepaste houtsoorten, duurzaamheidsklassen, onbewerkte levensduren en onderhoud, is het aan te raden om voor het hergebruiken van kozijnen voor nieuwbouw te zoeken naar kozijnen die na de oliecrisis zijn geplaatst. Dit waarbij er in het ontwerp is uitgegaan van een ontwerplevensduur van veertig tot vijftig jaar. Deze technische levensduur wordt dit decennium gehaald. Voor een renovatieproject kunnen kozijnen van zowel vóór als na de oliecrisis van 1973 worden toegepast. Dit doordat er bij een renovatieproject over het algemeen op een levensduurverlenging van twintig tot dertig jaar wordt gerekend.

Ook is het toegepaste hout van invloed op de levensduur van de kozijnen. Zo heeft dark red meranti een duurzaamheidsklasse van 2-4<sup>11</sup>. Dit houdt in dat dark red meranti een levensduur van maximaal 5-25 jaar heeft zonder enige bewerkingen<sup>10</sup>. In de bovenstaande tabel zijn de houtsoorten weergegeven die in dit onderzoek naar voren zijn gekomen met de bijbehorende duurzaamheidsklassen en levensduren.

De gevonden houten kozijnen voor nieuwbouw en/of renovatie kunnen beschadigd zijn na jaren gebruik. Onder enkele van deze schadepunten valt:

- Houtrot;
- Bruinrot;
- Glasschade;
- Kapotte of vervormde kierdichtingen;
- Omtrekspeling van de vleugels;
- Vergane verf.

Als het kozijn een van deze schadepunten bevat dan moeten deze worden verholpen. Ook is het aan te raden ongeacht de staat van het kozijnhout om deze tot op het hout op te schuren en een nieuwe biobased verflaag te geven. Hierdoor wordt de levensduur van het kozijn verlengt en indien er geen impregneringsmiddelen in het hout zijn verwerkt, kan het kozijn door de biosfeer worden afgebroken. Als het kozijnhout is geïmpregneerd, dan kan het hout niet terug in de biosfeer omdat dit de grond chemisch zal verontreinigen. Het kozijn kan dan alleen voor een binnenruimte worden hergebruikt of verbrand worden.

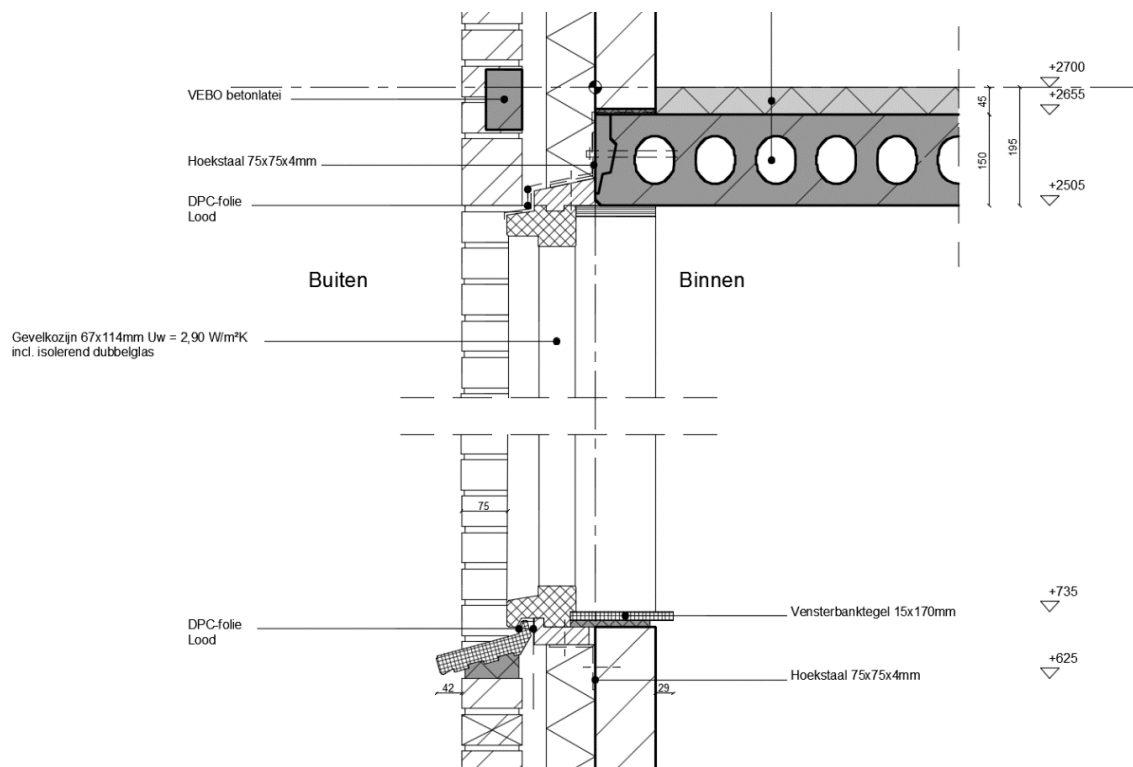
Voor het hergebruiken van kunststof en aluminium kozijnen gelden dezelfde controles als bij de houten kozijnen. Het kozijnmateriaal moet onderzocht worden op schade of aantasting, de kierdichtingen en scharnieren moeten vervangen worden indien deze elementen kwalitatief niet meer voldoen. De zonoriëntatie van deze kozijnen geeft een risico voor een mate van aantasting van het kozijnmateriaal. Kozijnen die op het zuiden staan hebben een hogere zonbelasting dan kozijnen die op het noorden staan. Door de hogere zonbelasting zal het kozijn op het zuiden meer uitzetten en krimpen waardoor er een hogere kans op scheurvorming is. Als deze scheuren eenmaal in het kozijn zitten, dan moet het kozijn worden gerecycled in de technosfeer omdat kunststof en aluminium kozijnen hun sterkte halen uit diens profielen.

---

<sup>10</sup> Houtdatabase.nl (z.d.). "Bouwhout". Geraadpleegd november 2016.

<sup>11</sup> Joostdevree.nl (z.d.). "Duurzaamheidsklasse". Geraadpleegd november 2016

### 5.3 Bestaande situatie kozijnaansluitingen Achterdonk 60



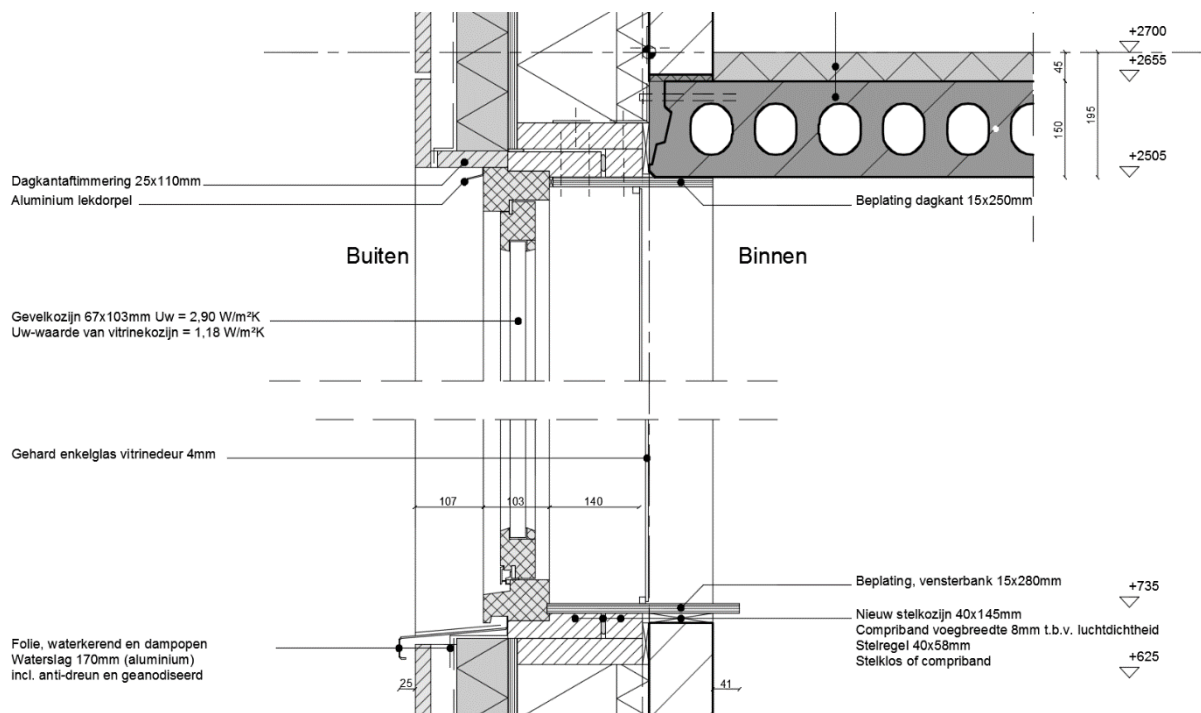
Figuur 12. Fragment detailblad 1, bestaande situatie Achterdonk 60, kozijnaansluitingen

Het houten kozijn is door middel van een houten stelkozijn en een hoekstaal van 75x75mm aan het kalkzandstenen binnenblad bevestigd. Het kozijn heeft een neggemaat van 75mm. Aan de onderdorpel is een specie over het houten stelkozijn en het kalkzandstenen binnenblad gesmeerd zodat een keramische vensterbanktegel van 15mm dik en 170mm diep geplaatst kan worden. Als lekdorpel is een keramisch product toegepast en hierover valt een loodslabbe die aan de onderzijde van de houten onderdorpel van het kozijn is bevestigd. Aan het stelkozijn is een DPC-folie bevestigd die met een bepaalde lengte over het glaswol doorloopt.

Aan de bovenzijde van het kozijn wordt de houten stelkozijn door middel van een hoekanker met de 150mm dikke verdiepingsvloer verbonden. In het gevelmetselwerk is een rollaag boven het kozijn toegevoegd met een verborgen betonnen latei. Er is aan de bovenzijde van de bovendorpel een loodslabbe toegevoegd onder de DPC-folie. Deze verdiepingsvloer heeft een steenachtige afwerkvloer van 45mm. De dagkanten van het kozijn zijn getekend als 15mm dik multiplexbeplating. De verdiepingshoogte van de eerste bouwlaag is ongeveer 2505mm.



## 5.4 Toepassen vitrinekozijn in buitenbladrenovatie



Figuur 13. Fragment detailblad 2, buitenbladrenovatie Achterdonk 60, kozijnaansluiting

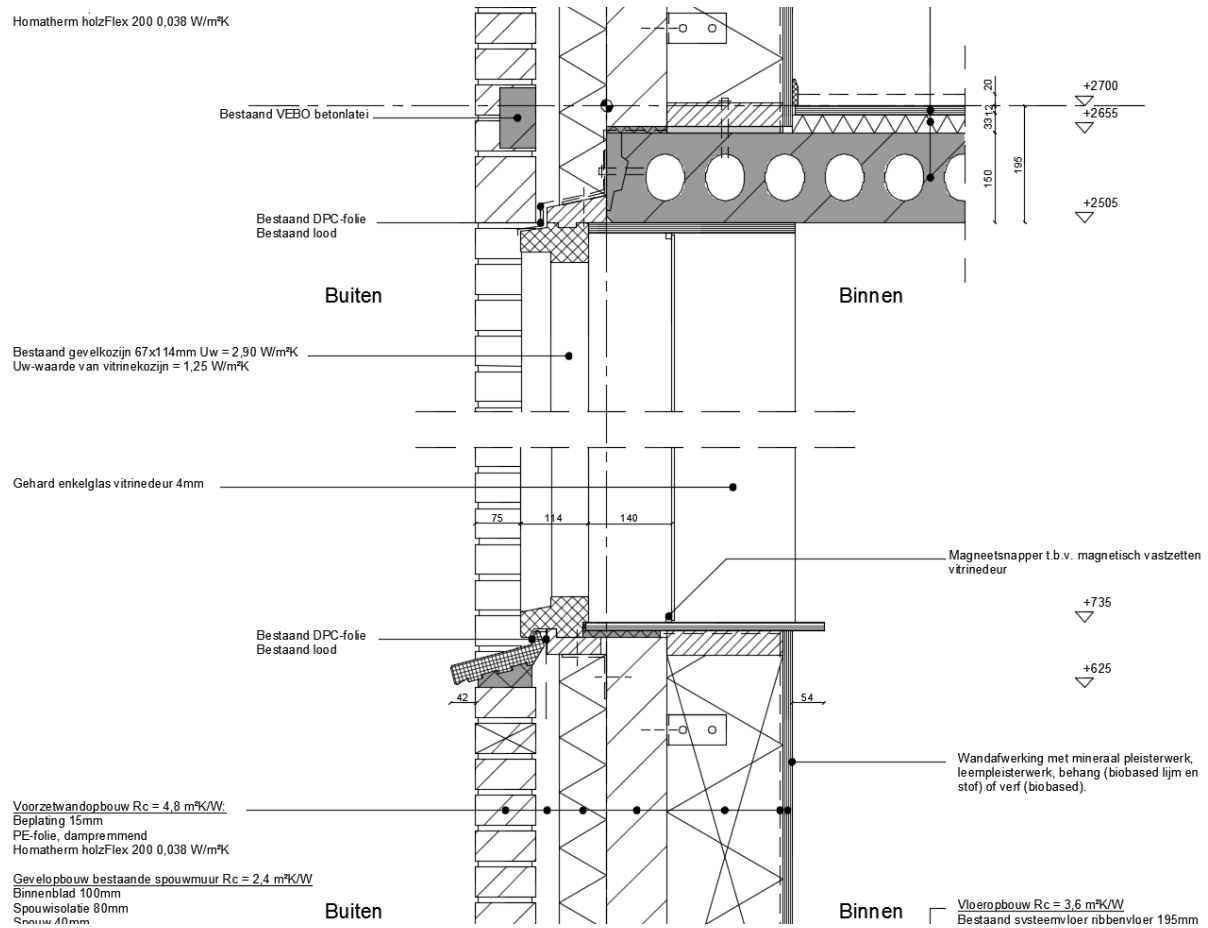
Het buitenblad wordt hoogwaardig geïsoleerd met een  $R_T$ -waarde van  $7,9 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ . De houten stijlen hebben een kopmaat van  $40 \times 195 \text{ mm}$  en is toegepast met  $100 \text{ mm}$  biofoam spouwisolatie. De spouwlaten worden door middel van schroeven aan de houten constructie verbonden. Als de gevelbekleding de schroeven te veel belast, waardoor scheuren ontstaan in de spouwisolatie, dan moet er gebruik worden gemaakt van houten regels in de spouwisolatie.

Het oude kozijn van Dempostraat 63 wordt met een nieuw stelkozijn van  $40 \text{ mm}$  bij  $145 \text{ mm}$  verbonden aan de houten stijlen en regels, zoals in figuur 13 is weergegeven. Deze vervanging is nodig indien het oude stelkozijn beschadigd is geraakt. Bij een nieuw stelkozijn is het belangrijk om de oude kozijndorpels en -stijlen zo te frezen of schuren dat deze het profiel van een montagekozijn krijgen in plaats van een inmetselkozijn. Dit maakt het monteren van een nieuwe stelkozijn eenvoudiger en lijmresten worden verwijderd voor een egaal oppervlak.

Voordat het oude kozijn met nieuw stelkozijn wordt geplaatst, moet er eerst een stelregel van  $45 \text{ mm} \times 58 \text{ mm}$  met een compriband aan de houten constructie gemonteerd worden. Er ontstaat een kierdichting door het stelkozijn tegen de compriband en de stelregel te drukken voordat het stelkozijn aan de houten constructie wordt bevestigd. Enige kieren die kunnen ontstaan tijdens het stellen van het kozijn worden hiermee voorkomen. In de boven- en zijaansluiting van de kozijndetails is een voegbreedte van  $5 \text{ mm}$  getekend en wordt opgevuld door een compriband.

De dagkantaftimmering aan de buitenzijde wordt aan de zijstijlen en bovendorpel van het oude kozijn geschroefd. De oude kozijnen hebben geen waterafvoerholletje, zoals moderne kozijnen die wel hebben, dus wordt er bovenaan het kozijn een aluminium lekdorpel bevestigd om het water uit de spouw voor het kozijn langs te laten vloeien. Aan de binnenzijde wordt de dagkantaftimmering van  $15 \text{ mm}$  dik EcoBoard Standard gemaakt. Er is een bufferruimte van  $140 \text{ mm}$  diep ingezet.

## 5.5 Toepassen vitrinekozijn in binnenbladrenovatie



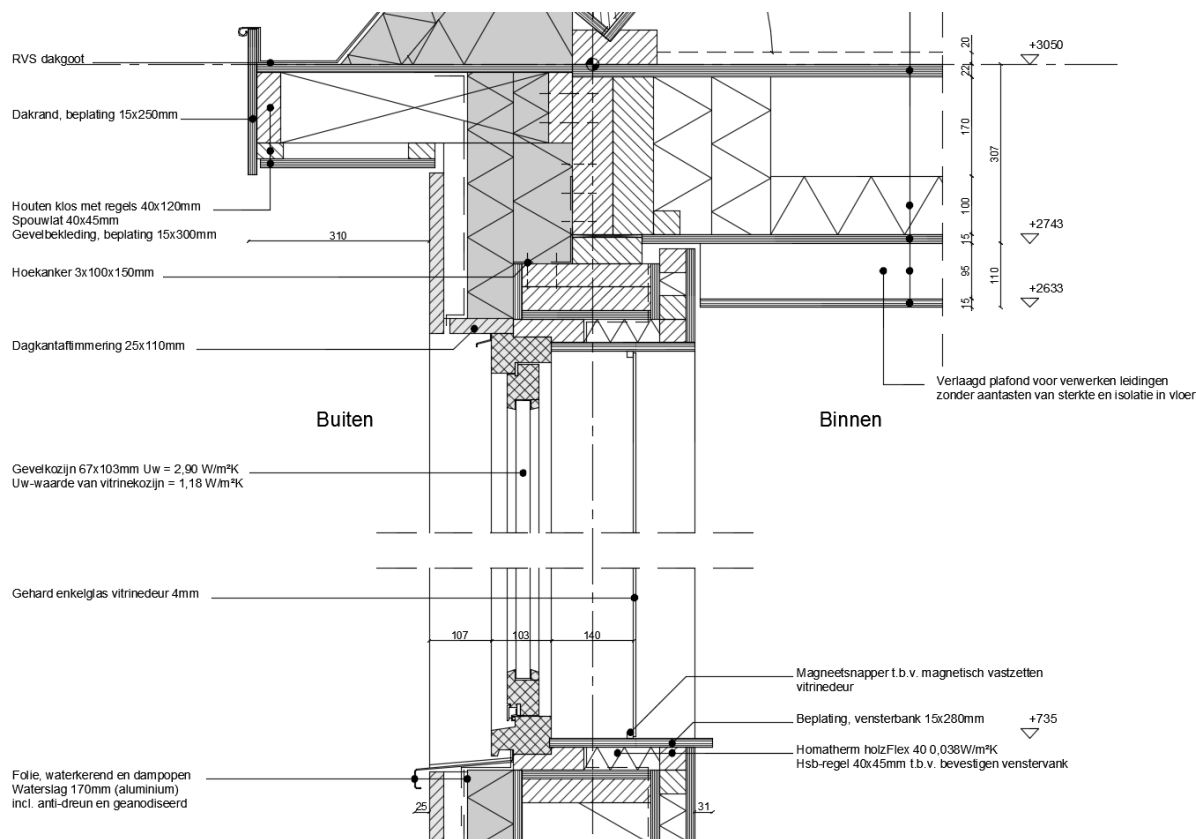
Figuur 14. Fragment detailblad 3, binnenbladrenovatie Achterdonk 60, kozijnaansluiting

Het binnenblad wordt hoogwaardig geïsoleerd met een voorzetwand tot een warmteweerstand van  $7,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ . De voorzetwand is opgebouwd met houten stijlen met een kopmaat van  $40 \times 195 \text{ mm}$ . Het bestaande kozijn blijft in de bestaande spouwmuur. Deze wordt niet verwijderd om het gevelbeeld niet aan te tasten.

Doordat het gevelbeeld behouden blijft, zijn er geen stelregels met compribandens nodig om een kozijn in te zetten. Dit houdt in dat de bestaande lucht- en kierdichtheid van het kozijn behouden blijft. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het berekenen van de nieuwe energievraag van de woning. Er is een bufferruimte van  $140 \text{ mm}$  ingezet. De nieuwe vensterbank wordt over de constructie van de voorzetwand doorgetrokken.

Anders dan de buitenbladrenovatie, zijn de bestaande knooppunten van grote invloed op de thermische lijn. Ter plaatse van de bovendorpel en verdiepingsvloer zal er relatief meer warmte verloren gaan dan bij de gerenoveerde gevel doordat er in dit knooppunt minder isolatie aanwezig is. De akoestische wering van dit knooppunt zal lager zijn dan bij de nieuwe spouwmuur. Om dit op te lossen kan een zwevende dekvloer worden ingezet in combinatie met een verlaagd plafond. Doordat het bestaande kozijn direct aan de verdiepingsvloer is gemonteerd zal een verlaagd plafond de bovendorpel doen verdwijnen. Door de bestaande verdiepingshoogte van  $2505 \text{ mm}$  en de verlaging van deze hoogte door het verlaagde plafond, wordt het nieuwe plafond niet toegepast. De oude dekvloer wordt vervangen door een zwevende dekvloer met dezelfde hoogte van  $45 \text{ mm}$ . Deze nieuwe vloer heeft dus geen invloed op de verdiepingshoogte.

## 5.6 Toepassen vitrinekozijn in vervangende nieuwbouw



Figuur 15. Fragment detailblad 4, vervangende nieuwbouw Achterdonk 60, kozijnaansluiting

De nieuwe gevel wordt met geprefabriceerde houtskeletbouw dragend uitgevoerd. De gevel heeft een  $R_T$ -waarde van  $7,3 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ . Alle uitwendige gevelconstructies zijn dragend uitgevoerd in verband met de balklaag van de verdiepingsvloer en een beukmaat van 5400mm. De gevel bestaat uit een dragend houtskeletelement en een voorzetwand of leidingspouw. De leidingspouw wordt gebruikt om leidingen uit de isolerende laag te houden. Bewoners kunnen dan ook eenvoudiger leidingen verleggen zonder zorgen te maken over de constructieve sterkte van de gevel.

Om het kozijn van Demopstraat 63 in dit project in te zetten, is het stelkozijn vervangen en het houten profiel van het inmetzelkozijn geschuurd tot een montagekozijnprofiel. Dit in het geval van een beschadigd stelkozijn. Anders dan bij de buitenbladrenovatie wordt het oude kozijn in de timmerfabriek in het houtskeletelement geplaatst. Hierdoor kan het kozijn met stelkozijn fabrieksmatig in het houtskeletelement worden verwerkt waardoor stelregels en compribanden voor het inzetten niet nodig zijn. Enige ruimte tussen het stelkozijn en de voorzetwand wordt opgevuld met isolatiemateriaal. Er is een bufferruimte van 140mm diep toegepast.

Ook in de nieuwbouwsituatie zijn de dagkanten aan de buitenzijde aan het kozijn verbonden. Het oude kozijn heeft geen waterhol, dus wordt er aan de bovenzijde van de bovendorpel een aluminium lekdorpel geplaatst. Zo komt water vanuit de spouw niet in contact met het oude kozijn.

## 5.7 Financiële begroting renovatie en nieuwbouw

Omschrijving	Aantal	E.h.	Materiaal	Beglazing	Breedte (m)	Hoogte (m)	Kosten			
<b>Hergebruikte kozijnen</b>										
<i>Marktplaats.nl</i>										
Kozijn 1	1,00	st	merbau	dubbelglas	0,90	0,90	€	50,00		
Kozijn 2	1,00	st	hardhout	dubbelglas	0,85	1,20	€	50,00		
Kozijn 3	1,00	st	hardhout	dubbelglas	1,45	1,45	€	175,00		
Kozijn 4	1,00	st	hardhout	dubbelglas	1,00	1,20	€	90,00		
Kozijn 5	1,00	st	hardhout	dubbelglas	1,20	1,48	€	150,00		
<i>Tweedehands.net</i>										
Kozijn 6	1,00	sst	hardhout	dubbelglas	1,00	2,27	€	125,00		
<i>Van-Laarhoven Sloopwerken BV</i>										
Kozijnschatting minimaal	1,00	st	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	€	50,00		
Kozijnschatting maximaal	1,00	st	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	€	500,00		
							<b>Gemiddelde kozijnkosten</b>	<b>€</b>	<b>148,75</b>	<b>excl. BTW</b>

Figuur 16. Gevonden aanschafkosten oude kozijnen

Het vaststellen van aanschafkosten gebeurt normaliter door onderhandelen. Er wordt geen prijs per vierkante meter aangehouden door sloopbedrijven. Dit komt doordat de kwaliteit van de producten en diens onderdelen bepalend zijn voor een aanschafprijs. Voor onderhandelingen wordt door Superuse Studio's veelal de richtprijs aangehouden waarvoor soortgelijke kozijnen op [www.marktplaats.nl](http://www.marktplaats.nl) verkocht worden.

Er is contact gezocht met sloopbedrijven in de Randstad die online hebben aangegeven kozijnen op te slaan. Verschillende bedrijven zijn gecontacteerd, maar geen konden een richtprijs voor de aanschaf geven. De staat van de kozijnen verschilt te veel om één prijs aan te houden, dus wordt de aanschafprijs via onderhandelingen bepaald. Er is wel door één van de gecontacteerde sloopbedrijven een schatting gegeven van de minimale en maximale kozijnkosten. Hierbij is geschat dat het bedrijf destijds houten kozijnen van € 50-500,- op voorraad had. De gemiddelde aanschafkosten voor een ouder hardhouten kozijn met dubbelglas is € 148,75.

De aanschafkosten van een HEBO-kozijn van 1300x1350mm met een draaikiepraam met een dorpelprofiel van 67x114mm is € 812,- exclusief BTW. Voor Passiefkozijn.nl is dit € 895,-. Voor het geharde enkelglas van de vitrinedeuren wordt gemiddeld € 33,84 per m<sup>2</sup> gerekend, voor kogellagersscharnieren € 29,32 en voor magneetsnappers € 11,02 exclusief BTW.

Voorbereiden op sloop:											
Dichtzetten met beplating	50,00	st	€	14,26	0,55	€	40,00	€	36,26	€	2.526,00
Verwijderen kozijn uit gevel	50,00	st	€	25,00	0,70	€	40,00	€	28,15	€	2.657,50

Figuur 17. Arbeids- en materiaalkosten voor kozijndemontage

Het vitrinekozijn heeft, anders dan de nieuwe kozijnen, ook sloopkosten. Dit door de demontage van het oude kozijn, het opslaan en merken. Deze sloopkosten worden gerekend voor nieuwbouwprojecten en buitenbladrenovaties. Bij een binnenbladrenovatie kan het bestaande kozijn in de spouwmuur blijven zitten en worden dus geen sloopkosten gerekend.

Voor het dichtzetten van vijftig stuks gevelkozijnen, het demonteren van vleugels, verwijderen van het kozijn en opslaan op een bepaalde locatie wordt een prijs van € 5.183,50 gerekend.

Renovatiekosten:													
Vervangen kierdichtingen	50,00	st	€	14,09			0,40	€	39,60	€	15,84	€	1.496,50
Vervangen scharnieren	50,00	st	€	62,11			1,38	€	40,00	€	55,20	€	5.865,50
Vervangen glas naar HR++	50,00	st	€	71,48			1,50	€	40,52	€	60,78	€	6.613,00
Correctie omtrekspeling hangzijde	50,00	st	€	30,00								€	1.500,00
Opschuren en opnieuw verven	50,00	st	€	5,00			0,51	€	41,57	€	21,20	€	1.310,00

Figuur 18. Bijkomende kosten voor kozijnrenovatie

Voor het toepassen van het vitrinekozijn moet het oude kozijn zijn gecontroleerd op de kwaliteit van de kierdichtingen, scharnieren en de aanwezigheid van enige omtrekspeling. Ook moet het oude dubbelglas worden vervangen indien deze beschadigd is. Het kozijn krijgt sowieso een nieuwe verflaag zodat een niet-geïmpregneerd kozijn na de renovatie of nieuwbouw terug de natuur in kan. Als de oude kozijnen geheel gerenoveerd moeten worden dan zal dit € 16.785,- kosten om de renoverende werkzaamheden te verrichten. Indien alleen kierdichtingen en hang- en sluitwerk vervangen moet worden dan kost dit € 10.172,- voor vijftig kozijnen.

Bijkomende kosten:													
Opschuren en verven	50,00	st	€	5,00			0,51	€	41,57	€	21,20	€	1.310,00

Bijkomende kosten:													
Opschuren en verven	50,00	st	€	5,00			0,51	€	41,57	€	21,20	€	1.310,00

Figuur 19. Bijkomende kosten voor HEBO HR++ kozijnen en passiefkozijnen

Als bijkomende kosten gelden voor de nieuwe kozijnen enkel de kosten voor het opschuren van de kozijnen en het verven van het kozijnhout. Voor deze werkzaamheden wordt € 1.310,- voor vijftig de HEBO-kozijnen gerekend en passiefkozijnen gerekend.

Omschrijving	Productkosten	Renovatiekosten	Schilderkosten	Bijkomende kosten	Transportafstand	Transportkosten
						€ 1,05/km
Vitrinekozijn (geheel gerenoveerd)	€ 18.643,67	€ 15.475,00	€ 1.310,00	€ 5.183,50	800,00	€ 840,00
Vitrinekozijn (verv. kier, scharnier en verf)	€ 18.643,67	€ 7.362,00	€ 1.310,00	€ 5.183,50	800,00	€ 840,00
Vitrinekozijn (verf)	€ 18.643,67	€ -	€ 1.310,00	€ 5.183,50	800,00	€ 840,00
HEBO HR++-kozijn (verf)	€ 58.240,00	€ -	€ 1.310,00	€ -	195,00	€ 204,75
Passiefkozijn.nl EMP HR+++-kozijn (verf)	€ 60.248,28	€ -	€ 1.310,00	€ -	195,00	€ 204,75
Omschrijving	Kosten nieuw	Kosten vitin. Koz	Besparing kosten			
Besparing t.o.v. nieuwe kozijn HEBO	€ 59.754,75	€ 41.452,17	€ 18.302,58	excl. BTW		
Besparing t.o.v. nieuwe kozijn HEBO	€ 59.754,75	€ 33.339,17	€ 26.415,58	excl. BTW		
Besparing t.o.v. nieuwe kozijn HEBO	€ 59.754,75	€ 25.977,17	€ 33.777,58	excl. BTW		
Besparing t.o.v. nieuwe kozijn Passiefkozijn	€ 61.763,03	€ 41.452,17	€ 20.310,86	excl. BTW		
Besparing t.o.v. nieuwe kozijn Passiefkozijn	€ 61.763,03	€ 33.339,17	€ 28.423,86	excl. BTW		
Besparing t.o.v. nieuwe kozijn Passiefkozijn	€ 61.763,03	€ 25.977,17	€ 35.785,86	excl. BTW		

Figuur 20. Totale kosten met besparing vitrinekozijn t.o.v. nieuwe kozijnen

Om de maximale transport-diameter en daarmee het maximale zoekgebied naar oude kozijnen aan te geven, zijn de totale kozijnkosten berekend. Aan de hand van transportkosten en het verschil tussen de toepassing van nieuwe en oude kozijnen, kan een dergelijke diameter bepaald worden.

Voor de transportdiameter en daarmee het zoekgebied voor oude kozijn is allereerst gerekend met de afstand van Gent naar Groningen Stad als langst mogelijke afstand in Nederland. Deze afstand is ongeveer 400 kilometer. Dit is een heen- en terugreis voor het ophalen van de kozijnen en het vervoeren naar de bouwplaats. Hierdoor komt de transportafstand op 800 kilometer. Zelfs met de langst mogelijke weg in Nederland, blijven de vitrinekozijnen onder de totale kosten van de nieuwe kozijnen. Een nog groter zoekgebied buiten Nederland wordt door de opdrachtgevers als niet-praktisch gezien, dus zal het zoekgebied verder niet vergroot worden.

De besparing op de kosten met een vitrinekozijn voor Achterdonk 60 is € 18.000-33.000,- in vergelijking met de kozijnen van HEBO, afhankelijk van de renovatieomvang van de kozijnen. De besparing met een vitrinekozijn in vergelijking met passiefkozijnen is € 20.000-35.000,-.

## 6. Conclusie

---

### 6.1 Conclusie afstudeeronderzoek

Tabel 6.1a Samenvattend overzicht kozijnvergelijking

Vitrinekozijnuitvoering	Uw-waarde (W/m <sup>2</sup> K)	G- waarde	LTA- waarde	Productkosten kozijn 1230x1480mm
Dubbelglas + vent.	1,63	0,56	0,72	€ 250,69
Dubbelglas – vent.	1,63	0,56	0,72	€ 250,69
HR++ + vent.	1,28-1,38	0,48	0,63	€ 382,95
HR++ - vent.	1,38-0,97	0,48	0,63	€ 382,95
HEBO HR++	1,35	0,70	0,80	€ 812,00
Passiefkozijn.nl HR+++	0,79	0,70	0,70	€ 895,00

Door met een circulair economische visie naar sloopmateriaal van de bouw te kijken, kan de Nederlandse bouwwereld milieuvriendelijker ontwerpen en bouwen. Dit met toepassen van biobased, hergebruikte of volledig gerecyclede bouwmaterialen. Hierdoor kan het sloopmateriaal in de biosfeer of technosfeer worden verwerkt. De biobased producten kunnen aan het einde van diens levensduur dienen als grondstof voor nieuwe biobased producten. Volledig recyclebare producten dienen eveneens als grondstoffen voor nieuwe producten. Zowel hergebruik en recycling verlagen de vraag naar uitputtelijke grondstoffen.

In Rotterdam zal er de komende jaren voldoende aanbod van oude kozijnen met dubbelglas zijn door renovatie en vervangende nieuwbouw. Het vitrinekozijn mag conform NEN-EN-ISO 10077-1 in zowel de nieuwbouw als renovatie worden toegepast door de maximale  $U_w$ -waarde van 1,63 W/m<sup>2</sup>K met een bufferruimte van 40mm diep voor kozijnen met ventilatieroosters en 140mm diep voor kozijnen zonder roosters. Als deze diepten worden aangehouden dan is er geen risico op oppervlaktecondensatie rondom het vitrinekozijn.

Het is bouwtechnisch mogelijk om het vitrinekozijn uit te voeren zoals is aangetoond met de demontagemethode en de detailtekeningen. Door het beschermd demonteren en het renoveren van minpunten van de oude kozijnen kan een levensduurverlenging worden toegekend. Het blijft projectafhankelijk hoe groot deze verlenging is. Er wordt aangeraden om voor renovatieprojecten kozijnen vóór 1973 te gebruiken en voor nieuwbouwprojecten kozijnen na 1973. Dit doordat de ontwerplevensduur voor nieuwbouw hoger ligt dan bij renovatie.

Verdere risico's blijven laag en het vitrinekozijn is financieel aantrekkelijk doordat de kosten voor oude kozijnen (zoals in 5.7 beschreven) ongeveer vier tot vijf keer lager zijn ten opzichte van nieuwe kozijnen. In de begrotingscasus van Achterdonk 60 wordt een besparing van € 18.000-35.000,- gerealiseerd, afhankelijk van de renovatiepunten.

## 6.2 Aanbevelingen en vervolgonderzoek

Eén van de vervolgonderzoeken die uit deze scriptie komt is een afstudeeronderzoek naar de mogelijke circulariteit van sloopmateriaal. Hier wordt onderzocht hoe sloopmateriaal in het bouwproces kan worden geïntegreerd voor projectontwerpen.

Een ander vervolgonderzoek die uit de scriptie komt is een afstudeeronderzoek naar de warmteweerstanden van de bufferruimte. In deze scriptie is het vitrinekozijn theoretisch doorgerekend en in het vervolgonderzoek moet onderzocht worden of de beredeneerde warmteweerstanden zich in de werkelijkheid voordoen. Dit onderzoek vereist metingen in de praktijk.

## 6.3 Discussie

Enige discussiepunten die bestaan aan de hand van dit onderzoek zijn de geschatte warmteweerstanden van de bufferruimten en de totale kosten van de vitrinekozijnen.

De warmteweerstand van de bufferruimte is geschat doordat de berekeningsprogramma's die voorhanden lagen voor dit afstudeeronderzoek alleen statische warmteweerstanden en -doorgangscoefficienten konden berekenen. Hierdoor moest het dynamische thermisch gedrag in de bufferruimte vertaald worden tot een warmteweerstand. Dit moet door middel van praktijkmetingen worden gecontroleerd, zie 6.3.

De totale kosten van de vitrinekozijnen kunnen afwijken van de kosten die berekend zijn in de begroting door de grootte verscheidenheid van kozijnen en diens kwaliteiten. Er is enkel gebruik gemaakt van data die verkregen kon worden. Voor de kosten van de HEBO-kozijnen is de prijslijst van 2015 gebruikt, dus deze kan afwijken met de prijzen van 2016. De productkosten van de passiefkozijnen konden niet specifiek gegeven worden dus is er gerekend met het procentuele verschil tussen de € 600,- voor 1m<sup>2</sup> passiefkozijn en € 580,- voor 1m<sup>2</sup> HEBO-kozijn. Dit procentuele verschil wordt opgeteld bij de prijzen van de HEBO-kozijnen om een schatting voor de productkosten van de passiefkozijnen te verkrijgen.

## 6.4 Validatie

Om praktijkervaring en -expertise in het onderzoek te brengen is gedurende deelonderzoeken samengewerkt met verschillende experts. De bouwfysische berekeningen voor warmtedoorgangscoefficienten en dynamische condensatievorming zijn in samenwerking met dhr. C. van Kranenburg, de interne bouwfysische expert van SUS-Ateliers en docent bouwfysica aan Hogeschool Rotterdam, opgezet en gecontroleerd.

De bouwtechnische detailuitvoering zijn gecontroleerd door zowel de opdrachtgevers dhr. J. Jongert en dhr. A. Karssenbergh. Verder zijn de tekeningen gecontroleerd door dhr. P.W. Scheurwater, docent detailleren aan de Hogeschool Rotterdam, een bouwkundig ingenieur en architect met meer dan twintig jaar ervaring.

## Bijlage I Bibliografie

- Architectgilde. (z.d.). *Bouwfysica tabellarium overzicht materiaaleigenschappen*. Opgehaald van [www.architectgilde.nl: http://www.architectgilde.nl/wp-content/uploads/2013/09/Bouwfysica\\_tabellarium\\_overzicht\\_materiaaleigenschappen.pdf](http://www.architectgilde.nl/wp-content/uploads/2013/09/Bouwfysica_tabellarium_overzicht_materiaaleigenschappen.pdf)
- Biobased bouwen. (z.d.). *Biobased plaatmateriaal - Ecoboard*. Opgehaald van [www.biobasedbouwen.nl: http://www.biobasedbouwen.nl/producten/biobased-plaatmateriaal-ecoboard/](http://www.biobasedbouwen.nl/producten/biobased-plaatmateriaal-ecoboard/)
- Bouwbesluit 2012*. (bijgewerkt in 2015, november 24). Opgehaald van BRIS bouwbesluitonline: <http://www.bouwbesluitonline.nl/>
- BRIS. (2015, november 24). *Bouwbesluit 2012 (bijgewerkt tot 2015)*. Opgehaald van [www.bouwbesluitonline.nl: http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012](http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012)
- Centrum Hout. (2005). *Naaldhout in de bouw (producten, toepassingen en aanbevelingen)*. Almere: Centrum Hout.
- CPS Transport. (2016). *Tarieven*. Opgehaald van [www.cpstransport.nl: http://www.cpstransport.nl/ritprijs-berekenen-tarieven/](http://www.cpstransport.nl/ritprijs-berekenen-tarieven/)
- de Transporters. (z.d.). *Onze tarieven*. Opgehaald van [detransporters.nl: http://detransporters.nl/tarieven/](http://detransporters.nl/tarieven/)
- Dr. ir. Priemus, H., & Ir. Elk, R. v. (1971). *Niet traditionele woningbouwmethoden in Nederland*. Research-Instituut voor de Woningbouw, Delft: Samson Uitgeverij nv Alphen a/d Rijn.
- Duyl, J. (2009, april 14). *De oliecrisis van 1973*. Opgehaald van [www.kunst-en-cultuur.infonu.nl: http://kunst-en-cultuur.infonu.nl/geschiedenis/34995-de-oliecrisis-van-1973.html](http://kunst-en-cultuur.infonu.nl/geschiedenis/34995-de-oliecrisis-van-1973.html)
- EK Bouwadvies. (2008-2009). *Kozijnen*. Opgehaald van [www.ekbouwadvies.nl: http://www.ekbouwadvies.nl/bouwen/kozijnen/materialenkozijnen.asp](http://www.ekbouwadvies.nl/bouwen/kozijnen/materialenkozijnen.asp)
- Energielabel.nl. (Onbekend). *Energielabel woningen*. Opgehaald van [Energielabel .nl: https://www.energielabel.nl/woningen](https://www.energielabel.nl/woningen)
- Fakro. (z.d.). *Dakfolies met lage dampdiffusieweerstand*. Opgehaald van [www.fakro.nl: http://www.fakro.nl/producten/montagetoebehoren/dakfolies/dakfolies-met-lage-dampdiffusie/](http://www.fakro.nl/producten/montagetoebehoren/dakfolies/dakfolies-met-lage-dampdiffusie/)
- Graaf, A. v. (2004, januari). *Metselwerk opbakken bij 540 graden*. Opgehaald van [www.tudelft.nl: http://www.tudelft.nl/fileadmin/UD/MenC/Support/Internet/TU\\_Website/TU\\_Delft\\_portal/Actueel/Magazines/Delft\\_Integraal/archief/2004\\_DI/2004-1/doc/DI2004-1-Metselwerk.pdf](http://www.tudelft.nl/fileadmin/UD/MenC/Support/Internet/TU_Website/TU_Delft_portal/Actueel/Magazines/Delft_Integraal/archief/2004_DI/2004-1/doc/DI2004-1-Metselwerk.pdf)
- Houtdatabase. (z.d.). *Houtsoorten bouw*. Opgehaald van [www.houtdatabase.nl: http://www.houtdatabase.nl/?q=hout/bouw](http://www.houtdatabase.nl/?q=hout/bouw)



- Isolatieglas selecteren, situeren en monteren - 006.* (pre 2013). Opgehaald van SBRCURnet:  
<http://www.sbrcurnet.nl/producten/infobladen/isolatieglas-selecteren-situeren-en-monteren>
- Jellema. (2004). Vuistregels houten balklagen. In I. T. Spierings, I. R. Amerongen, & I. H. Millekamp, *Jellema 3 Draagstructuur* (pp. 160-171). Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.
- Joostdevree. (z.d.). *Duurzaamheidsklasse*. Opgehaald van [www.joostdevree.nl](http://www.joostdevree.nl):  
<http://www.joostdevree.nl/shtmls/duurzaamheidsklasse.shtml>
- Kadaster. (z.d.). *WOZ-waarde*. Opgehaald van [www.kadaster.nl](http://www.kadaster.nl): <https://www.kadaster.nl/woz-waarde>
- Koudebruggen; inventarisatie en kritische plaatsen - 064.* (pre 2013). Opgehaald van SBRCURnet:  
<http://www.sbrcurnet.nl/producten/infobladen/koudebruggen-inventarisatie-van-kritische-plaatsen>
- Maatman, S. (2011, januari 28). *Financiële haalbaarheid van energetische maatregelen bij sociale huurwoningen*. Opgehaald van HBO-kennisbank: [www.hbo-kennisbank.nl](http://www.hbo-kennisbank.nl)
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (DGMR). (2012). *Handboek gemeenten Energie prestatie gebouwen*. Agentschap NL.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2012). *Toelichting op energie*. Opgehaald van Rijksoverheid: [www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl)
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2015, mei). *Nul op de meter, ervaringen van vernieuwers in de woningbouw*. Opgehaald van [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl):  
[https://www.rvo.nl/sites/default/files/Nul%20op%20de%20Meter\\_A4\\_Brochure.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/Nul%20op%20de%20Meter_A4_Brochure.pdf)
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2016, april). *Cijfers over wonen en bouwen 2016*. Opgehaald van Rijksoverheid: [www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl)
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2016, juni 2). *Circulaire aanpassingen woningwaardingsstelsel*. Opgehaald van Rijksoverheid:  
<https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjEI8qtqJHPAhuCBBBoKHVvJCREQFggzMAI&url=https%3A%2F%2Fwww.rijksoverheid.nl%2Fbinaries%2Frijksoverheid%2Fdocumenten%2Fcirculaires%2F2016%2F06%2F03%2Fcirculaire-aanpassin>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2012). *Handboek gemeenten Energieprestatie gebouwen*. Utrecht: Agentschap NL.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016, september). *Nederland circulair in 2050*. Opgehaald van [www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl):  
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/09/14/bijlage-1-nederland-circulair-in-2050>
- MVO Nederland. (z.d.). *Circulaire economie*. Opgehaald van [www.mvonderland.nl](http://www.mvonderland.nl):  
<http://mvonderland.nl/dossier/wat-de-circulaire-economie-0>

- Nederlandse Bond van Timmerfabrieken. (2001). *500 jaar houten kozijnen*. Amsterdam: Het Houtblad Almere.
- Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT). (2016, juni 29). "*De levensduur van houten kozijnen, wat heeft dat met het milieu te maken?*". Opgehaald van <https://nbvt.nl:https://nbvt.nl/blog/29-06-2016/de-levensduur-van-houten-kozijnen-wat-heeft-dat-met-het-milieu-te-maken>
- Nederlandse Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie. (2016, oktober). *Milieuclassificaties*. Opgehaald van [www.nibe.info.nl](http://www.nibe.info.nl): <http://www.nibe.info/nl/members>
- Nieman Raadgevende Ingenieurs. (z.d.). *Niveaus luchtdicht bouwen*. Opgehaald van [www.nieman.nl](http://www.nieman.nl): <http://www.nieman.nl/vakgebieden/luchtdicht-bouwen/eisen-luchtdicht-bouwen/>
- Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging (NVBV). (2011). *Ontwerprichtlijnen ter voorkoming van koudeval*. Opgehaald van [www.nvbv.org](http://www.nvbv.org): [http://www.nvbv.org/wp-content/uploads/2011/12/08\\_13\\_Timmers\\_c3.pdf](http://www.nvbv.org/wp-content/uploads/2011/12/08_13_Timmers_c3.pdf)
- Oskam V/F. (z.d.). *Leemproducten/leemstenen*. Opgehaald van [www.oskam-vf.nl](http://oskam-vf.com/leemstenen.html): <http://oskam-vf.com/leemstenen.html>
- PelserHartman Bouwadvies. (2013, oktober 31). *U-waarden van kozijnen en energieprestatie*. Opgehaald van [www.ph-bouwadvies.nl](http://www.ph-bouwadvies.nl): <http://www.ph-bouwadvies.nl/u-waarden-van-kozijnen-en-de-energieprestatie/>
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2014). *Op weg naar een klimaatneutrale woningvoorraad in 2050*. Opgehaald van [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl): [http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2014-op-weg-naar-een-klimaatneutrale-woningvoorraad-in-2050\\_738.pdf](http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2014-op-weg-naar-een-klimaatneutrale-woningvoorraad-in-2050_738.pdf)
- SBR CURnet. (z.d.). *Isolatieglas selecteren, situeren en monteren*. Opgehaald van [www.sbrcurnet.nl](http://www.sbrcurnet.nl): <http://www.sbrcurnet.nl/producten/infobladen/isolatieglas-selecteren-situeren-en-monteren>
- SBRCURnet. (z.d.). *Rekentool Warmteweerstand*. Opgehaald van [www.sbrcurnet.nl](http://www.sbrcurnet.nl): <http://www.sbrcurnet.nl/producten/rekentools/rekentool-warmteweerstand>
- Stichting Probos. (2009, november). *Houtsoorten voor de Woningbouw, Utiliteitsbouw en Grond-, Weg- en Waterbouw*. Opgehaald van [www.houtdatabase.nl](http://www.houtdatabase.nl): [http://www.houtdatabase.nl/infobladen/infoblad\\_houtsoortenkeuze\\_versus\\_toepassing.pdf](http://www.houtdatabase.nl/infobladen/infoblad_houtsoortenkeuze_versus_toepassing.pdf)
- TNO 2015 R10515. (2015, juni 17). *Vervangende nieuwbouw*. Opgehaald van [https://www.tno.nl/media/6146/rapport\\_vervangende\\_nieuwbouw\\_tno\\_2015\\_r10515.pdf](https://www.tno.nl/media/6146/rapport_vervangende_nieuwbouw_tno_2015_r10515.pdf)
- TNO. (2015, september 24). *TNO: duurzame vervangende nieuwbouw effectiever dan renovatie*. Opgehaald van [LenteAkkoord](http://www.lente-akkoord.nl): <http://www.lente-akkoord.nl/tno-duurzame-vervangende-nieuwbouw-effectiever-dan-renovatie/>

Valk, i. H. (2012, oktober 15). *Passief bouwen: Waarom en hoe?* Opgehaald van [www.nieman.nl](http://www.nieman.nl):  
<http://www.nieman.nl/wp-content/uploads/2012/10/Passief-Bouwen-waarom-en-hoe.pdf>

Wit, J. d. (2013, januari 10). *Toekomstbestendig renoveren op passiefhuisniveau (deel 2)*. Opgehaald van HBO Kennisbank: <https://www.hbo-kennisbank.nl/record/0939D427-EFAE-4B51-98E6322850A9AF04>

Wit, J. d. (2013, januari 12). *Toekomstbestendig renoveren op passiefhuisniveau (deel 3)*. Opgehaald van HBO Kennisbank: <https://www.hbo-kennisbank.nl/record/35244A6D-3EC8-4787-845AC6A3E50521E5>

Wit, J. d. (2013, januari 9). *Toekomstig bestendig renoveren op passiefhuisniveau (deel 1)*. Opgehaald van HBO Kennisbank: <https://www.hbo-kennisbank.nl/record/4A5773ED-A7E0-4E53-90287E2A2895E1B5>

## **Bijlage II Deelonderzoek Nulsituatie**

---

## **Bijlage III Deelonderzoek Bouwfysica**

---

## **Bijlage IV Deelonderzoek Bouwtechniek**

---

## Bijlage V Bouwtechnische DO-details vitrinekozijnconcept