

2013•2014
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Het belang en de uitvoering van een energiezuinige renovatie van het venster

Promotor :
ing. Wesley CEULEMANS

Promotor :
ir. arch. WOUTER HILDERSON

Simon Theys , Stef Vleugels

Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014
Faculteit Industriële
ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Het belang en de uitvoering van een energiezuinige
renovatie van het venster

Promotor :
ing. Wesley CEULEMANS

Promotor :
ir. arch. WOUTER HILDERSON

Simon Theys , Stef Vleugels

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: bouwkunde*

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	1
DANKWOORD	5
ABSTRACT	7
ABSTRACT (ENGLISH)	9
LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYMBOLEN	11
LIJST VAN FIGUREN	13
LIJST VAN TABELLEN	15
1 INLEIDING	17
2 LITERATUURSTUDIE: MATERIAALGEBRUIK	19
2.1 BEGLAZING.....	21
2.1.1 <i>Types beglazing</i>	21
2.1.1.1 Enkelvoudige beglazing.....	21
2.1.1.2 Dubbele beglazing	21
2.1.1.3 Hoogrendementsglas	22
2.1.1.4 Drievoudig glas	25
2.1.1.5 Geluidswerende beglazing.....	26
2.1.2 <i>Kenmerken</i>	27
2.1.2.1 De zonnewinst.....	27
2.1.2.2 De warmtetransmissiecoëfficiënt	30
2.1.2.2.1 Ug-waardes per glastype.....	31
2.1.2.3 De lichttransmissie.....	32
2.1.3 <i>Prijsvergelijking</i>	33
2.2 SCHRIJNWERK.....	35
2.2.1 <i>Materiaalkeuze</i>	35
2.2.1.1 Technische- en milieuprestaties.....	35
2.2.1.1.1 Hout	35
2.2.1.1.2 Aluminium.....	37
2.2.1.1.3 Combinatie hout en aluminium.....	38
2.2.1.1.4 PVC.....	38
2.2.1.2 Economische prestaties	41
2.2.2 <i>De juiste keuze maken</i>	42
2.2.2.1 Goede keuzes.....	42
2.2.2.1.1 Gelabeld streekeigen hout zonder chemische verduurzaming	42
2.2.2.1.2 Hout-aluminium	43
2.2.2.1.3 Gelabeld tropisch hout	43
2.2.2.2 Aanvaardbare keuzes.....	43
2.2.2.2.1 Secundair aluminium.....	43
2.2.2.2.2 PVC met Greenline label	44
2.2.2.3 Te vermijden keuzes.....	44
2.2.2.3.1 PVC zonder Greenline label.....	44
2.2.2.3.2 Primair aluminium	44
2.2.2.3.3 Niet gelabeld exotisch hout.....	44
2.3 DE TOTALE WARMTETRANSMISSIECOËFFICIËNT VAN EEN VENSTER	45
2.3.1 <i>Besluit</i>	46

3	LITERATUURSTUDIE: UITVOERING	47
3.1	LUCHTDICHTHEID	49
3.1.1	<i>Algemeen</i>	49
3.1.2	<i>Kwaliteitstesten</i>	50
3.1.2.1	De Blowerdoortest	50
3.1.2.2	Visualiseren van de infiltraties langs het schrijnwerk	53
3.1.3	<i>Een luchtdichte woning</i>	55
3.1.3.1	Algemeen	55
3.1.3.2	De luchtdichtheidsprestatieklasse	56
3.1.3.2.1	Het schrijnwerk en zijn luchtdichtheidsprestatieklasse	56
3.1.3.2.2	Verschillende schrijnwerken en hun prestaties	57
3.1.3.2.3	Werkbare details bij verschillende schrijnwerken	59
3.1.3.2.4	De algemene impact van de luchtdichtheidsprestatieklasse	60
3.1.3.3	De aansluiting tussen ruwbouw en schrijnwerk	61
3.1.3.3.1	De verschillende types aansluitingen	61
3.1.3.3.1.1	Houten omkasting die zich bevindt tussen raam-muur of houtskeletbouw	62
3.1.3.3.1.2	Aansluiting tussen het raam en het pleisterwerk	63
3.1.3.3.1.3	Aansluiting tussen het raam, de multiplexkader en de muur	65
3.1.4	<i>Besluit</i>	66
3.2	WATERDICHTHEID	69
3.2.1	<i>Voorwaarden</i>	69
3.2.1.1	Goed aangesloten dorpel	69
3.2.1.2	Goed afgedichte voeg rond venster	71
3.2.1.3	Goede drainage boven vensteropening (bij spouwmuren)	73
3.2.1.4	Drukmoderatie	74
3.2.2	<i>Afdichtingmaterialen</i>	75
3.2.2.1	Membraan	75
3.2.2.2	Kitvoegen	77
3.2.2.3	Zwelbanden	80
3.2.3	<i>Waterdichtheid bij renovatie</i>	81
3.3	KOUDEBRUGGEN	83
3.3.1	<i>Algemeen</i>	83
3.3.1.1	Definitie	83
3.3.1.2	Gevolgen van koudebruggen rondom het schrijnwerk	83
3.3.2	<i>Het detecteren van koudebruggen</i>	85
3.3.2.1	Thermografie	85
3.3.2.2	Oppervlaktethermometer	86
3.3.2.3	Visueel of manueel	87
3.3.3	<i>Grootheden omtrent koudebruggen</i>	87
3.3.3.1	De f_{Rsi} -waarde	88
3.3.3.2	De χ - en ψ -waarde	88
3.3.4	<i>Koudebruggen vs. Bouwknopen</i>	89
3.3.5	<i>Epb-aanvaardbare plaatsing van bouwknopen</i>	89
3.3.5.1	Invloed van bouwknopen inrekenen	89
3.3.5.2	EPB-aanvaardbare plaatsing van vensters	89
3.3.5.2.1	Een vast raamkader wordt rechtstreeks aangesloten op de isolatielaag	90
3.3.5.2.2	Een vast raamkader wordt niet rechtstreeks aangesloten op de isolatielaag	91
3.3.6	<i>Besluit</i>	95
3.4	AKOESTIEK	97
3.4.1	<i>Geluid</i>	97
3.4.2	<i>Luchtdichtheid</i>	98
3.4.3	<i>Een akoestisch raamkader</i>	99

3.4.4	<i>Een goede akoestische beglazing</i>	99
3.4.4.1	Enkele begrippen	100
3.4.5	<i>De keuze van beglazing voor een goede akoestiek</i>	101
3.4.6	<i>Besluit</i>	103
3.5	AANSLUITING VAN HET SCHRIJNWERK	105
3.5.1	<i>Praktisch stappenplan</i>	108
3.6	RENOVATIE VAN BESTAAND SCHRIJNWERK.....	113
3.6.1	<i>Toelichting beslissingsboom</i>	113
3.6.2	<i>Keuzemogelijkheden beslissingsboom</i>	115
3.6.2.1	Behouden.....	115
3.6.2.2	Herstellen.....	115
3.6.2.3	Verbeteren.....	116
3.6.2.3.1	Voorzetbeglazing	116
3.6.2.3.2	Voorzetraam.....	117
3.6.2.3.3	Verbeterde beglazing in het huidige schrijnwerk.....	117
3.6.2.4	Vervangen.....	117
3.6.3	<i>Besluit</i>	118
4	ONDERZOEK: PRAKTISCHE CASESTUDY'S	119
4.1	CASE: RENOVATIE RAAMWERK BESTAANDE WONING.....	119
4.1.1	<i>Oorspronkelijke offerte</i>	119
4.1.2	<i>Nieuwe offertes</i>	122
4.1.3	<i>Premies en subsidies</i>	129
4.1.3.1	Energiepremie 2014.....	129
4.1.3.2	Renovatiepremie 2014.....	132
4.1.3.3	Gemeentelijke premie 2014.....	135
4.1.3.4	Verminderd btw-tarief.....	135
4.1.4	<i>Terugverdientijd</i>	135
4.1.4.1	Terugverdientijd offerte hoogrendementsglas ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$).....	135
4.1.4.2	Terugverdientijd offerte drievoudige beglazing ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$)	137
4.1.5	<i>Besluit</i>	139
4.2	CASE: KOUDEBRUGGEN	141
4.2.1	<i>De beglazing</i>	142
4.2.2	<i>Het raamwerk</i>	143
4.2.3	<i>De afstandshouder</i>	143
4.2.4	<i>De aansluiting tussen het venster en de muur</i>	144
4.2.4.1	De aansluiting van het venster en de muur	144
4.2.4.2	Het muuranker	145
4.2.5	<i>Besluit</i>	146
4.3	CASE: LUCHTDICHTHEID	147
4.3.1	<i>Een luchtdichte uitvoering van de verschillende vensters</i>	149
4.3.1.1	De achtergevel.....	149
4.3.1.2	De voorgevel.....	150
4.3.1.2.1	Voorstel 1: Verdubbeling van de ramen	150
4.3.1.2.1.1	Het achterliggende terras op de derde vleugel	151
4.3.1.2.2	Voorstel 2: Het luchtdichte van het bestaande raam.....	153
4.3.1.2.2.1	De exacte resultaten.....	154
4.3.2	<i>Algemeen</i>	155
5	ALGEMEEN BESLUIT	157
6	BIBLIOGRAFIE	159

7	BIJLAGEN	167
7.1	BIJLAGE 1: TECHNISCHE FICHE IMPERIAL ALUMINIUM RAAM.....	169
7.2	BIJLAGE 2: TECHNISCHE FICHE KBE70MM PVC RAAM.....	171
7.3	BIJLAGE 3: TECHNISCHE FICHE KBE88MM PVC RAAM.....	173

Dankwoord

Meerdere mensen hebben meegeholpen aan de totstandkoming van deze scriptie. We willen dan ook graag van de gelegenheid gebruik maken om hen hiervoor te bedanken.

Allereerst zouden wij graag onze externe promotor Wouter Hilderson (Passiefhuis-Platform vzw) willen bedanken. Hij heeft ons geholpen bij het uitzetten van de lijnen van deze scriptie en suggesties gegeven waar er problemen waren.

Vervolgens willen wij ook graag onze interne promotor Wesley Ceulemans bedanken. Wanneer we vragen hadden konden we bij hem terecht en hij heeft ons ook meermaals goede tips gegeven om deze scriptie in de juiste richting te doen lopen.

Tenslotte is er nog een laatste groep mensen die wij graag zouden bedanken. Namelijk onze familie, vrienden en klasgenoten die ons hebben geholpen met het nalezen van teksten, het geven van nuttige tips, ...

Allen bedankt!

Abstract

Titel: Het belang en de uitvoering van een energiezuinige renovatie van het venster

Trefwoorden: renovatie, venster, beglazing, energie, plaatsing

Gezien de toenemende belangstelling voor renovatie van woningen, wordt er ook meer aandacht geschonken aan de duurzaamheid ervan. Hierbij is het vervangen van het venster een belangrijk onderdeel. De kwaliteit van schrijnwerk en beglazing gaat er continu op vooruit en er zijn heel wat alternatieven beschikbaar die een positieve impact hebben op het energieverbruik. Om bij een renovatie een goede keuze te maken, is het belangrijk om te weten welke opties mogelijk zijn.

In deze scriptie wordt getracht een handleiding te schrijven over het renoveren van het venster en wordt er toegelicht welke factoren belangrijk zijn om dit op een energiezuinige wijze te realiseren. Wat materiaal betreft, worden types beglazing en schrijnwerk bestudeerd en naar uitvoering toe wordt luchtdichtheid, waterdichtheid, akoestiek en het vermijden van koudebruggen onderzocht. Er worden ook enkele casestudy's behandeld over de praktische renovatie van vensters, koudebruggen en luchtdichtheid.

Het rendement van een renovatie is afhankelijk van de afweging van de investeringskost ten opzichte van de mogelijke energiewinst. Hierbij is het niet alleen belangrijk om met kwalitatief materiaal te werken, maar ook de uitvoering moet nauwkeurig gebeuren. In de praktijk is het namelijk zo dat een slechte uitvoering vaak de oorzaak is van energieverlies, o.a. door problemen met luchtdichtheid, bouwknopen, etc..

Abstract (English)

Title: The importance and implementation of an energy-efficient renovation of the window

Keywords: renovation, window, glass, energy, implementation

Given a rise in interest to renovate houses, more attention has been brought to the durability of these renovations. The replacement of window framing is of great importance in these renovations. The quality of the cabinetwork and window glass is constantly improving and many alternatives are available which have a positive impact on energy use. To make important choices when it comes to renovation, it is important to distinguish which options one has, and what the characteristics of these options are.

This thesis attempts to write a manual about the renovation of the framework and which factors are important to keep in mind when it comes to energy efficiency. For the choice of material, different types of framework and window glass are examined. For the implementation, factors such as air tightness, water tightness, acoustics and avoiding thermal bridges are taken into consideration. There are also several case studies treated in which research is conducted to the practical renovation of windows, thermal bridges and air tightness.

The usefulness of a renovation depends on whether or not the possible energy gain justifies the investment. However, it is not only important to work with qualitative materials. The implementation of materials has to happen with great accuracy. In practice, it is a fact that a bad execution is often the cause of energy loss, among others by problems with air tightness, heat bridges, etc..

Lijst van afkortingen en symbolen

U-waarde	=	warmtetransmissiecoëfficiënt [W/(m ² K)]
U _g -waarde	=	warmtetransmissiecoëfficiënt beglazing [W/(m ² K)]
U _f -waarde	=	warmtetransmissiecoëfficiënt schrijnwerk [W/(m ² K)]
U _w -waarde	=	totale warmtetransmissiecoëfficiënt venster [W/(m ² K)]
λ-waarde	=	de isolerende waarde van een materiaal [W/(mK)]
ρ	=	de soortelijke massa [kg/m ³]
HR	=	hoogrendements(glas)
Low-E	=	lage energie
g	=	zontoetredingsfactor [%]
LT	=	lichttransmissie [%]
PVC	=	polyvinylchloride
PEFC Schemes	=	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
FSC	=	Forest Stewardship Council
NIBE	=	Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie
CaZn	=	calcium zink
EPB	=	energieprestatieregelgeving voor bouwers
Ψ _g	=	lineair warmteverlies van de afstandshouder [W/(m.K)]
Ψ	=	lineaire koudebrug [W/(m.K)]
X	=	één punts gericht warmteverlies [W/K]
E-peil	=	energie-peil
RTO	=	regelbare toevoeropening
RAO	=	regelbare afvoeropening
V50	=	totale debiet aan ontsnapte lucht bij een drukverschil van 50 pascal [m ³ /h]
n50	=	aantal verse-luchtvolumes per uur [m ³ /(h.m ³)]
NBN	=	Nationale Belgische norm

v50	=	totale debiet ontsnapte lucht per verliesoppervlakte [m ³ /(h.m ²)]
bv.	=	bijvoorbeeld
CE	=	Conformité Européenne
WTCB	=	wetenschappelijk en technisch centrum voor het bouwbedrijf
PU	=	polyurethaan
UV	=	ultraviolet
EPDM	=	ethyleen – propyleen – dieen monomeer
PE	=	polyetheen
VIBE	=	Vlaams instituut voor bio-ecologisch bouwen en wonen
f _{Rsi} bepalen	=	temperatuurfactor voor de ernst van koudebruggen te bepalen
R	=	warmteweerstand [(m ² .K)/W]
L _A	=	buitengeluidsniveau [dB]
D _{Atr}	=	geluidsisolatie niveau [dB]
R _{Atr}	=	gecorrigeerde geluidsverzwakkingsindex [dB]
C	=	correctie voor geluidsbronnen [dB]
R _w	=	index voor akoestische verzwakkingsindex [dB]
A	=	akoestisch gelaagd glas
CO ₂	=	calciumdioxide

Lijst van figuren

FIGUUR 1: DE VERSCHILLENDE PARAMETERS VOOR DE DIMENSIONERING VAN EEN VENSTER [32]	19
FIGUUR 2: DUBBEL GLAS [51]	21
FIGUUR 3: HOOGRENDEMENTSGLAS [51]	22
FIGUUR 4: CONVECTIE BIJ DE VERSCHILLENDE HOEKEN EN HUN WAARDES [24]	23
FIGUUR 5: PRINCIPE VAN EEN COATING [51]	24
FIGUUR 6: PRINCIPE ZONWEREND GLAS [24]	25
FIGUUR 7: DRIEVOUDIG GLAS [24]	25
FIGUUR 8: GELUIDSWEREND GLAS [24]	26
FIGUUR 9: DE ZONTOETREDINGSFACTOR [53]	27
FIGUUR 10: BAAN VAN DE ZON [53]	28
FIGUUR 11: HET ZUIDELIJK FRONT GEDURENDE VERSCHILLENDE SEIZOENEN [53]	29
FIGUUR 12: DE AANVOELTEMPERATUUR PER TYPE BEGLAZING [40]	30
FIGUUR 13: DE LICHTTRANSMISSIE [53]	32
FIGUUR 14: FSC-LABEL [17]	36
FIGUUR 15: PEFC-LABEL [44]	36
FIGUUR 16: COMBINATIE SCHRIJNWERK: HOUT-ALUMINIUM [31]	38
FIGUUR 17: GREENLINE LABEL [31]	39
FIGUUR 18: OPENINGEN AFDICHTEN, SLUITEN OF OPENEN BIJ EEN BLOWERDOORTEST [56]	51
FIGUUR 19: PRESSURISATIE-APPARATUUR BLOWERDOORTEST [50]	51
FIGUUR 20: DE THERMO ANEMOMETER [3]	54
FIGUUR 21: LUCHTDICHTE WONING [5]	55
FIGUUR 22: CLASSIFICATIE VAN 6 LUCHTDICHTHEIDSPRESTATIEKLASSE MET GRENSWAARDE [66]	57
FIGUUR 23: DE AANSLUITING TUSSEN SCHRIJNWERK EN HOUTEN OMKASTING M.B.V. PU-SCHUIM [46]	63
FIGUUR 24: PERFECTE PLAATSING VAN DE FOLIE	65
FIGUUR 25: DE MULTIPLEXKADER [39]	66
FIGUUR 26: GOEDE AANSLUITING DORPEL	69
FIGUUR 27: GOED AFGEDICHTE VOEG ROND VENSTER	71
FIGUUR 28: PLAATSING MEMBRAAN NA AANBRENGEN GEVELBEDEKKING [2]	72
FIGUUR 29: PLAATSING MEMBRAAN VOOR AANBRENGEN GEVELBEDEKKING [2]	72
FIGUUR 30: GOEDE DRAINAGE BOVEN VENSTEROPENING	73
FIGUUR 31: DRUKMODERATIE VENSTER [2]	74
FIGUUR 32: VENSTERAANSLUITING: LUCHTDICHTHEID ALS OPLOSSING VOOR WATERDICHTHEID MET CORRECT EN FOUT ONTWERP [60]	75
FIGUUR 33: BEVESTIGING MET WIGGEN [2]	76
FIGUUR 34: HOGER GELEGEN MEMBRANEN OVERLAPPEN DE LAGER GELEGEN MEMBRANEN [2]	77
FIGUUR 35: CORRECTE UITVOERING KITVOEGEN [2]	79
FIGUUR 36: NUT AANBRENGEN VOEGBODEM [2]	80
FIGUUR 37: THERMOGRAFISCHE CAMERA [41]	85
FIGUUR 38: THERMOGRAFISCHE PROEFRESULTATEN [49]	86
FIGUUR 39: DIGITALE OPPERVLAKTETHERMOMETER [11]	87
FIGUUR 40: VOORBEELD 1 [34]	90
FIGUUR 41: VOORBEELD 2 [34]	92
FIGUUR 42: 3 REACTIES VAN GELUID OP EEN VENSTER [29]	98
FIGUUR 43: DUBBELE VENSTER MET EEN ZEER HOGE GELUIDSVERZWAKKINGSINDEX [64]	103
FIGUUR 44: PRINCIPESCHETS VAN HET SCHRIJNWERK IN EEN SPOUWMUUR [60]	105
FIGUUR 45: ISOLATIE AANSLUITEND OP VENSTER [63]	106
FIGUUR 46: ISOLATIE AANSLUITEND OP VENSTER [63]	107
FIGUUR 47: LINTEEL IN AANRAKING MET BUITENPAREMENT [63]	107
FIGUUR 48: BINNENPAREMENT EN DORPEL LANGS ONDERKANT GESCEIDEN [63]	107
FIGUUR 49: DOORLOPENDE BUITENISOLATIE [63]	107

FIGUUR 50: DOORLOPENDE ISOLATIE ZIJKANT [63]	107
FIGUUR 51: TOEGELATEN TOLERANTIES VENSTERWERK [16].....	109
FIGUUR 52: STAPPENPLAN PLAATSING VENSTER [7]	112
FIGUUR 53: BESLISSINGSBOOM [55].....	113
FIGUUR 54: VOORZETRAAM MET: 1. RAAM BINNENZIJDE EN 2. RAAM BUITENZIJDE [55].....	117
FIGUUR 55: OFFERTE (1)	120
FIGUUR 56: OFFERTE (2).....	121
FIGUUR 57: ALIPLAST IMPERIAL PROFIEL [12].....	122
FIGUUR 58: DOORSNEDE ALIPLAST IMPERIAL PROFIEL [12]	123
FIGUUR 59: DOORSNEDE KBE 70MM PROFIEL [12].....	123
FIGUUR 60: KBE 70MM PROFIEL [12]	123
FIGUUR 61: : OFFERTE CREON (1) [12].....	124
FIGUUR 62: OFFERTE CREON (2) [12].....	125
FIGUUR 63: KBE 88MM PROFIEL [12]	126
FIGUUR 64: DOORSNEDE KBE 88MM PROFIEL [12].....	127
FIGUUR 65: OFFERTE CREON (3) [12].....	128
FIGUUR 66: BEREKENING ENERGIEBESPARING KBE70MM PROFIEL [25].....	137
FIGUUR 67: BEREKENING ENERGIEBESPARING KBE70MM PROFIEL [25].....	138
FIGUUR 68: THERMOGRAFISCHE PROEFRESULTATEN [49].....	141
FIGUUR 69: DE AANVOELTEMPERATUUR PER TYPE BEGLAZING [40].....	142
FIGUUR 70: : KOUDEBRUG BIJ EEN MUURANKER.....	146
FIGUUR 71: HERENHUIS KONINKLIJKE SINTE-MARIASTRAAT VORGEVEL [35]	147
FIGUUR 72: HERENHUIS KONINKLIJKE SINTE-MARIASTRAAT ACHTERGEVEL [35].....	148
FIGUUR 73: VOORSTEL 1 [35].....	150
FIGUUR 74: DE DIMENSIE VAN HET VAST RAAMKADER MET DE DAARIN VOORZIENE BEGLAZING OP DE 3 ^e VERDIEPING [35]	152
FIGUUR 75: AANPASSINGSWERKEN VOORSTEL 2 [35].....	153

Lijst van tabellen

TABEL 1: DE LAMBDA-WAARDE [51]	22
TABEL 2: DE SOORTELIJKE MASSA	23
TABEL 3: DE ZONTOETREDINGSFACTOR [40]	30
TABEL 4: U-WAARDE EN HUN EFFICIËNTIE FACTOR.....	32
TABEL 5: DE LICHTTRANSMISSIE [53]	33
TABEL 6: PRIJSVERGELIJKING DRIEVOUDIG GLAS EN HOOGRENDEMENTSGLAS [12].....	33
TABEL 7: EIGENSCHAPPEN VERSCHILLENDE MATERIALEN [31]	40
TABEL 8: NIBE-CLASSIFICATIE [31].....	41
TABEL 9: PRIJS PER TYPE SCHRIJNWERK [31]	41
TABEL 10: EIGENSCHAPPEN PER TYPE SCHRIJNWERK [31]	42
TABEL 11: BEREKENEN VAN DE UW-WAARDE [52].....	45
TABEL 12: UW-WAARDE VOOR VENSTERS ZONDER THERMISCHE AFSTANDSHOUDER [14].....	45
TABEL 13: UW-WAARDE VOOR VENSTERS ZONDER THERMISCHE AFSTANDSHOUDER [14].....	46
TABEL 14: LUCHTDICHTHEIDSPRESTATIEKLASSE EN HUN GRENSWAARDE [66]	56
TABEL 15: STATISCHE VERDELING VAN DE LUCHTDICHTHEIDSPRESTATIE VAN DE 300 ONDERZOCHE SCHRIJNWERKELEMENTEN [46].....	58
TABEL 16: AANDEEL IN DE N50-WAARDE NAARGELANG DE LUCHTDICHTHEIDSPRESTATIEKLASSE VAN DE VENSTERS [66].....	60
TABEL 17: LUCHTDICHTHEID BIJ RAAMAANSLUITINGEN BIJ EEN DRUKVERSCHIL VAN 50PA (HOUTEN OMKASTING) [46].....	62
TABEL 18: LUCHTDICHTHEID BIJ RAAMAANSLUITINGEN BIJ EEN DRUKVERSCHIL VAN 50PA (PLEISTERWERK) [46]	63
TABEL 19:LUCHTDICHTHEID BIJ RAAMAANSLUITINGEN BIJ EEN DRUKVERSCHIL VAN 50PA (MULTIPLEXKADER) [46].....	66
TABEL 20: WARMTEVERLIES PER METER KOUDEBRUG [15]	88
TABEL 21: : GELUIDSISOLATIE VAN VERSCHILLENDE TYPES RAAMWERKEN IN COMBINATIE MET BEGLAZING [8] 99	
TABEL 22:DE EISEN VOOR DE ISOLATIE VAN EEN GEVELVLAK VAN EEN TE BESCHERMEN RUIMTE [62].....	100
TABEL 23: MINIMAAL VEREISTE GELUIDSVERZWAKKINGSINDEX VOOR VENSTERS (ZONDER VENTILATIEOPENINGEN) [64].....	101
TABEL 24: AKOESTISCHE PRESTATIES VAN GEBRUIKELIJKE BEGLAZINGSTYPES [64]	102
TABEL 25: : MOGELIJKE OPLOSSINGEN VOOR HET SCHRIJNWERK.....	118
TABEL 26: : TOELICHTING KOSTPRIJS BIJ VERSCHILLENDE KEUZES.....	118
TABEL 27: PREMIEBEDRAG VOOR ENKEL OF DUBBEL GLAS [22].....	129
TABEL 28: PREMIEBEDRAG VOOR SPOUWMUURISOLATIE OF BUITENMUURISOLATIE BIJ COMBINATIEPREMIE [22]	131
TABEL 29: PREMIEBEDRAG VOOR RAAMVERVANGING BIJ COMBINATIEPREMIE [22]	131

1 Inleiding

Tegenwoordig is er een toenemende belangstelling voor energiezuinig bouwen en duurzaamheid. Ook bij verbouwingen en renovatie wordt er meer aandacht geschonken aan deze elementen. We hebben dan ook geopteerd om deze scriptie te wijden aan de renovatie van het venster daar dit een belangrijke impact kan hebben op beide elementen. Gezien het grote aanbod aan soorten vensters, is het niet evident de juiste keuze te maken. Hierbij spelen twee belangrijke aspecten een rol: enerzijds de juiste materiaalkeuze en anderzijds een correcte uitvoering van de plaatsing van het venster.

Wat betreft de materiaalkeuze van het venster moeten er twee keuzes gemaakt worden, namelijk het type beglazing en het type schrijnwerk. Met betrekking tot de beglazing, richten we ons in dit werk hoofdzakelijk op twee verschillende soorten, zijnde hoogrendementsbeglazing en drievoudige beglazing, met aandacht voor hun specifieke kenmerken, de voornaamste verschillen en de voor- en nadelen. Wat betreft het schrijnwerk komen er vier keuzemogelijkheden aan bod: hout, PVC, aluminium en een combinatie van hout en aluminium. Bij deze materialen worden de specifieke kenmerken, de voornaamste verschillen en de voor- en nadelen toegelicht. Nadat de soorten beglazing en schrijnwerk besproken zijn, wordt ook toegelicht hoe hun warmteprestatiecoëfficiënt wordt bepaald. Deze coëfficiënt is de parameter die aangeeft hoe goed de thermische prestaties van een venster zijn en moet zo laag mogelijk liggen.

Vervolgens wordt er dieper ingegaan op de uitvoering van de plaatsing van het venster en de factoren die hierbij een belangrijke rol spelen. Eerst wordt er gekeken naar de lucht- en waterdichtheid van het venster. Vervolgens wordt ook het begrip koudebruggen toegelicht en de specifieke toepassing hiervan op vensters. Ook de voorwaarden voor een EPB-aanvaardbare plaatsing komen aan bod. Daarna wordt ook het akoestisch ontwerp van een venster besproken en hoe vermeden kan worden dat vensters voor een grote geluidshinder zorgen. Verder wordt in dit hoofdstuk ook de praktische kant van de aansluiting uitgelegd met een stappenplan hoe een venster precies aangesloten wordt. Tot slot wordt er ook een beslissingsboom uiteengezet die kan helpen bij de beslissing om tot een effectieve renovatie van het schrijnwerk over te gaan.

Voor het onderzoek in deze scriptie worden er enkele praktische casestudy's bestudeert. Er is research gedaan naar de verschillende mogelijkheden die producenten van schrijnwerk en beglazing aanbieden, om deze vervolgens met elkaar te vergelijken. Er wordt een praktische case onderzocht waarbij wordt nagegaan welke mogelijkheden er zijn om het verouderde raamwerk in een woning te verbeteren. Hierbij wordt ook het financiële plaatje bekeken, om te beoordelen of het energiezuinig

renoveren van het schrijnwerk financieel aantrekkelijk is of niet. In een andere case wordt er onderzocht hoe de problematiek van luchtdichtheid kan aangepakt worden in een bestaand appartement. Tot slot wordt er ook een case behandeld waarbij koudebruggen onderzocht worden en de verschillende manieren waarop deze weggewerkt kunnen worden.

2 Literatuurstudie: Materiaalgebruik

Vensters zijn erg belangrijk in een woning om een goed leefcomfort na te streven. Zij kunnen zorgen voor een goede natuurlijke verlichting alsook voor een goede warmtebron door de intrede van de zon gedurende de wintermaanden. Naast deze voordelen zijn er echter ook nadelen zoals het warmteverlies gedurende de winter en de mogelijke oververhitting gedurende de zomer. Ook zijn vensters het zwakste punt van de gevels naar akoestiek toe. Om deze nadelen zoveel mogelijk te beperken, is een goede keuze van materiaal belangrijk.

De keuze en het dimensioneren van een venster zijn afhankelijk van verschillende parameters die samenhangen met elkaar. Om deze keuze te maken is het belangrijk een compromis te vinden tussen deze verschillende parameters:



Figuur 1: De verschillende parameters voor de dimensionering van een venster [32]

De thermische prestatie van een venster wordt bepaald door twee factoren: de warmtetransmissiecoëfficiënt (de U-waarde) en de zonnefactor van de beglazing:

- De warmtetransmissiecoëfficiënt van een bepaald type venster hangt af van een mogelijke afstandhouder, het gas dat de tussenruimte vult, de beglazing, het raamkader en zijn opbouw, en de eventueel regelbare luchtinlaten. De prestatie van het venster zal aangeduid worden met een U-coëfficiënt, die een idee geeft over het warmteverlies van een venster. Niet enkel de U-waarde van een raam bepaalt het warmteverlies maar ook de wijze van aansluiting van het venster op een muur, hoewel deze niet wordt opgenomen in de U-waarde.

- De zonnefactor van de beglazing geeft een idee van het vermogen van een venster om zonnewarmte door te laten of juist niet. Deze zal zo ook de thermische prestatie beïnvloeden.

Om een goede keuze van het venster te maken, zijn er 2 onderdelen die hier verder zullen toegelicht worden: de beglazing en het schrijnwerk [32].

2.1 Beglazing

2.1.1 Types beglazing

Naast de enkelvoudige en dubbele beglazing is er een grote evolutie gebeurd wat betreft beglazing. Dit komt voornamelijk door de verstrenging van de EPB-regelgeving die deze glastypes niet meer toelaat. Het is immers verplicht een type glas te gebruiken met een Ug-waarde kleiner dan $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Om aan deze voorwaarde te voldoen is het noodzakelijk deze glassoorten te vervangen door andere types beglazing zoals hoogrendementsglas of drievoudig glas.

In dit hoofdstuk lichten we kort de kenmerken van de verschillende glastypes toe.

2.1.1.1 Enkelvoudige beglazing

Enkelvoudige beglazing is een type dat niet meer is toegelaten door de EPB-regelgeving en er wordt aangeraden om dit dringend te vervangen. Het is immers gewoon een simpele enkele glasplaat die zeer zwak is qua isolatie en dus volledig voorbijgestreefd is.

2.1.1.2 Dubbele beglazing

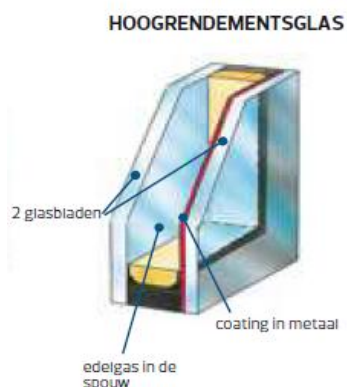
Dubbele beglazing is een methode waarbij 2 glasplaten voorzien worden van een luchtspouw. In de beginjaren van deze toepassing werd er gebruik gemaakt van een luchtspouw die niet voorzien was van een edelgas maar van gewone lucht. Bij dit type glas wordt er ook geen gebruik gemaakt van de later besproken coating. Aangezien de Ug-waarde van dubbel glas niet meer voldoet aan de EPB-regelgeving schakelt men steeds over op hoogrendementsglas en wordt dubbel glas niet meer geplaatst in woningen. Dubbel glas maakte in de beginjaren tevens gebruik van niet-isolerende afstandshouders met een niet-isolerend karakter, zoals aluminium en gegalvaniseerd staal, om de thermische kwaliteit van de beglazing te verbeteren [51].



Figuur 2: Dubbel glas [51]

2.1.1.3 Hoogrendementsglas

Hoogrendementsglas bevat, in tegenstelling tot het gewone dubbele glas, een edelgas in de spouw waardoor een hogere thermische kwaliteit van de spouw bereikt wordt. Het gebruik van een coating in metaal en de afstandshouders, vervaardigd in roestvrij staal of kunststof, dragen hier ook toe bij.



Figuur 3: Hoogrendementsglas [51]

Hoogrendementsglas werkt in op 3 aspecten:

- Geleiding: Elk materiaal heeft een bepaalde geleiding, uitgedrukt in λ . Hoe kleiner deze waarde is, hoe minder warmtegeleiding er door het materiaal gaat en hoe beter de thermische kwaliteit zal zijn. Glas heeft een λ -waarde van 1 W/mk. Dubbel glas heeft, omwille van de spouw, een veel lagere Ug-waarde dan enkel glas. Wanneer in de spouw de lucht vervangen wordt door een meer performanter edelgas wordt dit nog beter en spreekt men van hoogrendementsbeglazing. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van onderstaande tabel 1:

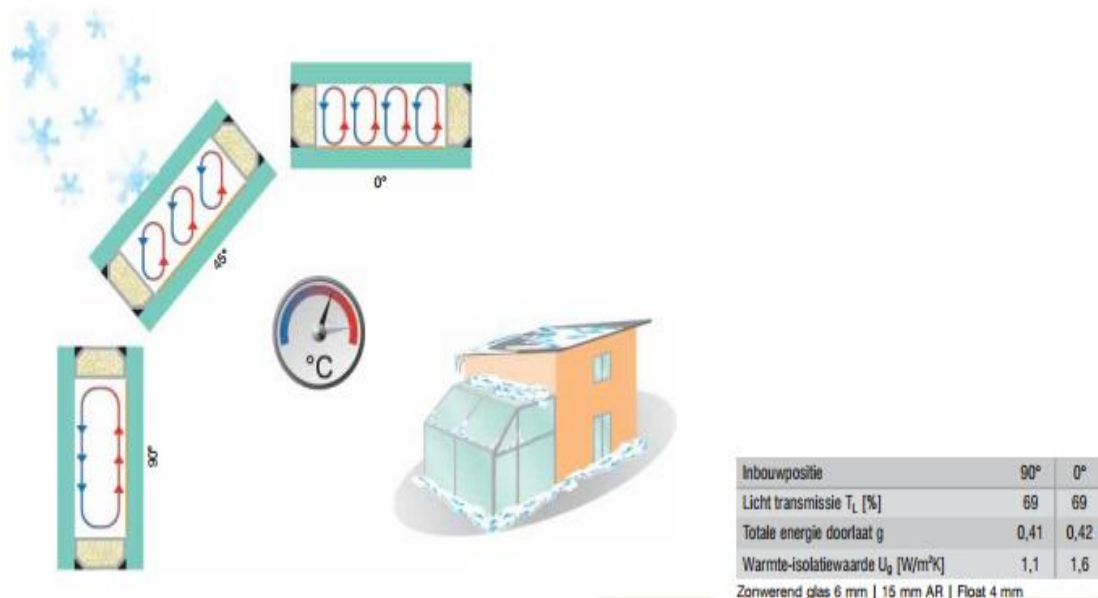
	λ -waarde (w/(mk))
λ lucht	0,025
λ argon	0,017
λ krypton	0,009

Tabel 1: De lambda-waarde [51]

Hieruit blijkt dat de opvulling van de spouw het efficiëntst gebeurt met krypton. Toch wordt bij hoogrendementsbeglazing vaak gekozen voor een argon-opvulling. Dit voornamelijk om de prijs van de beglazing te drukken daar argon-gas beduidend goedkoper is dan het edelgas krypton.

- Convectorie: Convectorie is een fenomeen waarbij de warme lucht, die lichter is, de neiging heeft om op te stijgen en de koude lucht, die zwaarder is, naar beneden zal dalen. De oorzaak van convectorie bij beglazing ligt bij het verschil tussen de binnen- en de buitentemperatuur en het temperatuurverschil tussen het binnen-

en buitenblad. De lucht die zich tussen de glasbladen bevindt, heeft de neiging om de beweging te maken zoals uitgebeeld op figuur 4.



Figuur 4: Convectie bij de verschillende hoeken en hun waarden [24]

Ook de hoek die het venster heeft, zal een rol spelen bij het verlies door convectie, zelfs wanneer de vergelijking gemaakt wordt tussen vensters met hetzelfde type glas maar met een andere hoek. Het is immers zo dat hoe schuiner de beglazing staat, hoe sneller de luchtbevinging in de spouw zal zijn en des te groter de afkoeling van de binnenruimte zal zijn. Dit is ook de reden waarom de U_g -waarde van een horizontaal geplaatst raam zal dalen ten opzichte van een verticaal geplaatst raam. Dit is een algemeen verschijnsel dat enkel kan aangepakt worden door het gebruik van een beter type beglazing en het gebruik van krypton in de spouw.

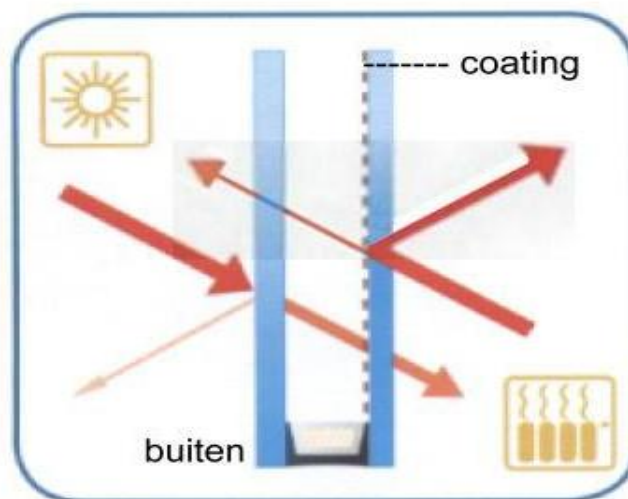
Het verschijnsel convectie kan verlaagd worden door in de spouw te werken met een hogere soortelijke massa dan lucht. Hierdoor zal de luchtbevinging verlaagd worden waardoor er minder convectie optreedt. Ook hiervoor zijn de eerder benoemde edelgassen argon en krypton een uitstekend alternatief door hun hogere soortelijke massa, zoals aangegeven in onderstaande tabel 2.

	Soortelijke massa (kg/m^3)
ρ_{lucht}	1,29
ρ_{argon}	1,78
$\rho_{krypton}$	3,49

Tabel 2: De soortelijke massa

Uit tabel 2 blijkt dat krypton een betere keuze is dan argon. Toch zal door de meerprijs van het edelgas krypton soms gekozen worden voor argon-gas. Door het toepassen van argon of krypton in de spouw zal de convectie verminderd worden door een verlaagde luchtbeweging.

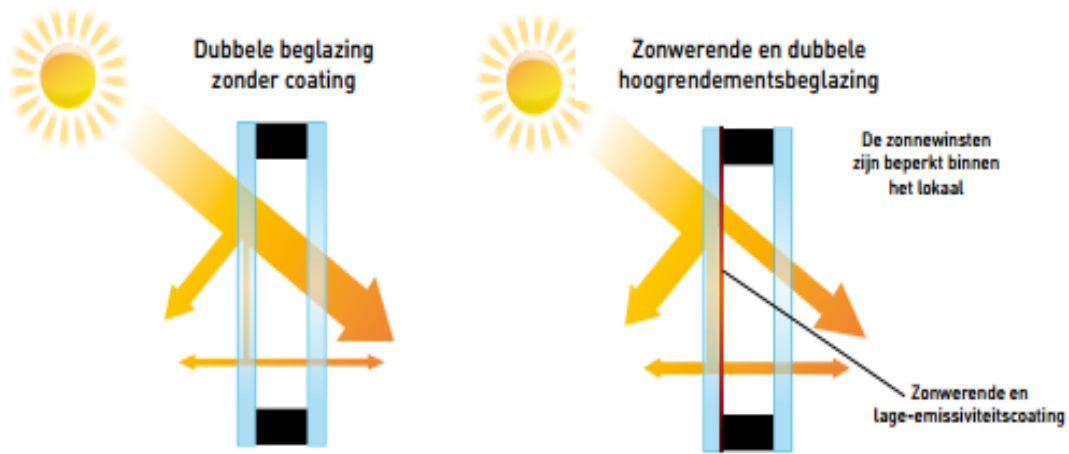
- Straling: Alle voorwerpen binnen in de woning die zich boven het absolute nulpunt van $-273,15^{\circ}\text{C}$ bevinden, geven langgolvlige infraroodstraling. Voorwerpen zoals radiatoren, elektrische verwarmingen, kachels, ... geven een uitzonderlijk aangename warmte af in gebouwen onder de vorm van langgolvlige infraroodstraling. Men kan dus stellen dat een woning vol zit met dit soort stralen. Het aanbrengen van een coating zorgt ervoor dat deze stralen voor het grootste deel binnenskamers blijven. Tevens zorgt de opbouw van de coating ervoor dat de beglazing wel transparant blijft voor een goede toetreding van zonlicht en zonnestralen, ook al is deze erg afhankelijk van de dikte van de coating. Het principe staat afgebeeld in onderstaande figuur.



Figuur 5: Principe van een coating [51]

De warmte van buitenaf kan dus nog gedeeltelijk in de kamer binnendringen terwijl de binnenwarmte wel degelijk binnenskamers blijft waardoor het leefcomfort binnen in de woning zowel in de winter als in de zomer optimaal is.

Niet enkel de straling van binnenuit kan problemen geven binnen in de woning maar ook zonnestralen van buitenaf kunnen zorgen voor oververhitting van de woning. Wanneer er zich hierrond problemen voordoen, kan er geopteerd worden voor zonwerende beglazing die gebruik maakt van een zonwerende lage-emissiviteitscoating zoals afgebeeld op figuur 6.



Figuur 6: Principe zonwerend glas [24]

De keuze of de zon al dan niet toegelaten zal worden is een moeilijke afweging. Dit komt verder aan bod bij het onderdeel 'De Zonnewinst'.

Er is nog steeds een groot verschil in hoogrendementsglas. Zo zijn er nog types HR+ ($U_g > 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) op de markt die nog steeds gebruik maken van een spouw met lucht. Aangezien we ons in deze thesis focussen op een energiezuinige aanpak, richten we ons op HR++ hoogrendementsglas met U_g -waardes gaande van 1,1 tot 0,8 $\text{W/m}^2\text{K}$. Verder in dit hoofdstuk worden HR-glas, HR+-glas en HR++-glas met elkaar vergeleken [24] [32] [40] [51] [53] [61].

2.1.1.4 Drievoudig glas

Een drievoudige beglazing is opgebouwd uit 3 glasbladen, 2 luchtspouwen gevuld met het edelgas krypton of argon en 2 coatings, vervaardigd uit metaal. Het kan vergeleken worden met twee tegen elkaar gelijmde hoogrendementsglazen.



Figuur 7: Drievoudig glas [24]

De driedubbele beglazing werkt, net als hoogrendementsglas, in op drie aspecten, zijnde convectie, straling en geleiding, maar met een groter effect door zijn betere opbouw. Drievoudig glas maakt immers gebruik van een extra spouw, coating en glas, waardoor de thermische kwaliteit van deze glassoort veel beter is. Het thermisch verlies kan gehalveerd worden ten opzichte van hoogrendementsglas door het gebruik van 2 Low-E coatings en krypton. Het gebruik van argon in drievoudig glas is aanzienlijk moeilijker toepasbaar aangezien de spouw dan telkens breder is als deze bij krypton. De glasbladen zouden dan te breed kunnen worden voor sommige schrijnwerken. Het middelste glas, dat niet aanwezig is bij hoogrendementsglas, heeft nog een ander voordeel. Doordat er rondom dit glas gewerkt wordt met een dubbele spouw zal de binnenste ruit stabielere zijn qua temperatuur en zo beter extreme weersomstandigheden en koude wind opvangen. De koudeval langs het raam zal zo verminderd worden ten opzichte van hoogrendementsglas met dezelfde isolatiewaarde en een groter leefcomfort bieden.

Men kan zich dan ook afgevraagd waarom er niet steeds gekozen wordt voor het gebruik van drievoudige beglazing. Het grootste nadeel van drievoudig glas is en blijft nog steeds het hogere prijskaartje. Dit zal later in het hoofdstuk prijsvergelijking besproken worden [24] [40] [51] [53].

2.1.1.5 Geluidswerende beglazing

Wanneer er in de buurt van een gebouw grote geluidshinder heerst van buitenaf is het aangewezen om de akoestiek extra in de gaten te houden, weliswaar wetende dat enkel het aanpassen van de beglazing maar een beperkt effect zal hebben op de geluidswering. Deze wordt immers mede bepaald door openingen zoals verluchttingsroosters, slechte dichtingen tussen het glas en het schrijnwerk of tussen het schrijnwerk en het metselwerk. Ook het dak en de muren kunnen een groot effect hebben op de geluidswering van een woning.



Figuur 8: Geluidswerend glas [24]

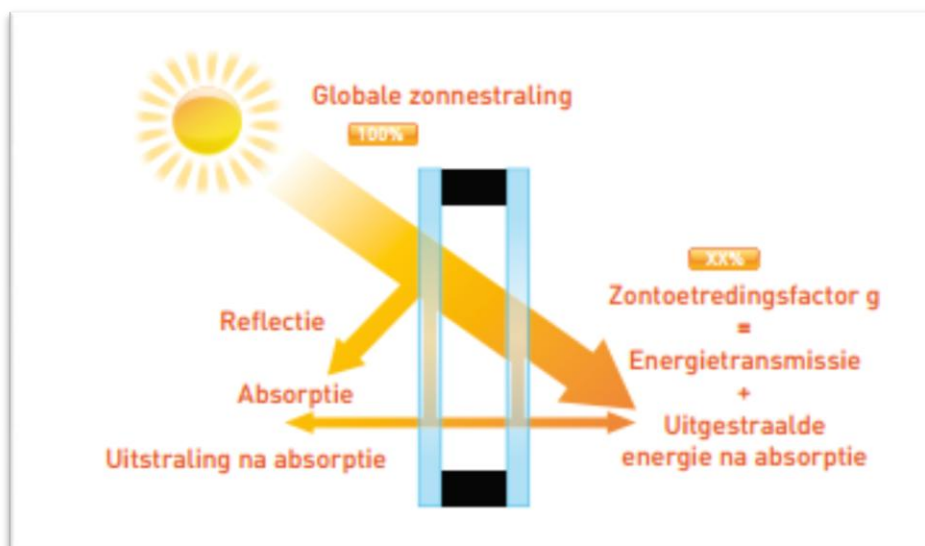
Een akoestische beglazing bestaat uit een asymmetrische opbouw van de glasbladen. Elk glasblad heeft immers een eigen kritische frequentie die eigenlijk makkelijk geluid doorlaat. Bij het gebruik van 2 glasbladen met een verschillende dikte gaat het ene glasblad de zwaktes van het andere opvangen. De geluidswering van de beglazing gaat hierdoor fors toenemen. Zo brengt een beglazing met een glasblad van 6 mm, een spouw van 15 mm en een glasblad van 4 mm een geluidsdemping van 30 tot 33 dB met zich mee. Wanneer er gekozen wordt voor een glasblad van 6 mm, een spouw van 15 mm en een glasblad van 10 mm worden er zelfs geluidsdempingen van 34 tot 37 dB bereikt. Dit zijn maar enkele voorbeelden van wat verder beschreven wordt in het hoofdstuk 'Akoestiek' [65] [51].

2.1.2 Kenmerken

De kwaliteit van de beglazing is niet enkel afhankelijk van het warmteverlies dat gepaard gaat bij een specifiek type glas maar ook van het vermogen om zonnwinst door te laten. Ook de lichtdoorlatendheid, of 'lichttransmissie', van een beglazing speelt een grote rol wanneer men kijkt naar het gewenste leefcomfort binnen de woning.

2.1.2.1 De zonnwinst

De zonnwinst bij een bepaald type beglazing wordt uitgedrukt met behulp van de zontoetredingsfactor g . De factor g wordt telkens uitgedrukt in procenten met als doel de zonne-energietransmissie weer te geven.



Figuur 9: De zontoetredingsfactor [53]

Bij een globale zonnestraal, gericht op de beglazing, gaat een deel van de lichtstraal gereflecteerd worden, het andere deel gaat via energietransmissie opgenomen worden. Dit deel, samen met de uitgestraalde energie na absorptie, zal de zontoetredingsfactor aangeven. Hoe hoger deze factor, des te meer zonnwinst men maakt.

De vraag die zich stelt is of deze grote zonnewinsten in de woning wel gewenst zijn. In de winter is dit zeker het geval. In de zomer daarentegen worden de zonnestralen liefst uit de woning gehouden. Aangezien het koelen van de woning een duurdere oplossing is dan het verwarmen, zou men kunnen stellen dat een coating steeds een goede oplossing biedt. Toch kan men, afhankelijk van oriëntatie van de woning, stellen dat dit niet steeds de meest efficiënte oplossing is.

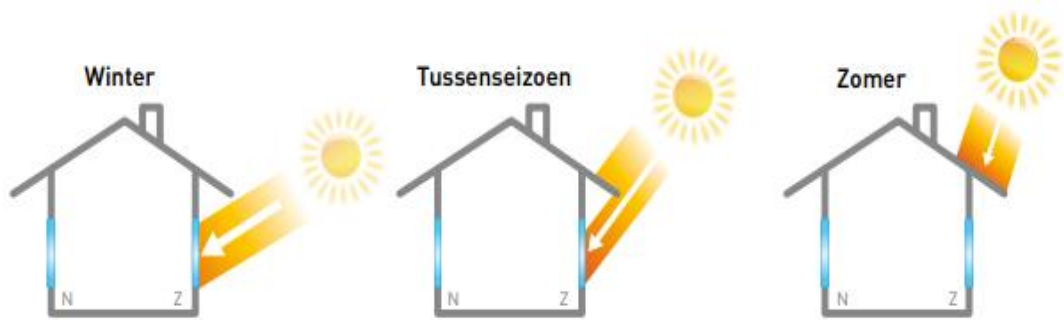
De oriëntatie van de woning is belangrijk voor de tuin. Een tuin in het zuiden biedt een groter voordeel naar comfort toe ten opzichte van een noordelijke tuin. De oriëntatie van de woning is niet enkel belangrijk voor de tuin maar ook voor de keuze van het type en de grootte van de vensters. Onderstaande figuur illustreert hoe de baan van de zon zich gedraagt in de zomer en de winter.



Figuur 10: Baan van de zon [53]

De impact hiervan op de plaatsing van de vensters is afhankelijk van de windrichting:

- De zuidelijke richting:
Ramen, gelegen op het zuiden, hebben een grote inval van zonlicht in de kamer gedurende de wintermaanden aangezien de zon gedurende deze maanden laag op de horizon staat. In de zomer zal de zon in het zuiden hoog staan waardoor er, zeker wanneer gebruik gemaakt wordt van een luifel, een overstekend dak, ..., minder zonnewarmte de kamer kan betreden. Dit fenomeen wordt weergegeven in figuur 11.



Figuur 11: Het zuidelijk front gedurende verschillende seizoenen [53]

Gezien de toetredende zonnewarmte tijdens de wintermaanden zeer wenselijk is en deze gedurende de zomermaanden zoveel mogelijk dient vermeden te worden, lijkt de keuze voor een niet zonwerende beglazing in zuidelijke richting een verstandige keuze. Een zonwerende beglazing heeft immers niet enkel de eigenschap de aangename zontoetreding te verminderen gedurende de wintermaanden maar zal ook de lichttransmissie verslechteren waardoor een minder aangename lichtinval wordt bekomen.

- De oostelijke en westelijke richting:
Ramen gelegen in het westen en het oosten hebben gedurende het ganse jaar behoorlijk veel zonlicht gedurende de helft van de dag. Aangezien de zon in deze windrichtingen niet de hoogte bereikt die ze bereikt aan de zuidelijke kant, zullen de ramen, ondanks dat ze eventueel voorzien zijn van een luifel, een overstekend dak, ... gedurende dit gedeelte van de dag blootgesteld staan aan dit zonlicht. Tijdens de wintermaanden is dit zeker een voordeel maar tijdens de zomer kan dit leiden tot oververhitting van de woning. Om deze oververhitting tegen te gaan is het aangeraden de vensters te voorzien van een zonwerende beglazing.
- De noordelijke richting:
In noordelijke richting hebben ramen gedurende de winter geen inval van de zon. In de zomermaanden valt het zonlicht hier enkel 's morgens en 's avonds gedeeltelijk binnen. Maar aangezien zowel in de ochtend als in de avond het huis afgekoeld is door het koudere avondklimaat, is deze zonnewarmte niet storend. En daar ook het zonnelicht vanuit deze richting zeer wenselijk is, lijkt het aangewezen ook in noordelijke richting te opteren voor beglazing die niet zonwerend is. Zoals ook in zuidelijke richting, zorgt het zonwerende karakter van een beglazing immers voor een daling van de lichttransmissie.

Naast de oriëntatie van de vensters heeft ook elk type beglazing zijn eigen zontoetredingsfactor. Aan de hand van deze kan ook een keuze gemaakt worden welk type men wil installeren. In tabel 3 op de volgende pagina worden deze naast elkaar geplaatst en vergeleken.

Soort beglazing	Zontoetredingsfactor g
Geen glas	1
Enkel glas	0,87
Dubbel glas	0,77
Hoogrendementsglas:	
- Gewone dubbele HR	0,60
- Gewone zonwerende HR	0,4-0,28
- Dubbele zonwerende HR	0,20
Driedubbel glas:	
- Gewoon	0,50
- Dubbel zonwerend	0,20

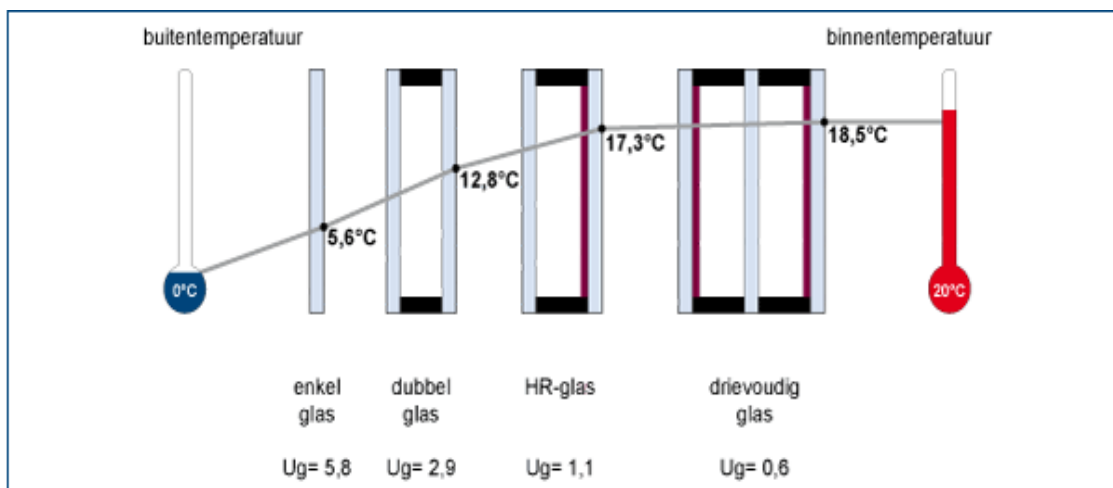
Tabel 3: De zontoetredingsfactor [40]

Uit deze tabel blijkt dat een dubbel zonwerende beglazing maar liefst 30 à 40% minder zonnewarmte in de woning toelaat, waardoor dit ideaal is voor een oostelijk en westelijk gericht venster [40] [53].

2.1.2.2 De warmtetransmissiecoëfficiënt

Wanneer men de warmtetransmissiecoëfficiënt van de beglazing apart bekijkt dan deze van het volledige venster spreken we van de Ug-waarde. Deze waarde mag volgens de EPB-regelgeving, zoals in de inleiding vermeld, niet meer bedragen dan 1,6 W/m²K. De waarde is afhankelijk van de geleiding, de convectie en de straling in het centrale deel van de beglazing. Het streefdoel is om deze waarde zo laag mogelijk te houden om een betere thermische isolatie van de beglazing te bekomen en het verwarmingsverbruik hierdoor te verlagen.

Elke Ug-waarde resulteert in een bepaalde temperatuur die waargenomen wordt aan de binnenzijde van het glas. Het is dan ook de bedoeling een zo laag mogelijke Ug-waarde te bekomen met een temperatuur die het leefcomfort aangenamer maakt. Bijgevoegde figuur 12 toont per type beglazing, met de gemiddelde Ug- waarde, de verschillende aanvoeltemperaturen.



Figuur 12: De aanvoeltemperatuur per type beglazing [40]

De temperatuur, aangegeven aan de binnenzijde van de beglazing van de verschillende types, geeft een grote verscheidenheid aan resultaten weer. Zo bedraagt, ondanks een binnentemperatuur van 20°, de temperatuur achter enkel glas slechts 5,6°C. Het verschil van 14,4°C is niet aanvaardbaar gezien de enorme energieverstopping. Vandaar dat enkel glas niet meer toegelaten is volgens de EPB-regelgeving. Ook de gewone dubbele beglazing kampt met hetzelfde probleem. Het verschil dat hier waargenomen wordt is 7,2°C. Bij hoogrendementsglas en drievoudig glas stelt zich dit probleem niet. Het verschil in aanvoeltemperatuur aan de binnenzijde van beide types glas bedraagt slechts 1,2 °C. Hierdoor wordt de afweging tussen het duurdere drievoudige glas of het 'goedkopere' hoogrendementsglas niet evident [40].

Bij renovatie wordt vaak gekozen voor hoogrendementsglas omdat drievoudig glas, naast het hogere prijskaartje, problemen kan geven wat betreft condensatie op de wanden. Dit probleem van condensatie wordt voornamelijk waargenomen bij renovaties waarbij muren zeer slecht geïsoleerd zijn. In deze situaties is de temperatuur aan de binnenzijde van de muur lager dan deze aan de binnenzijde van de beglazing. Aangezien het vocht zich gaat vormen op de koudste plek van de wand zal dit de binnenmuur met vocht- en/of schimmelproblemen belasten. Dit probleem kan aangepakt worden door, vóór de installatie van de vensters, eerst de wand goed te isoleren in de spouw of aan de buitenmuur. Wanneer deze voldoende geïsoleerd is, zal een drievoudige beglazing geen probleem met zich meebrengen. Verder dient men ook rekening te houden met de levensduur van een venster, die om en bij de 40 jaar bedraagt. Daarom kan het verstandig zijn toch de keuze voor drievoudige beglazing te maken, ondanks een momenteel minder of slecht geïsoleerde muur, indien er in de toekomst plannen voor zijn om deze te verbeteren. Hierdoor wordt misschien niet onmiddellijk het beste financiële rendement gehaald uit de drievoudige beglazing, maar kan er in de toekomst, na een verbetering van de muurisolatie, optimaal geprofiteerd worden van het verbeterde thermische rendement ten opzichte van hoogrendementsbeglazing.

2.1.2.2.1 Ug-waardes per glastype

De Ug-waarde van de verschillende glastypeen worden in tabel 4 weergegeven. Aangezien het moeilijk is om een algemene waarde uit te drukken per type beglazing wordt er met grenswaardes. De meest voorkomende waardes zijn diegene die vet gedrukt staan onder de Ug-waarde. De moeilijkheid om een specifieke Ug-waarde te bepalen heeft te maken met het verschil van aanbod van de verschillende fabrikanten, de diktes van de spouw, het type gas in de spouw, Daarom zijn deze waardes richtwaardes, gebaseerd op gesprekken met meerdere verkopers van glastypeen en op informatie die teruggevonden werd op meerdere sites op het internet.

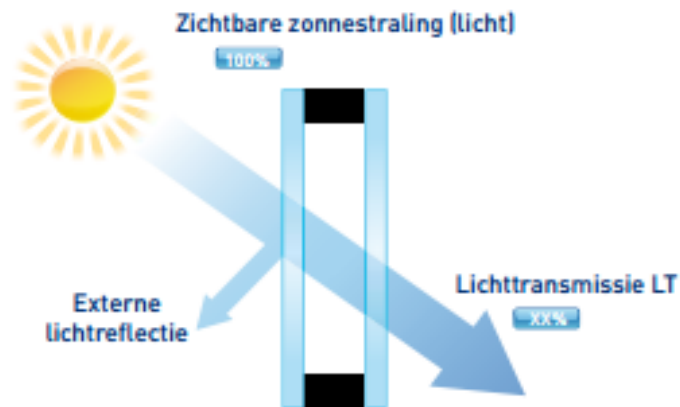
Soorten beglazing	Ug-waarde
Enkelvoudige beglazing	5,8
Dubbele beglazing	2,9
Hoogrendementsglas	
- HR	2,0 – 1,7
- HR+	1,6 – 1,3
- HR++	1,1 – 0,8
Drievoudige beglazing	0,7 - 0,6 - 0,5

Tabel 4: U-waarde en hun efficiëntie factor

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de Ug-waarde van drievoudige beglazing bijna de helft is van de waarde van hoogrendementsbeglazing en bijgevolg dubbel zo efficiënt is. Ten opzichte van dubbele beglazing is deze al vijf maal efficiënter en ten opzichte van enkele beglazing zelfs tien maal.

2.1.2.3 De lichttransmissie

Om het wooncomfort te verbeteren wordt er geopteerd om zoveel mogelijk natuurlijk licht in de woning binnen te laten. Dit is enerzijds afhankelijk van de oppervlakte van de beglazing, anderzijds van de lichttransmissie van deze glazen.



Figuur 13: De lichttransmissie [53]

De lichttransmissie wordt uitgedrukt in een percentage. Hoe lager dit percentage, hoe meer kunstlicht voorzien zal moeten worden in de woning. Deze lichttransmissie is afhankelijk van het type beglazing die de consument in zijn woning wil en van het al dan niet gebruik maken van een coating en/of zonwerend glas. De verschillende waardes LT worden in tabel 5 uitgezet per type beglazing.

Soort beglazing	Lichttransmissie LT (%)
Geen glas	1
Enkel glas	0,90
Dubbel glas	0,81
Hoogrendementsglas	
- Gewoon dubbel HR	0,80 - 0,70
- Gewoon zonwerend HR	0,70 - 0,60
- Dubbel zonwerend HR	0,60 - 0,40
Driedubbel glas:	0,70 - 0,40

Tabel 5: De lichttransmissie [53]

2.1.3 Prijsvergelijking

Het verhogen van de passiviteit van een woning heeft een bepaalde kostprijs. Maar rekening houdend met mogelijke besparingen op de energiefactuur kan het toch zinvol zijn te investeren in nieuwe vensters met een betere Ug-waarde. Dit is zeker het geval voor woningen met enkel glas en vaak ook bij dubbel glas.

Hieronder maken we een prijsvergelijking met behulp van de online catalogus van Creon Ramen. Er moet wel rekening gehouden worden dat het schrijnwerk bij drievoudige beglazing duurder zal zijn omdat het breed en stevig genoeg moet ontworpen worden om de beglazing te kunnen dragen. Als schrijnwerk wordt gekozen voor PVC. Voor een drievoudig glas maakt men gebruik van het schrijnwerk 'KBE 88mm'. Voor een hoogrendementsglas zal de goedkopere versie 'KBE 70mm' genomen worden.

De waarden die weergegeven worden in tabel 6 zijn berekend voor een vast raam. Het afmeting van het raam zal zowel in de breedte als in de hoogte 1 meter bedragen waardoor er rechtstreeks een prijs per vierkante meter tevoorschijn komt. De kost voor werkuren zijn hier niet meegerekend.

Glassoort	Schrijnwerk	Ug-waarde (W/m ² K)	Prijs (€/m ²)
Hoogrendementsglas	KBE	1,1	137,99
Drievoudig glas	KBE 88+	0,6	172,48

Tabel 6: Prijsvergelijking drievoudig glas en hoogrendementsglas [12]

Uit deze tabel blijkt dat het verschil in prijs slechts 34,49 euro bedraagt. Dit betekent voor een renovatie van 30 vierkante meter beglazing een meerprijs van 1.034,7 euro. Dit lijkt op het eerste gezicht nog steeds een behoorlijk verschil, maar hierbij toch volgende kanttekeningen:

- De totaalprijs voor hoogrendementsglas bij een renovatie van 30 m² beglazing telt €4.139,7, bij drievoudig glas is dit €5.174,4. Beide bedragen dienen nog verhoogd te worden met de kost

voor de werkuren waardoor de meerkost voor het glas in verhouding tot de totale kost van de investering relatief beperkt is.

- De levensduur van een nieuwe beglazing wordt geraamd op gemiddeld 40 jaar. Het is dus beter om nu een goede investering te doen dan tijdens deze 40 jaar opnieuw de beglazing te moeten vervangen.
- Drievoudig glas is dubbel zo efficiënt qua warmtetransmissie als hoogrendementsglas. Gezien de energieprijzen voortdurend stijgen, zal de besparing over de komende 40 jaar wellicht groter zijn dan de meerprijs van 1.034,7 euro.

Algemeen kan gesteld worden dat het idee over de meerprijs van drievoudige beglazing zeker moet genuanceerd worden en, wanneer het financieel haalbaar is, de voorkeur eerder zou moeten uitgaan naar drievoudig glas. Dit voornamelijk omdat het thermisch rendement toch een stuk hoger ligt [12].

2.2 Schrijnwerk

Indien er gekozen wordt om het buitenschrijnwerk te renoveren, is het uiteraard belangrijk dat men hiervoor het juiste duurzame materiaal kiest. De meest voorkomende materialen waaruit het schrijnwerk is opgebouwd, zijn hout, PVC en aluminium.

Om een keuze te maken tussen deze materialen zal er gekeken worden naar de verschillende eigenschappen van deze materialen. Hoofdzakelijk zijn er drie soorten eigenschappen waarmee rekening gehouden wordt:

- Technische eigenschappen: de thermische prestatie, de geschiktheid, de levensduur en de frequentie van het nodige onderhoud.
- Milieu-eigenschappen: het energieverbruik van de productie, de wijze van transport, de al dan niet mogelijke recyclage en de mogelijke impact op de gezondheid.
- Economische eigenschappen: de initiële kostprijs en de prijs van het onderhoud.

Verder is het esthetische ook nog een andere belangrijke parameter die doorweegt bij het maken van een keuze. Mensen hun persoonlijke smaak zal altijd een rol spelen, ondanks bijvoorbeeld mindere thermische prestaties. Het is echter onmogelijk objectief de esthetische waarde van een bepaald materiaal te beoordelen. Daarom wordt er hier verder ook niet op het esthetisch aspect ingegaan.

2.2.1 Materiaalkeuze

2.2.1.1 Technische- en milieuprestaties

2.2.1.1.1 Hout

Hout is een zeer interessant materiaal om te kiezen als buitenschrijnwerk. Dit omdat zowel de thermische prestaties zeer goed zijn en hout ook een goede milieubalans heeft. Zo zijn er volgens Leefmilieu Brussel drie belangrijke zaken die gevolgd moeten worden om aan de milieucriteria te voldoen [31]:

- Het moet een plaatselijk soort hout zijn of toch van dichtbij komen. Dit houdt concreet in dat het hout bij voorkeur uit België komt of anders afkomstig is uit de Europese Unie.
- Op het hout mogen geen behandelingsproducten toegepast worden die nadelig kunnen zijn voor de gezondheid of het milieu. Tegenwoordig is het zelfs een trend om het schrijnwerk op natuurlijke wijze grauwer te laten worden door behandeling achterwege te laten. Het is echter wel aan te raden om schrijnwerk dat niet beschermd wordt door een bovenliggend dak en dus sterk blootgesteld wordt, een

oppervlaktebehandeling te geven omdat het anders te snel gaat rotten.

- Het hout moet over de juiste labels beschikken waaruit blijkt dat het van evenwichtig beheerde bossen afkomstig is. Men kan in deze bossen spreken van “duurzame” ontginning indien er te allen tijde een minstens even grote hoeveelheid hout geproduceerd wordt als er weggenomen wordt. Deze maatregelen zijn getroffen om de overdreven ontginning van het tropische oerwoud en andere bossen tegen te gaan.
- Het eerste label tegen deze overdreven ontginning is het internationale PEFC-label, wat staat voor: “Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes”. Dit label zorgt voor de garantie dat het hout afkomstig is uit bossen die onderhouden worden volgens de criteria die vastgelegd zijn door de Ministeriële Conferenties over de Bescherming van de Bossen in Europa.

Het tweede belangrijke label is het FSC-label, wat staat voor: “Forest Stewardship Council”. Dit label wordt beheerd door een internationale non-profit organisatie die het milieu hoog in het vaandel draagt en actief is in meer dan 50 landen [44] [17].



Figuur 15: PEFC-label [44]



Figuur 14: FSC-label [17]

Tot slot is er ook nog een bijkomend voordeel bij houten buitenschrijnwerk: men kan er namelijk veel makkelijker herstellingen aan uitvoeren. Zo is er bijvoorbeeld een houtpasta die ervoor zorgt dat deuken in het schrijnwerk makkelijk te herstellen zijn. Verder is het ook mogelijk om in een bestaand houten schrijnwerk stukken te vervangen als men de raamconstructie wilt behouden of wanneer men wenst duurzaam te werken. Massief houten schrijnwerk is hierdoor zeer geschikt voor hergebruik, restauratie en recyclage. Wanneer er wordt nagedacht om het schrijnwerk slechts gedeeltelijk te vervangen, moet het prijskaartje hiervan steeds afgewogen worden ten opzichte van een volledige renovatie. Het is namelijk zo dat dit op lange termijn niet altijd financieel voordelig zal uitkomen, maar dit moet geval per geval bekeken worden [6] [21] [31] [38].

2.2.1.1.2 Aluminium

De thermische prestaties van aluminium zelf zijn op zich niet goed wegens zijn geringe isolatievermogen. Om dit te compenseren is er een schrijnwerk met thermische onderbreking, oftewel kamers, ontwikkeld. Het doel van deze kamers is om de warmtestroom tussen de binnen- en buitenkant te beperken. Door zowel aan de binnen- als buitenkant onafhankelijke profielen te plaatsen die door een isolerende verbinding met elkaar verbonden zijn, kan dit bereikt worden. Voor de isolerende verbinding kan men polyurethaanhars rechtstreeks in de profielen spuiten of kunnen glasvezelversterkte polyamidestrips of harde kunststofstrips bevestigd worden tussen het binnen- en het buitendeel. Tegenwoordig bestaan er niet alleen profielen met twee kamers maar ook met meerdere kamers. Bijna elke fabrikant heeft zowel 2-kamer als 3-kamerprofielen in zijn assortiment. Het voornaamste verschil is dat een 3-kamerprofiel over drie in plaats van twee holle ruimtes beschikt, waardoor deze een hogere isolerende waarde heeft. Een nadeel van deze techniek is echter wel dat dit de recyclage van het aluminium bemoeilijkt omdat de materialen moeilijk van elkaar te krijgen zijn.

De keuze van een aluminium schrijnwerk is vanuit een ecologisch perspectief af te raden. Een eerste reden hiervoor is dat de productie van aluminium enorme hoeveelheden energie kost en hierdoor zeer grote emissies veroorzaakt. Verder is er voor de vervaardiging van aluminium ook bauxiet nodig. De winning hiervan brengt gezondheidsrisico's met zich mee voor arbeiders en mensen uit de omgeving. Een extreem gevolg van langdurige blootstelling kan zelfs longkanker zijn.

Wel is het zo dat 90% van aluminium eindelijk recycleerbaar blijft zonder dat de kwaliteit verloren gaat. Voor de recyclage van aluminium is er ook slechts 1/10^{de} van de energie nodig van de originele ontginning en productie. Daarvoor is het wel raadzaam om de afwerkingen van aluminium schrijnwerk te beperken wanneer deze de recyclage zouden bemoeilijken, zoals bijvoorbeeld het aanbrengen van een toplaag (vb. thermisch verlakken). Als bescherming wordt anodisatie aangeraden. Hierbij wordt een zeer dunne en harde aluinaag op het metaal gecreëerd. Deze beschermlaag is vaak slechts 20 µm dik en zorgt ervoor dat het metaal uitzicht bewaard blijft. Door het toevoegen van pigmenten kan deze laag gekleurd worden tijdens het anodiseren, wat esthetische voordelen oplevert.

Tot de belangrijkste eigenschappen van aluminium behoren onder andere lichtheid en stijfheid. Omdat aluminium lichter en stijver is dan hout en PVC is het materiaal uitermate geschikt voor elementen met grote afmetingen. Verder kent aluminium ook een lange levensduur en heeft het weinig tot geen onderhoud nodig [6] [21] [31] [38].

2.2.1.1.3 Combinatie hout en aluminium

Door het binnenprofiel uit hout en het buitenprofiel uit aluminium op te bouwen, kan er geprofiteerd worden van de goede eigenschappen van beide materialen. Zoals eerder besproken zal het aluminium zelf niet goed isoleren, maar dit schrijnwerk heeft dan weer het voordeel dat het kan teren op de sterke thermische prestaties van het hout aan de binnenkant. Het aluminium zorgt op zijn beurt voor een zeer robuuste en ongevoelige buitenkant, met als gevolg dat er aan de buitenkant vrijwel geen onderhoud nodig is en het schrijnwerk toch een lange levensduur heeft. Omdat het hout zich enkel aan de binnenkant van het schrijnwerk bevindt en dus niet aan slechte weersomstandigheden blootgesteld wordt, zal de behoefte aan houtbehandeling beperkt blijven. Een ander voordeel hiervan is dat het ook mogelijk wordt om een minder sterke houtsoort te kiezen, waardoor er keuze is tussen verschillende lokale houtsoorten.

Wel zorgt de aanwezigheid van het aluminium voor een slechtere milieubalans, maar de impact hiervan blijft echter minimaal gezien de prestaties van het schrijnwerk en de recyclagemogelijkheden ervan [31].



Figuur 16: Combinatie schrijnwerk: hout-aluminium [31]

2.2.1.1.4 PVC

Schrijnwerk uit PVC verkrijgt, net zoals aluminium, goede thermische prestaties door gebruik te maken van verschillende kamers. Deze kamers vormen dus een thermische onderbreking. Ze zorgen ervoor dat de koude lucht in de buitenste kamer niet in contact komt met de warme lucht van de binnenkamer waardoor er minder warmteverlies ontstaat. Tegenwoordig bestaan er al PVC raamprofielen die maar liefst 8 kamers bezitten om optimale thermische prestaties te leveren. Bij een dergelijke hoeveelheid kamers dient er wel rekening gehouden te worden dat het raamprofiel ook altijd maar breder gaat worden. Dit komt namelijk omdat de wanden van de kamers voldoende ver van elkaar moeten staan om te vermijden dat er toch warmte-uitwisseling zou plaatsvinden tussen de binnen- en buitenwand.

Naast het aantal kamers speelt ook de versteviging van het raamprofiel een belangrijke rol. Traditioneel werd PVC schrijnwerk vaak versterkt door stalen, gegalvaniseerde U-profielen of buizen die als versteviging in het midden van het raamprofiel dienden [9]. Tegenwoordig verstevigt men het schrijnwerk echter vaak met twee metalen plaatjes, namelijk aan de binnen- en de buitenzijde van het schrijnwerk. Deze plaatjes worden op een zo ver mogelijke afstand van elkaar geplaatst en gescheiden door de verschillende kamers. Dit om te vermijden dat warmte of koude tussen de twee plaatjes wordt doorgegeven.

Een groot nadeel van PVC is de slechte milieubalans. Dit komt namelijk omdat er een zeer groot energieverbruik nodig is om PVC schrijnwerk te vervaardigen. Tevens is het gedeelte hernieuwbare energie tijdens de productie beperkt tot minder dan 5%. Ook is de recyclagehoeveelheid van PVC bedroevend. Binnen de Europese Unie wordt er slechts 3 tot 5% effectief gerecycleerd omdat PVC een moeilijk te recycleren materiaal is. Dit komt door de toevoeging van verschillende additieven zoals lood en cadmium. Om deze reden wordt PVC vaak naar een stortplaats of een verbrandingsoven gebracht met de nodige gevolgen voor het milieu. Verder is het ook zo dat er tijdens de productie van PVC veel schadelijke stoffen vrijkomen die giftig en zelfs kankerverwekkend zijn. Om deze redenen vinden verschillende milieubewegingen het gebruik van PVC schrijnwerk onaanvaardbaar.

Wel dient er de kanttekening gemaakt te worden dat de sector werk maakt van het minimaliseren van de impact van zijn producten door gebruik te maken van het 'Greenline' label. Dit is een label dat strenge eisen stelt om de verontreinigende stoffen tijdens de productie te beperken [6] [21] [31] [38].



Figuur 17: Greenline label [31]

Tot slot wordt in figuur 18 de thermische- en milieuprestaties van de verschillende materialen weergegeven.

	Thermische prestaties	Geraamde levensduur *	Milieubalans (NIBE-classificatie 2010)**
Onbehandeld tropisch hardhout uit een duurzaam beheerd bos	1,6-1,8 W/m ² K (afhankelijk van de houtsoort)	Gemiddelde tot hoge levensduur: 40 tot 60 jaar	1a Beste keuze
Europees behandeld zachthout uit een duurzaam beheerd bos	1,6-1,8 W/m ² K (afhankelijk van de houtsoort)	Gemiddelde levensduur: 40 tot 50 jaar	1b Beste keuze
Europees behandeld zachthout, niet uit een duurzaam beheerd bos	1,6-1,8 W/m ² K (afhankelijk van de houtsoort)		2a Goede keuze
PVC	1,5-3 W/m ² K (afhankelijk van het aantal kamers en de aanwezigheid van metalen versterkingen)	Typische waarden: 40 tot 50 jaar. Meer indien metalen versterkingen aanwezig.	3a Aanvaardbaar
Aluminium	3,5-4,2 W/m ² K (met thermische onderbreking)	Lange levensduur : > 60 jaar	5a Te vermijden
Behandeld of onbehandeld tropisch hout, niet uit een duurzaam beheerd bos	1,6-1,8 W/m ² K (afhankelijk van de houtsoort)	Gemiddelde tot hoge levensduur: 40 tot 60 jaar	6b Slechte keuze

Tabel 7: Eigenschappen verschillende materialen [31]

Voor de milieuprestaties wordt er gebruik gemaakt van de NIBE-classificatie. NIBE staat voor Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie. NIBE is gespecialiseerd in het geven van advies binnen verschillende deelgebieden van duurzaam bouwen. Hun indeling van milieuclassificatie is als volgt:

Klasse	Subklasse	Omschrijving	Milieubelastingsfactor
1	a	Beste keuze	1 - 1,1
	b		> 1,1 - 1,32
	c		> 1,32 - 1,58
2	a	Goede keuze	> 1,58 - 1,9
	b		> 1,9 - 2,28
	c		> 2,28 - 2,74
3	a	Aanvaardbare keuze	> 2,74 - 3,28
	b		> 3,28 - 3,94
	c		> 3,94 - 4,73
4	a	Minder goede keuze	> 4,73 - 5,68
	b		> 5,68 - 6,81
	c		> 6,81 - 8,17
5	a	Af te raden keuze	> 8,17 - 9,81
	b		> 9,81 - 11,77
	c		> 11,77 - 14,12
6	a	Slechte keuze	> 14,12 - 16,95
	b		> 16,95 - 20,34
	c		> 20,34 - 24,40
7	a	Onaanvaardbare keuze	> 24,40 - 29,29
	b		> 29,29 - 35,14
	c		> 35,14 - 42,17
>7c		Onaanvaardbare keuze	> 42,17

Tabel 8: NIBE-classificatie [31]

2.2.1.2 Economische prestaties

De prijzen van het schrijnwerk verschillen uiteraard van leverancier tot leverancier. Hieronder volgt een tabel van Leefmilieu Brussel waarbij een benadering van prijzen wordt gegeven van het raamwerk inclusief hoogrendementsglas ($U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Ook wordt de U_w -waarde opgegeven om te duiden hoe energiezuinig elk type schrijnwerk is.

	$U_w \text{ (W/m}^2\text{K)}$	Min. prijs (€/m ²)	Max. prijs (€/m ²)
Hout: Merbau	1,3-1,7	400	450
Hout: Afzelia	1,3-1,7	500	600
Hout: Mahonie	1,3-1,7	550	700
PVC	1,3-1,7	450	550
Aluminium (incl. thermische onderbreking)	1,5-2,3	470	500

Tabel 9: Prijs per type schrijnwerk [31]

De prijs per vierkante meter is echter wel afhankelijk van de grootte en het aantal ramen dat er geplaatst wordt. Hoe meer kleine en opengaande vensters, hoe hoger de prijs per vierkante meter zal liggen. Bij grotere en vaste ramen zal de prijs per vierkante meter al snel een stuk dalen.

Bij het maken van een keuze tussen de verschillende types schrijnwerk is het sterk aangeraden om bij verschillende leveranciers offertes aan te vragen. Deze zullen vaak sterk verschillen van elkaar en komen voor een klant dan ook goed van pas om te helpen bij het maken van een beslissing.

2.2.2 De juiste keuze maken

De volgende tabel geeft al een goede objectieve beoordeling van de behandelde aspecten. Wel dient er bij deze in acht genomen te worden dat het om PVC zonder Greenline label gaat. Indien het wel om PVC met Greenline label zou gaan, zou de milieubalans niet meer negatief maar neutraal zijn.

	Milieubalans	Thermische prestatie	Kostprijs
Inheems of tropisch hout uit een duurzaam beheerd bos	😊	😊	😞
Inheems hout, niet uit een duurzaam beheerd bos	😞	😊	😊
Tropisch hout, niet uit een duurzaam beheerd bos	😞	😊	😊
Hout met aluminium	😊	😊	😞
Primair aluminium	😞	😞	😞
Secundair aluminium	😊	😞	😞
PVC	😞	😊	😊 indien lange levensduur, anders 😞

Tabel 10: Eigenschappen per type schrijnwerk [31]

Zoals blijkt uit bovenstaande tabel bestaat het perfecte materiaal niet. Daarom is het zeer belangrijk om bij de keuze van het materiaal de voor- en nadelen van elk materiaal grondig af te wegen.

2.2.2.1 Goede keuzes

2.2.2.1.1 Gelabeld streekeigen hout zonder chemische verduurzaming

De ideale keuze is FSC of PEFC gelabeld streekeigen hout dat niet chemisch verduurzaamd is. Het is dan ook raadzaam om te kiezen voor een houtsoort die slechts een beperkte behandeling voor afwerking en duurzaamheid nodig heeft. Zo is een gepigmenteerde beits zonder biocide vaak al voldoende als behandeling. Om een keuze te maken tussen de

juiste beits, verf of olie dient men wel met verschillende factoren rekening te houden: onderhoud, houtsoort, vochtbelasting, investering en het gewenste uitzicht. Bij het maken van een keuze is het ook belangrijk om weten dat zowel olie als beits veel minder werk kosten dan verven. Bij het verven dient er eerst een primer en daarna nog 2 lagen verf aangebracht te worden. In de tussentijd moeten deze lagen bovendien dan ook nog eens opgeschuurd worden. Een bijkomend voordeel van beits en olie is ook dat ze het hout laten ademen.

Het is ook verstandig om voor een houtsoort te kiezen die weinig onderhoud nodig heeft. Bij hout ligt dit extra gevoelig omdat vuil en stof de afwerking van het schrijnwerk flink kunnen beschadigen. Een gevolg hiervan is dat het regenwater niet vlot van het schrijnwerk af kan lopen. Daarom is het belangrijk om houten schrijnwerk regelmatig te poetsen om het in goede staat te houden. Indien er gewerkt wordt met kwalitatief sterk materiaal en het goed uitgevoerd en onderhouden wordt, heeft een houten schrijnwerk een bijzonder lange levensduur, in extreme gevallen zelfs meer dan 100 jaar.

2.2.2.1.2 Hout-aluminium

De combinatie van deze twee materialen is een zeer goede keuze omdat hun eigenschappen elkaar goed aanvullen. Het aluminium zorgt ervoor dat oppervlaktebehandeling overbodig wordt en het benodigde onderhoud beperkt blijft. Er kan ook voor een minder bestendige houtsoort gekozen worden waardoor de keuze tussen verschillende inheemse houtsoorten een pak ruimer wordt.

2.2.2.1.3 Gelabeld tropisch hout

Net zoals inheems hout is ook tropisch hout een goede keuze vanwege de eigenschappen van hout. Wel is het zeer belangrijk dat tropisch hout gelabeld is, omdat ander hout vaak uit illegaal gekapte bossen komt. Bij de lokale bevolking leidt dit dan vaak tot sociale en ecologische rampen.

2.2.2.2 Aanvaardbare keuzes

2.2.2.2.1 Secundair aluminium

In weinig toegankelijke zones zoals daken of wanneer de gevel vaak blootgesteld wordt aan slechte weersomstandigheden of vervuiling, kan aluminium een zeer goede keuze zijn omdat dit materiaal een zeer hoge weerstand biedt. Verder wordt dit materiaal ook vaak gekozen om architecturale redenen. Wel dient erop gelet te worden dat er een goede thermische onderbreking aanwezig is omdat de thermische prestaties van aluminium zelf niet goed zijn zoals in tabel 9 ook wordt aangegeven.

Het is ook belangrijk om weten dat de thermische prestaties van het schrijnwerk in elk geval moeten voldoen aan de volgende EPB-eisen: $U_{w,max} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ en $U_{g,max} = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.2.2.2.2 PVC met Greenline label

PVC is op ecologisch gebied niet echt aan te raden maar wordt door particulieren toch vaak gekozen voor zijn goede prijs/kwaliteitsverhouding. Als er voor PVC gekozen wordt, dient er op gelet te worden dat het schrijnwerk het Greenline label bevat. Dit label staat garant dat er in de verwerking van PVC profielen geen lood gebruikt wordt. Deze worden met het milieuvriendelijkere Calcium Zink (CaZn) verwerkt. Dit is niet alleen beter voor het milieu, maar zorgt ook nog eens voor een betere weersbestendigheid en langere levensduur.

2.2.2.3 *Te vermijden keuzes*

2.2.2.3.1 PVC zonder Greenline label

Dit materiaal dient enkel gekozen te worden indien er echt geen andere mogelijkheid is wegens de eerder besproken redenen.

2.2.2.3.2 Primair aluminium

Het verschil met secundair aluminium is dat primair aluminium nog niet gerecycleerd is en de productie ervan massa's energie kost en als gevolg voor heel veel emissies zorgt.

2.2.2.3.3 Niet gelabeld exotisch hout

Zoals eerder besproken betekent dit dat het hout niet afkomstig is uit duurzaam beheerde bossen en dus vaak voor ecologische en sociale drama's kan zorgen bij de lokale bevolking.

Deze classering is uiteraard voor een groot stuk gebaseerd op ecologische prestaties. Dit is echter niet voor iedereen even belangrijk. Daarom zal in de praktijk vaak de kostprijs meer doorslaggevend zijn dan de impact van het gekozen materiaal op het milieu, maar dit hangt van elk individu afzonderlijk af.

2.3 De totale warmtetransmissiecoëfficiënt van een venster

De totale warmtetransmissiecoëfficiënt van een venster wordt de U_w -waarde genoemd. Om deze te berekenen moet de U_g -waarde van de beglazing en de U_f -waarde van het schrijnwerk met elkaar gecombineerd worden. Dit hoofdstuk zal toelichten hoe deze combinatie moet gemaakt worden. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen het al dan niet gebruik maken van een thermisch verbeterde afstandshouder, waarbij het nut hiervan zal blijken.

De totale U_w -waardes in de tabellen 11 en 12 worden berekend met behulp van de site van Bouw-energie. Deze berekening van de U_w -waarde van een venster gebeurt volgens de standaard EPB-methode. Deze maakt gebruik van de eerder besproken U_g - en U_f -waarden. Ook het warmteverlies doorheen de afstandshouder dient ingerekend te worden. Dit warmteverlies wordt uitgedrukt met het symbool ψ_g . Deze maakt gebruik van één van onderstaande formules, afhankelijk van welk materiaal (glas of raamwerk) de beste thermische kwaliteit bezit [52].

		Beglazing	Raamprofiel	Afstandshouder
$U_g \leq U_f$	$U_{w,T} =$	$0,7 \cdot U_g$	$+ 0,3 \cdot U_f$	$+ 3 \cdot \psi_g$
$U_g > U_f$	$U_{w,T} =$	$0,8 \cdot U_g$	$+ 0,2 \cdot U_f$	$+ 3 \cdot \psi_g$

Tabel 11: Berekenen van de U_w -waarde [52]

Met behulp van deze formules kunnen onderstaande tabellen opgemaakt worden waarbij op basis van een combinatie van de U_f - en U_g -waarde, de totale U_w -waarde bekomen wordt.

		Raamkader zonder thermisch verbeterde afstandshouder (U_f -waarde)							
	[W/(m ² K)]	1,0	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5
Enkel glas (U_g -waarde)	5,8	4,54	4,69	4,84	4,99	5,14	5,29	5,44	5,59
Dubbel glas (U_g -waarde)	2,9	2,51	2,66	2,81	2,96	3,11	3,26	3,41	3,56
Hoogrendementsglas (U_g -waarde)	1,4	1,61	1,76	1,91	2,06	2,21	2,36	2,51	2,66
	1,1	1,40	1,55	1,80	1,95	1,10	2,15	2,30	2,45
	0,8	1,19	1,34	1,49	1,64	1,79	1,94	2,09	2,24
Driedubbel glas (U_g -waarde)	0,7	1,12	1,27	1,42	1,57	1,72	1,87	2,02	2,17
	0,6	1,05	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80	1,95	2,10
	0,5	0,98	1,13	1,28	1,43	1,58	1,73	1,88	2,03

Tabel 12: U_w -waarde voor vensters zonder thermische afstandshouder [14]

		Raamkader met thermisch verbeterde afstandshouder (Uf-waarde)							
	[W/(m ² K)]	1,0	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5
Enkel glas (Ug-waarde)	5,8	4,51	4,66	4,81	4,96	5,11	5,26	5,41	5,56
Dubbel glas (Ug-waarde)	2,9	2,48	2,63	2,78	2,93	2,08	3,23	3,38	3,53
Hoog rendementsglas (Ug-waarde)	1,4	1,49	1,64	1,79	1,94	2,09	2,24	2,39	2,54
	1,1	1,28	1,43	1,58	1,73	1,88	2,03	2,18	2,33
	0,8	1,07	1,22	1,37	1,52	1,67	1,82	1,97	2,12
Driedubbel glas (Ug-waarde)	0,7	1,00	1,15	1,30	1,45	1,60	1,75	1,90	2,05
	0,6	0,93	1,08	1,23	1,38	1,53	1,68	1,83	1,98
	0,5	0,86	1,01	1,16	1,31	1,46	1,61	1,76	1,91

Tabel 13: Uw-waarde voor vensters zonder thermische afstandshouder [14]

2.3.1 Besluit

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat een venster met een thermische afstandshouder steeds betere waarden zal geven dan één zonder thermische afstandshouder. Wel moet opgemerkt worden dat de thermische afstandshouders pas echt efficiënt worden bij lage Uf- en Ug-waarden. Verder kan ook afgeleid worden dat niet enkel de keuze van een goede Ug-waarde of Uf-waarde volstaat om een goed thermisch venster te bekomen. Beide moeten een goede warmtetransmissiecoëfficiënt hebben om een goed geheel te vormen. Dit is de reden waarom bij vervanging van de beglazing men dient na te gaan of het schrijnwerk een goede Uf-waarde heeft om een goed thermisch geheel te bekomen.

3 Literatuurstudie: Uitvoering

Een goede uitvoering van een venster is belangrijk om de kwaliteit van de materialen volledig tot hun recht te laten komen. Bij een goede uitvoering hoort eerst en vooral een goed ontwerp waarbij elk detail nauwlettend bestudeerd wordt. Deze details zullen ervoor zorgen dat de aansluiting luchtdicht, waterdicht, EPB-aanvaardbaar en akoestisch goed uitgevoerd wordt. Eenmaal het geheel theoretisch is uitgewerkt, is het belangrijk om deze plannen in de praktijk exact uit te voeren zoals het ontwerp. Hierbij is duidelijke communicatie tussen ontwerpers en uitvoerders van essentieel belang. Dit deel van de scriptie zal dieper ingaan op het belang van een lucht- en waterdichte uitvoering en op welke details precies gelet moet worden. Verder worden ook koudebruggen bestudeerd en de EPB-aanvaardbare plaatsing van een venster in het algemeen. Vervolgens wordt ook bekeken hoe vensters naar akoestiek toe optimaal ontworpen kunnen worden zodat geluidsoverlast beperkt blijft.

Daarna wordt ook de praktische kant van de aansluiting van het venster toegelicht en een stappenplan weergegeven over de aansluiting van het raamwerk. Tot slot wordt er op het einde van dit deel ook een beslissingsboom toegelicht of de renovatie van een venster nuttig is of er eerder geopteerd moet worden om het venster te behouden, herstellen of verbeteren.

3.1 Luchtdichtheid

3.1.1 Algemeen

De luchtdichtheid van een gebouw is tegenwoordig van groot belang, zowel voor nieuwbouw als bij renovatie. Hoe beter het gebouw geïsoleerd is, hoe belangrijker het is deze luchtdicht te maken. De grootste verliezen bij goed geïsoleerde gebouwen worden veroorzaakt door de in- en exfiltratie van lucht die zich beweegt door verschillende materialen en openingen in de schil van het gebouw. Aangezien er gestreefd wordt om deze verschijnselen te beperken of te elimineren, is het noodzakelijk een gebouw maximaal luchtdicht te maken. Luchtinfiltratie zorgt immers voor de volgende nadelen:

- Het energieverbruik in de woning zal toenemen. Aangezien er tijdens de winter koude lucht het gebouw kan intreden, zal deze lucht moeten verwarmd worden om het leefcomfort aangenaam te houden.
- Een woning die niet luchtdicht vervaardigd is, zal rechtstreeks te kampen hebben met een verlies van het E-peil. Zo kan een perfect luchtdichte woning een winst maken van 5 tot zelfs 15 punten.
- Lekken in de schil van een gebouw zorgen voor onaangename luchtstromen en zullen het leefcomfort beïnvloeden.
- De akoestische isolatie kan ten gevolge van luchtlekken afnemen. Deze problematiek is belangrijk voor gebouwen gelegen naast drukke wegen, vliegvelden, ...
- Externe vervuiling kan optreden wanneer de luchtlekken van die aard zijn dat er zich vuil kan in verder verplaatsen. Het gebouw heeft een slechtere brandveiligheid dan luchtdichte gebouwen.
- Condensatie kan gevormd worden aan de binnenkant achter de luchtspleten of luchtgaten. Het fenomeen condensatie kan problemen geven in de vorm van vocht, schimmelvorming en corrosie.
- Indien in de woning gebruik gemaakt wordt van een mechanisch ventilatiesysteem kan een slechte luchtdichtheid van de schil problemen veroorzaken voor de goede werking en efficiëntie hiervan.

Een perfect luchtdicht gemaakte woning moet wel voorzien zijn van de nodige ventilatie. Deze kan vervaardigd zijn uit een mechanisch of een natuurlijk systeem. De desbetreffende systemen voorzien de woning van de nodige ventilatie en bezorgen de inwoners verse lucht, niet vergelijkbaar met lucht afkomstig uit lekken. Bij een luchtdichte woning streeft men immers naar een ademende schil zonder onaangename luchtlekken. Dit wil zeggen dat buitenlucht, die zich via luchtgaten een weg naar binnen probeert te banen, zich niet kan doorzetten doorheen de

schil van een gebouw. Daarentegen zal de schil er wel voor zorgen dat er een bepaalde dampuitwisseling is tussen de binnen- en buitenzijde om de vochtigheidsgraad binnen te regelen. Deze regeling zorgt, in tegenstelling tot de luchtlekken, voor een aangenaam leefcomfort binnen de woning.

De luchtdichtheid van de schil is niet enkel afhankelijk van de materialen maar ook van de uitvoering. Vandaar het belang om hier goede afspraken rond te maken, zowel in de ontwerpfase, als bij de keuze van materialen en bij het overleg tussen de verschillende aannemers om de werkzaamheden op elkaar af te stemmen in functie van deze luchtdichtheid [28].

3.1.2 Kwaliteitstesten

Voor woningen die een passief karakter nastreven, is het testen van de luchtdichtheid belangrijk. De testen dienen te gebeuren wanneer de volledige schil is afgewerkt. Toch kan het soms verstandig zijn om ook gedurende de afwerking van bepaalde onderdelen al even te testen of de gevraagde luchtdichtheid is verkregen. Hieronder volgt een opsomming van enkele mogelijke kwaliteitstesten.

3.1.2.1 De Blowerdoortest

De blowerdoortest is een test die op basis van een gecreëerd drukverschil gaat testen hoeveel lucht er in een woning verloren gaat. Bij dit type test is het aanbevolen dat volgende afwerkingen reeds gebeurd zijn:

- verwarming
- ventilatie
- sanitair
- elektriciteit
- afwerking van de muren [56]

Als deze afwerkingen voltooid zijn, kan de uitvoerder van de metingen gecontacteerd worden. Vooraleer deze metingen uit te voeren, zal eerst gekeken worden welke openingen gesloten of afgedicht moeten worden om het initiële drukverschil tussen binnen- en buitenzijde constant te kunnen houden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van figuur 19 op de volgende pagina.

Componenten	Toestand	Voorbeelden, bij wijze van illustratie
Openingen in de te meten zone		
o Deuren, ramen, luiken en andere bewuste openingen (behalve de afwijkingen, zie tekst)	Geopend	o Deur die toegang geeft tot een technische ruimte, een stookplaats, enz. o Luik van meer dan 1 m ² naar een ruimte, toegankelijk voor het onderhoud van installaties o Enz.
Openingen in de gebouwschil van de te meten zone		
o Mechanische ventilatieopening	Afgedicht	o Interne ventilatiemonden of kanalen of externe ventilatiemonden (1, 2 of 3 in Figuur 3)
o Andere openingen met sluitingsinrichting	Gesloten (1)	o Buitendeur en buitenvenster o Deur en luik naar een ruimte buiten de gemeten zone: naar een kelder, een garage, een zolder, een geventileerde kruipruimte, een onbewoonbare zolderruimte o Regelbare ventilatieopening: RTO, RAO o Brievenbus, kattenluik o Afvalwaterafvoerbuizen (2) o Luchtafvoeropening met sluitingsinrichting, voor een droogkast, een dampkap (3) o Schoorsteen met sluitingsinrichting (open haard, stookketel, kachel enz.) (3) (4)
o Andere openingen zonder sluitingsinrichting	Open	o Niet afsluitbare luchtinlaat voor een open verbrandingstoestel o Ontluchting van afvalwaterafvoerbuizen o Sleutelgaten, openingen voor rolluiklint o Andere luchtafvoeropening en schoorsteen zonder sluitingsinrichting (3) (4) o Enz.
(1) Door middel van de voorziene sluiting(en), maar niet afdichten.		(2) Gevulde sifon = gesloten.
(3) Indien er geen sluiting voorhanden is op de opening zelf, maar er een toestel is aangesloten op de opening, is het toegestaan om het toestel te sluiten (bijvoorbeeld, klep van een dampkap, deur van een droogkast, deur van een kachel, enz.)		
(4) Alle betrokken verbrandingstoestellen dienen vóór elke interventie absoluut uitgeschakeld te worden. Let wel dat voor toestellen met een gesloten verbrandingscircuit geen maatregelen moeten worden getroffen.		

Figuur 18: Openingen afdichten, sluiten of openen bij een blowerdoortest [56]



Figuur 19: Pressurisatie-apparatuur blowerdoortest [50]

Vervolgens kan de pressurisatie-apparatuur, die de woning in over- of onderdruk plaatst, geïnstalleerd worden in een buitenopening. Liefst op de plaats waar men de grootste luchtdichtheid verwacht. Dit heeft als reden dat het verlies door die opening dan niet volledig wordt opgenomen in de meetresultaten. De uitvoerder van de metingen heeft de keuze uit drie plaatsen die naar voorkeur genummerd worden:

1. een vensterdeur of een venster met een elastische dichting over de volledige omtrek.
2. een deur uitgerust met afdichting onderaan (bijvoorbeeld guillotineplint of borstel).
3. een deur zonder afdichting onderaan [56].

Wanneer al deze voorbereidingen zijn uitgevoerd, zal de woning aan een over- en onderdruk van 50 pascal onderworpen worden. In België is het verplicht om deze meting in over- en onderdruk uit te voeren. Vervolgens zal er door de luchtlekken een luchtverplaatsing plaatsvinden tussen de binnenkant van de woning en de buitenomgeving. Daarna kunnen er drie waardes gemeten worden:

- Een waarde die het totale debiet aan ontsnapte lucht weergeeft bij een drukverschil van 50 pascal. Deze waarde wordt uitgedrukt in m^3/h en aangeduid met V50.
- Een waarde om het aantal verse-luchtvolumes per uur uit te drukken bij een drukverschil van 50 pascal. Deze waarde wordt uitgedrukt in $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$ of $1/\text{h}$ en wordt aangeduid met n50. De Belgische norm NBN D 50-001 legt op dat deze waarde kleiner of gelijk aan 3 moet zijn voor een mechanisch ventilatiesysteem met dubbele stroom of met enkele stroom. Voor een mechanisch systeem met dubbele stroom en warmteterugwinning daarentegen moet deze waarde kleiner dan 1 zijn. De standaard voor een passiefhuis eist evenwel een dichtingniveau n50 van minder dan $0,6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$.
- Als laatste waarde zien we de uitdrukking v50. Deze geeft het totale debiet aan ontsnapte lucht per m^2 verliesoppervlakte weer en wordt uitgedrukt in $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$.

Aan de hand van deze waardes wordt een verslag opgemaakt om te kijken of een daling van het E-peil mogelijk is. De plaats van de luchtlekken is via een blowerdoortest moeilijk te achterhalen. Daarom is het bij grote luchtverliezen ten zeerste aangeraden om bijkomende tests te doen naar de plaatsen van de verschillende luchtlekken en deze te behandelen [56] [42].

3.1.2.2 Visualiseren van de infiltraties langs het schrijnwerk

Een blowerdoortest geeft wel een idee hoe groot het luchtverlies is maar dus niet waar de luchtlekken precies aanwezig zijn. Indien er gekozen wordt om deze luchtlekken te verwijderen, moeten deze uiteraard eerst opgespoord worden. Dit kan gebeuren door gebruik te maken van onderstaande technieken:

- **Artificiële rook:** Eerst wordt de woning in overdruk geplaatst. Daarna wordt er met rook langs de verbinding tussen het schrijnwerk en de muur gelopen (soms wordt er ook gekozen om een groot rookkanon in te zetten voor dergelijke testen). Dan verspreidt de rook zich over het gebouw en probeert het dit te verlaten langs barsten, voegen en andere openingen. Wanneer de rook zich naar buiten kan verplaatsen, kan vastgesteld worden dat de luchtdichtheid op die bepaalde plaats niet gegarandeerd is. Het nadeel van deze test is dat er grote lekken aanwezig moeten zijn vooraleer de rook hier naar buiten gaat. Ook lopen niet alle lekkages even recht, waardoor het probleem zich ergens anders kan situeren dan de plaats waar de rook uiteindelijk naar buiten komt. Ook wanneer er veel wind heerst buiten, is het moeilijker om aan de buitenkant van het gebouw te zien waar de rook precies een lek verlaat [28] [49].
- **Infrarood thermografie:** Infrarood thermografie heeft als hoofddoel het opsporen van koudebruggen maar kan via hulp van een blowerdoortest ook luchtlekken opsporen. Toch is het geen zekerheid dat een koudebrug ook een luchtlek is. Bij deze techniek wordt een onderdruk van 50Pa in het gebouw gebracht. Het drukverschil zorgt ervoor dat de koude buitenlucht naar binnen wordt gezogen. Hierdoor zal de oppervlaktetemperatuur rond de kieren, waardoor de lucht zich verplaatst, verlagen. Deze gebieden kunnen opgemerkt worden met behulp van infrarood thermografie. Deze techniek wordt vaak toegepast op controleplaatsen die moeilijk bereikbaar zijn zoals bv. hoge daken. Bij zeer hoge daken (bv. 7 meter) circuleert rook slechter dan bij lage daken. Dit komt omdat rook altijd opstijgt, hierdoor zal de rook eerder ontsnappen langs de bovenste luchtlekken en minder langs de onderste waardoor deze minder snel zullen gedetecteerd worden. Bij lage daken zal dit veeleer gelijkmatig gebeuren. Vanwege deze reden is het beter om in hoge gebouwen gebruik te maken van infrarood thermografie.

Aangezien het bij deze techniek moeilijk is een onderscheid te maken tussen een koudebrug en een luchtlek zal gebruik gemaakt worden van meerdere thermogrammen. De eerste zal genomen worden bij een gewone situatie, zonder creatie van

over- of onderdruk. De tweede meting zal gebeuren wanneer de woning in onderdruk gezet wordt door de blowerdoortest. Aan de hand van de eerste meting zal een idee verkregen worden over de plaatsen waar zich koudebruggen bevinden. Door de temperaturen van de tweede meting af te trekken van de eerste zal er een besluit kunnen getrokken worden over de luchtlekken en kan er een inschatting gemaakt worden over de grootte hiervan [49].

- De thermoanemometer: Vooraleer gebruik kan gemaakt worden van dit toestel wordt het gebouw in onderdruk geplaatst. Het ideale moment om dit toestel te gebruiken is wanneer het buiten minimum 10°C kouder is als binnen. Het toestel bestaat uit een meetapparaat en een sonde die met behulp van de temperatuur de luchtsnelheid kan bepalen.



Figuur 20: de thermo anemometer [3]

Het nadeel van de thermoanemometer is dat dit veel werk vraagt om een volledig gebouw grondig te onderzoeken. Daarom maakt men gebruik van deze methode op plaatsen waar het grootste gevaar zit. Dit grootste gevaar kan manueel, visueel of via infrarood thermografie gevonden worden en zo nader bestudeerd worden.

Bij dit type metingen wordt de luchtsnelheid bepaald net achter de schil aan de binnenkant. Waardes van luchtlekken zitten meestal rond de 5 à 6 m/s, maar kunnen oplopen tot wel 9,1 m/s. Al is het in de praktijk wel al gebleken dat deze metingen niet altijd even nauwkeurig zijn. Hele kleine kieren waarachter een luchtsnelheid gemeten wordt van 0,02 m/s kunnen

bijvoorbeeld niet gemeten worden aangezien het toestel pas begint te meten vanaf 0,03 m/s of 0,05 m/s. Ook hebben de meeste toestellen hier nog eens een afwijking op van maar liefst 5% [42].

De thermoanemometer is dus niet geschikt om naar details van schrijnwerken te gaan kijken maar wel om te controleren of de aansluiting tussen muur en schrijnwerk correct is uitgevoerd en de sluitsystemen van het venster het nog keurig doen.

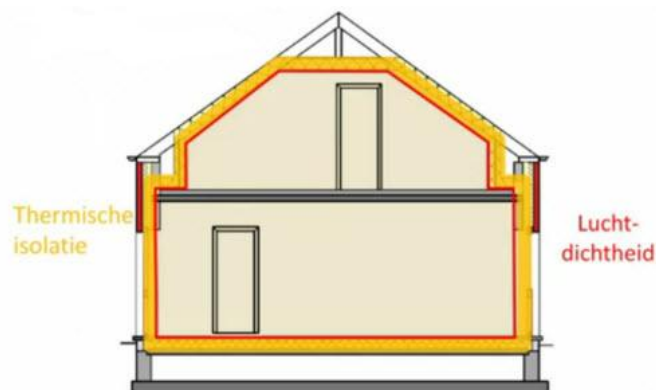
- Manueel: Wanneer het gebouw in onderdruk wordt geplaatst en de hand vervolgens nat wordt gemaakt, zal deze koud aanvoelen indien er een luchtlek is. Deze methode is niet erg nauwkeurig, maar geeft wel een eerste indruk van waar er zich problemen voordoen en waar er verder metingen dienen uitgevoerd te worden [42].

Zowel voor nieuw- als renovatiebouw zijn deze technieken van groot belang. Bij nieuwbouw kan ervoor geopteerd worden om bij de plaatsing van ieder raam deze controle te doen en kan er snel ingegrepen worden indien nodig. Bij renovatie is het verstandig om na te gaan waar de grootste gevaren met betrekking tot luchtdichtheid zich situeren. Zo kan gecontroleerd worden welke materialen in het schrijnwerk nog luchtdicht zijn en hoe het gesteld is met de verbindingen van dit schrijnwerk.

3.1.3 Een luchtdichte woning

3.1.3.1 Algemeen

Een gebouw luchtdicht bouwen lijkt vrij simpel. Aan de binnenkant van de thermische isolatie moet, om schade aan de luchtdichte laag door condensatie te vermijden, gezorgd worden voor een ononderbroken luchtdichte laag zoals voorgesteld in onderstaande figuur 22. In principe zou de rode lijn in onderstaande figuur 22 een aansluitend geheel moeten vormen. Toch zijn er in de praktijk enkele openingen, zoals bijvoorbeeld de plaatsen waar doelbewust verluchttingsopeningen werden aangebracht of plaatsen waar het onvermijdelijk is om boringen aan te brengen.



Figuur 21: Luchtdichte woning [5]

Een luchtdichte woning moet vervaardigd worden door gebruik te maken van één luchtdichte laag. Zorgen voor een extra luchtdichte laag of extra veiligheid heeft geen nut. Het is veel beter één goede luchtdichte laag te creëren dan twee half afgewerkte. Ook is het van groot belang om bij het ontwerp reeds te kijken naar alle uitvoeringsdetails om deze zo eenvoudig mogelijk te houden om fouten bij het plaatsen tegen te gaan. Zoals eerder aangegeven zijn doorboringen soms onvermijdbaar, maar met een goed ontwerp kunnen deze tot een minimum herleid worden. Ook is het heel belangrijk om tijdens het ontwerp goed na te denken over hoe men elk detail gaat luchtdichten. Hierbij is niet enkel het ontwerp belangrijk maar ook de afspraken tussen de ontwerpers en uitvoerders en de uitvoerders onder elkaar [5].

3.1.3.2 De luchtdichtheidsprestatieklasse

3.1.3.2.1 Het schrijnwerk en zijn luchtdichtheidsprestatieklasse

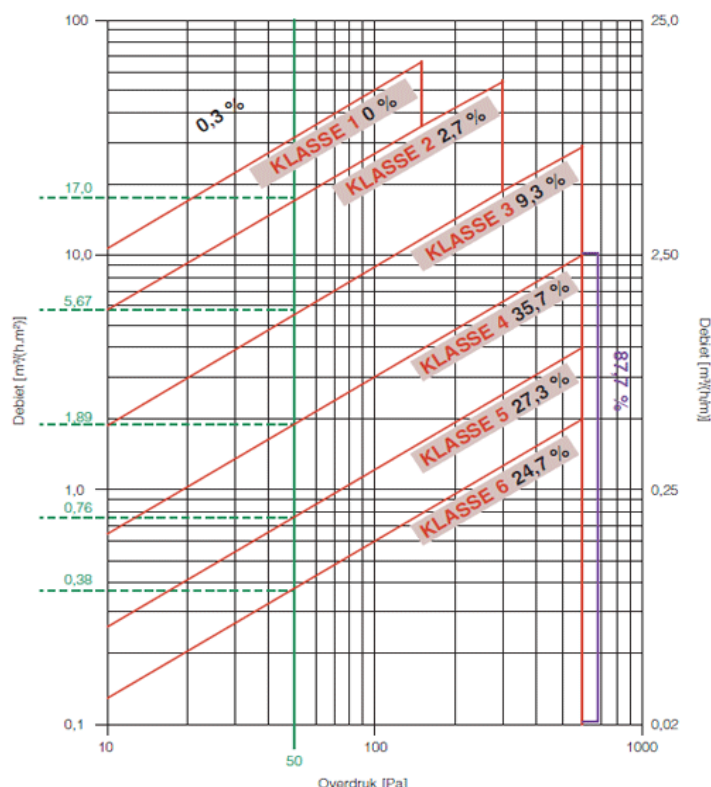
Niet enkel de aansluiting van het schrijnwerk op de muur is belangrijk maar ook de luchtdichtheidsprestatieklasse van de verschillende types beglazingen. De intrinsieke eigenschappen van een buitenschrijnwerk kunnen nagegaan worden in een laboratorium en worden meegenomen in functie van de CE-markering. De bepaling van de luchtdoorlatendheid van vensters en deuren wordt bepaald door de norm NBN EN 1026. Bij het testen van schrijnwerk zal dit eerst van een omkasting voorzien worden. Vervolgens wordt er met behulp van een ventilator een luchtdruk gecreëerd, beginnend bij 50 Pa en gaande tot 600 Pa. Aan de andere zijde van het venster wordt er gemeten welk debiet er doorheen het venster komt. Het debiet dat zich een baan boordde doorheen het venster kan vervolgens gedeeld worden door de oppervlakte van het venster of de voeg lengte om vervolgens, zoals in onderstaande tabel, in 5 classificaties ingedeeld te kunnen worden. Hierbij omvat klasse 0 alle schrijnwerken die niet voldoen aan klasse 1. De klassering gebeurt via de norm NBN EN 12207 en geeft onderstaande resultaten, waarbij de maximaal te behalen waarden per klasse worden uitgezet.

KLASSE	REFERENTIELUCHTDOORLATENDHEID BIJ 100 PA PER OPPERVLAKTE-EENHEID [$M^3/(H.M^2)$]	MAXIMALE PROEFDRIJK	REFERENTIELUCHTDOORLATENDHEID BIJ 100 PA PER VOEGLENGTE-EENHEID [$M^3/(H.M)$]
0	Geen proef uitgevoerd		
1	50	150	12,5
2	27	300	6,75
3	9	600	2,25
4	3	600	0,75

Bron: WTCB-Contact 2012/1

Tabel 14: Luchtdichtheidsprestatieklasse en hun grenswaarde [66]

Uit onderzoek, gevoerd door het WTCB, is gebleken dat de meeste vensterramen inmiddels voldoen aan klasse 4 (zoals te zien in de figuur liefst 87.7%) en lijkt het nodig om voor deze klasse nog een verdere onderverdeling te hanteren. Zo zou er geopteerd kunnen worden om 2 extra klassen te creëren: klasse 5 en klasse 6. Deze 2 klassen zouden dan bij een overdruk van 50 Pa een lekdebiet hebben van respectievelijk 0,76 m²/(h.m²) en 0,38 m²/(h.m²), en kunnen leveranciers de mogelijkheid geven uit te blinken door een efficiëntere raamkeuze aan de klant aan te bieden.



Figuur 22: Classificatie van 6 luchtdichtheidsprestatieklasse met grenswaarde [66]

Aan de hand van 300 onderzochte vensterramen kan vastgesteld worden dat maar liefst 87,7% zich bevindt in klasse 4. Voorlopig zou bij een onderverdeling in klasse 5 en 6 zelfs 27,3% van de onderzochte ramen zich al bevinden in klasse 5 en 24,7% in klasse 6. Dit wil zeggen dat het zeker mogelijk is ramen te bouwen met een hogere luchtdichtheidsprestatieklasse en dat dit ten zeerste aangemoedigd moet worden [66].

3.1.3.2.2 Verschillende schrijnwerken en hun prestaties

De materiaalkeuze van het schrijnwerk alsook de keuze van de beglazing heeft een verwaarloosbaar effect op de luchtdichtheid van een gebouw. Wel wordt er een verschil vastgesteld bij verschillende types van vensters. In onderstaande tabel heeft het WTCB de verschillende types van de 300 geteste vensters naast elkaar gezet en vervolgens vergeleken.

KLASSE (MAXIMUMDEBIET BIJ 50 PA)	DRAAIKIPVENSTERS EN VENSTERS MET ENKELE VLEUGEL	VENSTERS MET DUBBELE VLEUGEL	SCHUIFRAMEN (ALLE TYPES)
KLASSE 2 (17 m ³ /(h.m ²))	0,00%	1,50%	0,00%
KLASSE 3 (5,67 m ³ /(h.m ²))	8,00%	7,60%	18,40%
KLASSE 4 (1,89 m ³ /(h.m ²))	26,10%	40,90%	34,20%
KLASSE 5 (0,76 m ³ /(h.m ²))	27,30%	24,20%	36,80%
KLASSE 6 (0,38 m ³ /(h.m ²))	38,60%	25,80%	10,50%

Bron: WTCB-Contact 2012/1

Tabel 15: Statische verdeling van de luchtdichtheidsprestatie van de 300 onderzochte schrijnwerkelementen [46]

Uit tabel 14 blijkt dat draaikipvensters en vensters met een enkele vleugel de beste prestaties vertonen. Bij vensters met dubbele vleugel beschikt één vierde nog over een uitstekende luchtdichtheidswaarde. Toch zijn er verschillende fabrikanten die maar net de grens halen van klasse 4 (40,90 %). Dit in het achterhoofd houdende, kan de fabrikant mits enkele aanpassingen en wanneer de verdere verdeling zich werkelijk doorzet meer gaan concentreren op de werkbare details bij de verschillende schrijnwerken die hieronder, bij werkbare details bij verschillende schrijnwerken, opgesomd worden om de klasse 6 te bereiken en een zo goed mogelijk luchtdicht product aan te bieden aan de klant. Wanneer er echter geopteerd wordt om het huidige klassensysteem toch niet uit te breiden kan er gevreesd worden dat de producent deze details niet nader gaat bekijken, aangezien hij zich al in de topklasse bevindt. Bij schuiframen kan er vastgesteld worden dat ondanks de moeilijker uitvoering (het systeem moet niet enkel perfect sluiten maar ook schuiven) er toch al 81,50% van de onderzochte ramen zich bij klasse 4 bevinden. De 10,50%, die zich in klasse 6 bevindt, geeft ook hoop dat er naar de toekomst toe hier nog grote stappen kunnen gezet worden om ook schuiframen korter bij deze klasse te brengen. Ook bij de schuiframen hoopt men door het creëren van een extra klassen, de 18,40% van de fabrikanten die nu momenteel nog in klasse 3 vertoeven worden aangespoord hun details nauwlettender in het oog te houden om zich op de markt staande te kunnen houden. Het is immers zo dat wanneer venster zich in dit nieuwe classificatiesysteem bevinden in klasse 3, er 3 klassen beter zijn als hen wat veel klanten zal afschrikken [46] [66].

3.1.3.2.3 Werkbare details bij verschillende schrijnwerken

Wanneer men een hogere luchtdichtheidsprestatieklasse wilt bereiken is het belangrijk om te letten op volgende 8 punten.

1) Continuïteit en aandrukken van de luchtdichtheidsrubbers:

De luchtdichtheidsrubbers bevinden zich telkens op plaatsen waar er overgegaan wordt van het ene materiaal naar het andere of op plaatsen waar een bepaalde sluiting verwezenlijkt wordt. Het is erg belangrijk dat dit rubber zo recht mogelijk loopt en overal evengoed aansluit. Wanneer er zich een gat bevindt in het rubber of ter hoogte van een aansluiting, is het aangeraden deze nader te bekijken en eventueel te vervangen.

2) De afstelling van het hang- en sluitwerk:

Het hang- en sluitwerk betreft alle onderdelen die ervoor zorgen dat men het venster kan openen, sluiten en scharnieren. Het is belangrijk in detail te bekijken of bij het openen, sluiten, ... al de luchtdichtheidsrubbers mooi op elkaar aansluiten en de desbetreffende onderdelen geen spleten veroorzaken.

3) De afmetingen van de aanslagen:

De aanslagen zijn deze delen van een kozijn die bij het openen en sluiten contact maken met de vleugels. Het is belangrijk de aanslagdichtingen zo te voorzien dat er een keurige afsluiting bekomen wordt. De afmetingen, de hoeveelheid en de uitvoering van de aanslagen moeten bij het ontwerp in detail bekeken worden.

4) De kwaliteit van de verbindingen:

Bij venters wordt er gebruik gemaakt van verschillende technieken om verbindingen te maken zoals bv. lassen, lijmen, ... De uitvoering hiervan dient perfect te gebeuren zodat er geen openingen zijn bij het verbinden van de verschillende onderdelen.

5) De kwaliteit van de kitvoegen:

Het is belangrijk om in de kitvoegen het juiste materiaal en hoeveelheid te voorzien zodat er een mooie gehele dichting komt van de voegen en er geen openingen zijn waardoor lucht zich kan verplaatsen.

6) De stijfheid en maatvastheid van de profielen:

De profielen die afgeleverd worden dienen perfect geproduceerd te worden. Elke kromming of maatafwijking van een profiel kan immers zorgen voor een slechte aansluiting van het profiel, met als gevolg spleten waarlangs lucht kan toetreden.

7) Het respecteren van afmetingen:

Er dient nauwlettend gekeken te worden naar de diagonalen, de correcte speling tussen het vaste kader en de vleugel, de correcte afmetingen van de profielen, latten,

8) Het aantal sluitpunten:

Het is aangeraden om het aantal sluitpunten te beperken. Enerzijds omdat dit deze zeer moeilijk luchtdicht uit te voeren zijn, anderzijds omdat mensen vaak vergeten alle sluitpunten correct te sluiten bij het dichtdoen van een venster.

Op elk van deze punten zijn er wellicht nog verbeteringen mogelijk. Maar ook op vlak van materiaalkeuze: het ene rubber is immers meer bestand tegen beschadiging dan het andere, e.d.. Ook de hoeveelheid van bijvoorbeeld een luchtdichtheidsrubber kan een belangrijke rol spelen: opteren voor meer luchtdichtheidsrubber zal een kleine prijsstijging betekenen maar de kwaliteit naar luchtdichtheid toe wel verhogen [46].

3.1.3.2.4 De algemene impact van de luchtdichtheidsprestatieklasse

Buiten de klassering van de luchtdichtheden van de verschillende schrijnwerken is het WTCB ook onderzoek gaan doen naar 5.600 gebouwen. In deze gebouwen is er getest wat het totale aandeel van het venster qua luchtlekken ten opzichte van de luchtlekken over het hele gebouw. Het aandeel zal uitgezet worden per luchtdichtheidsprestatieklasse om zo een vergelijking mogelijk te maken:

Statistische analyse (percentiel)	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6
Minimum	0,04	0,01	0,01	0,00
10 %	0,27	0,09	0,04	0,02
20 %	0,32	0,11	0,04	0,02
30 %	0,35	0,12	0,05	0,02
40 %	0,38	0,13	0,05	0,03
Gemiddeld	0,44	0,15	0,06	0,03
60 %	0,45	0,15	0,06	0,03
70 %	0,49	0,16	0,07	0,03
80 %	0,54	0,18	0,07	0,04
90 %	0,63	0,21	0,08	0,04
Maximum	1,76	0,59	0,23	0,12

Tabel 16: Aandeel in de n50-waarde naargelang de luchtdichtheidsprestatieklasse van de vensters [66]

Om tabel 15 te interpreteren wordt er van uit gegaan dat gestreefd wordt naar een hoge luchtdichtheidsprestatie ($n_{50} = 1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$). Wanneer we vervolgens klasse 4 onder de loep nemen, kan vastgesteld worden dat het gemiddelde aandeel van deze klasse een verlies aan luchtlekken oplevert van 15%, wat overeenkomt met een n_{50} waarde van $0,15 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$ wanneer het algemeen verlies $1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$ bevat (hoge luchtdichtheidsprestatie). In tabel 15 staat tevens in het geel aangeduid dat één op tien (10 %) van de vensters uit klasse 4 een aandeel heeft van 21%.

Wanneer vervolgens dezelfde analyse gemaakt wordt voor luchtdichtheidsprestatieklasse 6 kan vastgesteld worden dat er gemiddeld een luchtverlies van $0,03 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$ opduikt bij een algemene n_{50} -waarde van $1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$. Vergeleken met het gemiddelde van een venster met luchtdichtheidsprestatieklasse 4 kan een verschil van $0,12 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$ worden vastgesteld. Wanneer er een vergelijking gemaakt wordt tussen de zwakste 10% van klasse 4 en klasse 6 ($0,04 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$) kan er zelfs een verschil van $0,17 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$ luchtverlies waargenomen worden.

Uit deze verschillen blijkt nogmaals dat een dringende verdere opdeling van klasse 4 noodzakelijk is om de producenten te stimuleren schrijnwerken met een hogere luchtdichtheid te maken omdat de klant hierdoor ook sneller zal kiezen voor een schrijnwerk uit een betere prestatieklasse. Ook de klant is niet op de hoogte van de mogelijkheden hier en denkt dat hij, bij het kopen van een schrijnwerk met luchtdichtheidsprestatieklasse 4, het beste materiaal aangekocht heeft. Maar uit bovenstaande tabel, en de hieruit afgeleide gemiddelde verschillen van $0,12 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$, blijkt dit niet het geval [66] [46].

3.1.3.3 De aansluiting tussen ruwbouw en schrijnwerk

Niet enkel de keuze van het schrijnwerk heeft een invloed op de algemene luchtdichtheid van een woning maar ook de aansluiting op de ruwbouw. Een alleenstaande woning telt ongeveer 100 meter aansluiting tussen het schrijnwerk en de ruwbouw.

3.1.3.3.1 De verschillende types aansluitingen

Als aansluitingsmethode kan er gekozen worden uit 3 verschillende types die elk afzonderlijk worden uitgewerkt. De testen die hieronder besproken worden, werden uitgevoerd door de universiteit te Gent. Voor deze proefopstellingen werd gebruik gemaakt van een muur met daarin een gemetseld raam van 1,23m breed en 1,48m hoog. De scores van de verschillende aansluitingstechnieken zijn zo opgesteld dat de goede oplossingen in passiefhuizen slechts een verlies hebben van 5% en de matige oplossingen een verlies hebben van 15%.

3.1.3.3.1.1 Houten omkasting die zich bevindt tussen raam-muur of houtskeletbouw

Een houten omkasting kan teruggevonden worden bij twee verschillende bouwmethodes. De meest voorkomende is de houtskeletbouw waarbij er dus een volledige houten omkasting gemaakt wordt waar de isolatie, luchtpouw, ... binnenin verwerkt zit. Ook kan er geopteerd worden om een bestaande muur om te bouwen met een houten omkasting, maar dit zal in de praktijk minder voorkomen aangezien het nut ervan in vraag wordt gesteld.

Bij dit type omkasting werden er vervolgens testen uitgevoerd op 6 verschillende aansluitingsmogelijkheden zoals aangegeven in tabel 16 op de volgende pagina.

HOUTEN OMKASTING	SCORE	VERLIES *
Voeg tussen raam en muur is leeg	Slechte oplossing	33,07 m ³ /h.m
Voeg is opgevuld met rotswol (los gepakt)	Slechte oplossing	12,19 m ³ /h.m
Voeg is opgevuld met rotswol (compact gepakt)	Slechte oplossing	2,96 m ³ /h.m
Enkel PU-schuim tussen het raam en de isolatieplaat	Slechte oplossing	17,16 m ³ /h.m
Voeg is volledig opgevuld met PU-schuim	Matige oplossing	1,27 m ³ /h.m
Voeg is volledig opgevuld met PU-schuim en er is een kitvoeg tussen de omkasting en het schrijnwerk	Goede oplossing	0,00 m ³ /h.m

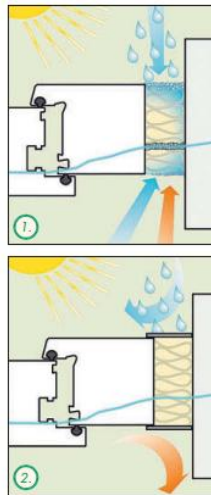
Tabel 17: Luchtdichtheid bij raamaansluitingen bij een drukverschil van 50Pa (Houten omkasting) [46]

De eerste 4 oplossingen die beschreven worden, zijn duidelijk slechte aansluitingen en dienen te allen tijde vermeden te worden. De keuze voor rotswol, alsook voor de gedeeltelijke opvulling van de voeg, veroorzaken te hoge luchtlekken in de aansluiting.

Wanneer er geopteerd wordt om de voeg op te vullen met PU-schuim en deze tegelijkertijd niet voorzien wordt van een kitvoeg, zullen er problemen ontstaan rondom de raamankers omdat het schuim de holtes achter deze ankers niet kan opvullen. Indien de houten omkasting in de aansluiting met het schrijnwerk wordt voorzien van een correct gedimensioneerde kitvoeg zal er wel een perfect luchtdicht geheel gevormd worden.

In figuur 24 kan er een ander fenomeen vastgesteld worden, indien de PU-schuim onbeschermd geplaatst wordt. Het is immers zo dat de kwaliteit van dit product achteruit gaat indien het in contact komt met volgende twee elementen:

- Zonlicht: PU-schuim heeft een geringe UV-resistentie en waardoor de kwaliteit van het schuim zal afnemen.
- Vocht: Het probleem kan zowel gecreëerd worden in de vorm van condensatie als in de vorm van slagregen. Het zal net zoals zonlicht de kwaliteit van het PU-schuim verlagen en zorgen voor condensatieproblemen binnenin de woning.



Figuur 23: De aansluiting tussen schrijnwerk en houten omkasting m.b.v. PU-schuim [46]

Best kan er geopteerd worden voor een opencellig en flexibel PU-schuim. Dit heeft de eigenschap om kleine bewegingen zoals thermische uitzettingen en trillingen op te vangen en zal zich niet meteen losmaken van de ruwbouw. Zo zal de prestatie op langere termijn meteen ook verzekerd zijn [46].

3.1.3.3.1.2 Aansluiting tussen het raam en het pleisterwerk

Aangezien er tegenwoordig vaak gekozen wordt om voor een strakke uitstraling te bepleisteren tot tegen de dagkanten, is het ook belangrijk om de opties naar luchtdichtheid van deze aansluiting nader te bekijken. In het eerder genoemde labo zijn er 5 verschillende aansluitingen getest naar hun luchtdichtheid, met de volgende resultaten:

PLEISTERWERK	SCORE	VERLIES *
Pleister tot tegen raam, zonder kitvoeg	Slechte oplossing	2,69 m ³ /h.m
Pleister tot tegen raam, nadien kitvoeg aangebracht	Matige oplossing	0,62 m ³ /h.m
Pleister tot tegen pleisterstop, kitvoeg tussen pleisterstop en het schrijnwerk	Goede oplossing	0,07 m ³ /h.m
Folie aan binnenzijde raam tot op ruwbouw, met pleisterlaag over folie	Goede oplossing	0,18 m ³ /h.m
Folie aan zijkant raam tot op ruwbouw, met pleisterlaag over de folie	Goede oplossing	0,16 m ³ /h.m

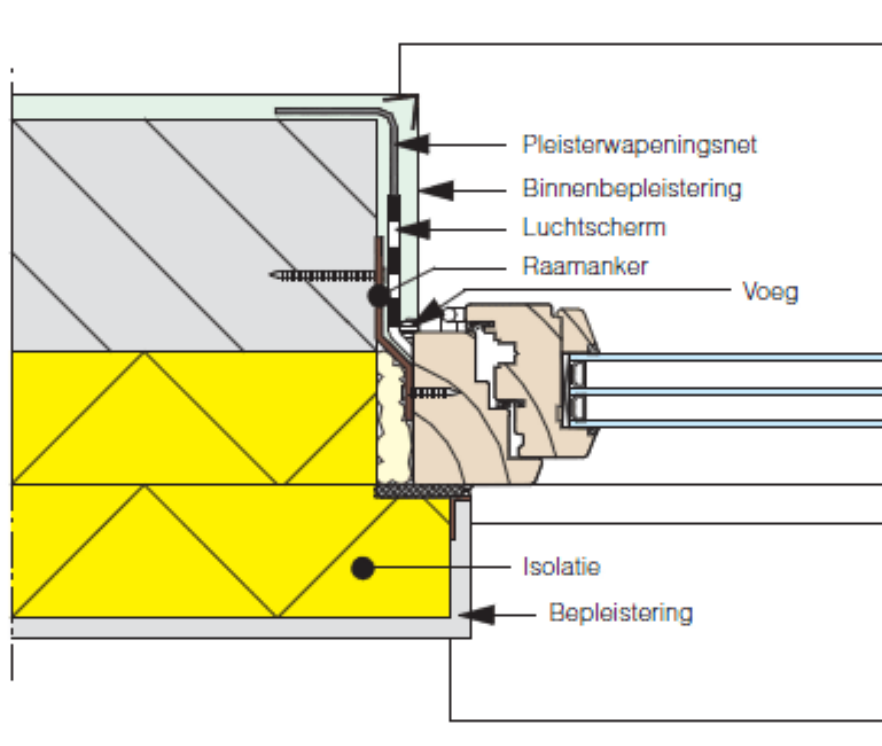
Tabel 18: Luchtdichtheid bij raamaansluitingen bij een drukverschil van 50Pa (Pleisterwerk) [46]

Bij het luchtdicht maken van de aansluiting tussen pleisterwerk en het schrijnwerk kan er geopteerd worden om gebruik te maken van een folie. De gebruikte folies bestaan uit plakband die aan het schrijnwerk moet vastgekleefd worden en hebben de eigenschap het geheel slagregendicht, weerbestendig, damp open en luchtdicht te maken. Ze zijn ook voorzien van een bepaald wapeningsnet dat de juiste aansluiting verzekerd en uitzettingen van het pleisterwerk kan opvangen.

Wanneer er geopteerd wordt om geen folie te gebruiken, kan er uit tabel 17 afgeleid worden dat een kitvoeg een absolute must is daar het pleisterwerk de eigenschap heeft niet volkomen luchtdicht te zijn. Het grootste gevaar dat heerst bij de aansluiting is dat er een krimpvoeg zal ontstaan tussen het schrijnwerk en het pleisterwerk. Dit kan voortkomen uit twee redenen:

- Het natte pleisterwerk zal bij het uitdrogen tekenen van krimp vertonen en zo het pleisterwerk laat losscheuren van het schrijnwerk.
- Ook schokken door of tegen het raam kunnen, daar waar de aansluiting tegen het schrijnwerk komt, scheurvorming van het pleisterwerk als gevolg hebben. Deze schokken kunnen veroorzaakt worden door een dichtgeklapte vleugel, een vogel die tegen het venster vliegt, een voorbijrijdende trein, ...

Wanneer er bijkomend geopteerd wordt om de kitvoeg zo te plaatsen dat deze zich tussen de pleisterstop en het schrijnwerk bevindt, blijkt uit de testen dat deze aansluiting de beste score haalt. Toch moet er kritisch gekeken worden naar de $0,07 \text{ m}^3/(\text{h.m})$. Deze testen zijn immers gebeurd net na de afwerking van de aansluiting d.m.v. een kitvoeg. Wanneer er voorbeelden bekeken worden van dergelijke kitvoegen die enkele jaren eerder aangebracht zijn, kan er vastgesteld worden dat de kitvoegen dikwijls lossen door onder andere een slechte dimensionering. Ook de aanhechtingen tussen het materiaal dat gebruikt wordt bij het kitten en het schrijnwerk kunnen al eens loskomen, wat de luchtdichtheid niet ten goede komt.



Figuur 24: Perfecte plaatsing van de folie

Omwille van deze redenen wordt er momenteel meestal geopteerd voor het gebruik van folies die ook uitstekende testwaarden geven van 0,16 à 0,18 m³/(h.m). De keuze of de folie aan de binnenzijde of zijkant geplaatst wordt, is afhankelijk van de mogelijkheden bij de plaatsing. Wanneer beide opties mogelijk zijn, kan er best geopteerd worden om deze aan de zijkant te plaatsen, aangezien er hier de beste testwaarden voor bekomen werden.

Helaas is dit echter niet altijd mogelijk. Bij het plaatsen van de folie is het belangrijk dat de aansluiting met de wand verzekerd wordt en er geen holtes gevormd worden tussen wand en folie, noch op de rechte stukken noch in de hoeken. De ideale plaatsing van het wapeningsnet wordt geschetst in figuur 25 [42] [46] [49].

3.1.3.3.1.3 Aansluiting tussen het raam, de multiplexkader en de muur

De multiplexkader is een uit hout opgebouwde kader die op verschillende plaatsen bevestigd wordt aan het schrijnwerk zodat er geen openingen zijn tussen het raam en de kader. Voor de zekerheid wordt er nog een kitvoeg aangebracht om de volledige luchtdichtheid te garanderen. De multiplexkader wordt rechtstreeks bevestigd tegen de muur.



Figuur 25: De multiplexkader [39]

Om een perfecte luchtdichtheid van het geheel te bekomen gaat de voeg, die in figuur 26 opengelaten is, opgespoten worden met PU-schuim. Hetzelfde PU-schuim kan gebruikt worden als bij de aansluiting van een schrijnwerk en een houten omkasting. Bij een correcte aansluiting van deze methode wordt, zoals weergegeven in onderstaande tabel, in de testen een uitstekende luchtdichtheid vastgesteld.

MULTIPLEXKADER	SCORE	VERLIES *
Voeg tussen multiplex en muur is opgespoten met PU	Goede oplossing	0,02 m ³ /h.m

Tabel 19:Luchtdichtheid bij raamaansluitingen bij een drukverschil van 50Pa (Multiplexkader) [46]

De afwerking van de muur en de multiplexkader gebeurt meestal met pleisterwerk. Het is aangewezen er op toe te zien dat deze verbinding zo gebeurt dat de luchtdichte pleisterlaag, die op de muur geplaatst wordt, doorloopt tot over de multiplexkader. Ook kan het verstandig zijn een wapening te plaatsen tussen deze overgang om krimp van deze laag tegen te gaan [46].

3.1.4 Besluit

Het luchtdicht maken van een woning is één van de belangrijkste aandachtspunten in het hedendaags bouwen, aangezien het heel wat nadelen, zoals koude luchttocht, een stijging van het E-peil, ..., kan vermijden. Eerst en vooral is de keuze van een hoge luchtdichtheidsprestatieklasse een vereiste. Wel blijkt dat deze prestatieklasse aan het verouderen is en er een dringende uitbreiding nodig is met de 2 voorgestelde klassen 5 en 6. Ook een goede aansluiting van het schrijnwerk is een belangrijk aandachtspunt om een woning luchtdicht te bouwen. Hiervoor is het gebruikmaken van folies of PU-

schuim een goede oplossing, op voorwaarde dat deze correct geplaatst worden. Hiervoor is er een goede communicatie nodig tussen enerzijds de ontwerper en anderzijds de verschillende partijen die instaan voor de uitvoering van de werkzaamheden. De luchtdichtheid van een woning kan steeds getest worden met een blowerdoortest.

3.2 Waterdichtheid

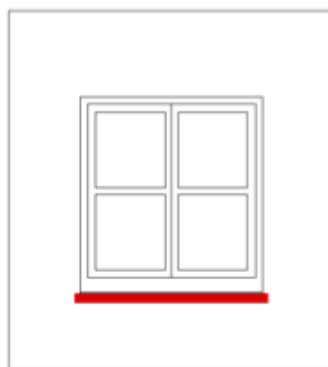
3.2.1 Voorwaarden

Om een vensteraansluiting waterdicht te maken, zijn een aantal voorwaarden opgesteld waaraan voldaan moet zijn [2]:

- dorpel moet goed aangesloten zijn op venster
- voeg rond venster moet afgedicht zijn
- goede drainage boven vensteropening (bij spouwmuren)
- drukmoderatie

Wanneer er waterinfiltratie voorkomt, is dat het gevolg van drie elementen, namelijk: water, kracht en een opening. Indien één van deze drie elementen niet aanwezig is, zal van waterinfiltratie geen sprake zijn. De hierboven beschreven voorwaarden hebben dan ook rechtstreeks betrekking op minstens één van deze drie zaken. Als de dorpel goed aangesloten is op het venster en de voeg rond het venster ook goed afgedicht is, zal het venster goed afgesloten zijn en is er bijgevolg van een opening geen sprake. Een drainagemembraan boven de vensteropening zorgt ervoor dat het water dat zich op een hoger gelegen plaats in de spouw bevindt niet op de vensteraansluiting kan stromen. Drukmoderatie zal er dan weer voor zorgen dat de kracht van de wind beperkt blijft waardoor het water niet naar binnen gedrukt kan worden.

3.2.1.1 Goed aangesloten dorpel



Figuur 26: Goede aansluiting dorpel

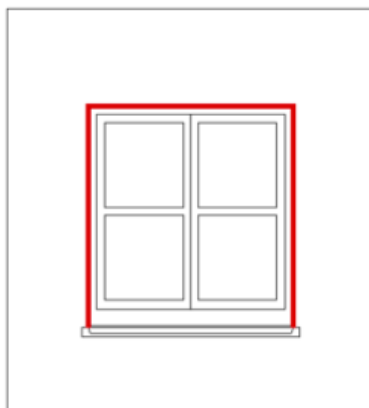
Het is logisch dat de onderste aansluiting van het venster sterk in aanraking komt met water door zowel rechtstreekse regenval als door het water dat van het venster afloopt. Bijgevolg is dit één van de meest kritische punten op het vlak van waterdichtheid. Om deze reden wordt er bij de afdichting van het venster onderaan voor een dorpel gekozen om de waterdichtheid te kunnen garanderen. Zo'n dorpel bestaat vaak uit steenachtige materialen (natuursteen, hardsteen, ...) of beton maar ook materialen zoals aluminium of PVC kunnen hiervoor gebruikt worden. Als dergelijke materialen gebruikt worden, kan de dorpel met het schrijnwerk verbonden worden door deze aan te schroeven. Het is in hoofdzaak niet

zo belangrijk welk materiaal gekozen wordt zolang het maar een waterdicht materiaal is dat uit één stuk bestaat.

Belangrijker is het dat de dorpel op een correcte manier aangesloten wordt. Hiervoor gelden enkele aandachtspunten die gevolgd moeten worden voor een ideale dorpelaansluiting:

- Het is noodzakelijk dat de dorpel ver genoeg onder het venster geplaatst wordt. Dit moet om te vermijden dat aflopend water in de aansluiting tussen dorpel en venster terechtkomt maar gewoon via de dorpel kan weglopen. Er dient ook op gelet te worden dat de drainagegaten van het venster uitkomen voor de opstand van de dorpel.
- Er dient een druipneus aan de dorpel voorzien te worden zodat aflopend water niet op de muur terechtkomt. Deze druipneus moet dus ver genoeg uitsteken ten opzichte van de gevel.
- De dorpel moet naar buiten afhellen en van een opstand voorzien zijn zodat het water vlot kan aflopen.
- Langs de zijkant van de dorpel moet ook een opstand voorzien zijn. Dit om te vermijden dat het water langs de zijkant in de muur kan lopen. Bij natuursteen spreekt men hier over stootkussentjes terwijl bij aluminium afsluitkapjes langs de zijkant op de dorpel geschoven kunnen worden.
- In het ideale geval zal de dorpel langs de zijkant in de muur ingewerkt worden. Enkel dan kan er een continue waterafscherming voorzien worden door de dorpel en de voegdichting langs de zijkant met elkaar aan te sluiten in de onderste hoeken. Het komt echter vaak voor dat dorpels pas achteraf geplaatst worden tussen de dagkanten van de vensteraansluiting. Als dit het geval is, zijn de onderste hoeken niet perfect aangesloten en kan men hier last hebben van waterindringing.
- Wanneer er voor een dorpel in natuursteen gekozen wordt moet er een zwelband of kit gebruikt worden om de voeg tussen het venster en de dorpel af te dichten.
- Wanneer er voor een dorpel in aluminium gekozen wordt moet deze onder een druipneus geplaatst worden om te vermijden dat de voeg met het venster rechtstreeks blootgesteld wordt aan regen.
- Het is een optie om voor extra zekerheid ook onder de dorpel een drainagemembraan te voorzien.

3.2.1.2 Goed afgedichte voeg rond venster



Figuur 27: Goed afgedichte voeg rond venster

Een volgende belangrijke voorwaarde is dat de voeg rond het venster volledig afgedicht moet zijn. Ook dit is een zeer logische voorwaarde aangezien het water anders gewoon langs de twee voegen aan de zijkanten van het venster binnen kan stromen. Via de bovenste voeg zal het water niet rechtstreeks kunnen binnenstromen maar water dat via de gevel afloopt kan zo wel aan de binnenkant van het gebouw komen. Het is dus duidelijk dat de zij- en bovenkant van het venster op een goede manier afgedicht moeten worden.

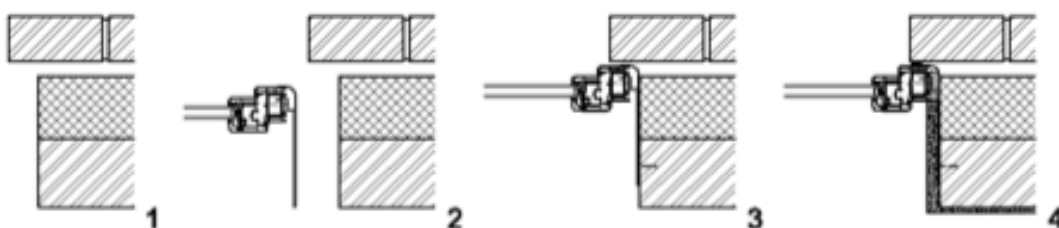
Het materiaal dat hiervoor gebruikt wordt, moet er dus voor kunnen zorgen dat oneffenheden tussen venster en gevel weggewerkt worden door deze op te vullen en moet ook bewegingen van venster en gevel opvangen. Om deze reden wordt er, net zoals bij het afdichten van de dorpel, voor flexibele materialen zoals een kit of een zwelband gekozen. Als er voor geopteerd wordt om met een kit te werken, dient er wel eerst een rugvulling in de opening geplaatst te worden. Dit is om te vermijden dat alle kit gewoon door de opening heen gespoten zou worden. Zwelbanden daarentegen worden voor de plaatsing van het raam op het vensterkader geplakt en zetten na plaatsing uit tot tegen de gevel om zo de oneffenheden op te vullen.

Als het gebouw nog in opbouw is, kan er gekozen worden om na deze eerste afdichting nog een extra barrière te voorzien door een waterdicht membraan te plaatsen. Dit membraan wordt rondom de ene zijde aan het vensterkader gekleefd en langs de andere zijde aan de gevel. Een andere optie voor de bijkomende afdichting is het gebruik van een slabbe. Op deze manier kan men zeker zijn dat het raam 100% afgedicht is. Hier is echter nog onvoldoende onderzoek naar uitgevoerd om te bepalen of het wel nuttig is om een dure oplossing als deze overal op elk type venster uit te voeren.

Indien er dus gekozen wordt om een tweede afdichting te voorzien, moet hier wel rekening mee gehouden worden tijdens de uitvoering van de bouw. Hiervoor zijn twee verschillende mogelijkheden:

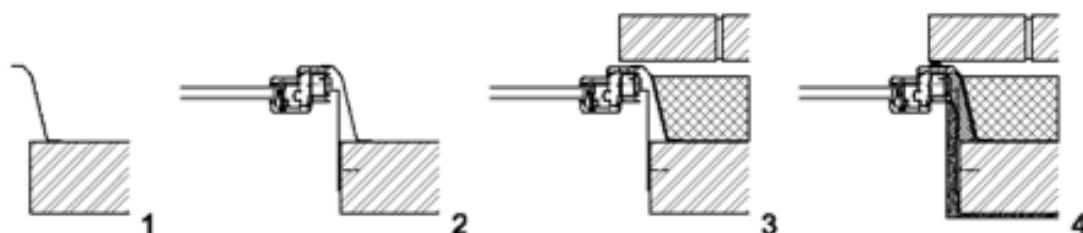
- Eerst wordt het binnen- en buitenspouwblad gemetseld en vervolgens wordt het schrijnwerk geplaatst.
- Eerst wordt het schrijnwerk tegen de dragende structuur geplaatst en later wordt pas de gevelmetselwerk opgetrokken.

Wanneer het schrijnwerk pas geplaatst wordt na het metselen van de gevelbekleding is het niet meer mogelijk om het waterdicht membraan nog aan te brengen. Het is namelijk onmogelijk om dit nog op de buitenkant van de binnenspouw rondom het venster te plakken. Dit komt omdat het membraan dan niet meer aangedrukt kan worden. Het membraan moet voor het schrijnwerk in het gebouw geplaatst worden, al aangebracht zijn en na het plaatsen van het schrijnwerk kan dit membraan dan aan de binnenspouw bevestigd worden op de dagkanten van de vensteropeningen. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur:



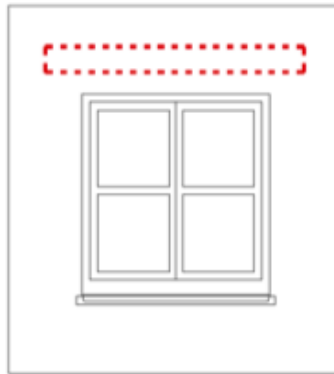
Figuur 28: Plaatsing membraan na aanbrengen gevelbedekking [2]

Het is dus een stuk makkelijker als de gevelbekleding pas gemetseld wordt nadat het venster al geplaatst is. Er is dan immers veel meer ruimte om het membraan rond het venster te plakken. Het waterdicht membraan kan dan simpelweg langs de buitenkant op het binnenspouwblad aangebracht worden. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur:



Figuur 29: Plaatsing membraan voor aanbrengen gevelbedekking [2]

3.2.1.3 Goede drainage boven vensteropening (bij spouwmuren)



Figuur 30: Goede drainage boven vensteropening

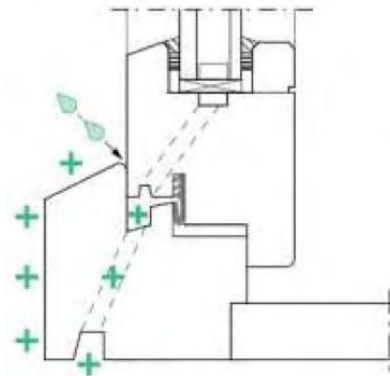
Vaak is het zo dat het buitenspouwblad niet ondoordringbaar is bij spouwmuren. Een gevolg hiervan is dat water via de spouw naar beneden richting het venster kan lopen. Het water wordt dan verzameld aan de bovenkant van het venster en van hieruit kan het naar binnen lopen en schade aanrichten. Door boven het venster een membraan te voorzien kan dit probleem al vlug verholpen worden. Dit membraan zorgt dan voor de opvang van het naar beneden lopende regenwater en voert dit naar buiten af. Om er zeker van te zijn dat het water wel degelijk naar buiten kan aflopen moet het membraan afhellen naar de buitenkant toe en moeten er in het buitenspouwblad drainageopeningen voorzien zijn. Ook moet er op gelet worden dat het membraan op de spouwisolatie kan steunen, dit om te vermijden dat het zou bezwijken onder de massa van het regenwater. Verder dient er ook zeker voor gezorgd te worden dat het membraan langer is dan de breedte van het venster, dit om te voorkomen dat het water dat langs de zijkanten van het membraan afloopt nog steeds op het raam zou kunnen terechtkomen. Een extra veiligheid hierbij is dat de zijkanten van het membraan omhoog geplooid moeten worden. In het ideale geval dient het membraan ook uit één stuk te bestaan. Als dit niet mogelijk is, moet er zeker voor gezorgd worden dat de verschillende stukken volledig op elkaar verkleefd worden. Het drainagemembraan bevindt zich ook nooit net boven het venster maar hier zit meestal nog een kleine spatie tussen. Hierdoor blijft er onder het membraan nog steeds een stuk muur over waar het water rechtstreeks op het schrijnwerk kan lopen. Dit is echter slechts een kleine strook die op eenvoudige wijze gedraineerd kan worden door voldoende drainageopeningen te voorzien in de voeg aan de bovenzijde van het schrijnwerk. Indien deze drainageopeningen niet voorzien worden, kan er nog steeds, zeker na verloop van tijd, waterindringing optreden. Soms wordt er langs de bovenkant nog een extra veiligheid aangebracht. Dan gaat men, net zoals bij het afdichten van de voeg rondom het venster,

nog een extra barrière aanbrengen langs de bovenkant omdat hier toch de meeste kans is op waterdoordringing.

3.2.1.4 Drukmoderatie

Drukmoderatie is een zeer specifiek verschijnsel dat te maken heeft met de wind die op een buitengevel drukt. Het is namelijk zo dat wanneer wind op een gevel blaast er een drukverschil gaat ontstaan tussen binnen- en buitengevel. Zo zou een stevige wind ervoor kunnen zorgen dat water als het ware via de gevel naar binnen gedrukt wordt. Het begrip drukmoderatie komt erop neer dat men tracht het drukverschil tussen binnen- en buitengevel te beperken en hierdoor dus ook de waterinfiltratie gaat verminderen.

Drukmoderatie is een principe dat vooral bij de gevel zelf wordt toegepast maar kan ook specifiek bij vensters van nut zijn. Het is zo dat vensters zo goed als geen water in opslag kunnen nemen in tegenstelling tot de gevel. Verder is het ook zo dat er zelden voor gezorgd kan worden dat de buitenste voeg van het schrijnwerk perfect waterdicht is en dit zeker niet wanneer het over opengaand schrijnwerk gaat. Aangezien opengaand schrijnwerk zeer vaak voorkomt, is drukmoderatie toch een belangrijk element bij vensteraansluitingen om waterinfiltratie tegen te gaan.



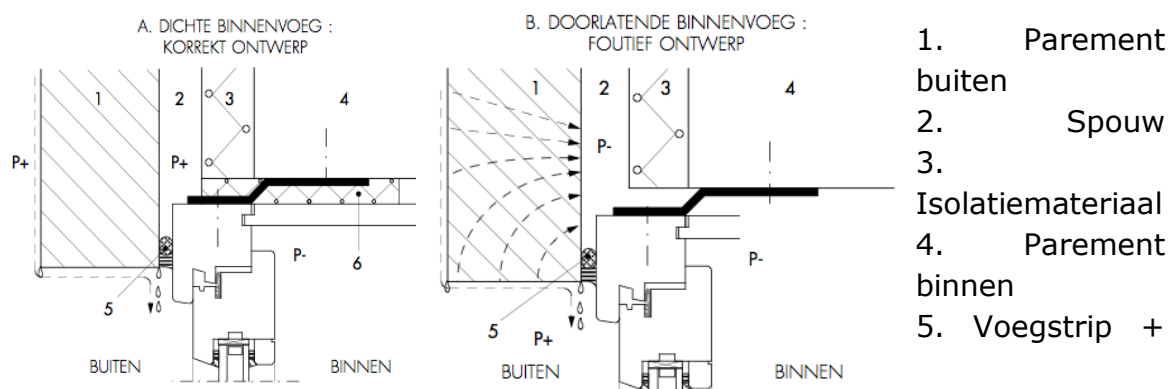
Figuur 31: Drukmoderatie venster [2]

Bij het meeste schrijnwerk wordt er al bij de productie van uitgegaan dat de buitenste voeg nooit perfect waterdicht is. Daarom wordt er achter deze voeg vaak een gootje voorzien. In dit gootje kan dan het doorsijpelend water opgevangen worden en via drainageopeningen weer naar buiten lopen. Meestal bevinden deze drainageopeningen zich aan de onderkant van het vensterprofiel en als dit niet het geval is, worden deze openingen steeds afgeschermd met een kapje zodat er geen regen kan binnensijpelen.

Omdat de voeg langs de binnenkant luchtdicht wordt afgesloten, kan de plaats waar het gootje zich bevindt onder dezelfde druk blijven als de buitenomgeving. De plaats waar het gootje zich bevindt, wordt ook wel

eens de decompressiekamer genoemd. Dankzij de drukmoderatie zal er dus minder water infiltreren langs de vensterprofielen.

Bij de vensteraansluiting zelf kan drukmoderatie ook van pas komen om waterinfiltratie te vermijden. In theorie dient er naar gestreefd te worden om de binnenste voeg luchtdicht en de buitenste voeg lucht-open te maken omdat op deze manier de buitendruk dezelfde is als deze aan de aansluiting en er dus bijna geen drukverschil is. Praktisch is dit echter niet te verwezenlijken omdat de buitenste voeg wordt afgedicht met een kit of zwelband, die hun nut hebben om het gebouw zowel water- als luchtdicht te maken. Het gevolg hiervan is echter wel dat de buitenste voeg niet lucht-open is. Daarom is het belangrijk om ervoor te zorgen dat de binnenste voeg ook luchtdicht gemaakt wordt, waardoor luchtdichtheid gebruikt wordt als oplossing voor waterdichtheid.



Figuur 32: Vensteraansluiting: Luchtdichtheid als oplossing voor waterdichtheid met correct en fout ontwerp [60]

Bij ontwerp A hierboven is de voeg langs de binnenkant luchtdicht. Hierdoor is er geen drukverschil en ontstaat er geen kracht om het water naar binnen te duwen. Bij ontwerp B is de voeg daarentegen onvoldoende luchtdicht waardoor er wel een drukverschil kan ontstaan. Hierdoor is er wel een kracht aanwezig die het water naar binnen kan duwen.

3.2.2 Afdichtingmaterialen

Eerder werd al toegelicht hoe we er voor kunnen zorgen dat vensters waterdicht blijven en er werd onder andere gesproken over kitvoegen, zwelbanden en membranen of folies. Deze materialen worden nader toegelicht in dit hoofdstuk.

3.2.2.1 Membraan

In hoofdzaak wordt een waterdicht membraan bij het schrijnwerk gebruikt met de volgende doeleinden:

- Drainage boven vensteropening
- Extra afdichting van de voeg rondom het venster
- Extra zekerheid onder de dorpel

Er zijn verschillende soorten membranen beschikbaar op de markt maar deze bestaan bijna altijd uit verschillende soorten kunststoffen. Als basis voor een membraan wordt meestal gekozen voor EPDM-rubber dat mogelijk gewapend is. Dit type rubber heeft als eigenschap dat het heel makkelijk uit te rekken is en het kan ook op eenvoudige wijze aangebracht worden door het te verkleven.

Om het membraan te bevestigen zijn er meerdere mogelijkheden. Uiteraard mag dit niet gebeuren door het membraan te doorboren met schroeven omdat het dan zijn waterdichtheid verliest. Er zijn drie andere bevestigingsmethodes die wel gebruikt kunnen worden:

- Mechanische bevestiging
- Kleven
- Inmetselen

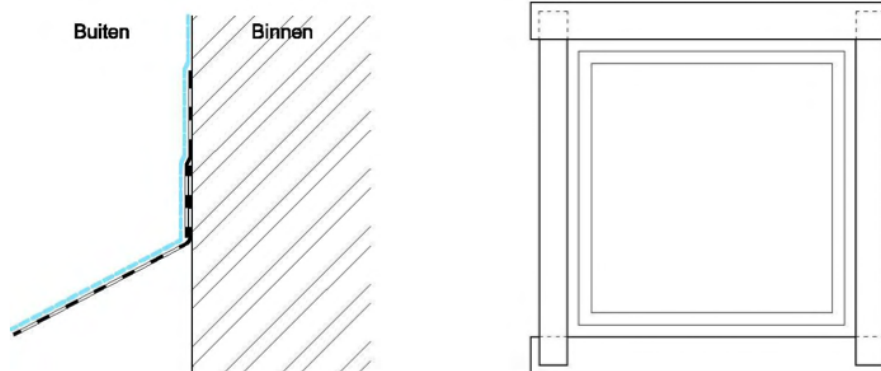
Boven het venster wordt er meestal gekozen om het membraan in te metselen. Een alternatief hiervoor is de mechanische bevestiging in de vorm van een kliksysteem. Hierbij wordt een profiel ingestort in de dragende betonnen constructie. Vervolgens kunnen dan kunststof wiggen gebruikt worden om het membraan vast te klikken zonder er beschadiging aan het membraan mogelijk is.



Figuur 33: Bevestiging met wiggen [2]

Hedendaags wordt er vaker gekozen om het membraan aan te brengen door het op de constructie te kleven. Met kleven is het makkelijker om dit membraan achteraf nog aan te brengen wanneer dit tijdens het metselen nog niet gebeurd is. Hierbij zijn nog twee verschillende mogelijkheden: het membraan kan zelfklevend zijn maar er kan ook gebruik gemaakt worden van lijm.

Er zijn altijd bepaalde plaatsen waar meerdere membranen met elkaar samenkomen. Deze moeten dan op dezelfde manier geplaatst worden als dakpannen. Dit houdt concreet in dat het hoger gelegen membraan steeds het lager gelegen membraan moet overlappen. Zo kan er, op dezelfde manier als bij dakpannen, voorkomen worden dat er waterindringing gaat optreden ten gevolge van de zwaartekracht.



Figuur 34: Hoger gelegen membranen overlappen de lager gelegen membranen [2]

Een zelfklevend membraan bestaat steeds uit de volgende drie onderdelen:

- Verwijderbare beschermfolie
- Kleefmiddel
- Toplaag

De toplaag bestaat, net zoals bij een membraan dat niet zelfklevend is, meestal uit EPDM-rubber, polypropyleen of een PE-folie met aluminium coating. De functie van de toplaag is om het membraan sterker te maken, samen te houden en het kleefmiddel bescherming te bieden tegen uv-stralen omdat het anders snel haar klevende werking kan verliezen.

Het kleefmiddel zorgt ervoor dat het membraan waterdicht is en goed kan aansluiten op de gevel. Het kan op basis van twee verschillende materialen gefabriceerd worden, namelijk bitumen of butyl.

Een kleefmiddel op basis van bitumen zal goedkoper zijn maar brengt ook nadelen met zich mee. Zo zal het minder goed kleven bij lage temperaturen, is het na het aanbrengen nog slechts moeilijk te verplaatsen, zal het bij hoge temperaturen makkelijk uitlopen en zal het ook steeds kwetsbaar blijven voor uv-straling. Deze nadelen zijn er niet bij een kleefmiddel op basis van butyl maar er dient steeds afgewogen te worden of dit het hogere prijskaartje waard is.

Wanneer een membraan niet zelfklevend is, kan het aan de gevel bevestigd worden door middel van lijm. Afhankelijk van de ondergrond dient men te variëren tussen verschillende types lijm. Een andere optie is om het membraan gewoon in het pleisterwerk te verwerken. Er moet dan wel gewerkt worden met een membraan dat zeer ruw is zodat het voldoende aan het pleisterwerk blijft hangen.

3.2.2.2 Kitvoegen

In hoofdzaak worden kitvoegen bij het schrijnwerk gebruikt met de volgende doeleinden:

- Dichten voeg dorpel - schrijnwerk
- Dichten voeg gevel - schrijnwerk (zowel langs zijkanten als bovenkant)
- Dichten voeg gevel - dorpel (bij gebruik buitenbeploistering)
- Dichten voeg binnenbeploistering - schrijnwerk

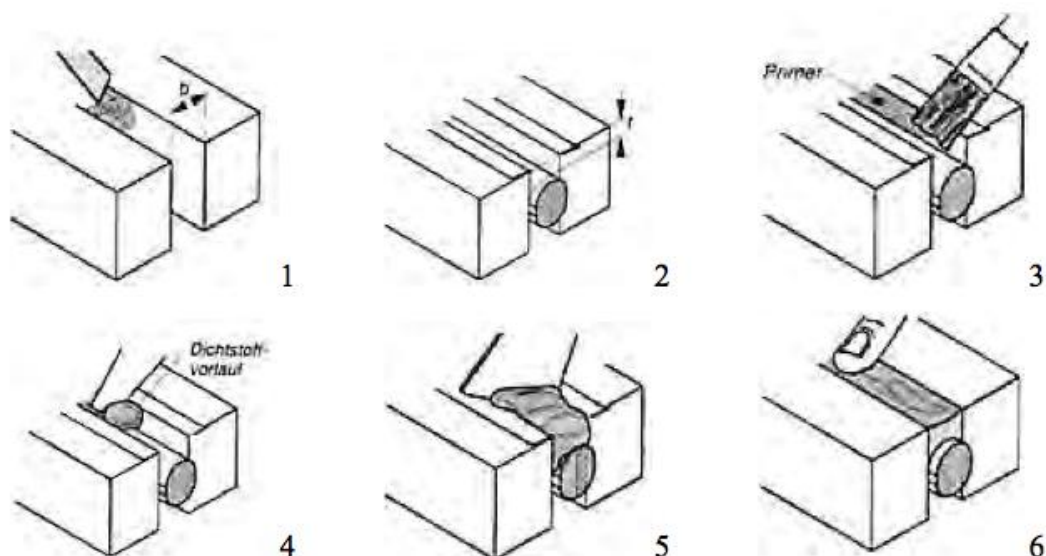
Kitten kunnen uit verschillende soorten grondstoffen bestaan en hierdoor ontstaat een zeer divers aanbod met verschillende soorten kitten met elk hun eigen specifieke eigenschappen. Afhankelijk van deze eigenschappen komen bepaalde kitten bij specifieke toepassingsgebieden het best tot hun recht.

Zoals eerder aangegeven worden de kitten uit verschillende materialen opgebouwd. Vaak worden siliconen of polymeren gebruikt maar ook polyester kan gebruikt worden als kit. De eigenschappen van verschillende kitten komen over het algemeen wel vrij goed overeen. Zo zijn alle kitten zeer elastisch zodat ze grote bewegingen aankunnen zonder permanent te vervormen, hechten ze goed op de meeste ondergronden en zijn ze meestal zeer duurzaam. Om te weten welke kit specifiek de beste is voor een bepaalde toepassing is het aangeraden om hun technische fiches te raadplegen. De voornaamste factoren waar specifiek rekening mee moet gehouden worden zijn de volgende:

- Graad van blootstelling
- Omgevingsgebied: niet agressief vs. agressief gebied (industrie-, kustgebied, stadsomgeving, ...)
- Lengte van de voeg
- Hoogte van de voeg

Elke kit bestaat ook steeds uit één of twee componenten. Kitten die uit één component bestaan, harden uit zichzelf uit. Dit meestal dat ze, nadat ze gespoten zijn, een reactie zullen aangaan met het vocht dat zich in de atmosfeer bevindt. Een kit die uit twee componenten bestaat, gaat daarentegen hard worden door de reactie tussen deze twee componenten. Deze componenten gaan zich pas mengen nadat ze gespoten zijn en zullen vervolgens uitharden.

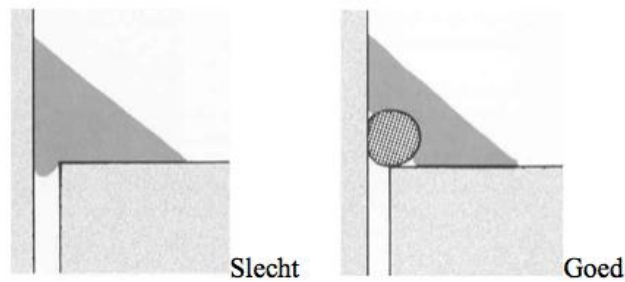
Het aanbrengen van de kit dient ook zeer nauwkeurig te gebeuren omdat het doel is om de voeg lucht- en waterdicht te maken. Hierbij is een hoge precisie vereist en de uitvoering dient als volgt te gebeuren:



Figuur 35: Correcte uitvoering kitvoegen [2]

- Losse stukjes mortel op voorhand verwijderen
- Voegbodem plaatsen
- Stof verwijderen + eventueel aanbrengen primer voor betere hechting kit
- Door middel van een spuitpistool de kit aanbrengen
- Overschot aangebrachte kit verwijderen
- Kit gladstrijken (dit mag met de vinger gedaan worden)

Over de voegbodem waarover gesproken wordt in puntje 2 is nog wat extra uitleg nodig. Dit is een bodem die ervoor dient te zorgen dat geen overbodige hoeveelheid dure kit gespoten wordt in de voeg. Deze voegbodem is een flexibele strook die meestal bestaat uit polyethyleen (PE) of polyurethaan (PU). Deze gaat, in tegenstelling tot de kit, zich niet hechten in de voeg maar wordt gewoon vastgeklemd. Ook de kit zelf die er vervolgens overheen gespoten wordt, gaat zich niet hechten aan de voegbodem. Hierdoor vermijdt men dat de kit op drie plaatsen vastgehecht wordt en vergroot men de afstand tussen de plaatsen waar de kit wel vastkleeft. Door deze afstand te vergroten wordt ook de vervorming groter en zal de kit minder snel scheuren vertonen.



Figuur 36: Nut aanbrengen voegbodem [2]

Naar duurzaamheid toe is het moeilijk om een levensduur op een kit te plakken. Factoren die een rol in spelen in de levensduur zijn onder meer de blootstelling aan uv-stralen, vochtigheidsgraad, warmte en cyclische bewegingen. De levensduur is dus sterk afhankelijk van de specifieke plaats waar de kit aangebracht is. Verder zijn er ook twee verschillende manieren waarop een kit kan verouderen: enerzijds kan het materiaal degraderen en anderzijds kan het materiaal loskomen. Door de hoge kwaliteit van het gebruikte materiaal komt het momenteel nog slechts zelden voor dat dit materiaal degradeert. Dit wordt tegenwoordig enkel nog vastgesteld bij een kit met twee componenten die onvoldoende met elkaar vermengd zijn. Wel is het belangrijk om de kit goed te onderhouden: 1 jaar na de plaatsing moet er een controle uitgevoerd worden waarbij eventueel kapotte onderdelen vervangen worden. Vervolgens voert men deze controle dan telkens om de 3 jaar uit.

3.2.2.3 Zwelbanden

In hoofdzaak worden zwelbanden bij het schrijnwerk gebruikt als alternatief voor kitvoegen met de volgende doeleinden:

- Dichten voeg dorpel - schrijnwerk
- Dichten voeg gevel - schrijnwerk (zowel langs zijkanten als bovenkant)

Zwelbanden worden geïmpregneerd met stoffen om deze water- en luchtdicht te maken. Een zwelband bestaat uit schuimstof, waartussen nog verschillende mogelijkheden zijn. Zo kan polyurethaan gebruikt worden, maar ook stuggere materialen zoals polyethyleen, EPDM of butyl. Een gevolg is dan wel dat deze stuggere materialen minder sterk kunnen vervormen. Een zwelband wordt steeds samengedrukt tot ongeveer 10% van zijn oorspronkelijke grootte en wordt steeds op rollen geleverd. Zwelbanden bezitten verder nog een grote uitzettingscapaciteit en worden van een zelfklevende laag voorzien om aan het schrijnwerk te bevestigen.

Een zwelband wordt bevestigd door de zelfklevende laag op het vensterkader te bevestigen vóór de plaatsing of wordt ook soms na de

plaatsing in de voeg geduwd. Na de plaatsing begint deze dan op te zwellen en zet zich zo uiteindelijk vast. De duur van het zwellen is afhankelijk van de temperatuur: hoe warmer het is, hoe sneller de zwelband zich gaat vastzetten.

3.2.3 Waterdichtheid bij renovatie

De hierboven besproken voorwaarden die moeten toegepast worden om een venster waterdicht te kunnen maken, gelden in principe voor de aansluiting bij nieuwbouw. Het is vaak echter zo dat niet alle methodes kunnen toegepast worden bij een bestaand gebouw waardoor men bij een renovatie van het schrijnwerk moet uitzoeken wat wel en niet mogelijk is.

Omdat deze scriptie zich hoofdzakelijk specifiek richt naar renovatie is dit dus ook een belangrijk aspect om verder te bespreken. Door hiernaar onderzoek uit te voeren, werd echter al gauw duidelijk dat er over het algemeen weinig problemen zijn met de waterdichtheid van de raamaansluiting. Het feit dat vensters in de praktijk nauwelijks problemen hebben met waterinfiltratie is te verklaren door de positionering van vensters in een gebouw. Het is namelijk zo dat vensters vroeger altijd achter slag geplaatst werden om deze te beschermen tegen barre weersomstandigheden zoals onder andere neerslag. Omdat dit vroeger zo uitgevoerd werd, is men deze bouwtraditie altijd blijven voortzetten. Deze traditie die dus uit praktische overwegingen is ontstaan, zorgt er dus voor dat er zelden problemen zijn met waterinfiltratie via de aansluiting van het schrijnwerk.

Zelfs wanneer er geen sprake is van een spouwmuur maar gewoon een volle massieve muur, zullen er zelden problemen zijn met de waterdichtheid van de vensteraansluiting. Er moet natuurlijk wel voor gezorgd worden dat het schrijnwerk, net zoals bij een spouwmuur, gewoon achter slag en ver genoeg naar binnen geplaatst wordt. Als het schrijnwerk correct geïnstalleerd is, kan de aansluiting ervan onmogelijk in contact staan met neerslag en komt het schrijnwerk bovendien niet in aanraking met de buitenkant van de muur die in sommige gevallen wel erg vochtig kan zijn. Wel is het zo dat er vaak schimmelvorming voorkomt rond de openingen van het schrijnwerk bij massieve muren. Deze zijn echter geen gevolg van een slechte waterdichtheid van het schrijnwerk maar een gevolg van oppervlaktecondensatie langs de binnenkant. Dit komt omdat de dagkant van het schrijnwerk vaak zeer koud is waardoor vochtige lucht langs de binnenkant van het gebouw op deze plaatsen gaat condenseren, met mogelijk schimmel als gevolg.

3.3 Koudebruggen

3.3.1 Algemeen

3.3.1.1 Definitie

Een koudebrug is de zwakke schakel in de isolatieschil die de gebreken afkomstig van de uitvoering en/of het ontwerp bloot legt. Het isolerende karakter waarnaar gestreefd wordt zal op deze plaatsen onderbroken zijn. Koudebruggen worden gekenmerkt door de lagere oppervlaktetemperaturen. Deze bevinden zich telkens op die plaats waar de warmtestromen bijzonder dicht bij elkaar gelegen zijn. Dit is ook de reden waarom ze thermografisch opspoorbaar zijn.

Koudebruggen kunnen voorkomen in 2 vormen: op één punt gericht of lineair. Koudebruggen die op één punt gericht zijn, komen voor wanneer een muur die geïsoleerd is, doorboord wordt door een element met een hoge warmtegeleidbaarheid of in hoeken van een gebouw. Dit type wordt waargenomen bij de verbinding tussen twee muren en een vloer, bij een verankering in een geïsoleerde wand, ... Dit soort van koudebrug wordt benoemd met de Griekse letter χ en uitgedrukt in W/K. Onder de lineaire koudebruggen vallen de warmteverliezen die waargenomen worden tussen de verbinding van twee verschillende onderdelen in de gebouwschil zoals bijvoorbeeld de verbinding tussen schrijnwerk en muur. Deze wordt aangegeven met de Griekse letter ψ en uitgedrukt in W/(m.K) [33].

3.3.1.2 Gevolgen van koudebruggen rondom het schrijnwerk

1) Condensatie:

Het grootste probleem dat waargenomen wordt bij koudebruggen is de vorming van condensatie. Condensatie is een fenomeen waarbij een faseovergang plaats vindt van een bepaalde gas- of dampvorm naar vloeistof. Condensatie heeft de tegenovergestelde werking van koken. Condensatie bij warme, vochtige lucht gebeurt wanneer deze afkoelt tot onder het dauwpunt, waarna de waterdamp volledig zal condenseren. Hoe hoger de luchttemperatuur is, hoe meer waterdamp er mogelijk zal vrijkomen. De condensatie zal zich telkens afzetten op de koude plaatsen die zich in die ruimte bevinden. Zo kan na een douche in een kleine ruimte zonder al te beste ventilatie worden vastgesteld dat de waterdamp gecondenseerd is op de koude oppervlakken zoals spiegels, tegels en ramen.

Condensatie bij vensters en diens aansluiting wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren: een lage temperatuur aan de oppervlakte van de verbinding tussen het schrijnwerk en de muur enerzijds en een binnenlucht met een te hoge absolute vochtigheid

anderzijds. Dit wil zeggen dat wanneer lucht een bepaalde waterdamp bevat die vrij komt, deze zich zal afzetten op die plaatsen waar de binnenoppervlaktetemperatuur lager ligt, zoals bijvoorbeeld bij koudebruggen. Op deze plaatsen zal de warme lucht afkoelen en is deze niet meer in staat al haar waterdamp op te slaan. Hierdoor 'stationeert' ze deze waterdamp op deze plaatsen. Condensatie kan ernstige vochtproblemen veroorzaken binnenin de woning en de leefbaarheid serieus aantasten.

Berekeningen die bepalen wanneer er al dan niet condensatie optreedt bij koudebruggen, zijn momenteel nog niet opgenomen in de reële normen. Hierdoor is het moeilijk te bepalen of ze al dan niet gaan voorkomen in de vooropgestelde bouwknopen. Wel kan er berekend worden of condensatie al dan niet zal optreden. Om deze te vermijden moet gezorgd worden dat de temperatuurfactor f_{Rsi} van de cruciale plaatsen steeds hoger is als de vooropgestelde waarden. Zo kan geconcludeerd worden dat er best een $f_{0,20}$ bekomen wordt groter dan 0,75 à 0,80 om zeker te zijn dat condensatie niet zal voorkomen. In sommige gevallen kunnen waarden boven de 0,60 ook nog toegelaten worden maar lager mag men zeker niet gaan. De kans op condensatie wordt dan veel te groot. De berekening van deze factor zal later toegelicht worden [33] [36].

2) Schimmelvorming:

Schimmelvorming is een rechtstreeks gevolg van condensatie. Schimmels trekken immers naar plaatsen waar vocht aanwezig is. Zij zorgen voor een degradatie van de constructie en tasten de gezondheid van de inwoners aan [36].

3) Hogere verwarmingskosten:

Bouwknopen veroorzaken warmteverliezen op deze plaatsen. Door deze warmteverliezen zal er extra moeten verwarmd worden om dezelfde binnentemperatuur te creëren en zullen hiervan de kosten dus stijgen.

4) Luchtlekken:

Vaak worden bij bouwknopen ook onaangename luchttochten waargenomen. Dit is het gevolg van het feit dat de luchtdichtheid (zie ook hoofdstuk 'Luchtdichtheid') in vele gevallen te wensen overlaat.

5) Verlaagd wooncomfort:

De plaatsen waar bouwknopen zich bevinden, zullen koud aanvoelen en veroorzaken een kil gevoel over heel de kamer. Zo kan de kamer verwarmt worden tot de gewenste 20°C maar toch nog kil aanvoelen en het wooncomfort dus verlagen.

3.3.2 Het detecteren van koudebruggen

Zeker bij renovatie is het belangrijk om te weten waar zich problemen omtrent koudebruggen voordoen om deze grondig te kunnen aanpakken. Ook bij nieuwbouw is het belangrijk om ervoor te zorgen dat er zo weinig mogelijk koudebruggen voorkomen. Daarom is het belangrijk te weten welke testen er kunnen gedaan worden om eventuele koudebruggen op te sporen.

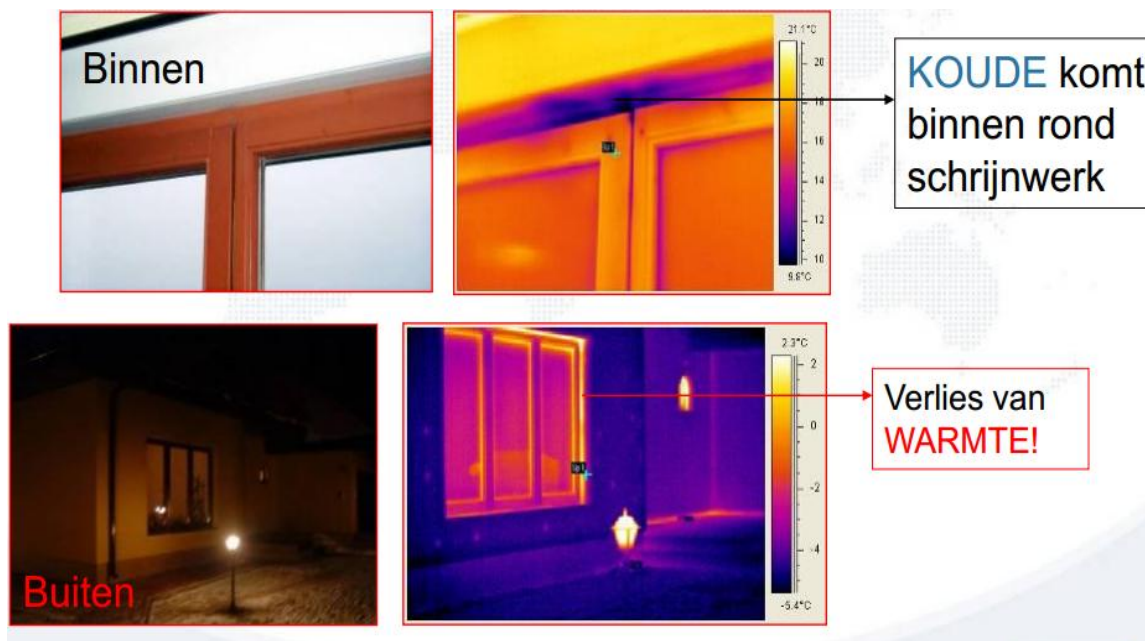
3.3.2.1 Thermografie

Infraroodfotografie toont de warmteverliezen in een woning, en dit door met behulp van een niet-destructieve proef vanop afstand de temperaturen in beeld te brengen. Deze test kan enkel uitgevoerd worden wanneer er een duidelijk verschil is tussen de binnen- en de buitentemperatuur. Als meettoestel wordt hiervoor gebruik gemaakt van een warmtecamera of thermografische camera.



Figuur 37: Thermografische camera [41]

De resultaten van de thermografische camera worden ingelezen in de computer of kunnen in sommige gevallen afgelezen worden van het kleine beeldscherm van de camera.



Figuur 38: Thermografische proefresultaten [49]

Zoals figuur 39 weergeeft, wordt er heel wat informatie bekomen over de energetische kwaliteit. Soms is het bekijken van de resultaten reeds voldoende om te weten waar de problemen zich voordoen en of het al dan niet noodzakelijk is ze aan te pakken. Toch kunnen uit de foto's ook bepaalde rekenwaardes gehaald worden waarover verder zal gesproken worden in 'Case: Koudebruggen'.

Thermografie is voor het bepalen van bouwknoepen over een ganse woning de snelste methode aangezien van op een afstand een groot gedeelte in één keer gefotografeerd kan worden. Maar niet enkel bouwknoepen kunnen opgespoord worden. Ook kan er nagegaan worden of er al dan niet isolatie in de muren aanwezig is en of deze continue doorloopt, of er waterlekken of luchtlekken zijn en of de luchtdichtheid verzekerd is (Zie hoofdstuk 'Luchtdichtheid') [49].

3.3.2.2 Oppervlaktethermometer

De temperatuur op de wanden, in verbindingen, achter glas,... kan gemeten worden met een oppervlaktethermometer. De thermometer wordt gehouden tegen de plaats waarvan de temperatuur moet achterhaald worden en de meter geeft de aanvoelwarmte van deze plaats aan. Door de temperatuur te meten rond bepaalde plaatsen kan vastgesteld worden of er al dan niet een koudebrug te vinden is op dergelijke plaats.



Figuur 39: Digitale oppervlaktethermometer [11]

De oppervlaktethermometing is een omslachtig werk wanneer het ganse gebouw dient bestudeerd te worden. Ideaal is deze methode wel wanneer er enkel details bestudeerd gaan worden. In een klein huis met weinig vensters kan er dus geopteerd worden om een check-up te doen van de verbindingen met behulp van de oppervlaktethermometer. Als hulpmiddel is het gemakkelijk een kopie te maken van de verschillende plannen van het huis en de gemeten temperaturen hier op aan te vullen en zo de verschillen te bekijken.

3.3.2.3 Visueel of manueel

Ook visueel of manueel kan er een nagegaan worden waar zich eventuele koudebruggen bevinden. Visueel kan er gekeken worden waar vocht- en schimmelplekken zijn; deze staan meestal garant voor een koudebrug. Ook door het betasten van de muur, het schrijnwerk, de verbinding, ... kan gevoeld worden waar er zich koude plaatsen bevinden. Op plaatsen waar het zeer koud aanvoelt, is de kans groot dat zich daar een koudebrug schuil houdt.

3.3.3 Grootheden omtrent koudebruggen

Met betrekking tot koudebruggen en de hierop toegepaste EPB-berekeningen, schimmelberekeningen, etc. zijn de drie belangrijkste grootheden de χ - en ψ -waarde en de f_{Rsi} -waarde. Deze waarden worden bekomen op basis van:

- De experimentele metingen zoals beschreven in hoofdstuk 2
- De berekeningssoftware (bv. Trisco, Voltra,...)
- De atlas van koudebruggen

Op basis van deze 3 grootheden kunnen koudebruggen vergeleken worden naar grootte en impact toe. Om de ernst dan ook in te schatten moet er een evaluatie zijn van 2 elementen: het temperatuurverloop en het warmteverlies.

3.3.3.1 De f_{Rsi} -waarde

De f_{Rsi} -waarde wordt gebruikt om de ernst van de koudebrug aan te geven. Het geeft een idee van de thermische kwaliteit en wordt berekend via de formule:

$$f_{Rsi} = \frac{T_0 - T_e}{T_i - T_e}$$

met:

- T_0 = Binnenoppervlaktetemperatuur
- T_e = Buitenluchttemperatuur
- T_i = Binnenluchttemperatuur

De waarde van f_{Rsi} is telkens gelegen tussen 0 en 1 met als gunstigste waarde 1. De grenswaarden zijn opgenomen in het hoofdstuk 'Gevolgen van koudebruggen rondom het schrijnwerk' bij condensatie eerder besproken in dit onderdeel [47].

3.3.3.2 De χ - en ψ -waarde

Om deze waarden te bekomen kan gebruik gemaakt worden van de in de inleiding beschreven methodes.

De ψ -waarde geeft een idee over de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt die altijd zal voorkomen bij vensters, waarbij het principe geldt: hoe lager deze waarde, hoe meer de warmtevraag zal zakken. Onderstaande tabel geeft een beeld van de grenswaarden.

Extra warmteverlies per meter koudebrug		
$\Psi > 0,6$:	zeer hoog	
$0,4 < \Psi \leq 0,6$:	hoog	
$0,1 \leq \Psi \leq 0,4$:	matig	
$0 < \Psi \leq 0,1$:	verwaarloosbaar	
$\Psi \leq 0$:	geen	Bron: IAKOB

Tabel 20: Warmteverlies per meter koudebrug [15]

Toch zijn de waarde in tabel 19 nogal ruim geschat en wordt in Vlaanderen een richtwaarde kleiner dan 0,10 aanbevolen.

De χ -waarde is minder van toepassing voor vensters. Deze geeft immers de op één punt gerichte koudebruggen weer en deze zouden niet mogen teruggevonden worden binnenin of rondom het schrijnwerk. Wanneer er toch hoge χ -waardes gevonden worden, zoals bijvoorbeeld bij doken/muurankers van een venster wordt aangeraden deze punten individueel te bekijken en ze weg te werken met behulp van isolatie [15].

3.3.4 Koudebruggen vs. Bouwknopen

Koudebruggen hebben een negatieve connotatie daar deze direct gelinkt worden aan grote warmteverliezen. Om deze reden is het begrip bouwknopen ingevoerd. Dit is een verzamelnaam voor zowel goede als slechte oplossingen. Sinds januari 2011 zijn bouwknopen opgenomen in de EPB-aangifte. Deze kunnen trouwens net als koudebruggen lineair of in één punt voorkomen [49].

3.3.5 Epb-aanvaardbare plaatsing van bouwknopen

3.3.5.1 Invloed van bouwknopen inrekenen

De invloed van bouwknopen kan ingerekend worden op 3 manieren:

- Optie 1: Gedetailleerde methode:
Bij deze methode wordt het K-peil zo exact mogelijk berekend met behulp van gevalideerde software. Het gebouw kan in zijn geheel doorgerekend worden of per bouwknop apart. Aangezien deze methode zeer specifiek is in geval per geval kan er moeilijk een algemeen besluit getrokken worden voor de bouwknopen rondom een schrijnwerk.
- Optie 2: Methode van de EPB-aanvaarde bouwknopen:
 - EPB aanvaardbare bouwknopen: Op deze methode zal in dit hoofdstuk verder toegespitst worden. De methode geeft een kleine toeslag van 3 K-punten en moet getracht nagestreefd te worden. De methode is pragmatischer en eenvoudiger als optie 1
 - Niet-EPB aanvaardbare bouwknopen: Dit zijn de bouwknopen die niet vallen onder bovenstaand punt en extra moeten ingerekend worden. Dit gebeurt op exact dezelfde manier als optie 1, maar is alles behalve winstgevend en moet ten allen tijden vermeden worden
- Optie 3: Forfaitaire toeslag:
Dit is de minst gunstige methode en komt voor wanneer de uitvoerders en/of het ontwerpteam weigert inspanning te doen om het warmteverlies ter plaatse te beperken. De invloed is onbekend en geeft een forfaitaire toeslag van 10 K-punten[34].

3.3.5.2 EPB-aanvaardbare plaatsing van vensters

Om te streven naar een forfaitaire toeslag van 3 K-punten is het van groot belang een EPB-aanvaardbare plaatsing van de vensters te bekomen. Hiervoor gaat er een analyse gedaan worden op 2 praktische voorbeelden die voorkomen bij het vervangen van de vensters bij renovatie alsook bij de nieuwbouw. De analyse zal gebeuren op een gevel die rechtstreeks aansluit op het raamkader en een gevel die hierop niet rechtstreeks aansluit.

3.3.5.2.1 Een vast raamkader wordt rechtstreeks aangesloten op de isolatielaag

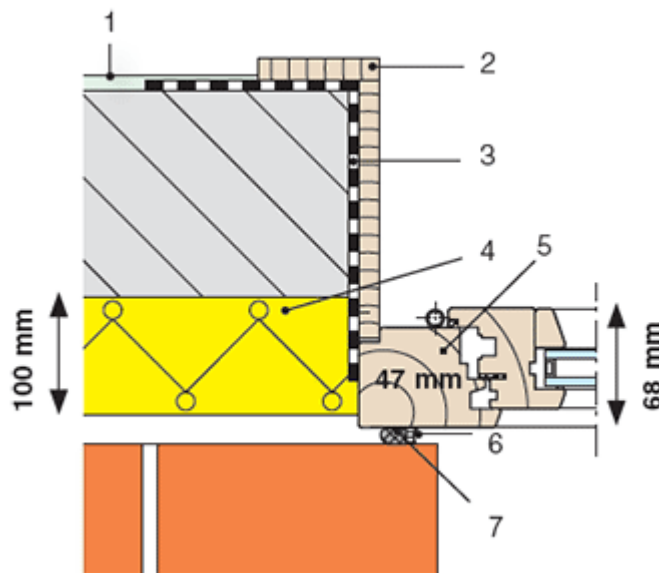
Bij een rechtstreekse aansluiting van het schrijnwerk op de isolatielaag kan er gesproken worden van een eerste regel, basisregel 1. Deze regel schrijft een minimum contactlengte voor in de verbinding tussen schrijnwerk en isolatielaag. Deze minimum contactlengte moet voldoen aan:

$$\frac{1}{2} \cdot \min(d_1, d_2) \leq d_{contact}$$

Met:

- $d_{contact}$ = De minimumcontactlengte
- d_1 = De dikte van de vaste kader van het raamprofiel, deze gemeten loodrecht op het glas.
- d_2 = De dikte van de isolatie van de samenkomende scheidingconstructies.

Om de basisregel duidelijk kenbaar te maken zal deze uitgelegd worden aan de hand van een voorbeeld. Een gerenoveerde muur is zo gerenoveerd dat deze bestaat uit een binnen- en buitenmuur met daartussen een isolatielaag bestaande uit minerale wol van 100 mm. De bedoeling is om het raamkader zo te plaatsen als voorgesteld in de figuur. De gekozen venster bestaat uit een hoogrendementsglas en een houten raamkader van 68 mm dik.



Figuur 40: Voorbeeld 1 [34]

De vraag luidt dan als volgt: Mag deze plaatsing zo gebeuren als voorgesteld op figuur 41 om een EPB-aanvaardbare plaatsing te bekomen?

Gebruik makend van de formule $\frac{1}{2} \cdot \min(d_1, d_2) \leq d_{contact}$ is het eerst en vooral van noodzaak de verschillende waarden voor d te achterhalen:

- $\frac{d_1}{2} = \frac{68}{2} \text{ mm} = 34 \text{ mm}$ (Dikte van het raamkader)
- $\frac{d_2}{2} = \frac{100}{2} \text{ mm} = 50 \text{ mm}$ (Dikte van de isolatielaag)
- $d_{contact} = 47 \text{ mm}$ (De minimum contactlengte)

Deze waarden invullen in de formule geeft:

$$\min(34 \text{ mm}; 50 \text{ mm}) \leq 47 \text{ mm}$$

Er is voldaan aan de formule waardoor besloten kan worden dat de vensteraansluiting voldaan is volgens de EPB-aanvaarde plaatsing van vensters. De forfaitaire toeslag zal dan ook 3 K-punten bedragen.

Let op: Wanneer er aangesloten dient te worden op raamprofielen met een thermische onderbreking is deze basisregel niet van toepassing. De isolatielaag dient over de volledige breedte van de thermische onderbreking aangesloten te worden om EPB-aanvaardbaar te zijn [34].

3.3.5.2.2 Een vast raamkader wordt niet rechtstreeks aangesloten op de isolatielaag

Wanneer de aansluiting van de isolatielaag op een vast raamkader niet rechtstreeks gebeurt maar gebruik maakt van extra bijkomende isolerende delen is basisregel 1 niet van toepassing. Hiervoor is een andere regel van toepassing, nl. basisregel2. De isolerende delen zullen wel de functie van een doorlopende isolatielaag moeten overnemen waardoor ze moeten voldoen aan 3 basiseisen:

- De warmtegeleidbaarheid λ van elk onderdeel plaatsvervangend ten opzichte van de anders doorlopende isolatielaag moet een waarde hebben die voldoet aan: $\lambda \leq 0,2 \text{ W/(m.K)}$
- De warmteweerstand R van elk onderdeel plaatsvervangend ten opzichte van de anders doorlopende isolatielaag mag nooit kleiner zijn dan de helft van de R_1 -waarde van de onderbroken isolatielaag. Hierbij wordt tevens een bovengrens van $1,5 \text{ W/(m.K)}$ gesteld. De warmteweerstand wordt berekend aan de hand van onderstaande formule:

$$R = \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}}$$

met:

- d_{isol} = de dikte van het plaatsvervangende isolerende deel [m] loodrecht gemeten op de thermische snijlijn
 - λ_{isol} = De warmtegeleidbaarheid van het plaatsvervangende deel [W/(m.K)]
- Net als bij de rechtstreekse aansluiting geldt er een contactlengte eis. Deze is wel verschillend ten opzichte van de niet rechtstreekse aansluiting en is als volgt:

$$d_{contact} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{isol}, d_x)$$

met:

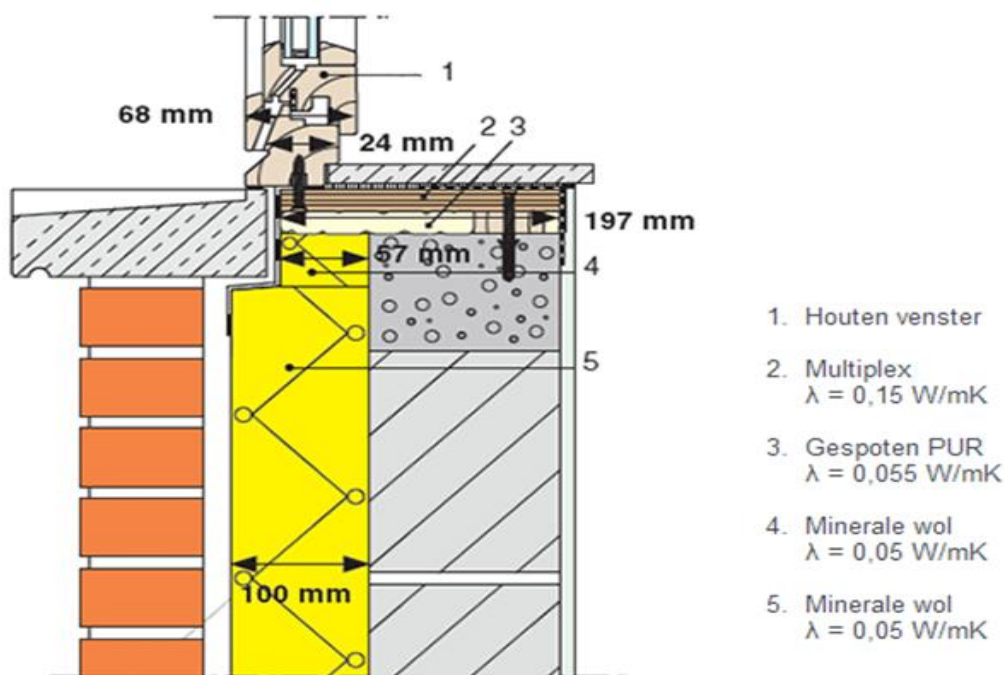
- $d_{contact}$ = De minimumcontactlengte
- d_{isol} = De dikte van het tussengevoegde isolerende deel dat aansluit op een onderbroken isolatielaag
- d_x = de dikte van de isolatielaag

Wel geldt dat wanneer het tussengevoegde isolerende deel de aansluiting vindt met een ander tussengevoegd isolerend deel d_x staat voor de dikte van het andere tussengevoegd isolerende deel.

Om deze basisregel duidelijk te maken zal er gebruik gemaakt worden van een voorbeeld. In dit voorbeeld zal een nieuw venster geplaatst worden in een bestaande toestand ter hoogte van de vensterdorpel met een omkasting uit multiplex. In de onderbreking van de isolatielaag werden 3 verschillende isolerende delen geplaatst, nl.:

- Een multiplexplaat uit hout met een breedte van 197 mm en een λ -waarde van 0,15 W/(m.K).
- Een isolatielaag bestaande uit PUR met een breedte van 197 mm en een λ -waarde van 0,055 W/(m.K).
- Een isolatielaag bestaande uit minerale wol met een breedte van 57 mm en een λ -waarde van 0,05 W/(m.K).

De isolatie die reeds in de muur te vinden is is vervaardigd uit minerale wol. Er wordt gekozen om een passief houten schrijnwerk met hoogrendementsglas te plaatsen zoals te zien is op de ontwerptekening 41.



Figuur 41: Voorbeeld 2 [34]

De vraag luidt dan als volgt: Mag deze plaatsing zo gebeuren als voorgesteld op figuur 41 om een EPB-aanvaardbare plaatsing te bekomen?

Hiervoor moeten de 3 eisen van basisregel 2 gevolgd worden.

- 1) De eerste eis van de basisregel schrijft voor dat de warmtegeleidbaarheid λ van elk tussengevoegd isolerend onderdeel kleiner of gelijk moet zijn aan $0,2 \text{ W/(m.K)}$. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de warmtegeleidbaarheid-waardes terug te vinden in figuur 42 . De waardes zijn genummerd en terug te vinden in de schets. Wanneer er gekeken wordt naar het tussengevoegd isolerende deel (2-3-4) kan er vastgesteld worden dat deze warmtegeleidbaarheid-waardes voldoen voor de 3 tussengevoegde delen.
- 2) De tweede eis schrijft voor dat de warmteweerstand R van elk tussengevoegd isolerend onderdeel groter moet zijn dan de helft van de R -waarde van de onderbroken isolatielaag. Deze heeft tevens een bovengrens van $1,5 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$. De helft van de warmteweerstand R_1 van de onderbroken isolatielaag geeft als resultaat:

$$R_1 = \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}} = \frac{0,1 \text{ m}}{0,05 \text{ W/(m.K)}} = 2 \frac{\text{m}^2\text{.K}}{\text{W}} \implies 1,5 \frac{\text{m}^2\text{.K}}{\text{W}}$$

De warmteweerstand van elk isolerend deel plaatsvervangend aan de onderbroken isolatielaag geeft als waarden:

$$R_{\text{minerale wol}} = \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}} = \frac{0,057 \text{ m}}{0,05 \text{ W/(m.K)}} = 1,14 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_{\text{gespoten PUR}} = \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}} = \frac{0,197 \text{ m}}{0,055 \text{ W/(m.K)}} = 3,58 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_{\text{multiplex}} = \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}} = \frac{0,197 \text{ m}}{0,15 \text{ W/(m.K)}} = 1,31 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Wanneer R_1 vervolgens vergeleken wordt met $R_{\text{minerale wol}}$, $R_{\text{gespoten PUR}}$, $R_{\text{multiplex}}$ kan er vastgesteld worden dat er niet voldaan is aan de basiseis aangezien $R_{\text{minerale wol}}$ en $R_{\text{multiplex}}$ beide kleiner zijn dan de ondergrens van $1,5 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$. De warmteweerstand van de minerale wol en de multiplexkader zullen dus verhoogd moeten worden door middel van een aangepaste keuze van producten.

- 3) Aan de hand van de derde eis of contact-eis kan er gekeken worden of er telkens voldoende contact is om EPB-aanvaardbaar te zijn. Deze voorwaarde kan bewezen worden met behulp van de formule: $d_{contact} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{isol}, d_x)$. Toegepast op voorbeeld 2 gaan er 4 verbindingen en hun contactlengte moeten gecontroleerd worden:

- De contactlengte tussen de onderbroken isolatielaag minerale wol – tussengevoegd isolerend deel uit minerale wol:

$$\frac{d_{isol}}{2} = \frac{100}{2} \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

$$\frac{d_x}{2} = \frac{57}{2} \text{ mm} = 28,5 \text{ mm}$$

$$d_{contact} = 57 \text{ mm} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{isol}, d_x) = 28,5 \text{ mm}$$

Uit deze formule kan besloten worden dat er ruim voldaan is aan de verplichte contactlengte.

- De contactlengte tussen het toegevoegde isolerende deel in gespoten PUR – toegevoegd isolerend deel uit minerale wol:

$$\frac{d_{x,gespoten PUR}}{2} = \frac{197}{2} \text{ mm} = 98,5 \text{ mm}$$

$$\frac{d_{x,minerale wol}}{2} = \frac{57}{2} \text{ mm} = 28,5 \text{ mm}$$

$$d_{contact} = 57 \text{ mm} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{isol}, d_x) = 28,5 \text{ mm}$$

Uit deze formule kan besloten worden dat er ruim voldaan is aan de verplichte contactlengte.

- De contactlengte tussen het toegevoegde isolerende deel in gespoten PUR – toegevoegd isolerend deel uit multiplex:

$$\frac{d_{x,multiplex}}{2} = \frac{197}{2} \text{ mm} = 98,5 \text{ mm}$$

$$\frac{d_{x,gespoten PUR}}{2} = \frac{197}{2} \text{ mm} = 98,5 \text{ mm}$$

$$d_{contact} = 197 \text{ mm} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{isol}, d_x) = 98,5 \text{ mm}$$

Uit deze formule kan besloten worden dat er ruim voldaan is aan de verplichte contactlengte.

- De contactlengte tussen het houten raamkader – toegevoegd isolerend deel uit multiplex:

$$\frac{d_{x,multiplex}}{2} = \frac{197}{2} \text{ mm} = 98,5 \text{ mm}$$

$$\frac{d_{isol,raamkader}}{2} = \frac{68}{2} \text{ mm} = 34 \text{ mm}$$

$$d_{contact} = 24 \text{ mm} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{isol}, d_x) = 34 \text{ mm}$$

Uit deze formule kan besloten worden dat er niet voldaan is aan de verplichte contactlengte.

Zowel omdat de $R_{\text{minerale wol}}$ en $R_{\text{multiplex}}$ beide kleiner zijn dan de ondergrens van $1,5 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ en de de contactlengte tussen het houten raamkader en het toegevoegde isolerende deel uit multiplex niet groot genoeg is, is de gehele vensteraansluiting geen EPB-aanvaardbare bouwknop en komt deze aansluiting niet in aanmerking voor de toeslag van 3 K-punten forfaitaire toeslag. Aangezien dit nog opgemerkt is tijdens de ontwerpfase kan er best geopteerd worden de verbinding te vergoten met 10 mm om een EPB-aanvaardbare bouwknop te verkrijgen. Wanneer dit en de aanpassing van de materialen minerale wol en de multiplexkader in het ontwerp worden aangepast is het een perfecte verbinding en klaar voor installatie [34] .

3.3.6 Besluit

Het is van groot belang om bouwknopen te voorkomen en naar renovatie toe strikt aan te passen aangezien zij desastreuze gevolgen zoals schimmels, vochtproblemen,... te weeg brengen. Daarom is het ten allen tijden belangrijk dat bij het renoveren van de woning een thermografie wordt aangevraagd. Deze proef zal de bouwknopen kunnen opsporen waarna de ontwerper kan beginnen na te denken hoe hij dit zal oplossen. Het makkelijkste hierbij is dat de ontwerper altijd de twee basisregels respecteert en er ten allen tijden op toegekeken wordt dat in een latere fase de uitvoering gebeurt zoals staande op het ontwerp om het aantal bouwknopen zoveel mogelijk te drukken.

3.4 Akoestiek

Akoestisch comfort is zeker in drukke straten of voor huizen aangrenzend aan luchthavens of autostrades een niet te onderschatten onderdeel om een prettig leefcomfort te bekomen. Het kan zeer nadelige gevolgen hebben voor de gezondheid van de inwonende. Verschijnsels als stress, zenuwachtigheid, slaapstoornissen en vermoeidheid worden meermaals waargenomen bij inwoners die leven in een slecht akoestisch geïsoleerde woning.

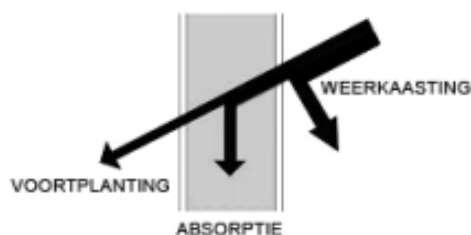
3.4.1 Geluid

De oorzaak van de verschijnselen die waargenomen worden bij een slecht akoestisch comfort zijn een gevolg van het begrip geluid. Dit is een trilling doorheen de lucht met een eigen frequentie, sterkte en duur. Geluid is een mengeling die bestaat uit zuivere tonen met veelvuldige frequenties met elk zijn amplitude en kan storend waargenomen worden. Geluid kan zich verplaatsen via verschillende media. Wanneer gekeken wordt naar de woningbouw is dit meestal via lucht. Hierbij wordt het geluid voortgeplant met een snelheid van 340 m/s en zal langzamerhand zijn sterkte verliezen. Gesteld kan dus worden dat het geluid zal afnemen wanneer deze telkens verder van de bron gemeten zal worden.

Geluid is een logaritmische meeteenheid en wordt uitgedrukt in decibels(dB). Het geluidsniveau wordt telkens vastgesteld met een "geluidsmeter". Uit eerdere testen en zijn logaritmische opbouw kan er besloten worden dat:

- Bij 2 geluiden met een verschil tussen beide van minstens 10 dB, de hoogste dB de laagste maskeert. Ook wel bekend als het maskeringseffect.
→ $50 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 60 \text{ dB}$
- Bij 2 geluiden met 2 identiek dezelfde geluidsbronnen wordt een stijging van 3 dB waargenomen.
→ $50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 53 \text{ dB}$
- De vermenigvuldiging van de geluidsterkte met 10 is gelijk aan een stijging met 10 dB.
→ $50 \text{ dB} \times 10 = 60 \text{ dB}$

Toch zeggen deze decibels niet alles over wat het menselijk oor waarneemt. De mens neemt immers voor een zelfde geluidsniveau (dB)



Figuur 42: 3 reacties van geluid op een venster [29]

met verscheidene frequenties een verschillende luidheid waar. Hierdoor wordt er gebruik gemaakt van dB(A) en dB(B). Beide hebben als functie het geluidsniveau afhankelijk van de frequentie af te wegen. De meest toegepaste filter van deze 2 is de A-filter. Deze filter heeft als kenmerk een geluidsniveau van 40 dB met een frequentie van 1 kHz. De B-filter drukt een waargenomen geluidsniveau van 70 dB voor een zuivere toon met 1 kHz uit [29].

Wanneer er gekeken wordt naar het gedrag van geluid doorheen een venster of een muur of dergelijke kan vastgesteld worden dat er 3 reacties kunnen optreden zoals uitgebeeld in figuur 42:

- Er kan zich een weerkaatsing van het geluid voordoen wanneer het geluid in contact komt met een materiaal zoals glas, een muur,...
- Het materiaal kan het geluid voor een gedeelte absorberen.
- Een deel van het geluid zal zich altijd kunnen voortplanten doorheen een materiaal. Het is de bedoeling naar akoestisch comfort toe dit zo hard mogelijk te beperken.

3.4.2 Luchtdichtheid

Vooraleer over te gaan naar de keuze van een goede beglazing en schrijnwerk is het belangrijk om te weten dat het cruciaal is luchtdicht te renoveren. Er kan gesteld worden dat het luchtdicht maken van de woning zelfs de allerbelangrijkste strategie is. Hoe perfect de materiaalkeuzes ook zijn naar akoestiek toe, het fenomeen akoestiek en zijn prestatie hangt volledig af van het zwakste punt van de gehele gevel. Zo kan een gat of een spleet of dergelijke tussen de aansluiting muur en raamwerk de volledige akoestische uitvoering te niet doen. Het maximaal dichten van de gehele gevel is dus het eerste punt om geluidlekken uit te sluiten. Het principe van geluid is immers afhankelijk van het medium waarin het meegedragen wordt. Zoals eerder vermeld is dit in de woningbouw de lucht. Dit in het achterhoofd houdende kan er dus besloten worden dat wanneer er luchtlekken zijn er ook geluidlekken zijn.

Hoe het schrijnwerk perfect luchtdicht kan aangesloten worden alsook het algemeen luchtdichten van de woning staat uitgelegd in Hoofdstuk 'luchtdichtheid'. Wanneer er tijdens de renovatie gekozen wordt om dit aan te pakken en men nog steeds slechte resultaten vreest kan er gekozen worden voor een extra akoestisch venster.

3.4.3 Een akoestisch raamkader

Om te gaan kijken of er verschillen zijn naar akoestiek toe bij verschillende raamkaders heeft het WTCB 150 testen gedaan op verschillende types raamkaders. Hierbij werden 3 types onderscheiden: PVC, hout en aluminium. Ook binnen deze types zijn er verschillende soorten kaders (vaste vensters, kipvensters,...) gebruikt. Voor deze test werd gebruik gemaakt van een venster van 1,23m breed en 1,48m hoog. Binnen deze raamkaders werden er testen uitgevoerd met 3 glastypes met elk een andere geluidempingsindex.

Uit de resultaten van de testen kwam volgende tabel naar boven:

	R_{Atr} venster	R_{Atr} venster	R_{Atr} venster
R_{Atr} beglazing	Alu raam	Houten raam	PVC raam
35 dB	31 à 37 dB	33 à 37 dB	34 à 35 dB
38 dB	36 à 38 dB	36 à 39 dB	37 à 41 dB
42 dB	37 à 41 dB	39 à 43 dB	36 à 43 dB

Tabel 21: : Geluidsisolatie van verschillende types raamwerken in combinatie met beglazing [8]

Algemeen kan uit deze tabel besloten worden dat Houten ramen en PVC ramen zich akoestisch beter manifesteren als aluminium ramen. Toch is er zo een klein verschil tussen de waardes dat geconcludeerd kan worden dat de keuze van het schrijnwerk niet een al te groot akoestisch verschil zal teweeg brengen op het leefcomfort [8].

3.4.4 Een goede akoestische beglazing

Bij akoestiek is het zwakste element van de gevel doorslaggevend voor het akoestisch comfort. In een gevel is dat dan ook bijna altijd het venster. Daarom is het belangrijk dat wanneer er een slecht akoestisch comfort heerst, hier naar de details gaat gekeken worden. Aangezien met de keuze van het raamkader weinig te winnen of te verliezen is zal het verschil gemaakt moeten worden met het type beglazing dat gebruikt zal worden. Hierbij kan best gekeken worden naar wat de norm NBN S 01-400-1 voorschrijft en van hieruit een juist type glas kiezen naar akoestiek toe zonder de thermische kwaliteit ervan te verwaarlozen.

3.4.4.1 Enkele begrippen

L_A :

Dit is het buitengeluidsniveau waaraan een gebouw wordt blootgesteld. De waarde kan bepaald worden door middel van een sonometer of op basis van een standaardbeschrijving uit de norm NBN S 01-400-1. De meest belaste gevel op gebied van akoestiek wordt benoemd met L_{Aref} . Wanneer als voorbeeld gekozen wordt voor een geasfalteerde tweerichtingsstraat in de stad zal het buitengeluidsniveau L_{Aref} zich bevinden om en bij de 65 dB. Op de andere gevels zullen lagere waarden worden waargenomen. Zo kan ongeveer gesteld worden dat bij een open bebouwing het buitengeluidsniveau van de achterkant van de meest belaste gevel 13 dB lager zal liggen [64].

D_{Atr} :

Dit is het isolatieniveau dat beschreven staat in de norm NBN S 01-400-1. Deze waarde is afhankelijk van het geluidsdrukniveau. Het is mogelijk om bij iedere L_A een bepaald isolatieniveau bepalen waarbij een normaal akoestisch comfort wordt bereikt. D_{Atr} geeft het isolatieniveau van de gehele gevel weer en is een maatstaf om de uiteindelijke geluidsverzwakkingsindex R_{Atr} te bekomen [64].

R_{Atr} :

R_{Atr} geeft de gewogen voor verkeerslawaai gecorrigeerde geluidsverzwakkingsindex weer. Afhankelijk van het buitengeluidsniveau, isolatieniveau van de gevel, het aantal procent beglazing en de diepte van de ruimte kan er een keuze worden gemaakt hoeveel verzwakking er nodig is met behulp van de vensters om de dB te drukken. Aan de hand van deze waarde kan er dan gekozen worden voor een type venster [64].

De norm NBN S 01-400-1:

Deze norm legt de akoestische criteria vast voor woongebouwen. Het geeft vaste waarden weer voor luchtgeluidsisolatie, contactgeluidsisolatie, gevelisolatie, het uitrustingslawaai binnen de ruimte waar de lawaaibron opgesteld staat en het achtergrondgeluidsniveau binnen slaapkamers en woonkamers. Aangezien dit werk zich enkel beperkt tot de gevel en dan voornamelijk het venster gaat hier enkel toegespitst worden op de eisen voor de isolatie van een gevelvlak van een te beschermen ruimte. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van volgende tabel:

Soort te beschermen ruimte	Normaal akoestisch comfort (*)	Verhoogd akoestisch comfort (*)
Woonkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_A - 34 + m$ dB en $D_{Atr} \geq 26$ dB	$D_{Atr} \geq L_A - 30 + m$ dB et $D_{Atr} \geq 30$ dB
Slaapkamer blootgesteld aan lawaai-belastingspieken tengevolge van spoor- of luchtverkeer	$D_{Atr} \geq 34 + m$ dB	
(*) De waarde m is gelijk aan 0 dB indien de ruimte één gevelvlak heeft en aan 3 dB bij twee gevelvlakken.		

Tabel 22:De eisen voor de isolatie van een gevelvlak van een te beschermen ruimte [62]

Om duidelijkheid te scheppen bij het gebruik van de tabel zal gebruik gemaakt worden van twee voorbeelden waarbij het akoestisch comfort van een woonkamer verzekerd wordt [8] [62].

Voorbeeld 1: Het buitengeluidsniveau bedraagt 55 dB, wat is de vereiste gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie van de gevel in decibel?

$$D_{Atr} \geq L_A - 34 \text{ dB}$$

$$D_{Atr} \geq 55 \text{ dB} - 34 \text{ dB} = 21 \text{ dB}$$

Maar de tweede regel schrijft voor dat: $D_{Atr} \geq 26 \text{ dB}$

Dus: $D_{Atr} = 26 \text{ dB}$

Voorbeeld 2: Het buitengeluidsniveau bedraagt 70 dB, wat is de vereiste gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie van de gevel in decibel?

$$D_{Atr} \geq L_A - 34 \text{ dB}$$

$$D_{Atr} \geq 70 \text{ dB} - 34 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$$

Dus: $D_{Atr} = 36 \text{ dB}$

3.4.5 De keuze van beglazing voor een goede akoestiek

Aan de hand van de norm NBN S 01-400-1 en de uitgelegde begrippen kan de geluidsverzwakkingsindex R_{Atr} vastgelegd worden voor elk raam. Hierbij is er een tabel uitgebracht die rekening houdt met het buitengeluidsniveau, de geluidsisolatie, het percentage beglaasd schrijnwerkoppervlak in verhouding tot de totale geveleppervlakte en de diepte van de ruimte. De tabel geeft telkens de minimum te halen R_{Atr} -waardes:

L_A ⁽¹⁾ [dB]	D_{Atr} ⁽²⁾ [dB]	Vereiste R_{Atr} voor vensters [dB]														
		100 % ⁽³⁾			80 % ⁽³⁾			60 % ⁽³⁾			40 % ⁽³⁾			20 % ⁽³⁾		
		2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾
50	26	31	27	24	30	26	23	29	25	22	27	23	20	24	20	17
55	26	31	27	24	30	26	23	29	25	22	27	23	20	24	20	17
60	26	31	27	24	30	26	23	29	25	22	27	23	20	24	20	17
65	31	36	32	29	35	31	28	34	30	27	32	28	25	29	25	22
70	36	41	37	34	40	36	33	39	35	32	37	33	30	34	30	27
75	41	-	42	39	-	41	38	-	40	37	42	38	35	39	35	32
80	46	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	-	40	-	41	37

Tabel 23: Minimaal vereiste geluidsverzwakkingsindex voor vensters (zonder ventilatieopeningen) [64]

De R_{Atr} -waardes die uit deze tabel te halen zijn zullen een maatstaf vormen voor de akoestische kwaliteit van het venster. Zoals eerder gezegd is het venster het cruciale gedeelte van de gevel naar akoestiek toe. Er kan immers gesteld worden dat een traditionele gevelmuur een geluidsverzwakkingsindex heeft van 50 dB. Wanneer deze vergeleken wordt met de sterkst akoestisch isolerende venster, de dubbele

akoestische beglazing 66.2A-20-44.2A, blijkt dat de gevelmuur nog altijd 8 dB meer verzwakking heeft.

Om een goede akoestische keuze te maken naar type beglazing toe is er een tabel in omloop die de geluidsverzwakking per type beglazing beschrijven. Deze tabel maakt gebruik van de correctiefactoren C en C_{tr} . Aangezien de R_w waarde een gelijke eenheid is die geen rekening houdt met de eigenschappen van de geluidsbron is er nood aan deze correctiefactoren. Hierbij is C de correctie voor geluidsbronnen met weinig lage frequenties. Onder deze vallen bijvoorbeeld nabije vliegtuigactiviteiten, snelwegen, treinen, stemmen,... C_{tr} , waarbij de 'tr' traffic betekent, staat daarentegen voor geluidbronnen met veel lage frequenties zoals bijvoorbeeld stadsverkeer, discotheken, vliegtuigen op grote afstanden,... In dit hoofdstuk is er gekozen de geluidsverzwakkingsindex R_{Atr} te berekenen door de R_w -factor op te tellen met de correctiefactor C_{tr} . Analooch kan dit gebeuren met de correctiefactor C [48]. Dit in het achterhoofd houdende kan tabel 23 uitgezet worden als volgt:

Type	Samenstelling	R_w (C; C_{tr})	R_{Atr} of R_w+C_{tr}
Enkelvoudig	4	32(-1;-2) dB	30 dB
	8	35(-1;-3) dB	32 dB
Niet-akoestisch gelaagd	44.2	35(-1;-3) dB	32 dB
Akoestisch gelaagd	44.2A	37(0;-2) dB	35 dB
Dubbel symmetrisch	4-15-4	29(-1;-4) dB	25 dB
	6-16-6	33(-1;-4) dB	29 dB
Dubbel symmetrisch	6-15-4	34(-1;-4) dB	30 dB
	6-15-10	38(-1;-4) dB	34 dB
Dubbel eenzijdig gelaagd	6-15-55.2	39(-1;-4) dB	35 dB
Dubbel akoestisch gelaagd	8-15-66.2A	43(-2;-4) dB	39 dB
	10-20-44.2A	45(-1;-4) dB	41 dB
Dubbel tweezijdig akoestisch gelaagd	66.2A-20-44.2A	50(-2;-8) dB	42 dB
	66.2A-15-88.2A	51(-1;-4) dB	47 dB
Drievoudig	4-16-4-16-4	32(-2;-5) dB	27 dB
Drievoudig akoestisch gelaagd	6-12-4-12-44.1A	42(-1;-5) dB	37 dB
Drievoudig tweezijdig akoestisch gelaagd	44.1A-12-4-12-44.1A	47(-2;-6) dB	41 dB
	66.1A-12-6-12-44.1A	50(-2;-6) dB	44 dB

Tabel 24: Akoestische prestaties van gebruikelijke beglazingstypes [64]

In de tabel kan vastgesteld worden dat een dubbele beglazing 4-15-4 een lagere R_{Atr} -waarde heeft als enkelvoudig glas. Op het eerste zicht lijkt dit onrealistisch aangezien geluid zich doorheen 2 glazen moet verplaatsen in plaats van 1, toch wordt er hier een lagere geluidsisolatie vastgesteld. De oorzaak van deze daling is te wijten aan de resonantie van dubbel glas. Deze resonantiefrequentie kan opgevangen worden door zowel de dikte van de spouw als de dikte van de glasbladeren te vergroten. Zo kan er al een verhoging van 4 dB worden vastgesteld bij een beglazing type 6-16-6.

Zoals in het hoofdstuk 'Beglazing' wordt besproken kan er geopteerd worden voor een asymmetrische beglazing om het akoestisch comfort te verhogen. Een dubbel tweezijdig akoestisch gelaagde beglazing 66.2A-15-88.2A, waarbij de A staat voor akoestisch gelaagd glas, isoleert immers 22 dB beter dan de dubbele beglazing 4-15-4 waarover eerder gesproken. Opvallend is ook dat een driedubbele beglazing kort in de buurt komt qua geluidsisolatie ten opzichte van dubbel glas maar de waardes toch net niet kan evenaren. Dit komt doordat een driedubbele beglazing moeilijk uit te voeren is in de maten 88.1A omdat de ruit dan te breed gaat worden om te installeren. De resonantie zal hier dus beter zijn werk kunnen doen als bij de dubbel tweezijdig akoestisch gelaagde beglazing 66.2A-15-88.2A.

Wanneer gekeken wordt naar tabel 22 kan tevens vastgesteld worden dat de verhouding tussen het oppervlakte van het venster en het totale geveleppervlak ook een invloed heeft op de keuze. Dit wil zeggen dat er ongeveer 7 dB meer moet geïsoleerd worden bij een 100% beglazing van de gevel ten opzichte van 20 %. Om een goed idee te krijgen kan uit tabel 23 vastgesteld worden dat 7 dB goed maken een 4-15-4 beglazing vervangen is met een zware asymmetrische 6-15-55.2 beglazing [64].

Uit vergelijking van tabel 22 en tabel 23 kan er volgens de norm dus telkens een perfect akoestische beglazing gekozen worden. Wanneer deze in zeer extreme gevallen niet voldoet of men de ruit wilt behouden kan er gekozen worden om een dubbele venster te plaatsen zoals afgebeeld in de figuur 43:



Figuur 43: Dubbele venster met een zeer hoge geluidsverzwakkingsindex [64]

3.4.6 Besluit

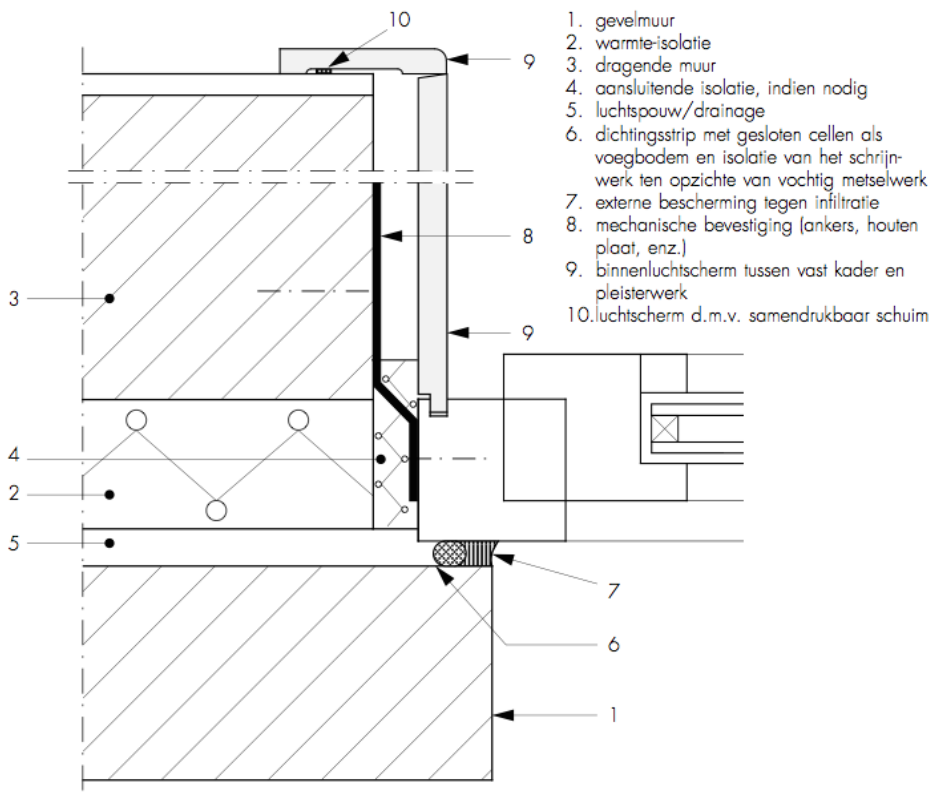
Het is belangrijk bij renovatie stil te staan bij akoestisch comfort. Allereerst zal de luchtdichte aansluiting van het schrijnwerk op de gevel een belangrijk item zijn om de akoestiek te verbeteren. Vervolgens is het verstandig om de staat van het raamwerk te bekijken en dit eventueel te vervangen wanneer er spleten of slechte sluitingen worden waargenomen om een spleetloos akoestisch raamwerk te bekomen.

Wanneer er gekozen wordt om via de norm NBN S 01-400-1 te werken en zo de zekerheid van een akoestisch leefcomfort na te komen kan er aan de hand van tabel 23 een goed glastype gekozen worden met de juiste akoestische prestaties. Let er wel op dat bij een gekozen raamkader ook de geluidsverzwakkingsindex van de gehele venster negatief kan beïnvloed worden bij beglazingen met R_{Atr} -waardes boven de 33 dB. Algemeen kan niet gesteld worden wat het verlies qua geluidsisolatie zal zijn van de combinatie beglazing schrijnwerk. Hiervoor kan beroep gedaan worden op een akoestische laboratoriumproef die het geheel raamkader-beglazing begroot.

3.5 Aansluiting van het schrijnwerk

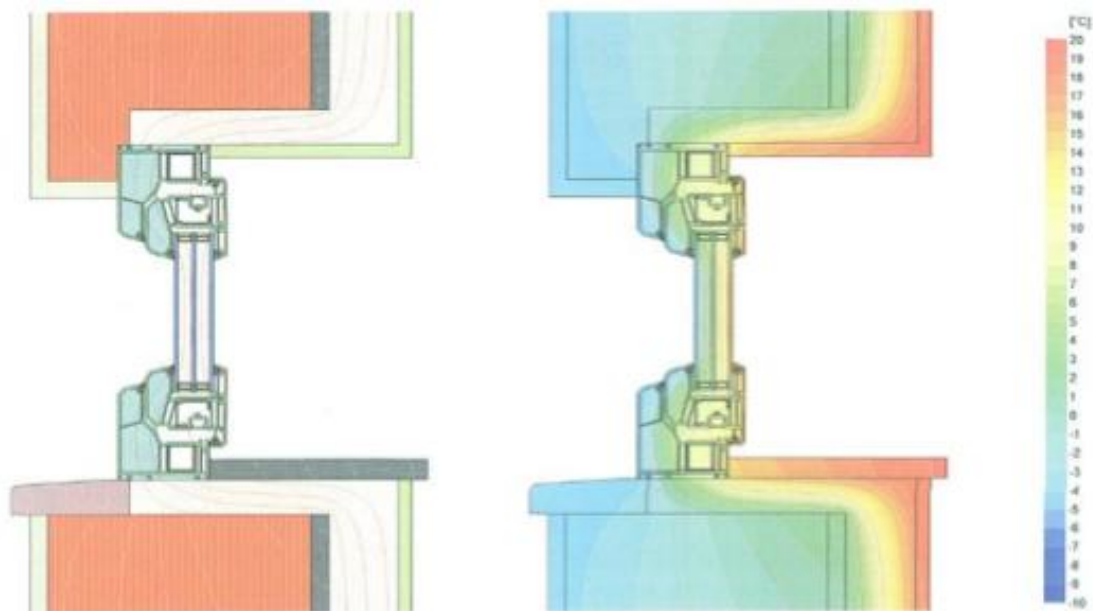
Het is zeer belangrijk dat de plaatsing van het schrijnwerk met zeer veel zorg gepland en uitgevoerd wordt. Er zijn namelijk enkele principes die gevolgd moeten worden om het schrijnwerk correct aan te sluiten:

- Het schrijnwerk dient in de as van de opening geplaatst te worden. Er dient gecontroleerd te worden dat het waterpas en loodrecht staat of volgens de voorziene hellingen.
- De aansluiting op de bestaande structuur dient dusdanig te gebeuren dat de hoofdfuncties van de gevel intact blijven:
- Luchtscherm dat aansluit op de binnenkant van de profielen.
- Waterdichtheid van de aansluiting zodat drainage en afvoer van water, slagregen of mogelijke condensatie niet voor hinder kunnen zorgen.
- Akoestische en thermische isolatie dienen tegen het vaste profiel van het schrijnwerk aangesloten te zijn.
- Het schrijnwerk dient dusdanig geplaatst te zijn in de bestaande structuur dat het de volgende krachten hierop kan overdragen:
- Eigen gewicht
- Windbelasting
- Sneeuwbelasting
- Functioneel gebruik



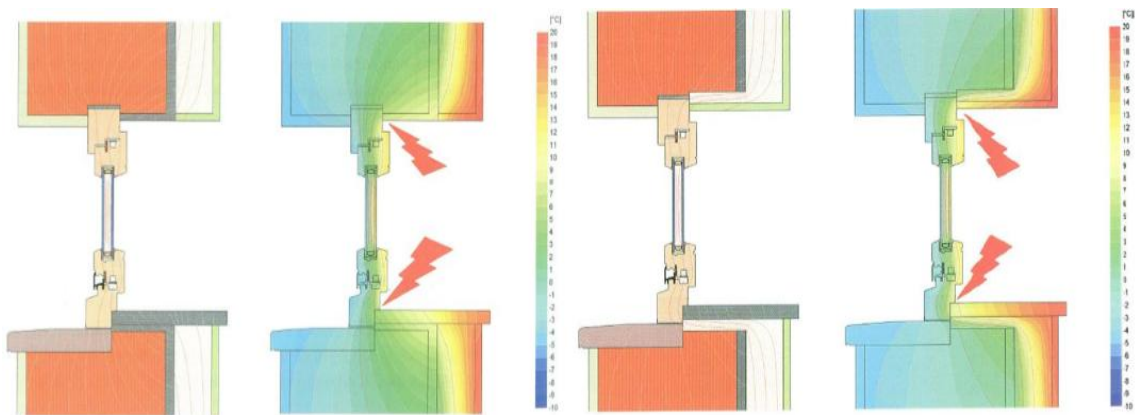
Figuur 44: Principeschets van het schrijnwerk in een spouwmuur [60]

Wanneer er besloten wordt om het schrijnwerk te vervangen, moet er even nauwkeurig te werk gegaan worden als bij nieuwbouw. Voor goede thermische prestaties is het zeer belangrijk dat het venster zodanig in de vensteropening geplaatst wordt dat het in het verlengde van de isolatie geplaatst wordt. Dit is belangrijk omdat op deze manier de isolatie zonder onderbreking kan doorlopen van de wand tot het isolerende gedeelte van het schrijnwerk. Indien dit niet het geval zou zijn, stijgen de warmteverliezen ten gevolge van koudebruggen. Wel is het zo dat er bij renovatie vaak naar creatieve oplossingen moet gezocht worden omdat het venster ook plaatsbaar moet zijn in de bestaande vensteropening van de muur. Hieronder wordt een voorbeeld gegeven van een schrijnwerk dat goed in het verlengde van de isolatie geplaatst is. Zoals op de figuur duidelijk blijkt zal de koude temperatuur aan de buitenkant niet kunnen binnendringen tot de binnenkant omdat de isolatie netjes aansluit op het schrijnwerk.



Figuur 45: Isolatie aansluitend op venster [63]

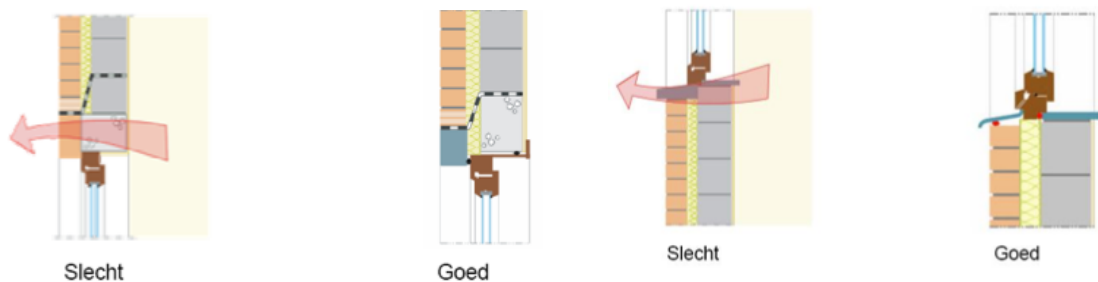
Wanneer de isolatie aan de binnenkant van het metselwerk niet doorloopt tot aan het venster zelf gaan er grote warmteverliezen ontstaan zoals uit het eerste voorbeeld van figuur 47 blijkt. Zelfs wanneer de isolatie doorloopt tot aan het venster maar daar stopt en dus bijgevolg het venster zelf niet geïsoleerd is, zullen er warmteverliezen optreden. In dat geval gaat het glasoppervlak tot 10°C kouder zijn dan de binnentemperatuur en dit zorgt voor een onaangename koudestraling van het glasoppervlak. Dit wordt aangetoond in het tweede voorbeeld van figuur 47 op de volgende pagina.



Figuur 46: Isolatie aansluitend op venster [63]

Hieronder worden nog enkele voorbeelden weergegeven van fouten die zeer vaak terugkomen bij de plaatsing van het schrijnwerk:

- Linteel komt in aanraking met buitenparement met koudebrug als gevolg. Isolatie moet doorlopen om deze gescheiden te houden. (zie figuur 47)
- Binnenparement en dorpel moeten langs de onderkant gescheiden blijven. Ook hier moet de isolatie doorlopen (zie figuur 48)
- Langs de zijkant dient de isolatie tot aan het venster te komen want de spouw mag niet afgesloten zijn door een steen van binnen- of buitenparement (zie figuur 49)
- Indien buitenisolatie geplaatst wordt moet deze doorlopen tot het venster om een koudebrug te vermijden. (zie figuur 50)

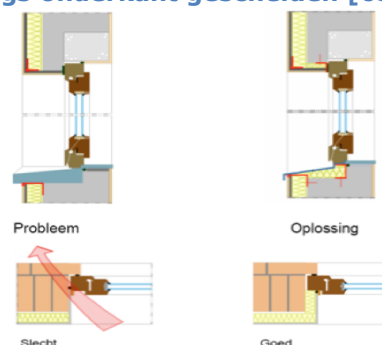
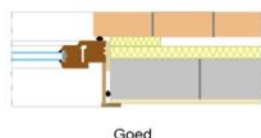


Figuur 47: Linteel in aanraking met buitenparement [63]

Figuur 48: Binnenparement en dorpel langs onderkant gescheiden [63]



Figuur 50: doorlopende isolatie zijkant [63]



Figuur 49: Doorlopende buitenisolatie [63]

3.5.1 Praktisch stappenplan

Materiaalkeuze

Voordat er kan begonnen worden met het aansluiten van het schrijnwerk dient eerst het materiaal van het schrijnwerk en de beglazing gekozen te worden. Hierover kan meer informatie gevonden worden in de hoofdstukken Beglazing en Schrijnwerk, bijgevolg wordt er hier verder niet op ingegaan.

Huidige schrijnwerk verwijderen

Indien er bewegende delen aan het huidige schrijnwerk zitten, moeten deze altijd eerst verwijderd worden. Deze kunnen gewoon losgeschroefd worden.

Vervolgens is het belangrijk om na te gaan hoe het schrijnwerk aan de muur bevestigd is. Deze bevestigingsplaatsen moeten gezocht worden door de omlijsting te verwijderen met een breekijzer en vervolgens kan ook de pleister rond het schrijnwerk weggekapt worden met hamer en beitel.

Een mogelijke bevestigingsmethode is dat het schrijnwerk met ankers in de muur gemetseld is. In dat geval moeten er stenen uitgebroken worden met moker en beitel. Een andere mogelijkheid is dat het schrijnwerk met schroeven en pluggen is bevestigd. In dat geval is de meest vlotte oplossing om deze door te zagen met een metaalzaag. Bij metalen ramen is het zo dat deze vaak rechtstreeks in de muur vastgeschroefd zijn. Deze kunnen dan uiteraard gewoon losgeschroefd worden.

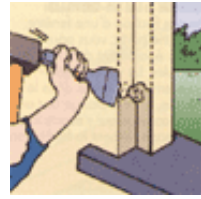
Om daarna het schrijnwerk zelf te verwijderen, kan er best eerst een stijl van het schrijnwerk doorgezaagd worden om vervolgens de rest van het schrijnwerk los te wrikken met een breekijzer. Wanneer er tussenstijlen en dwarslatten aanwezig zijn, moeten deze net zoals het schrijnwerk zelf doorgezaagd worden om deze dan vervolgens met een breekijzer te verwijderen.

Nadat het schrijnwerk is verwijderd, moet er gecontroleerd worden of er geen muurisolatie of vochtwerend materiaal beschadigd is. Indien dit wel het geval is, moet deze uiteraard vervangen worden. Indien er een houten latei boven de schrijnwerkopening zit, is het ook altijd aangeraden om te controleren of deze niet beschadigd is door houtrot en deze eventueel te vervangen.



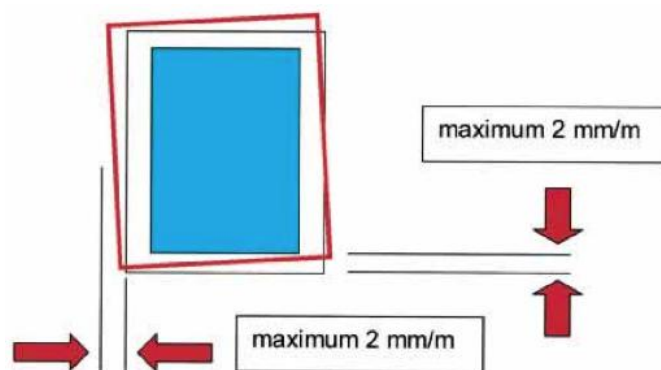
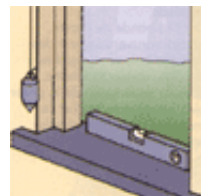
Nieuwe schrijnwerk plaatsen

Voor het nieuwe venster geplaatst wordt dient er gecontroleerd te worden of er een sponning aanwezig is. Dit is een rechthoekig uitgeschaafd of gefreesd gedeelte van een balk om de waterdichtheid van het te plaatsen venster te vergroten. Indien er nog geen sponning aanwezig is, kan deze vrij eenvoudig zelf gemaakt worden. De diepte en de breedte van de sponning moeten dan aangeduid worden aan beide zijden van de vensteropening en deze kunnen dan zo recht mogelijk met beitel en moker uitgehaald worden. De diepte en breedte van de sponning zijn afhankelijk van de afmetingen van het te plaatsen venster. De breedte bedraagt vaak tussen de 40 en 50mm maar er moet wel rekening gehouden worden dat het vensterkader nog minimaal 20mm zichtbaar moet zijn. De diepte van de sponning is dan weer afhankelijk van de plaats waar het venster moet komen, wat bepaald wordt door het type van de muur en door het type vensterbank. Zo zal bij een dubbele muur de spouw moeten overbrugd worden door het vensterkader, terwijl bij een volle muur het venster aan de binnenzijde van de muur dient geplaatst te worden.



Vervolgens dienen de dag- en buitenmaten van het venster gecontroleerd en vergeleken te worden met deze van de vensteropening. Voor zowel PVC als houten vensters zal het vensterkader 30 tot 35mm zichtbaar blijven in de dagopening. Bij aluminium ramen daarentegen mag dit slechts maximaal 20mm bedragen.

Vervolgens dient met behulp van een waterpas gecontroleerd te worden of de vensterbank wel perfect horizontaal ligt. Indien dit niet het geval is, moet getracht worden het verschil onder de vensterbank toe te voegen met opvulhoutjes. De maximale tolerantie hiervoor bedraagt zowel in de horizontale als verticale richting 2mm per meter en 5mm op het hele venster.



Figuur 51: Toegelaten toleranties vensterwerk [16]

Ook in de verticale richting dient gecontroleerd te worden of de muren wel perfect recht staan. Dit dient gecontroleerd te worden met een schietlood. Indien de muur niet voldoende recht is moet er bij het plaatsen van het venster rekening gehouden worden met de toegelaten toleranties.

Het venster vastzetten kan op meerdere manieren gebeuren. De keuze van bevestigingswijze is afhankelijk van meerdere factoren zoals het gewicht, de plaats en het eventuele veelvuldige gebruik van het schrijnwerk. Er zijn twee bevestigingsmiddelen waarvan courant gebruik gemaakt wordt: ankers en pluggen.

Bij het gebruik van ankers gaat men deze vastschroeven op de zijkanten van het venster vóór het venster in de vensteropening geplaatst wordt. De ankers dienen dan in een hoek van 90° geplooid te worden om deze later goed in de muur te kunnen inwerken. In de eerder gemaakte of aanwezige sponningen moeten dan op dezelfde hoogte als de ankers gaten gekapt worden met moker en beitel.



Bij de tweede methode wordt er met pluggen gewerkt. Bij deze speciale kozijnpluggen is de schroef al volledig in de plug verwerkt. Aan het uiteinde van zo'n plug zit een conisch gedeelte dat zichzelf opentrekt bij het aanschroeven en er zo voor zorgt dat het venster vast komt te zitten.

Om te weten hoeveel ankers of pluggen geplaatst moeten worden voor de definitieve verankering zijn een aantal vuistregels opgesteld [16].

1) Kozijn:

Aan de zijkanten van het venster zijn er in functie van de grootte twee of drie bevestigingsplaatsen nodig. De algemene vuistregel hierbij is dat men 200mm vanaf de boven- en onderkant een verankering maakt en dan telkens gewerkt wordt met een maximale tussenafstand in functie van het materiaal. De maximale tussenafstand bedraagt:

- 1000mm voor houten schrijnwerk
- 700mm voor aluminium schrijnwerk
- 600mm voor PVC schrijnwerk

2) Bovenregel:

Wanneer er geen rolluik aanwezig is, geldt de vuistregel dat er een bevestiging wordt voorzien vanaf een breedte van 1200mm en een tweede bevestiging vanaf een breedte van 1800mm. Indien er wel een rolluik aanwezig is, dient de stabiliteit van de bovenregel verzekerd te worden door versterking via de rolluikkast.

3) Onderregel

Er worden op de onderregel op bepaalde plaatsen verankeringen voorzien om vervormingen te voorkomen.

Bij beide methodes is het tevens aangeraden om de vensteropening stofvrij te maken en een dikke laag silicone aan te brengen zodat er een nagenoeg perfecte aanhechting kan ontstaan tussen het venster en de vensteropening. Ook op de buitenkant van het schrijnwerk zelf is het aangeraden om een laag silicone aan te brengen om de afdichting te perfectioneren.



Dan kan er overgegaan worden tot de effectieve plaatsing van het venster. Het venster dient op dezelfde manier in de vensteropening geplaatst te worden als het oude er is uitgehaald. Als dit op dezelfde manier in de vensteropening staat, kunnen houten of opblaasbare wiggen tussen het venster en de vensterbank geplaatst worden om het venster tot tegen de latei vast te zetten. Als nu ook langs de linkse en rechtse kant wiggen aangebracht worden, blijft het venster stevig op zijn plaats zitten. Vervolgens dient uiteraard ook opnieuw gecontroleerd te worden of het venster recht staat en of er overal evenveel plaats is tussen de muur en het venster. Er moet rekening gehouden worden met de volgende technische aspecten:

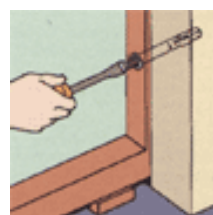


- Het schrijnwerk moet verticaal staan in twee richtingen (dag- en gevelzijde)
- Het schrijnwerk moet zichtbaar zijn in de dagopening (PVC en hout: 30 tot 35mm en aluminium: 20mm)
- Tussen bewegende delen en het schrijnwerk moet een evenwijdige speling zitten
- Bewegende delen dienen goed aan te sluiten op het schrijnwerk
- Werking van scharnier en slot

Nadat het raam geplaatst is en er gecontroleerd is of alle onderdelen werken zoals verwacht, kan er begonnen worden met de afwerking van het venster. Om te beginnen kunnen al de zichtbare delen van de wiggen weggezaagd worden. Indien er met ankers gewerkt wordt, kunnen deze best met een laagje cement ingewerkt worden; hier kan eventueel steengruis aan toegevoegd worden om de verankering extra te verstevigen.



Als er met pluggen gewerkt wordt, moeten er stukken multiplex tussen de muur en het raam gestoken worden.



Op exact de plaatsen waar deze stukken multiplex gestoken worden, moeten er gaten door het vensterkader geboord worden. Vervolgens kunnen dan de pluggen hierdoor geklopt en aangeschroefd worden tot deze zich vastklemmen.

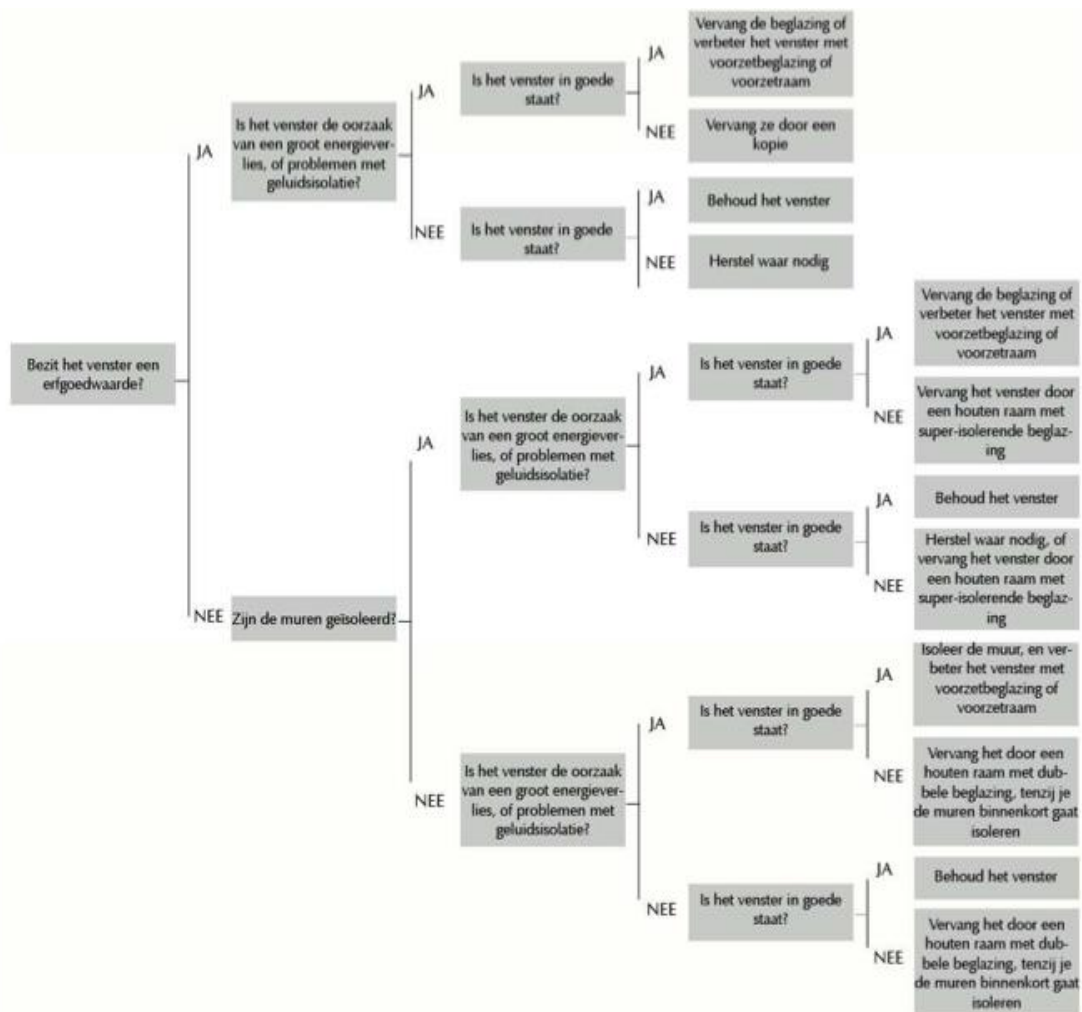
Vervolgens kan het venster dan met PU-schuim afgewerkt worden om de naden en de kieren op te vullen. De voornaamste eigenschap van dit schuim is dat het een gesloten cellenstructuur heeft, waardoor het een zeer goede isolerende werking bezit. Het is belangrijk om niet teveel schuim te gebruiken, teveel schuim zou voor een te grote druk kunnen zorgen waardoor het venster scheef zou kunnen trekken. Nadat het uitgehard is, kan het overtollige schuim weggesneden worden met een breekmes. Vervolgens kan het schuim weggewerkt worden met een laag pleister of met extra sierlijsten rondom het schrijnwerk [7] [16] [18].



Figuur 52:
Stappenplan
plaatsing
venster [7]

3.6 Renovatie van bestaand schrijnwerk

Vaak is het niet makkelijk om te beslissen wat er moet gebeuren met het bestaande schrijnwerk. Er zijn namelijk vier opties: behouden, herstellen, verbeteren of vervangen. Dit hoofdstuk tracht dan ook toe te lichten wat de juiste oplossing is bij verschillende situaties. Om hiertussen een juiste keuze te maken kan onderstaande beslissingsboom van VIBE vzw (Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen en Wonen) een grote hulp zijn [55].



Figuur 53: Beslissingsboom [55]

3.6.1 Toelichting beslissingsboom

Bezit het venster een erfgoedwaarde?

De vragen die hierbij gesteld moeten worden zijn de volgende:

- Is het gebouw of de gevel waarin het venster zich bevindt, beschermd?
- Bezitten de vensters enige technische, esthetische of historische waarde?

- Werd er in de vensters gebruik gemaakt van onvervangbare materialen zoals bijvoorbeeld geblazen glas, speciaal glas, gegoten glas, glasramen, oude eik, opmerkelijk hang- en sluitwerk, ...?
- Zijn de vensters nog in oorspronkelijke toestand?

Indien deze vragen positief beantwoord worden, zal het behoud van het venster van prioritair belang zijn.

1) Is het venster de oorzaak van een groot energieverlies?

Als er veel kieren en gaten aan het schrijnwerk zijn, spreekt men van een slechte luchtdichtheid of wanneer een groot deel van het glasoppervlak nog uit enkel glas bestaat, gaan vensters voor een groot energieverlies zorgen. Vaak is het wel mogelijk om met een beperkte investering de luchtdichtheid van het bestaande schrijnwerk sterk te verbeteren. Hierdoor gaat het comfort binnenshuis sterk verbeteren en zal ook de energiefactuur een stuk lager zijn.

2) Zijn er problemen met geluidsisolatie?

Een goede geluidsisolatie hangt hoofdzakelijk af van de luchtdichtheid van het schrijnwerk. Hierbij is het belangrijk om voor een goede naad-, kier- en voegdichting te zorgen zodat geluid niet kan binnendringen. Eventueel kunnen rolluiken ook zorgen voor een betere isolatie van het geluid maar ook hier is het belangrijk dat de rolluikkasten luchtdicht geplaatst moeten zijn.

3) Zijn de muren geïsoleerd?

Voor de huidige beglazing wordt vervangen door een verbeterde thermische beglazing moet er eerst naar de isolatie van de muren gekeken worden. Het is namelijk niet aangeraden om deze te plaatsen indien er geen of slechte muurisolatie aanwezig is. Dit kan als gevolg hebben dat er condensatie gevormd gaat worden op niet of slecht geïsoleerde muren. Dit komt omdat de U-waarde van het raam dan een stuk hoger ligt dan deze van de muur. Zeker wanneer de ventilatie gebrekkig of slecht is, en dan vooral in de winter, zal het overtollige vocht al snel neerslaan op de koude buitenmuren. Deze condensatie zal trouwens pas veel later opgemerkt kunnen worden dan de condensatie op de beglazing. Hierdoor is de kans ook groter dat er schimmelvorming op de muren gaat optreden. Indien men dus besluit om een verbeterde thermische beglazing te plaatsen is het essentieel om over een goede muurisolatie en een goede verluchting te beschikken. Verluchting is namelijk zeer belangrijk om te garanderen dat de lucht binnenshuis van behoorlijke kwaliteit is.

4) Is het venster in goede staat?

Zowel de manier waarop het gebouw georiënteerd is als de ligging van het venster in de gevel zijn bepalend voor de staat waarin het schrijnwerk zich bevindt. Het is in de praktijk namelijk vaak het geval dat lager gelegen schrijnwerk in betere staat is als schrijnwerk op hogere verdiepingen.

Wanneer het schrijnwerk beschadigd is, gaat het vaak problemen geven bij het openen en het sluiten; een gevolg hiervan is dat het niet meer lucht- en waterdicht is. Het is echter wel essentieel om steeds een grondig onderzoek te voeren omdat er anders al snel onnodige en voorbarige conclusies getrokken worden over de eventuele slechte staat van het schrijnwerk. Zo wordt er vaak al geconcludeerd dat het schrijnwerk moet vervangen worden bij bijvoorbeeld afbladderende verf of een kapotte waterlijst, terwijl dit een overbodige maatregel is. Uit ecologisch standpunt is het overigens vaak interessanter om op houten schrijnwerk een plaatselijke herstelling uit te voeren wanneer dit mogelijk is.

5) Kostprijs en ecologische impact

Zowel de kostprijs als de ecologische impact moeten meegenomen worden in het maken van een beslissing. Deze zijn beide verwerkt in de beslissingsboom.

3.6.2 Keuzemogelijkheden beslissingsboom

3.6.2.1 Behouden

Indien de hoeveelheid energieverlies en geluidshinder beperkt blijft, zal het vaak een goede beslissing zijn om het venster te behouden op voorwaarde dat het zich nog in goede staat bevindt.

Zo hebben bijvoorbeeld oude houten vensters een interessante milieubalans en nog enkele andere bijkomende voordelen zoals de zeer lange levensduur en de recycleerbaarheid. Ook levert een zeer oud hout vaak nog zeer goede thermische prestaties.

3.6.2.2 Herstellen

Indien de hoeveelheid energieverlies en geluidshinder beperkt blijven, maar het venster zelf niet meer in goede staat is, zal het vaak een goede beslissing zijn om het venster te herstellen. Dit om onnodig afval te vermijden. Ook zal de kostprijs van een herstelling een stuk lager liggen dan de kostprijs van het volledig vervangen van het venster. Soms is het natuurlijk ook zo dat het te herstellen deel zo groot is dat het financieel interessanter wordt om het geheel te vervangen, maar dit moet per individueel geval bekeken en beoordeeld worden.

Voorbeelden van gedeeltelijke herstellingen van een houten schrijnwerk:

- Stopverf vervangen
- Onderdelen vervangen door onderdelen van hetzelfde type hout
- Waterlijst vervangen
- Dorpel vervangen
- Herschoeien van bewegende vleugel

3.6.2.3 *Verbeteren*

Indien de hoeveelheid energieverlies en geluidshinder vrij groot zijn, maar het venster zelf nog in goede staat is, zal het vaak een goede oplossing bieden om het venster te verbeteren. De bedoeling van het verbeteren van een venster komt overeen met het verhogen van de akoestische en thermische prestaties van het venster. Vaak kunnen kleine spleten en kieren al makkelijk opgevuld worden waardoor voor een beperkte kostprijs het comfort aanzienlijk gaat toenemen. Indien deze maatregel niet voldoende is, zijn er nog drie andere opties: voorzetbeglazing plaatsen, een voorzetraam plaatsen of verbeterde beglazing in het huidige schrijnwerk plaatsen. Welke keuze hiertussen gemaakt wordt is afhankelijk van de toestand van het venster, het gebruikte materiaal en of het venster een erfgoedwaarde bezit. Op het gebied van mogelijke verbetering in de toekomst zou hout een goede materiaalkeuze voor het schrijnwerk zijn, het is namelijk vaak mogelijk om aan een houten schrijnwerk verbeteringen uit te voeren.

3.6.2.3.1 Voorzetbeglazing

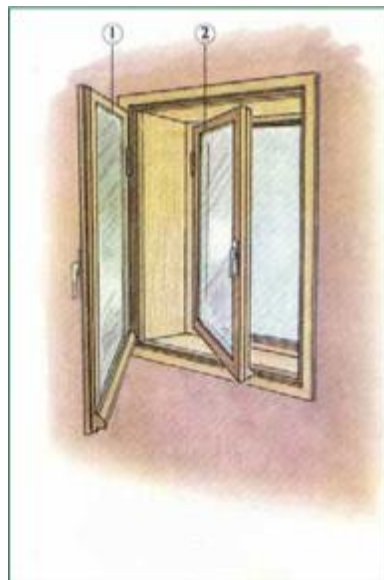
Het is mogelijk om een glasblad aan de binnenkant van het huidige raam te plaatsen. Dit zal steeds aan de binnenkant gebeuren omdat het praktisch onhaalbaar is om langs de buitenkant de aansluitingen voldoende af te dichten. Bij deze verbetering is het wel onvermijdelijk dat het schrijnwerk beschadigd wordt. Dit komt omdat de sponningen gefreesd worden en hierbij de verbindingen zullen veranderd worden. De U-waarde van deze verbetering zal ongeveer variëren van 2,8 W/m²K indien er als voorzetbeglazing gewoon glas gebruikt wordt tot 1,8 W/m²K wanneer glas met een coating gebruikt wordt. Door de brede luchtsponning die het gevolg is van de voorzetbeglazing zal het akoestisch comfort ook automatisch sterk verbeterd worden; wel moet er op gelet worden dat de sponning toegankelijk is voor onderhoud omdat deze niet hermetisch afgesloten is.

De aansluiting van het glas zal voor een enkelvoudige beglazing met kleine profielen gewoon tegen het bestaande venster geschroefd worden. Wanneer er dan onderhoud uitgevoerd wordt zal deze glasplaat volledig gedemonteerd moeten worden. Een gehard glas daarentegen zal met enkele bevestigingspunten en scharnieren aan het venster gemonteerd

worden. Hier zal voor het onderhoud de voorzetbeglazing gewoon open kunnen draaien.

3.6.2.3.2 Voorzetraam

In veel gevallen is het efficiënter en makkelijker om een volledig nieuw raam te plaatsen aan de binnenzijde van het huidige raam. Dit kan wel enkel gebeuren wanneer de binnenkant van het huidige venster voldoende diep is. Het belangrijkste voordeel van deze verbetering is dat het uitzicht langs de buitengevel niet aangetast wordt en dit dus een ideale oplossing is wanneer het venster erfgoedwaarde bezit. De U-waarden van deze verbetering zijn te vergelijken met deze wanneer voorzetbeglazing geplaatst wordt. Het is mogelijk om elk type beglazing naar keuze toe te passen. En net zoals bij voorzetbeglazing is de akoestische isolatie zeer goed door de brede luchtsponw.



Figuur 54: voorzetraam met: 1. raam binnenzijde en 2. raam buitenzijde [55]

3.6.2.3.3 Verbeterde beglazing in het huidige schrijnwerk

Deze maatregel is alleen maar te overwegen indien het venster geen erfgoedwaarde bezit; het is namelijk zo dat het uitzicht van het huidige schrijnwerk ingrijpend veranderd wordt. Verder is het ook zeer belangrijk om bij deze maatregel na te gaan of het schrijnwerk zelf de betere en dus vaak ook zwaardere beglazing kan dragen.

3.6.2.4 Vervangen

Als het raam zich in een te slechte staat bevindt, kan het soms beter zijn om het volledige venster te vervangen in plaats van het te herstellen. Wel is het zo dat deze ingreep altijd zeer kostelijk is [27] [55].

3.6.3 Besluit

Hieronder wordt een kort overzicht gegeven wanneer welke maatregel de beste oplossing is voor het bestaande schrijnwerk:

Staat van het venster	Geluidshinder	Energieverlies	Oplossing:
Goed	Beperkt	Weinig	BEHOUDEN
Slecht	Beperkt	Weinig	HERSTELLEN
Goed	Groot	Veel	VERBETEREN
Slecht	Groot	Veel	VERVANGEN

Tabel 25: : Mogelijke oplossingen voor het schrijnwerk

Ook de kostprijs zal meespelen bij het nemen van een beslissing tussen de verschillende maatregelen; hieronder wordt ook hier een kort overzicht gegeven:

Keuze	Kostprijs	Opmerkingen
Behouden	€	Geen noemenswaardige ingrepen dus ook een zeer beperkte kostprijs
Herstellen	€€	Afhankelijk van wat dient herstelt te worden, maar blijft normaal beperkt
Verbeteren	€€€	De isolatiewaarde van het venster gaat verbeterd worden en dit is prijzig
Vervangen	€€€€€	Duurste oplossing omdat volledige constructie vervangen wordt

Tabel 26: : Toelichting kostprijs bij verschillende keuzes

4 Onderzoek: Praktische casestudy's

4.1 Case: renovatie raamwerk bestaande woning

Voor deze eerste praktische case werd op zoek gegaan naar een huis waarvan het raamwerk al ettelijke jaren oud is en bestaat uit dubbele beglazing. Er is bewust gekozen om een huis met dubbele beglazing te zoeken: bij enkele beglazing is het vrij duidelijk dat het renoveren van het raamwerk een goede investering is, bij dubbele beglazing stelt zich al veel meer de vraag of de uitvoering wel of niet financieel rendabel is.

4.1.1 Oorspronkelijke offerte

Het huis dat uiteindelijk gekozen is staat in Schaffen, bij Diest, en is in het jaar 1990 gebouwd. De ramen die in dit huis geïnstalleerd zijn, bestaan uit PVC en hebben dubbele beglazing. Hieronder bevindt zich de offerte die destijds voor het raamwerk is opgemaakt.

KAPELLESTRAAT 14 - MOLSEBAAN 20
3990 MEERHOUT 3990 MEERHOUT

TEL. (014) 30.09.96 - 30.86.50 - 30.86.51
FAX. (014) 30.96.47
TELEX 72.441

HR-TURNHOUT-RC 48.232
BTW-TVA 422.115.690
REGISTRATIE(ON) 022.002

betaling - paiement:
G.B.M. 230-0239999-41

ROLLUIKEN - ZONNEWERING

J. Wilms
naamloze vennootschap
société anonyme



MR. THEYS
Kerkstraat 60

3295 SCHAFFEN - DIEST

Meerhout, 19 februari 1990

Uw ref.: Prijsaanvraag nieuwbouw
O. ref.: HD/2168/CA

Geachte Heer,

Wij danken U voor Uw prijsaanvraag voor het leveren van :

PVC-RAMEN :

- * witte uitvoering
- * kleurvast - slagvast
- * zwaar profiel - versterkt
- * met centrale middendichting
- * ramen met steenlijsten
- * met dubbel isolerend glas ingezet met neopreenrubber
- * buitenkaders niet opgevoegd

Aantal	Breedte x Hoogte	Raamindeling
1	1800 x 1150	Draai - vast - draai
3	1200 x 1150	Vast - draai
1	2700 x 2150	3 x draai
2	700 x 750	Vast
2	700 x 750	Valraam
1	700 x 750	Valraam (met mat glas)
2	1200 x 1550	Draai - draai
3	600 x 850	Valraam
2	1800 x 2150	Draai - draaikip

17 st.

Totaalprijs geleverd : 208.624,-

Varianten in meerprijs bij eventuele uitvoering :

- 1) levering en plaatsing : + 38.768,-
- 2) binnentabletten aan ramen : + 9.514,-
(niet voor die op de grond geplaatst)
- 3) kruishoutverdelingen in het dubbel isolerend glas : + 330,-/verdeling
met een minimum van + 990,-/glasvolume

N.V. JOS WILMS

3900 MECHELIJDT

MOLEBAAN 17
3900 MECHELIJDT

TEL (014) 30.10.95 - 30.95.95
FAX (014) .../..1
TELEX 75441

HR. TURMHOUD-RO 46.252
BTW-TVA 422.115.990
REGISTRATIE

ROLLUKEN - ZONWENING

vervolg

J. Wilms
naamloze vennootschap
société anonyme



Leveringstermijn : 5 à 6 weken na technische opmeting.

Plaatsing en opmeting : ten Uwe laste.

BTW : ten Uwe laste - niet inbegrepen.

Geldigheidsduur offerte : 1 maand.

Betaling : 30 dagen netto.

U dankend voor Uw vertrouwen en in de hoop met dit werk vereerd te worden,
tekenen wij en verblijven met de meeste hoogachting.

N.V. JOS WILMS.

Voor akkoord : Mr. Theys :

Aantal	Breedte x Hoogte	Saamstelling
1	1800 x 1150	Dras - vast - dras
3	1200 x 1150	Vast - dras
1	1700 x 2150	J x dras
2	700 x 750	Vast
2	700 x 750	Valraam
1	700 x 750	Valraam (met met glas)
2	1200 x 1350	Dras - dras
3	600 x 850	Valraam
2	1800 x 2150	Dras - draaklip

17 st.

Totaalprijs geleverd : 206.624,-

Variante in meerprijs bij eventuele uitvoering :

- 1) levering en plaatsing : + 38.765,-
- 2) kluisplaatjes aan ramen : + 9.514,-
(niet voor die op de grond geplaatst)
- 3) kruisverdelingen in het dubbel isolerend glas : + 130,-/verdeling
met een minimum van + 990,-/glasvolg

Figuur 56: Offerte (2)

Zoals uit bovenstaande offerte blijkt gaat het hier over 17 vensters met een totale oppervlakte van 27,63m². De totale kostprijs bedraagt 208.624 BEF (vensters) + 38.768 BEF (installatie) = 247.392 BEF (excl. btw).

In die tijd werd er 17% BTW aangerekend voor dergelijke werken, dit komt dus in totaal neer op een kostprijs van 289.449 BEF (incl. btw). Als er dan gerekend wordt met een wisselkoers van €1 = 40,3399 BEF komt dit neer op een totaalprijs van €7.175,25.

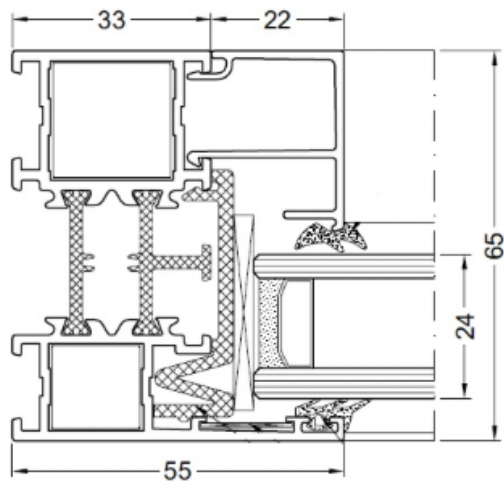
4.1.2 Nieuwe offertes

Om een idee te kunnen krijgen van hoeveel het tegenwoordig kost om deze ramen te bestellen werden er meerdere installateurs van ramen, zoals Belisol, Gelko, Het Ramenhuis,..., gecontacteerd. Het was echter zeer moeilijk om een offerte of zelfs een richtprijs vast te krijgen voor een huis waar waarschijnlijk geen praktische renovatie uitgevoerd wordt. Uiteindelijk werd Creon Ramen gevonden waar je zelf online de afmetingen en het type schrijnwerk en beglazing kan ingeven om een prijs op te maken en te bestellen. Uit gesprekken met de verschillende installateurs van vensters bleek al snel dat de combinatie van hout en aluminium in de praktijk zelden aangeboden wordt. In hoofdzaak werd er als reden aangehaald dat de plaatsing een stuk moeilijker is als er met twee verschillende materialen gewerkt wordt. Omdat het voor de bewoners van het huis zeker geen optie was om voor houten ramen te kiezen daar dit het uitzicht van de gevel te fel zou veranderen werd er gekozen om offertes van zowel aluminium als PVC schrijnwerk uit te werken.

Bij aluminium schrijnwerk wordt er gekozen voor Aliplast Imperial, waarvan de technische fiche hiervan in bijlage kan teruggevonden worden. Het Aliplast Imperial profiel is een thermisch onderbroken profiel dat opgebouwd is uit 2 holle profielhelften. Deze helften worden door middel van glasvezelversterkte polyamide-strips van elkaar gescheiden. In het gekozen profiel is er ook een bijkomende glasvezelversterkte polyamide-strip voorzien die het 4-kamersysteem verzorgt. Dit profiel heeft gemiddelde Uf-waarde van 2,6 W/m²K. Hieronder wordt een afbeelding en een doorsnede weergegeven van een Aliplast Imperial profiel, voor grote raamafmetingen kan wel een groter profiel gehanteerd worden.



Figuur 57: Aliplast Imperial profiel [12]

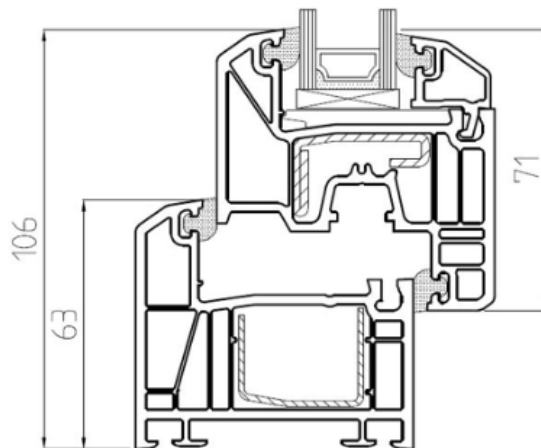


Figuur 58: Doorsnede Aliplast Imperial profiel [12]

Als PVC profiel is er gekozen voor het KBE 70mm raamsysteem, ook hiervan kan de technische fiche in bijlage teruggevonden worden. Dit is een 5-kamerprofiel dat voor een zeer goede isolatiewaarde U_f van $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zorgt. Verder is het ook belangrijk om te weten dat dit profiel van het Greenline label voorzien is. Ook van dit profiel wordt hieronder een afbeelding en doorsnede weergegeven.












Figuur 60: KBE 70mm profiel [12]












Figuur 59: Doorsnede KBE 70mm profiel [12]

Voor beide profielen werd dus ook een offerte uitgewerkt van de 17 vensters die destijds in de woning geïnstalleerd werden. Er werd telkens gewerkt met hoogrendementsglas met $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hieronder alvast de offerte voor het aluminium schrijnwerk [12]:

Product Name	Prijs per stuk	Aantal	Subtotaal
 Aluminium draai/kip - vast - draai/kip Buitenwerkse breedte in mm: 1800; Buitenwerkse hoogte in mm: 1150; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Volgorde: Links draai / kiep Rechts draai van binnen uit gezien ;	€ 877,64	1 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 877,64
 Aluminium draai kiep - vast raam Buitenwerkse breedte in mm: 1200; Buitenwerkse hoogte in mm: 1150; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Volgorde: Links draai / kiep Rechts vast van binnen uit gezien ;	€ 510,08	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.530,24
 Aluminium draai/kip - draai/kip - draai/kip Buitenwerkse breedte in mm: 2700; Buitenwerkse hoogte in mm: 2150; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Dubbelzijdig gelaagd glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Draai richting: Linksdraaiend ;	€ 2.206,71	1 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 2.206,71
 Aluminium vast raam Buitenwerkse breedte in mm: 700; Buitenwerkse hoogte in mm: 750; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ;	€ 175,97	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 351,94
 Aluminium kip raam Buitenwerkse breedte in mm: 700; Buitenwerkse hoogte in mm: 750; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ;	€ 282,27	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 846,81
 Aluminium draai kiep - draai raam Buitenwerkse breedte in mm: 1200; Buitenwerkse hoogte in mm: 1550; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Volgorde: Links draai / kiep Rechts draai van binnen uit gezien ;	€ 810,85	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.621,70
 Aluminium kip raam Buitenwerkse breedte in mm: 600; Buitenwerkse hoogte in mm: 850; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ;	€ 281,55	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 844,65
 Aluminium draai kiep - draai raam Buitenwerkse breedte in mm: 1800; Buitenwerkse hoogte in mm: 2150; Type profiel: Aliplast Imperial ; Kleur buitenzijde: Wit (RAL 9016) ; Kleur binnenzijde: Wit (RAL 9016) ; Type glas: Dubbelzijdig gelaagd glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Volgorde: Links draai / kiep Rechts draai van binnen uit gezien ;	€ 1.397,09	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 2.794,18
Heeft u een kortingscode? Vul deze hier in: <input type="text"/> <input type="button" value="Voeg toe"/>		Subtotaal € 11.073,87 Verzending en afhandeling (Verzend - Bezorgkosten) € 79,99 BTW € 1.935,79	
 Levering aan huis Uw producten worden aan huis bezorgd. U wordt gebeld voor een afspraak.		Totaal incl. BTW € 11.153,86	

Figuur 61: : Offerte Creon (1) [12]

Ook voor het PVC profiel werd een offerte van de 17 ramen uitgewerkt in combinatie met hoogrendementsglas (Ug = 1,1 W/m²K) [12]:

Product Name	Prijs per stuk	Aantal	Subtotaal
 PVC Draai/kiiep - vast - Draai/kiiep Breedte in mm: 1800; Hoogte in mm: 1150; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 416,48	1 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 416,48
 Draai / kiiep - vast PVC raam Breedte in mm: 1200; Hoogte in mm: 1150; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Draai richting: Links vast Rechts draai / kiiep van binnen uit gezien ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 288,46	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 865,38
 Drie maal draaikieep PVC raam Breedte in mm: 2700; Hoogte in mm: 2150; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Dubbelzijdig gelaagd glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Draai richting: Linksdraaiend ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 1.181,03	1 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.181,03
 Vast pvc raam Breedte in mm: 700; Hoogte in mm: 750; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): N.v.t. ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ;	€ 91,80	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 183,60
 PVC kieep raam Breedte in mm: 700; Hoogte in mm: 750; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 145,53	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 436,59
 Draai / kieep - draai / kieep PVC raam Breedte in mm: 1200; Hoogte in mm: 1550; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 390,96	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 781,92
 PVC kieep raam Breedte in mm: 600; Hoogte in mm: 850; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Isolatie glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 144,61	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 433,83
 Draai / kieep - draai / kieep PVC raam Breedte in mm: 1800; Hoogte in mm: 2150; Type profiel: Vlak profiel (KBE) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Dubbelzijdig gelaagd glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 793,41	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.586,82
Heeft u een kortingscode? Vul deze hier in: <input type="text"/> <input type="button" value="Voeg toe"/>		Subtotaal € 5.885,65 Verzending en afhandeling (Verzend - Bezorgkosten) € 79,99 BTW € 1.035,35	
 Levering aan huis Uw producten worden aan huis bezorgd. U wordt gebeld voor een afspraak.		Totaal incl. BTW € 5.965,64	

Figuur 62: Offerte Creon (2) [12]

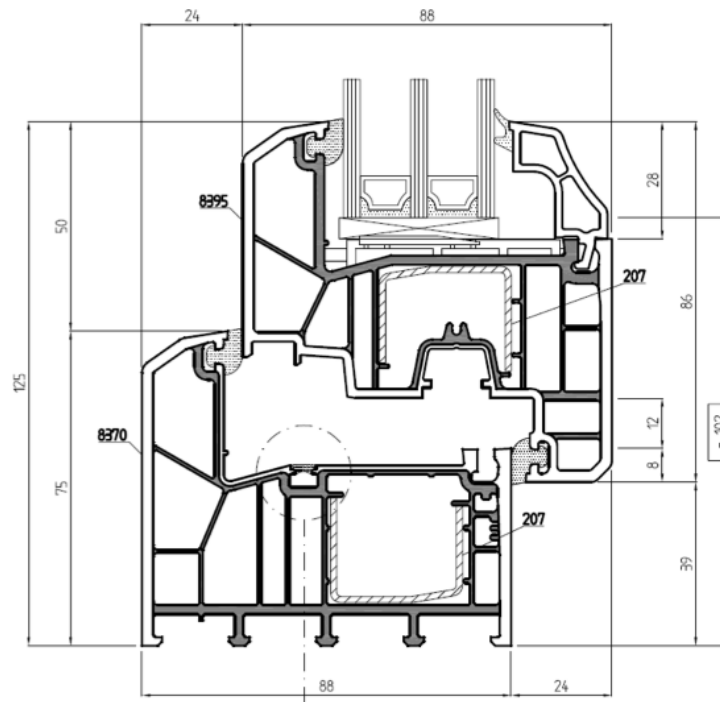
Uit bovenstaande offertes kan opgemaakt worden dat aluminium bijna dubbel zo duur is als PVC. Hierbij komt dan ook nog eens dat de U-waarde van het aluminium schrijnwerk nog een stuk slechter is, wat het toch een pak minder interessant maakt. De verwachting was wel dat de prijs van aluminium hoger ging liggen, maar dat het verschil zo groot was hadden we op voorhand nooit durven vermoeden. Daarom werd er verder onderzocht waarom mensen nu precies toch voor het aluminium profiel zouden kiezen. Als hoofdreden werd het esthetische aspect aangehaald door de mensen van Creon Ramen. Dit is toch wel opvallend dat er door sommigen zoveel extra betaald wordt voor een aluminium profiel.

Omdat het bij deze mogelijke renovatie toch ook de bedoeling is dat het financieel rendabel is, wordt er op basis van de offerte van het PVC profiel verder gerekend worden. Niet alleen is dit in aankooprijns interessanter, ook zal door de betere U-waarde het energieverbruik lager liggen. Het leek ons ook interessant om de terugverdientijd van het PVC schrijnwerk in combinatie met hoogrendementsglas te vergelijken met een PVC schrijnwerk waarin drievoudige beglazing verwerkt is.

Als PVC profiel in combinatie met drievoudige beglazing werd gekozen voor KBE 88mm systeem, ook de technische fiche van dit profiel kan in bijlage teruggevonden worden. Dit is een steviger profiel dat het gewicht van drievoudige beglazing kan dragen. Standaard wordt dit profiel geleverd met 4-16-4-16-4 glas dat een Ug-waarde van 0,6 W/m²K haalt. Het is een 6-kamerprofiel dat in gewone omstandigheden een Uf-waarde van 1,1 W/m²K haalt en in een passiehuis zelfs een Uf-waarde van 0,81 W/m²K kan halen. Hieronder wordt een afbeelding en doorsnede van het profiel weergegeven.












Figuur 63: KBE 88mm profiel [12]



Figuur 64: Doorsnede KBE 88mm profiel [12]

Net zoals voor zowel het aluminium als PVC profiel een offerte met hoogrendementsglas uitgewerkt werd, is er bij Creon Ramen ook voor de 17 vensters een offerte uitgewerkt van het KBE 88mm PVC profiel ($U_f = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) met drievoudige beglazing ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) [12]:

Product Name	Prijs per stuk	Aantal	Subtotaal
 PVC Draai/kiiep - vast - Draai/kiiep Breedte in mm: 1800; Hoogte in mm: 1150; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 520,60	1 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 520,60
 Draai / kiiep - vast PVC raam Breedte in mm: 1200; Hoogte in mm: 1150; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Draai richting: Links vast Rechts draai / kiiep van binnen uit gezien ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 360,58	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.081,74
 Drie maal draaikieep PVC raam Breedte in mm: 2700; Hoogte in mm: 2150; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas dubbelzijdig gelaagd ; Ventilatie rooster: Nee ; Draai richting: Linksdraaiend ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 1.399,30	1 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.399,30
 Vast pvc raam Breedte in mm: 700; Hoogte in mm: 750; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): N.v.t. ; Type glas: Triple glas ; Ventilatie rooster: Nee ;	€ 114,74	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 229,48
 PVC kieep raam Breedte in mm: 700; Hoogte in mm: 750; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 181,91	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 545,73
 Draai / kieep - draai / kieep PVC raam Breedte in mm: 1200; Hoogte in mm: 1550; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 488,71	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 977,42
 PVC kieep raam Breedte in mm: 600; Hoogte in mm: 850; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 180,76	3 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 542,28
 Draai / kieep - draai / kieep PVC raam Breedte in mm: 1800; Hoogte in mm: 2150; Type profiel: Vlak Isolatie profiel (KBE 88+) ; Kleur profiel (buitenkant): Wit ; Kleur bewegende delen (buitenkant): Wit ; Type glas: Triple glas dubbelzijdig gelaagd ; Ventilatie rooster: Nee ; Inzet vliegenraam: Nee ;	€ 940,44	2 <input type="button" value="verwijder"/>	€ 1.880,88
Heeft u een kortingscode? Vul deze hier in: <input type="text"/> <input type="button" value="Voeg toe"/>		Subtotaal € 7.177,43 Verzending en afhandeling (Verzend - Bezorgkosten) € 79,99 BTW € 1.259,53	
 Levering aan huis Uw producten worden aan huis bezorgd. U wordt gebeld voor een afspraak.		Totaal incl. BTW € 7.257,42	

Figuur 65: Offerte Creon (3) [12]

Zoals verwacht komt de offerte met drievoudige beglazing duurder uit dan deze met hoogrendementsglas. Het verschil blijft echter wel redelijk beperkt: € 7.257,42 - €5.965,64 = €1.291,78. Net om de reden dat dit

verschil vrij beperkt blijft, is het zeker interessant om te onderzoeken welke investering de meest rendabele zou zijn. Want door de duurdere investering te doen, zullen de energiekosten op termijn ook lager liggen en worden er extra subsidies en/of premies beschikbaar gesteld door de overheid.

4.1.3 Premies en subsidies

Omdat nieuwe ramen plaatsen een behoorlijke investering is, helpt de Vlaamse Overheid ook in het drukken van de prijs bij energiezuinige renovaties zoals de vervanging van het schrijnwerk. De Vlaamse Overheid drukt de prijs door elk jaar allerhande premies beschikbaar te stellen en daarom is het belangrijk om te weten te komen voor welke premies je precies allemaal in aanmerking komt bij het vervangen van het schrijnwerk. Aangezien deze premies per jaar kunnen verschillen, wordt er hier nagegaan welke de mogelijkheden zijn in 2014. Uiteindelijk werd er bij de volgende premies uitgekomen [13] [57]:

- Energiepremie 2014
- Renovatiepremie 2014
- Gemeentelijke premie 2014
- Verminderd btw-tarief

Het is echter nog geen zekerheid of elke renovatie van het schrijnwerk zomaar in aanmerking komt voor elke van bovenstaande premies. Het is namelijk zo dat er steeds aan verschillende voorwaarden voldaan moet zijn om deze premies in ontvangst te kunnen nemen. Hieronder wordt uitgelegd wanneer u nu wel of niet in aanmerking komt voor een premie.

4.1.3.1 Energiepremie 2014

Het wordt door de Vlaamse Overheid sterk gestimuleerd om energiezuinig te bouwen. Zowel voor nieuwbouw als voor een renovatie van een bestaande woning worden er via de netbeheerders Infrax of Eandis verschillende premies uitgereikt bij energiezuinige investeringen, zo ook voor de vervanging van enkele en dubbele beglazing door hoogrendementsbeglazing. Bij deze premie gaat het dus puur om het vervangen van de beglazing en is het niet nodig om ook het schrijnwerk te vervangen, al zal dit in de praktijk wel vaak gedaan worden omdat het huidige schrijnwerk vaak niet geschikt is om de nieuwe (zwaardere) beglazing te ondersteunen. In 2014 gelden de volgende premies voor het vervangen van de beglazing:

Vervanging van:	Door glas met U_{\max} van 1,1 W/m ² K	Door glas met U_{\max} van 0,8 W/m ² K
Enkel glas	€12/m ²	€15/m ²
Dubbel glas	Niet van toepassing	€15/m ²

Tabel 27: Premiebedrag voor enkel of dubbel glas [22]

Om van deze premie te kunnen genieten moet er echter wel aan enkele voorwaarden voldaan worden, waarvan de belangrijkste hieronder weergegeven worden:

- De woning dient aangesloten te zijn op het elektriciteitsnet voor 01/01/2006.
- De nieuwe beglazing dient geplaatst te worden door een aannemer die over het nodige attest beschikt.
- Vervanging van beglazing in veranda's komt niet in aanmerking.
- Enkel het glas dat zich in direct of indirect verwarmde ruimtes bevindt, komt in aanmerking.

Als dit nu toegepast wordt op de praktische case kan er besloten worden dat aan al de bovenstaande voorwaarden voldaan is. Verder blijkt uit tabel 26 ook dat er geen premie van toepassing is als de huidige dubbele beglazing gaat vervangen worden door hoogrendementsbeglazing ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Dit komt vermoedelijk omdat de Vlaamse overheid het verschil tussen hoogrendementsbeglazing en dubbele beglazing te beperkt vindt en op deze manier mensen hoopt te stimuleren om toch voor drievoudige beglazing te kiezen.

Wanneer er echter gekozen wordt om de dubbele beglazing door drievoudige beglazing ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) te vervangen, zal er wel een premie van €15/m² uitgereikt worden door de Vlaamse Overheid via de netbeheerder zoals blijkt uit tabel 26. Omdat het in de praktische case gaat om een oppervlakte van 27,63m², komt dit neer op een bedrag van €414,45. Dit zorgt ervoor dat het verschil in investeren in drievoudige beglazing ten opzichte van hoogrendementsbeglazing nog verkleind wordt van €1.291,78 naar €877,33. Hier bovenop komt ook nog eens dat de jaarlijkse energiefactuur een stuk lager zal liggen, wat de keuze voor drievoudige beglazing toch extra interessant maakt.

De Vlaamse Overheid geeft echter nog een interessante premie via de netbeheerder, namelijk de combinatiepremie. Deze combinatiepremie houdt in dat niet alleen de ramen vervangen worden maar dat er gelijktijdig ook in muurisolatie geïnvesteerd wordt. Let wel, het gaat hier over de volledige vervanging van de ramen en niet enkel de beglazing zoals bij de voorgaande premie. De renovatie wordt als gelijktijdig beschouwd wanneer de einddatum van de facturen van beide ingrepen niet meer dan 12 maanden uit elkaar liggen. Enkel dan kan er aanspraak gemaakt worden op de combinatiepremie. Voor de investering in muurisolatie zijn de premies als volgt:

		Uitvoering door aannemer
Spouwmuurisolatie	in	€6/m ²
bestaande muur		
Muurisolatie aan de buitenzijde		€15/m ²
van een bestaande buitenmuur		

Tabel 28: Premiebedrag voor spouwmuurisolatie of buitenmuurisolatie bij combinatiepremie [22]

Bij de combinatiepremie wijzigt het bedrag voor het vervangen van de ramen, deze bedragen zijn namelijk als volgt:

Vervanging van bestaande ramen	Door nieuwe ramen met een U_w -waarde van max. 1,7 W/m ² K en U_g -waarde max. 1,1 W/m ² K	Door nieuwe ramen met een U_w -waarde van max. 1,7 W/m ² K en U_g -waarde max. 0,8 W/m ² K
Enkel glas	€48/m ² max. €1680 (35m ²)	€60/m ² max. €2100 (35m ²)
Dubbel glas	Niet van toepassing	€60/m ² max. €2100 (35m ²)

Tabel 29: Premiebedrag voor raamvervanging bij combinatiepremie [22]

Omdat het hier over de volledige vervanging van de ramen gaat en niet enkel over de beglazing zoals bij de vorige energiepremie, liggen de bedragen hier een stuk hoger. Toegepast op de praktische case blijkt dat, net als bij de voorgaande premie, er geen bedrag wordt uitgereikt voor het vervangen van de dubbele beglazing door de hoogrendementsbeglazing. Wanneer het huidige glas echter vervangen wordt door de drievoudige beglazing ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) zal er wel een aanzienlijke premie van €60/m² uitgereikt worden met een maximum van €2100. Voor een oppervlakte van 27,63m² komt dit dus neer op een bedrag van €1.657,8. Dit zou er dus op neerkomen dat de oorspronkelijke meerprijs van €1.291,78 voor drievoudige beglazing nu zelfs €366,02 goedkoper wordt dan wanneer er hoogrendementsbeglazing geplaatst wordt. Dit is toch wel een opvallende vaststelling dat het plaatsen van de duurdere drievoudige beglazing via deze weg goedkoper wordt dan de hoogrendementsbeglazing. De kanttekening die hierbij echter wel gemaakt moet worden, is dat er ook in muurisolatie geïnvesteerd moet worden om van deze premie te genieten. Maar in het geval van deze case is het dus zeker interessant voor de eigenaars om verder te onderzoeken of een verbeterde muurisolatie een interessante investering is in combinatie met nieuw schrijnwerk omdat dit de energiefactuur alleen nog maar verder zal doen dalen.

4.1.3.2 Renovatiepremie 2014

De renovatiepremie is een andere premie die uitgereikt wordt door de Vlaamse Overheid. Dit is een premie waarmee de Vlaamse Overheid het renoveren van de eigen woning of het omvormen van een bestaand gebouw naar een woning willen stimuleren. Deze premie is niet specifiek gericht op het vervangen van het schrijnwerk maar is een algemene stimulans om te renoveren. Er zijn echter wel verschillende voorwaarden waaraan voldaan moet zijn om voor deze premie in aanmerking te kunnen komen [58]:

1. Wie komt er in aanmerking?

Deze premie kan aangevraagd worden wanneer u bewoner of verhuurder bent:

- Bewoner: U bezit de woning op grond van een zakelijk recht tijdens de aanvraagdatum.
- Verhuurder: U verhuurt de woning al minstens negen jaar aan een sociaal verhuurkantoor.

2. Hoeveel mag het maximale inkomen zijn?

Het inkomen van de aanvrager mag niet hoger zijn dan de volgende bedragen:

- €40.600 voor alleenstaanden zonder persoon ten laste
- €57.990 voor alleenstaanden met één persoon ten laste, dit bedrag wordt verhoogd met €3.250 per extra persoon ten laste
- €57.990 voor gehuwden en wettelijke of feitelijke samenwonenden, dit bedrag wordt verhoogd met €3.250 per extra persoon ten laste

Deze bedragen zijn specifiek opgesteld voor 2014 en worden elk jaar geïndexeerd.

Voor het inkomen wordt er gekeken naar het gezamenlijk belastbaar inkomen van u en eventueel uw gehuwde en wettelijke of feitelijke samenwonende van het derde jaar voor uw aanvraagdatum. Dit houdt specifiek in dat er naar het inkomen van 2011 gekeken wordt voor aanvragen in 2014.

Deze maximuminkomens zijn niet geldig voor verhuurders die hun woning aan een sociaalverhuurkantoor verhuren.

3. Welke woningen komen in aanmerking?

De ouderdomsvoorwaarde van de woning waar de renovatiewerken plaatsvinden is opgetrokken van 20 naar 25 jaar sinds 1 januari 2014. Woningen die dus geen 25 jaar oud zijn, komen niet in aanmerking voor

de renovatiepremie. Studentenkamers worden niet beschouwd als woning en komen bijgevolg ook niet in aanmerking.

4. Hoeveel bedraagt de premie?

Het bedrag van de premie is variabel naargelang uw inkomen meer of minder is dan €29.000, eventueel verhoogt met €1.510 per persoon ten laste:

- Indien uw inkomen lager is bedraagt de premie 30% van de kostprijs, exclusief btw en maximaal €10.000.
- Indien uw inkomen hoger is bedraagt de premie 20% van de kostprijs, exclusief btw en maximaal €10.000.
- Als verhuurder aan een sociaalverhuurkantoor bedraagt de premie 30% van de kostprijs, exclusief btw en maximaal €10.000.

5. Welke werkzaamheden komen in aanmerking?

Om in aanmerking te kunnen komen voor de renovatiepremie moeten er geldige facturen kunnen voorgelegd worden voor minstens €10.000 exclusief btw.

Er zijn acht categorieën die in aanmerking komen voor de renovatiepremie en voor elke categorie geldt een specifiek maximumbedrag. De kostprijs van de werken mogen wel hoger liggen maar dan wordt de premie op basis van het maximumbedrag berekend. De categorieën worden hieronder opgelijst met hun maximumbedragen:

- Binnen- en buitenmuren (facturen tot €15.000)
- Draagvloeren (facturen tot €15.000)
- Dak (facturen tot €15.000)
- Buitenschrijnwerk (facturen tot €15.000)
- Centrale verwarming (facturen tot €7.500)
- Trap (facturen tot €3.750)
- Elektriciteit (facturen tot €3.750)
- Sanitair (facturen tot €3.750)

Zoals in de lijst hierboven blijkt, is de renovatiepremie dus ook van toepassing op het buitenschrijnwerk met een maximumbedrag van €15.000. Let wel, het gaat hier in tegenstelling tot bij de energiepremie wel degelijk over het vervangen van het schrijnwerk en de beglazing.

Specifiek voor het buitenschrijnwerk komen er de volgende voorwaarden bij kijken:

- De hoogrendementsbeglazing die geplaatst wordt heeft als maximale isolatiewaarde $U_g = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Het bedrag van de premie kan met 10% verhoogd worden als er facturen worden ingediend die dateren vanaf 1 januari 2012 waaruit blijkt dat er tegelijkertijd aan de volgende isolatiewaarden wordt voldaan:
 - $U_w = \text{max. } 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_g = \text{max. } 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

De premie blijft echter nog steeds maximaal €10.000.

6. Wanneer en hoeveel keer kan de premie aangevraagd worden?

De premie kan pas aangevraagd worden nadat alle werken voltooid en gefactureerd zijn en u in de woning woont of deze verhuurt aan een sociaalverhuurkantoor.

De premie kan in een periode van 10 jaar vanaf de aanvraagdatum slechts eenmalig aangevraagd worden per persoon en per woning. Dit houdt in dat als er eerder al een premie werd aangevraagd voor dezelfde woning maar door een andere persoon, u geen aanspraak kan maken voor deze premie binnen een tijdsperiode van 10 jaar. Wanneer u als persoon al een aanvraag hebt ingediend voor een andere woning, moet u ook 10 jaar wachten voor u een nieuwe aanvraag kunt indienen, ook al is dit voor een andere woning als de eerste aanvraag.

Zoals uit bovenstaande voorwaarden blijkt komt niet zomaar elke woning in aanmerking voor deze premie. Als dit nu specifiek op de praktische case wordt toegepast, kan er gesteld worden dat niet aan alle voorwaarden voldaan is. Het is namelijk zo dat de woning slechts 24 jaar en geen 25 jaar oud is. Dit houdt dus concreet in dat er voor deze case geen aanspraak kan gemaakt worden op de renovatiepremie. Het kan echter wel interessant zijn om de renovatie van het schrijnwerk een jaar uit te stellen om wel van deze premie gebruik te kunnen maken. Als er een jaar verder gedacht wordt, kan er ook een onderscheid gemaakt worden tussen de renovatiepremie voor de plaatsing van de hoogrendementsbeglazing ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) en de drievoudige beglazing ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$). Bij de hoogrendementsbeglazing is er namelijk sprake van een premie van 20% van de kostprijs omdat het inkomen van de bewoner hoger ligt dan €29.000. Bij de drievoudige beglazing verhoogt deze premie echter naar 30% van de kostprijs omdat U_w lager ligt dan $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ en U_g lager ligt dan $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ bij een eventuele renovatie. Wel moet er de kanttekening bij gemaakt worden dat beide investeringen lager zijn dan €10.000 en in principe sowieso dus niet in aanmerking komen voor de renovatiepremie. Het gaat hier in dit geval echter wel over doe-het-zelf pakketten en er worden dus geen installatiekosten mee in rekening gebracht. Wanneer er een offerte aangevraagd wordt inclusief installatie zal de kostprijs dus hoger liggen en kan er mogelijk wel aanspraak gemaakt worden op deze premie.

4.1.3.3 Gemeentelijke premie 2014

Veel gemeentes gaan uit eigen initiatief zelf nog een extra premie toekennen voor het vervangen van het schrijnwerk. Het is daarom belangrijk om steeds bij uw gemeente te informeren naar een mogelijke premie.

Om dit specifiek op onze case toe te passen werd er bij op het stadhuis van Diest geïnformeerd naar een mogelijke premie, maar hier wordt er echter geen dergelijke premie gegeven.

4.1.3.4 Verminderd btw-tarief

Het is onder bepaalde voorwaarden mogelijk om slechts 6% btw te betalen in plaats van de gebruikelijke 21% zoals ook in bovenstaande nieuwe offertes is aangerekend. Deze voorwaarden zijn de volgende [57]:

- De woning moet ouder dan 5 jaar zijn.
- Het dient te gaan om een 'privéwoonst' en slecht een klein extra gedeelte mag gebruikt worden om een beroep uit te oefenen.
- Alle werken dienen rechtstreeks aan de eindgebruiker (huurder of eigenaar) te worden gefactureerd.
- Levering en plaatsing van de materialen dient door dezelfde aannemer te gebeuren.

Een gevolg hiervan is dat doe-het-zelvers geen verlaagd btw-tarief krijgen voor de aankoop van hun materialen. De nieuwe offertes die aangevraagd zijn, zijn eigenlijk hoofdzakelijk gericht op doe-het-zelvers. Bij bovenstaande offertes is dus een btw-tarief van 21% aangerekend. Hier is in dit geval ook geen korting voor mogelijk. Om de vergelijking te kunnen maken, hebben we verschillende pogingen ondernomen om bij onder meer Belisol, Het Ramenhuis, Gelko, Cosemans Constructies, Weldimo... offertes aan te vragen. Het bleek echter steeds onmogelijk om ons voor een vermoedelijk fictieve case een offerte te bezorgen wegens de hoge werklast.

4.1.4 Terugverdientijd

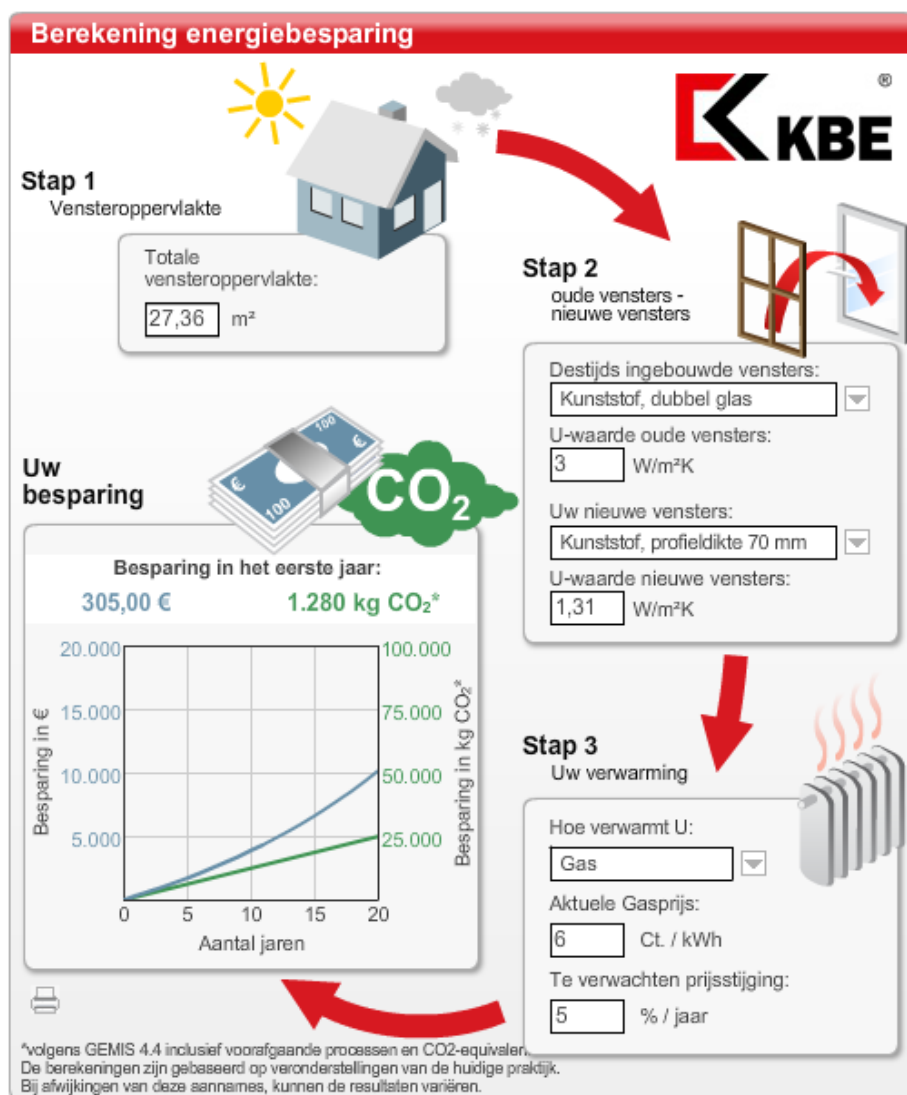
Het berekenen van de terugverdientijd bij beide cases is niet gemakkelijk omdat er met teveel randfactoren rekening moet gehouden worden. Zo moeten de ramen al perfect geplaatst zijn en dan nog is het praktisch onmogelijk om te weten hoeveel energie en dus bijgevolg ook geld op je energierekening kan besparen. Op de website van KBE kan echter wel een richtprijs berekend worden op wat je kan besparen op het gebied van geld en CO₂-uitstoot wanneer er besloten wordt om nieuw schrijnwerk te installeren.

4.1.4.1 Terugverdientijd offerte hoogrendementsglas ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)

De totale kostprijs van deze offerte bedraagt €5.965,64. Het gaat hier om het KBE70mm profiel met een U_f -waarde van $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ en

hoogrendementsbeglazing met een Ug-waarde van $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, wat op een totale Uw-waarde van $1,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ neerkomt. Er kan bij deze investering echter geen aanvraag ingediend worden voor de premies. De energiepremie biedt immers geen premie om van dubbele beglazing naar hoogrendementsbeglazing met een Ug-waarde van $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Voor de renovatiepremie komt deze investering ook niet in aanmerking omdat de kostprijs onder €10.000 ligt en de woning nog geen 25 jaar oud is. Verder is een gemeentelijke premie helaas niet beschikbaar in Diest en een verminderd btw-tarief is hier ook niet van toepassing aangezien het om een doe-het-zelf pakket gaat. De totale kostprijs blijft dus de oorspronkelijke €5.965,64.

Op de website van KBE kan er ingegeven worden hoe groot het vensteroppervlak is, welk type het huidige profiel is, welk type nieuw profiel er zou gestoken worden, wat de totale U-waarde is van het geheel en hoe de woning verwarmd wordt. Vervolgens wordt er dan rekening gehouden met prijsstijgingen van energie in de toekomst en wordt een richtprijs voor energie- en CO₂-besparing per jaar gegeven. Bij deze case wordt het huis met gas verwarmd en wordt de besparing als volgt gegeven:



Figuur 66: Berekening energiebesparing KBE70mm profiel [25]

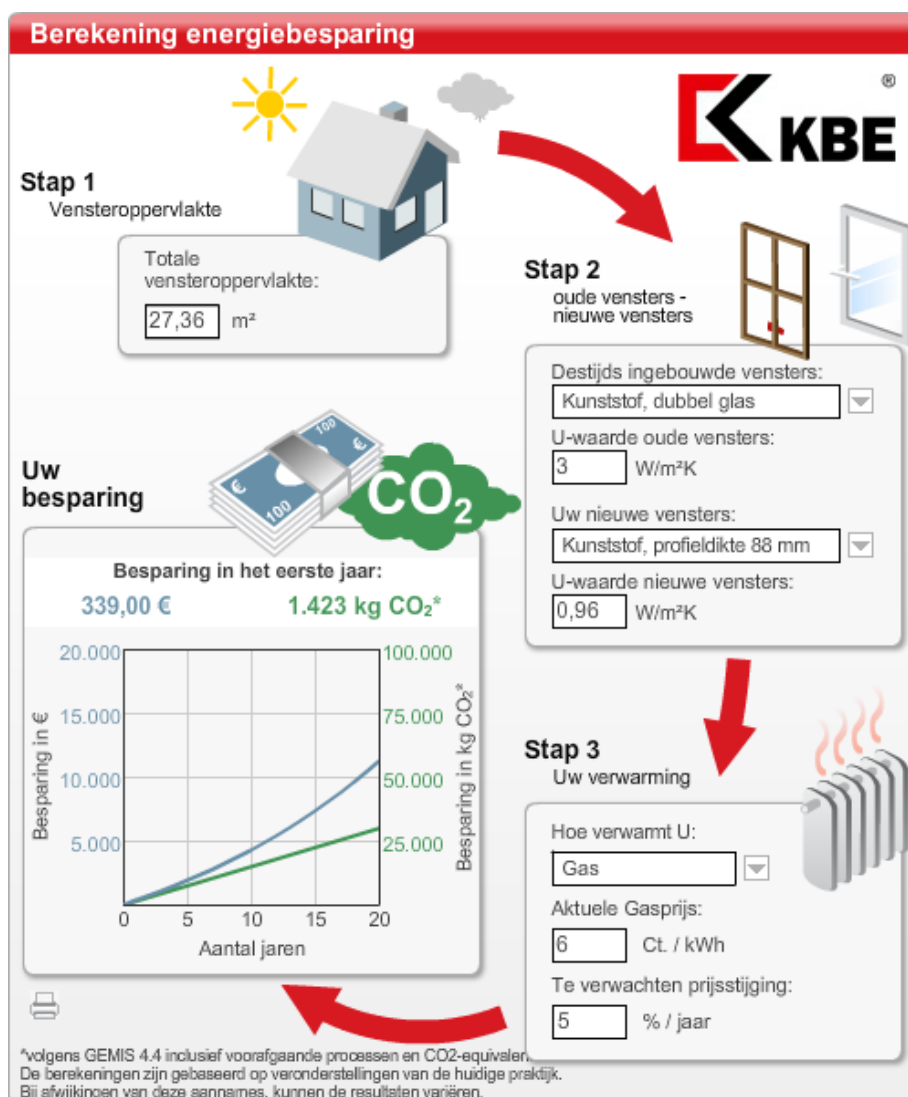
Zoals uit bovenstaande afbeelding blijkt kan er door deze investering in het eerste jaar €305 bespaard worden en 1.280 kg CO₂. Dit komt neer op een terugverdientijd van 19,56 jaar maar op deze tijd is er wel meer dan 25 ton CO₂ bespaard, wat het dus wel een zeer milieuvriendelijk investering maakt. Na 30 jaar bedraagt de financiële opbrengst €3.184,36. Het is uiteraard altijd aan de bewoner zelf om de voor- en nadelen van deze investering af te wegen en te beslissen of hij deze investering wil doen of niet.

4.1.4.2 *Terugverdientijd offerte drievoudige beglazing (U_g = 0,6 W/m²K)*

De totale kostprijs van deze offerte bedraagt €7.257,42. Het gaat hier om het KBE88mm profiel met een U_f-waarde van 1,1 W/m²K en drievoudige beglazing met een U_g-waarde van 0,6 W/m²K, wat op een totale U_w-waarde van 0,96 W/m²K neerkomt. Bij deze investering kan wel gebruik

gemaakt worden van de energiepemie. Deze biedt een premie van €15/m² om van dubbele beglazing naar drievoudige beglazing met een Ug-waarde onder 0,8 W/m²K te gaan. Dit komt voor deze woning neer op een premie van €414,45. Voor de renovatiepremie komt deze investering, net zoals de vorige, niet in aanmerking omdat de kostprijs onder €10.000 ligt en de woning nog geen 25 jaar oud is. Verder is een gemeentelijke premie helaas niet beschikbaar in Diest en een verminderd btw-tarief is hier ook niet van toepassing aangezien het om een doe-het-zelf pakket gaat. De totale kostprijs wordt dus €6.842,97.

Net zoals bij de vorige offerte kan ook nu de financiële en CO₂ besparing als volgt berekend worden via de site van KBE:



Figuur 67: Berekening energiebesparing KBE70mm profiel [25]

Zoals uit bovenstaande afbeelding blijkt, kan door deze investering in het eerste jaar €339 bespaard worden en 1.423 kg CO₂. Dit komt neer op een terugverdientijd van 20,19 jaar maar op deze tijd is er wel bijna 29 ton CO₂ bespaard, wat er logischerwijze voor zorgt dat deze investering nog milieuvriendelijker is dan de vorige. Wel is de terugverdientijd 0,63 jaar langer wat neerkomt op 7,5 maanden. Na 30 jaar bedraagt de financiële opbrengst €3.327,03, wat dus meer is dan bij het installeren van de hoogrendementsbeglazing. Ook dient hier de kanttekening gemaakt te worden dat er meer CO₂ bespaard wordt waardoor dit een milieuvriendelijkere investering is, en bovendien zal de drievoudige beglazing naar de toekomst ook nog beter kunnen renderen ten opzichte van de hoogrendementsbeglazing als er bijvoorbeeld geïnvesteerd wordt in betere isolatie.

4.1.5 Besluit

Het is niet gemakkelijk om uiteindelijk te beslissen welke investering je best kunt doen. Er zijn meerdere mogelijkheden en de meeste hiervan zullen geen slechte beslissing blijken te zijn. Uit bovenstaande offertes zouden wij persoonlijk opteren om de drievoudige beglazing te installeren. Deze keuze maken wij ook omdat de winst op termijn iets groter ligt maar vooral voor het feit dat er meer energie bespaard wordt en er op termijn ook makkelijker nog meer energie bespaard kan worden door bijvoorbeeld betere isolatie te plaatsen.

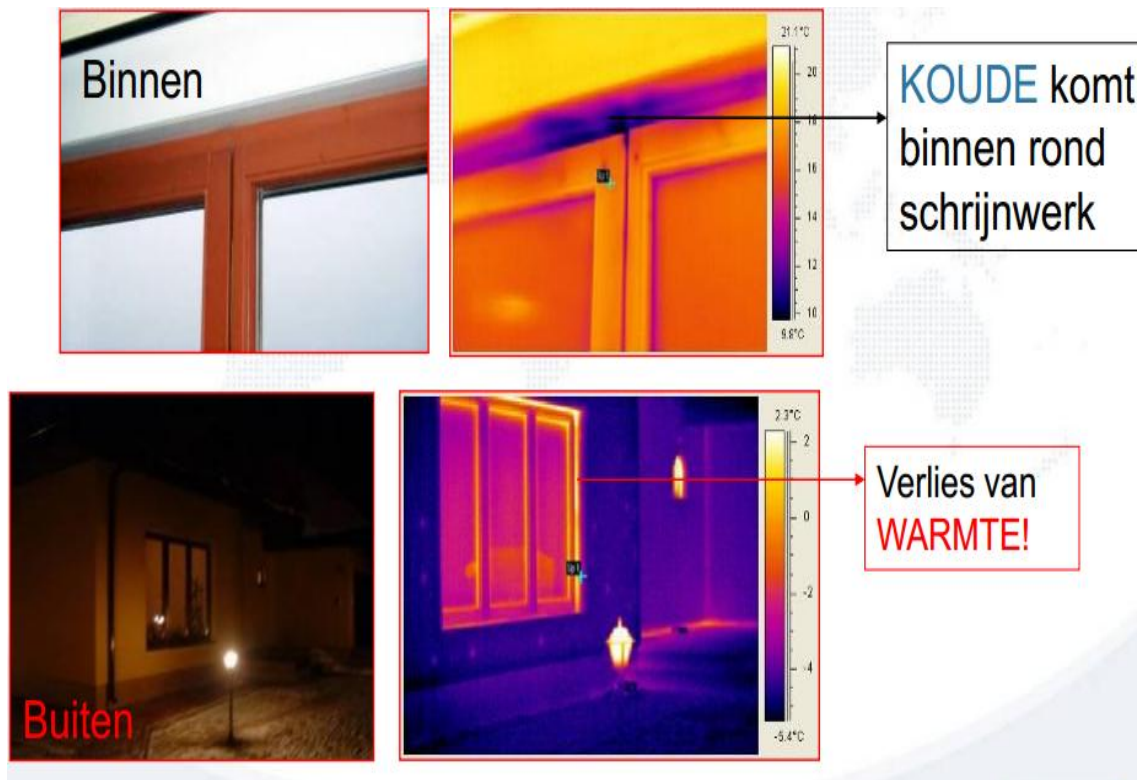
Het is echter zeker aangeraden om op verschillende plaatsen offertes aan te vragen. De prijzen kunnen ver uit elkaar liggen en ook is het steeds belangrijk om naar de kwaliteit van het gebruikte materiaal te kijken. Verder is het ook zo dat er bij de bestudeerde offertes van niet veel premies geprofiteerd kon worden, omdat de kostprijs te laag lag en het om een doe-het-zelf pakket gaat. Als er echter bijvoorbeeld bij een andere offerte, waar de installatie inbegrepen is, aan een totaalprijs van €10.000 gekomen wordt, kan er wel aanspraak gemaakt worden op de renovatiepremie. Er zou dan wel besloten moeten worden om de renovatie nog een jaar uit te stellen zodat de woning een ouderdom van 25 jaar bereikt heeft. Voor hoogrendementsbeglazing is de premie dan 20% van de kostprijs, wat op een bedrag van €2.000 neerkomt bij een investering van €10.000. Bij drievoudige beglazing gaat dit zelfs over 30% oftewel €3.000 bij een investering van €10.000. Ook kan er dan aanspraak gemaakt worden op het verlaagde btw-tarief van 6% in plaats van 21% als er geopteerd wordt om de installatie door een aannemer te laten doen. Bij een investering van €10.000 (excl. btw) zou dan slechts in totaal €10.600 moeten betaald worden in plaats van €12.100, wat toch een verschil van €1.500 is.

Verder is er ook nog de mogelijkheid om van de combinatiepremie te profiteren als men tegelijkertijd besluit om de muurisolatie te verbeteren. Omdat deze premie toch een stuk hoger ligt, €60/m² in plaats van €15/m² voor drievoudige beglazing, kan het zeer interessant zijn om verder te onderzoeken of dit niet financieel voordelig uitkomt voor een specifieke woning.

Het komt er dus in elk geval op neer dat er veel opties zijn om een renovatie van het schrijnwerk uit te voeren bij een woning. Het is zeer belangrijk om elke situatie apart te bekijken en te analyseren wat de beste opties zijn om hier dan een keuze uit te maken.

4.2 Case: koudebruggen

In deze case gaat er aan de hand van een thermische foto een analyse gemaakt worden over de kwaliteit van het venster (Beglazing + Schrijnwerk) en diens aansluiting. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een reeds getrokken thermische foto al eerder getoond in het hoofdstuk 'Koudebruggen'.



Figuur 68: Thermografische proefresultaten [49]

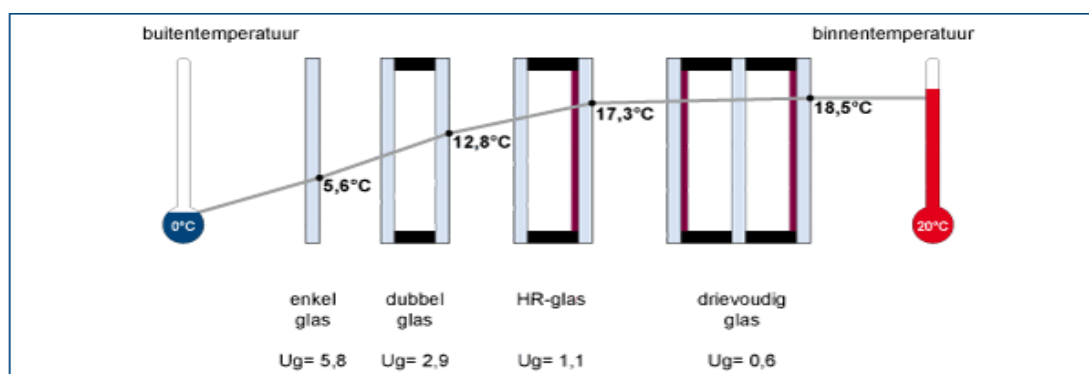
Vooraleer men start aan een renovatie is het verstandig om eens met een thermische camera de zwaktes van het gebouw vast te leggen en te bestuderen. Aangezien dit werk zich enkel toespitst op het venster is er een case gekozen waarbij een thermische foto (figuur 68) zowel de binnen- als de buitenkant van een beglazing wist vast te leggen met behulp van een thermische camera. Omdat er algemeen niet veel informatie gegeven is bij deze foto's zullen er eerst enkele aannames moeten gemaakt worden over de temperatuur op basis van de getrokken foto's :

- De buitentemperatuur bedraagt $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dit aangezien het ijs dat buiten gelegen is -4°C aangeeft op de balk. De temperatuur van dit ijs zou relevant moeten zijn aan de buitentemperatuur.
- De binnentemperatuur bedraagt $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dit aangezien de muur doet vermoeden dat er binnenskamers een temperatuur van 20°C wordt bereikt.

Deze aannames in het achterhoofd houdende gaat er een analyse gemaakt worden over de beglazing, de thermische afstandshouders, het schrijnwerk en de aansluiting tussen het schrijnwerk en de muur.

4.2.1 De beglazing

De beglazing kan bepaald worden aan de hand van de aanvoeltemperatuur aan de binnenzijde van de beglazing. De aanvoeltemperatuur aan de binnenzijde van de beglazing valt af te lezen op figuur 68. De vergelijking zal vervolgens gemaakt worden met figuur 69 om het juiste type glas te achterhalen.



Figuur 69: De aanvoeltemperatuur per type beglazing [40]

Aangezien de werkelijke buitentemperatuur verschillend is van de, in figuur 70 aangegeven, buitentemperatuur 0°C zal eerst een schatting moeten gemaakt worden van een te verwachten type beglazing met behulp van de aanvoeltemperaturen aangegeven in figuur 70. Om deze schatting te maken zal er eerst een temperatuurverschil moeten gemaakt worden tussen de binnentemperatuur en de aanvoeltemperatuur aan de binnenzijde van de beglazing. Deze wordt berekend als volgt:

$$\text{Binnentemperatuur} - \text{Aanvoeltemperatuur aan de binnenzijde van het glas} =$$

$$20\text{ °C} - 16\text{ °C} = 4\text{ °C}$$

Aangezien dit temperatuurverschil zich het kortst bevindt bij hoogrendementsglas zal er gesuggereerd worden dat er in dit raam een beglazing van het type hoogrendementsglas is geplaatst. Om dit met zekerheid te bepalen gaat er gekeken worden hoeveel de theoretisch bepaalde aanvoeltemperatuur is wanneer er een buitentemperatuur heerst van -4 °C. Dit wordt berekend door eerst procentueel te kijken hoeveel verlies van aanvoeltemperatuur er heerst bij een buitentemperatuur van 0°C en een binnentemperatuur van 20 °C wanneer de theoretisch perfecte aanvoeltemperatuur 20°C bedraagt:

$$20\text{ °C} - 17,2\text{ °C} = 2,8\text{ °C}$$

$$\frac{2,8\text{ °C}}{20\text{ °C}} * 100 = 14\% \text{ temperatuurverlies}$$

Wanneer in dit voorbeeld het temperatuurverschil tussen binnen en buiten 24°C bedraagt kan vastgesteld worden dat de aanvoeltemperatuur van hoogrendementsglas met een Ug-waarde van 1,1 W/(m².K) volgende temperatuur aangeeft:

$$24^{\circ}\text{C} * 0,14 = 3,36^{\circ}\text{C}$$
$$20^{\circ}\text{C} - 3,36^{\circ}\text{C} = 16,64^{\circ}\text{C}$$

Hoogrendementsglas met een Ug-waarde van 1,1 W/(m².K) zou volgens dit rekenmodel een aanvoeltemperatuur van 16,64 °C moeten geven op de thermische foto. Hiertegenover valt op de foto af te lezen dat de aanvoeltemperatuur aan de binnenzijde van de beglazing 16 °C is. Dit geeft dus een verschil van 0,64°C. Het verschil tussen beide zou verklaarbaar zijn doordat de beglazing in de woning een verschillende en hogere Ug-waarde bezit ten opzichte van de in figuur 70 aangegeven Ug-waarde van 1,1 W/(m².K). Er kan geschat worden dat deze waarde zich zal bevinden om en bij de 1,2 à 1,3 W/(m².K).

4.2.2 Het raamwerk

Op figuur 69 is te zien dat er in dit huis gewerkt is met een houten raamkader. Vastgesteld kan worden dat het raamwerk geen vreemde bouwknopen vertoont. Het geeft constante temperatuurverliezen weer over het gehele raamwerk waardoor besloten kan worden dat het geen spleten of luchtlekken bezit.

4.2.3 De afstandshouder

Gedurende het hoofdstuk 'beglazing' werd aangedrongen om steeds gebruik te maken van een thermisch isolerende afstandshouder. In figuur 69 wordt het probleem zichtbaar wanneer deze vervaardigd is uit een niet-isolerend materiaal zoals aluminium of gegalvaniseerd staal. Zo kan vastgesteld worden dat deze afstandshouder te kampen heeft met een verlies van 6 °C. Dit verlies staat garant voor een koudebrug en een daling van de gehele Uw-waarde van het venster.

Doordat er gebruik gemaakt is bij dit type venster van een niet-isolerende afstandshouder dreigt er gevaar op condensatie in de hoeken tussen beglazing en raamwerk. De niet-isolerende afstandshouder laat de kou van buiten door naar binnen. Wanneer er binnen in de woning een relatief hoge vochtigheidsgraad heerst bestaat het risico erin dat de condensatie zich zal afzetten op die plaatsen. Om zeker te weten dat er op de plaats van de afstandshouder enkel een thermisch probleem heerst (de kou die zich kan verplaatsen van buiten naar binnen) en geen condensatieprobleem moet er gewerkt worden met de f_{Rsi} -factor om vochtproblemen uit te sluiten:

$$f_{Rsi} = \frac{T_0 - T_e}{T_i - T_e}$$

$$f_{Rsi} = \frac{14 \text{ °C} - (-4 \text{ °C})}{20 - (-4 \text{ °C})} = 0,75$$

In het hoofdstuk 'Bouwknopen' staat beschreven dat 0,75 net de grenswaarde is waarop condensatie kan uitgesloten worden.

Toch wordt aangeraden wanneer de materiaalkeuze van het ontwerp opnieuw zou gebeuren te kiezen voor een thermische afstandshouder om zowel de thermische kwaliteit van het venster als de angst voor condensatie in de hoeken van de beglazing van het venster volledig uit te sluiten.

4.2.4 De aansluiting tussen het venster en de muur

Bij de aansluiting van het venster gaat allereerst gekeken worden of er zich luchtlekken tussen de aansluiting venster-muur voordoen die koudebruggen veroorzaken. Ook gaat een analyse gemaakt worden van de op één punt gerichte koudebrug die waargenomen wordt bij het middelste muuranker.

4.2.4.1 De aansluiting van het venster en de muur

Daar waar de aansluiting tussen het raamwerk en de muur zich bevindt wordt een temperatuurverschil van 6°C gemeten ten opzichte van de binnentemperatuur. Dit temperatuurverschil kan veroorzaakt zijn doordat:

- De aansluiting tussen muur en raamwerk niet perfect luchtdicht is aangesloten. Hierdoor kan de koude lucht zich verplaatsen van buiten naar binnen met een lineaire koudebrug als gevolg.
- De aansluiting tussen muur en raamwerk werd niet correct opgespoten met een PU-schuim waardoor het niet voldoet aan de thermische eisen om een koudebrug te voorkomen.
- De aansluiting gebeurde niet EPB-aanvaardbaar zoals beschreven in hoofdstuk Bouwknopen

Om te kijken wat nu juist de oorzaak is van dit temperatuurverschil in de aansluiting zal een verder onderzoek noodzakelijk zijn. Een luchtdichtheidstest rondom het schrijnwerk zou ideaal zijn om te kijken of de verbinding luchtdicht gemaakt is. De controle of het PU-schuim keurig in de aansluiting werd toegevoegd ligt moeilijker aangezien dit schuim niet met het blote oog kan worden waargenomen.

Algemeen kan besloten worden dat dit probleem moet aangepakt worden voor het ontwerp. Wanneer een EPB-aanvaardbare aansluiting van het raamwerk berekend zou worden als in het hoofdstuk 'Bouwknopen', samen met een luchtdichte juiste aansluiting, zouden temperatuurverschillen van deze aard niet waargenomen worden.

De controle of er al dan niet vochtproblemen zullen optreden gebeurt analoog aan de berekening uitgevoerd bij de afstandshouder. Dit omdat ze beide een temperatuurverschil van 6°C hebben met de binnentemperatuur. Als resultaat werd hier een f_{Rsi} -waarde bereikt van 0,75, de grenswaarde waarop condensatie nog uitgesloten kan worden.

4.2.4.2 *Het muuranker*

Het grootste temperatuurverschil wordt waargenomen daar waar het venster verankerd wordt aan de muur. Het temperatuurverschil bedraagt hier om en bij de 9 °C. Een één punt gerichte koudebrug door een muuranker is een fenomeen dat veel waargenomen wordt bij thermische foto's van een venster en dus in de meeste gevallen problemen geeft naar koudebruggen toe. Muurankers zijn opgebouwd uit metaal aangezien metaal een goede stevigheid verzekert. Het grote nadeel van metaal is wel dat het een goede geleider is waardoor het de kou naar binnen zal geleiden met een koudebrug als gevolg. Om dit probleem aan te pakken is het aangeraden goed te kijken naar de detaillering van deze ankers en deze zo goed mogelijk op te vullen met PU-schuim. Gesteld kan worden dat muurankers belangrijk zijn voor een goede stabiliteit maar een slechte thermische kwaliteit hebben in het algemeen.

Om te kijken dat op de plaats van de muurankers er vochtproblemen zullen voordoen zal weer gebruik gemaakt worden van volgende berekening:

$$f_{Rsi} = \frac{T_0 - T_e}{T_i - T_e}$$
$$f_{Rsi} = \frac{11 \text{ °C} - (-4 \text{ °C})}{20 - (-4 \text{ °C})} \approx 0,46$$



Figuur 70: : Koudebrug bij een muuranker

De f_{Rsi} waarde van deze bouwknop is lager dan 0,60 en zal aanleiding geven tot vochtproblemen. Deze zijn moeilijk in te schatten maar kunnen desastreuze gevolgen hebben zoals in figuur 70 bij een gyproc wand.

Bij dit voorbeeld is de gyproc verzwakt door het vocht dat zich op deze plaats heeft opgestapeld. Hierdoor is de gyproc beginnen afbrokkelen aangezien deze het gewicht van het venster niet meer kon dragen.

4.2.5 Besluit

Het venster dat gedurende deze case onderzocht werd is nog steeds in goede staat en zal niet meteen aangeraden worden te vervangen. Toch had het ontwerp van de aansluiting alsook de aansluiting tussen het raamkader en de muur zelf beter gekund. Koudebruggen werden immers gedetecteerd rond deze aansluiting alsook op de plaats van het muuranker. Deze case bewijst nog maar eens het belang van een goede en doordachte uitvoering van het plaatsen van een venster. Naast de plaatsing kan ook besloten worden dat een niet-thermische afstandshouder problematisch is in een venster. Het zorgt voor verliezen die vermeden worden bij een thermisch uitgevoerde afstandshouder.

4.3 Case: Luchtdichtheid

Wanneer men begint aan een renovatie is het zeer nuttig eerst en vooral de luchtdichtheid van de woning onder de loep te nemen. Luchtdichtheid is immers een item dat pas de laatste 15 jaar echt serieus genomen wordt. Vele gebouwen van voor deze tijd geven immers enorm slechte waardes wanneer er een blowerdoortest op wordt uitgevoerd. Omdat de luchtdichtheid van een woning steeds belangrijker wordt om een passiefhuis te bekomen gaat in deze case gekeken worden of men bij een renovatie de standaard van een passiefhuis kan bekomen. Het project dat bestudeerd wordt is uitgevoerd in Schaarbeek. Het gebouw ligt in de Sinte-Mariastraat 237.



Figuur 71: Herenhuis Koninklijke Sinte-Mariastraat voorgevel [35]

In de Sinte-Mariastraat staat een herenhuis dat is opgebouwd uit 5 verdiepingen met op elke verdieping één appartement. Dit gebouw heeft 2 eigenaars. De eerste eigenaar beheert de bovenste kelder en de eerste 2 verdiepingen. De tweede eigenaar, Mevr. Kervyn, beheert de andere verdiepingen alsook een tweede kelder. Zij is ook degene die een renovatie volgens de voorbeeldnorm van leefmilieu Brussel prefereerde en

dus streefde naar een passiefhuis. Aangezien er 2 eigenaars in dit gebouw wonen met elk hun eigen idee over passiefbouwen, werd de opdracht er niet makkelijker op. Na veel overleg tussen beide eigenaars kwamen ze tot het besluit om de 1^e en 2^e verdieping om te bouwen tot appartementen met zeer lage energie behoefte en de 3^e en de 4^e verdieping tot passiefappartementen.



Figuur 72: Herenhuis Koninklijke Sinte-Mariastraat achtergevel [35]

Aangezien enkel door het aanpassen en lucht dichten van het venster niet voldaan werd aan de passiefhuis eisen, werden volgende technieken ook uitgevoerd voor de bovenste drie appartementen:

- Verwarming werd voorzien voor de 3 bovenste appartementen door gebruik te maken van een warmtepomp met buiteneenheid in de tuin en een warmtewisselaar in de kelder. Wanneer de warmtepomp niet voldoende rendement haalt, zal deze bijgesprongen worden door een micro-gascondensatieketel. Het systeem wordt voorverwarmd door zonnepanelen. Het nadeel bestond er wel in dat men appartement 1, appartement 2 en de eerste kelder moest passeren om de meters en het verwarmingssysteem in de tweede kelder te kunnen bereiken.
- Er werd een balansventilatiesysteem D ingebouwd. Deze werd gekoppeld aan de dampkap in de keuken en dus verwerkt in de keukenkast, wat praktisch is en tevens zuinige resultaten geeft.

- De bestaande regenwatertank werd gerenoveerd en opnieuw aangesloten
- Het gebruik van natuurlijke materialen:
- Binnenisolatie met houtvezelpanelen voor de voorgevel
- Cellulose voor de daken
- Binnenbepleistering in leem

4.3.1 Een luchtdichte uitvoering van de verschillende vensters

Gedurende het verdere verloop van deze case zal gefocust worden op het appartement gelegen op de derde verdieping. Om een idee te krijgen hoe groot de luchtdichtsheidsverliezen doorheen de vensters nu juist zijn, werden deze reeds getest voor de aanvang van de werken. De verliezen bedroegen voor de renovatie maar liefst 50 m³/u bij een drukverschil van 50 Pa tussen de binnen- en buitenkant van de woning. Wetende dat voor het nastreven van een passief huis waardes van 0,6 m³/u dienen bekomen te worden zijn deze verliezen aanzienlijk hoog.

Vooraleer er gekeken wordt naar de verschillende oplossingen is het belangrijk om te weten hoe het appartement is opgebouwd en wat de ligging is van de verschillende vensters. De woonkamer van elk appartement is gelegen aan de achtergevel. Elk appartement heeft hier zijn eigen terras met een prachtig uitzicht over de tuinen die zich achter het huis schuil houden. Het is dan ook belangrijk de vensters aan de achtergevel uit te breiden ten opzichte van de huidige toestand zoals aangeduid in het ontwerp op figuur 72. Aan de voorgevel staat een prachtig venster (zie figuur 71). Het is dan ook verplicht het uitzicht van dit venster te behouden volgens het BWRO (het Brussels wetboek van ruimtelijke ordening) wat de keuze naar oplossingen beperkt.

4.3.1.1 De achtergevel

Aangezien in de achtergevel geen voorwaardes worden opgelegd door het BWRO en er geopteerd wordt om het terras en het prachtige uitzicht ten volle te gebruiken om een extra meerwaarde te halen uit de achterliggende tuin, werd er gekozen om de muuropeningen te vergroten. De toegang tot de terrassen gebeurde immers eerst via een deur centraal in de achtergevel. Door de muuropeningen te vergroten en gebruik te maken van schuifvensters zal de lichtinval alsook de bereikbaarheid van het terras verbeteren.

Om deze voorwaardes in te vullen zal dus een totale renovatie van de achtergevel wenselijk zijn. Daarom werd een ontwerp gemaakt zoals afgebeeld in figuur 72. Aangezien alle materialen nieuw werden gekozen, was het makkelijk een luchtdichte aansluiting en een goede keuze van materiaal te verzekeren. Aangeraden werd wel de keuze te laten vallen voor een raamwerk met luchtdichtheidsprestatieklasse 4.

Niet enkel de keuze van het raamwerk maar ook de aansluiting is van een nog groter belang naar luchtdichtheid toe. De aansluiting op het nieuwe pleisterwerk zou dan ook kunnen gebeuren op 3 manieren:

- De pleister wordt voorzien tot tegen de pleisterstop met een kitvoeg tussen de pleisterstop en het gekozen raamwerk.
- Een luchtdichtheidsfolie plaatsen aan de binnenzijde van het raam tot op de ruwbouw. De pleisterlaag zal vervolgens over de folie geplaatst worden.
- Een luchtdichtheidsfolie plaatsen aan de zijkant van het raam tot op de ruwbouw. De pleisterlaag zal vervolgens over de folie geplaatst worden.

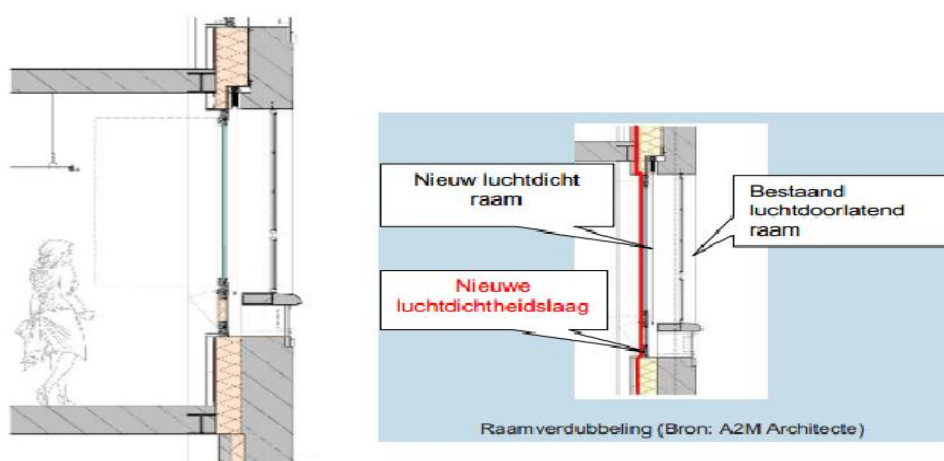
4.3.1.2 De voorgevel

Aan de voorgevel dient wel rekening gehouden te worden met het feit dat het specifiek karakter van het venster stedenbouwkundig verplicht wordt door het Brussels wetboek van ruimtelijke ordening. Vanwege de schoonheid van het raamwerk en de verplichting zal er in beide voorstellen verplicht worden het raamwerk te behouden.

4.3.1.2.1 Voorstel 1: Verdubbeling van de ramen

Wanneer men het gehele venster wil behouden, zonder hier aan te werken, kan er voorgesteld worden een venster te plaatsen aan de binnenkant van het reeds bestaande venster. Op deze manier zullen de luchtdichtheidsverliezen drastisch aangepakt worden.

Maar vooraleer de plaatsing van dit raam kan gebeuren, zal eerst de binnenisolatie moeten worden voorzien. In de inleiding werd vermeld dat dit is gebeurd met natuurlijke houtvezelpanelen. In ons eerste voorstel zal gebruik gemaakt worden van minerale wol met hier rond een houten multiplexkader waarop het venster kan rusten. In onderstaande figuur is hierbij ook nog eens gekozen om de plaatsen waar de betonplaten de gevels raken de betonplaten uit te slijpen en isolatie te voorzien tussen beide. Om de stabiliteit van de gevel te garanderen, was het wel noodzakelijk verankeringen aan te brengen zoals aangeduid in figuur 73.



Figuur 73: Voorstel 1 [35]

Figuur 74 geeft maar een schets weer van het werkingsprincipe en is niet getekend op ware grootte of dergelijke. Wel ziet men duidelijk de in het rood aangegeven luchtdichtheidslaag bij het luchtdicht te plaatsen raam. De keuze van de beglazing zal volledig afhankelijk zijn van de klant al wordt hier aangeraden gebruik te maken van een drievoudige beglazing om zeker te voldoen aan de voorwaarde van een passiefhuis al hangt dit tevens af van de financiële mogelijkheden van de klant. Ook door het feit dat men zich in stedelijk gebied bevindt zal aanraden worden om een akoestisch raamtype te kiezen zoals besproken in het hoofdstuk 'akoestiek' volgens de norm NBN s 01-400-1. Wanneer het raam geplaatst is heeft men twee keuzes:

- Een rechtstreekse aansluiting op de multiplexkader:
- Bij de rechtstreekse aansluiting op de multiplexkader zal de voeg volledig moeten worden opgevuld met PU-schuim. Tevens zal er een kitvoeg moeten voorzien worden tussen de omkasting en het schrijnwerk.
- Een pleisterlaag wordt gelegd op de multiplexkader en het venster zal hierop luchtdicht aangesloten worden:
- Eerst zal hierbij rekening gehouden dienen te worden met de slechte aanhechting van de pleister op de multiplexkader. Hierdoor zal deze eerst moeten bewerkt worden met een korrelige lijm of worden voorzien van een gyprocplaat om een goede binding te bekomen. De aansluiting van het tweede venster op het multiplexkader kan vervolgens via 3 voorgestelde methodes gebeuren zoals eerder besproken en uitgevoerd bij de achtergevel:
 - de pleister wordt voorzien tot tegen de pleisterstop met een kitvoeg tussen de pleisterstop en het gekozen raamwerk.
 - een luchtdichtheidsfolie wordt geplaatst aan de binnenzijde van het raam tot op de ruwbouw. De pleisterlaag zal vervolgens over de folie geplaatst worden.
 - een luchtdichtheidsfolie wordt geplaatst aan de zijkant van het raam tot op de ruwbouw. De pleisterlaag zal vervolgens over de folie geplaatst worden.

4.3.1.2.1.1 Het achterliggende terras op de derde vleugel

Het grote nadeel van dit voorstel is dat vanwege de complexiteit van het gehele raamwerk best geopteerd zal worden voor een vast raamkader. Het plaatsen van hetzelfde vleugelraam als het originele zou immers een warboel van ramen en motieven geven. Niet enkel is het esthetische karakter van deze uitvoering een probleem, ook de afstand tussen de linker vleugel en de muur zal voor problemen zorgen wanneer men zich toespitst op de 3^e etage. Wanneer men het tweede raam voorziet van een vleugel en deze wil openen zal het onmogelijk zijn om de originele raamvleugels ook volledig te openen. Dit komt doordat ten eerste de

afstand tussen beide ramen zeer beperkt is alsook het tweede, nieuwe raam, niet korter bij de muur geplaatst kan worden om een extra speling te geven. Omwille van deze twee redenen zal er dan ook op aangedrongen worden om te opteren voor een vast raamkader volgens de dimensies aangegeven in figuur 75. Het achterliggende terras zou hierdoor niet meer bereikbaar zijn.



Figuur 74: De dimensie van het vast raamkader met de daarin voorziene beglazing op de 3^e verdieping [35]

In figuur 75 wordt aangegeven hoe men de beglazing zou dimensioneren binnenin de rode lijn. De rode lijn geeft een schets weer van hoe ver het raamkader zal geplaatst worden. Rondom het raamkader komt eerst en vooral de isolatie ombouwt met de multiplexkader.

Het plan om het terras liggend voor deze ruit te elimineren, lijkt op het eerste zicht drastisch. Toch moet men bij de keuze van dit voorstel beseffen dat dit kleine terras gelegen is aan een drukke straat en weinig comfort biedt om rustig te genieten. Het terras gelegen aan de achtergevel biedt veel meer luxe. Daarom zal bij het eerste ontwerp geopteerd worden om dit terras te elimineren. Het enige verschil is dat het plaatsen van een vast raamkader moeilijker omkeerbaar tegenover de oplossing voorgesteld in voorstel 2 waar dit achteraf wel nog mogelijk is.

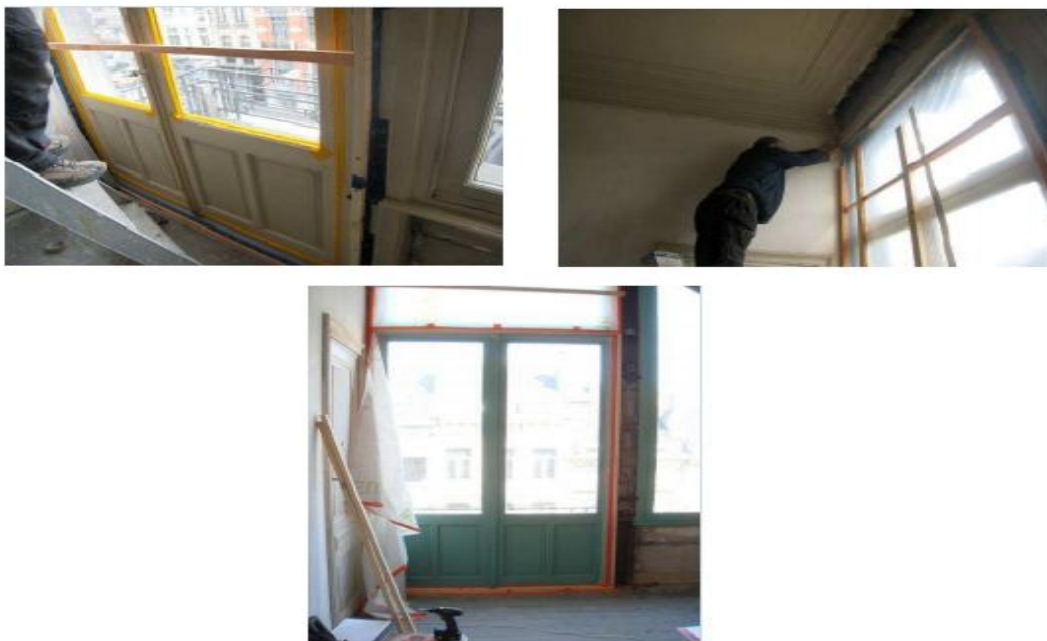
4.3.1.2.1.1.1 De exacte resultaten

De exacte resultaten voor deze oplossing zijn zeer moeilijk in te schatten. Wel kan gesteld worden dat de methodes besproken tijdens dit voorstel bij een juiste uitvoering perfecte resultaten zullen geven, zowel naar luchtdichtheid als naar thermische kwaliteit toe.

4.3.1.2.2 Voorstel 2: Het luchtdichte van het bestaande raam

Er kan ook gekozen worden om het bestaande raamwerk te behouden en dit zorgvuldig te luchtdichte en vervolgens de beglazing te vervangen. Volgende ingrepen kunnen uitgevoerd worden bij dit project:

- Er kan gekozen worden de luchtstroom van de oorspronkelijke configuratie te kwantificeren door een dichte kleefband:
- Dit door ter hoogte van de stopverfaldichting en kleine tussenruimtes tussen het raam en de beglazing dichte kleefband te plaatsen.
- De dichte kleefband te plaatsen ter hoogte van de verbinding van de openstaande vleugels en de kozijnen. Het raamwerk laat enkel een enkelvoudige slag toe. Het hout is hierbij scheefgetrokken en het raamwerk is met de loop der jaren gaan doorhangen. Het is zelfs zo ver gevorderd dat bij het openen van het raamwerk het raam sleept over de onderregel. Hierdoor is er tevens een spleet ontstaan ter hoogte van de slag van de bovenregel, met grote luchtverliezen als gevolg. Ook wordt ter plaatse opgemerkt dat de hollijsten, de inkepingen en de scharnieren lucht doorlaten.
- Aangezien het raamkader behouden dient te worden is het onmogelijk een drievoudige beglazing te plaatsen. Het raamwerk heeft hiervoor niet genoeg plaats in de breedte en dreigt een zwaarder raam niet te kunnen dragen. Om toch het maximaal rendement te halen uit de breedte dat het raamwerk te bieden heeft wordt een hoogrendementsglas 4-12-6 voorgesteld. Deze beglazing heeft ook een betere geluidsisolatie als de huidige beglazing door zijn asymmetrische opbouw waardoor het leefcomfort zal verbeteren.



Figuur 75: Aanpassingswerken voorstel 2 [35]

- Geopteerd kan worden om neopreen afdichtingen aan te brengen op de smalle zijden van de openstaande vleugels. Deze zullen ervoor zorgen dat de openslaande vleugels volledig tegen het kozijn wordt aangedrukt. De afdichtingen blijven onzichtbaar wanneer het raam gesloten is.

4.3.1.2.2.1 *De exacte resultaten*

In dit project werd gekozen voor voorstel 2. Aangezien er zowel op het venster als in het gehele appartement luchtdichtheidstesten werden gedaan, kan er kritisch gekeken worden naar de verschillende resultaten en hoe efficiënt elke oplossing apart was. Ook de uiteindelijke resultaten van de n50-proef zullen meegedeeld worden.

Vooraleer een algemene luchtdichtheidswaarde mee te geven van het gebouw gaat eerst gekeken worden naar de luchtdichtheid van het aangepast raam met terras aan de voorgevel. Hiervoor werd er een drukverschil van 50 Pa gecreëerd tussen de binnen- en buitenkant van de woning. Via een meettoestel zal vervolgens gekeken worden naar de ontsnapte lucht doorheen het venster. Deze waarde staat beter bekend als de V50-waarde en wordt uitgedrukt in m^3/u . Voor de werkzaamheden bedroeg dit verlies 50 m^3/u . Door volgende aanpassingen werden deze waardes vermindert:

- Door de keuze van een nieuwe beglazing 4-12-6 en neopreen afdichtingen ter hoogte van de aansluiting van de openslaande vleugels op de kozijnen te maken, werd een vermindering van het luchtverlies met 42 m^3/u opgetekend. Dit zonder het midden van het raam te dichten, alsook de afdichting niet volledig laten door te lopen over de scharnieren zodat het vleugelraam nog steeds open en dicht kan.
 - ➔ Het resterende luchtverlies bedraagt 8 m^3/u .
- De restauratie van het raamkader zorgt ervoor dat dit niet meer over de grond sleept en het raam ongehinderd opengaat. Deze ingreep zorgt voor een 2,9 m^3/u vermindering van het luchtverlies.
 - ➔ Het resterende luchtverlies bedraagt 5,1 m^3/u .
- Om de luchtdichtheid nog te verbeteren, wordt er toch gekozen om het terras niet meer te gebruiken. Niet enkel om de huidige toestand te verbeteren maar ook werd gevreesd dat het raamkader terug aan kwaliteit ging inboeten wanneer dit telkens open en dicht zou worden gedaan. Toch is deze ingreep zoals eerder gezegd minder drastisch als het plaatsen van een vast raamkader. Het is immers zo dat wanneer men terug het terras in gebruik wilt nemen men één enkele sticker dient te verwijderen in plaats van een heel vast raamkader. Omdat besloten is het terras dus niet langer te gebruiken zal er een

dichte kleefband ter hoogte van de aansluiting tussen de twee openstaande vleugels geplaatst worden. Deze geeft een winst van $2,4 \text{ m}^3/\text{u}$.

→ Het resterende en uiteindelijke luchtverlies bedraagt $2,7 \text{ m}^3/\text{u}$.

Na al deze aanpassingen werd vervolgens gekeken naar de resultaten van de blowerdoortest. Hieruit bleek dat de 3^e verdieping een enorme vooruitgang gemaakt heeft en zich officieel een passiefhuis mag noemen. Er werd immers een n50-waarde van $0,6 \text{ m}^3/(\text{u}\cdot\text{m}^3)$ vastgesteld. De grenswaarde die voldaan moet worden om in aanmerking te komen voor de naam passiefhuis.

4.3.2 Algemeen

In december 2010 werden de werken aan de Koninklijke Sinte-Mariastraat 237 te Schaarbeek afgeleverd. De bouwkosten liepen op tot 1.062 €/m^2 . Aangezien het appartement dat hier onderzocht is voldeed aan de passiefeisen kreeg het een subsidie van 100 €/m^2 . Het project werd geleid door architect Philippe Abel in steun van het studiebureau Matriche.

5 Algemeen besluit

Algemeen kan gesteld worden dat, indien er een goede muurisolatie aanwezig is of er plannen zijn om deze in de toekomst te laten plaatsen, het een verstandige beslissing is om voor drievoudige beglazing te kiezen. Wel dient er de kanttekening bij gemaakt te worden dat dit een grotere financiële inspanning vergt op korte termijn ten opzichte van hoogrendementsbeglazing. Op lange termijn zal het rendement echter groter zijn door de betere thermische prestaties. Ook werd het ons na gesprekken met meerdere aanbieders van vensters duidelijk dat het prijsverschil tussen deze twee types glas steeds kleiner wordt en het bijgevolg naar de toekomst toe enkel interessanter wordt om voor drievoudige beglazing te kiezen.

Voor de keuze van het type schrijnwerk viel vooral het verschil tussen de theorie en de praktijk op. In theorie kwam vooral hout naar boven als een goede keuze voor het type schrijnwerk. Dit omwille van de goede thermische prestaties, maar ook voor de milieuvriendelijkheid van het materiaal. Indien een klant geen hout wilt kiezen om esthetische redenen, zou de combinatie van hout en aluminium een goed alternatief kunnen bieden. Dit zou zelfs een zeer goede keuze zijn, omdat het de voordelen van beide materialen kan combineren. In de praktijk kregen we echter een heel ander verhaal te horen. Het is namelijk zo dat een profiel dat de combinatie maakt tussen hout en aluminium veel moeilijker te installeren is omdat er met twee materialen rekening gehouden moet worden. Er is ook niemand, van alle aanbieders waarmee we een gesprek gevoerd hebben, die deze combinatie aanbiedt. In de praktijk wordt er veel voor PVC gekozen wegens zijn goede prijs-kwaliteitverhouding. Het levert zeer goede thermische prestaties en is de goedkoopste optie om te kiezen tussen hout, PVC en aluminium. Wanneer het van het Greenline label voorzien is, zal het ook op ecologische gebied aanvaardbaar zijn.

De keuze van de materialen beglazing en schrijnwerk zijn nefast voor de Uw-waarde. Een lagere Uw-waarde staat voor een betere thermische kwaliteit. Er kan best gebruik gemaakt worden van een thermische afstandshouder, deze kan de Uw-waarde namelijk een stuk verlagen.

Luchtdichtheid is één van de belangrijkste aandachtspunten bij de aansluiting van een schrijnwerk. Het is immers zo dat wanneer de luchtdichtheid niet verzekerd is er verschillende problemen kunnen optreden zoals een slechte akoestiek, luchttocht, vocht, koudebruggen, Naast de aansluiting is ook de keuze van de luchtdichtheidsprestatieklasse belangrijk om een goede luchtdichtheid te bekomen. Vensters worden momenteel in 4 klassen opgedeeld waarbij klasse 4 87,7% van alle vensters bevat [66]. Wij vinden het dan ook noodzakelijk om deze klassen verder op te delen in de eerder besproken luchtdichtheidsprestatieklassen 5 en 6 om een betere luchtdichtheid van het venster na te streven.

Koudebruggen kunnen verschillende oorzaken hebben zoals slechte materiaalkeuzes, een slechte aansluiting tussen muur en schrijnwerk, het raamkader vergeten op te spuiten met PU-schuim,.... Koudebruggen zijn nefast voor het leefcomfort, zo kunnen ze de oorzaak zijn van vocht, schimmel, verhoogde energiefacturen,... Om te voorkomen dat koudebruggen zulke sporen achterlaten is het belangrijk om de ramen EPB-aanvaardbaar en luchtdicht te plaatsen.

Het akoestisch vermogen en voornamelijk de geluidsisolatie van een beglazing is volledig situatieafhankelijk. Zo zal er logischerwijze naast een vliegveld een groter akoestisch probleem optreden als naast een landweg. De norm NBN S 01-400-1 deelt deze situaties op en geeft een idee van de gewenste geluidsisolatie die een beglazing moet hebben om een aanvaardbaar akoestisch leefcomfort binnen de woning te bekomen.

Tot slot hebben de praktische casestudy's ons een beter inzicht gegeven hoe de besproken theoretische begrippen in de praktijk konden uitgevoerd worden.

6 Bibliografie

- [1] Actieakoestiek (). Gevels en buitenschrijnwerk geraadpleegd op 2 mei 2014 via http://www.actieakoestiek.be/geluidswering_glas_ramen_muren.html
- [2] Adrian Verhoijzen (2011). Thesis: Waterdichtheid van raamaansluitingen. Universiteit Gent.
- [3] Amatrix (2014). Anemometer. Geraadpleegd op 21 maart 2014 via http://amatrix.com.my/eshop/index.php?main_page=index&cPath=3515_3530
- [4] Bouw- Energie(2014). Bereken het energieverbruik van uw woning. Geraadpleegd op 3 mei 2014 via <http://www.bouw-energie.be/berekenen/varia/uwaarderaam.php>
- [5] Bouw-energie (2014). Luchtdicht bouwen: hoe praktisch aanpakken?. Geraadpleegd op 21 maart 2014 via <http://www.bouw-energie.be/blogposts/luchtdichtheid.php>
- [6] Bouwsite (2013). Ramen. Geraadpleegd op 27 februari 2014 via <http://www.bouwsite.be/bouwgids/ruwbouw/ramen/raamprofielen/aluminium/#.Uw4Yknn0qs>.
- [7] Brico (2014). Een venster plaatsen. Geraadpleegd op 15 maart 2014 via <http://www.brico.be/wabs/nl/bricofiches/1844/hout/-een-venster-plaatsen.do?pg=0>.
- [8] Centre Scientifique et Technique de la Construction(). Akoestiek in gebouwen: de akoestische criteria voor woongebouwen de nieuwe norm NBN S 01-400-1:2008. Geraadpleegd op 2 mei 2014. [http://www.confederatiebouw.be/UserFiles/File/100930%20Norme%20acoustique%20-%20Van%20Damme%20M.%20-%20CSTC%20-%20NL\[1\].pdf](http://www.confederatiebouw.be/UserFiles/File/100930%20Norme%20acoustique%20-%20Van%20Damme%20M.%20-%20CSTC%20-%20NL[1].pdf)
- [9] Cobo Systems (2014). Belisol Bestekomschrijving Ramen en deuren PVC. Geraadpleegd op 25 april 2014 via http://nl.cobosystems.be/3/resourcefile/12/37/90/default123790_3.html.
- [10] Confederationconstruction (). Koudebruggen. Geraadpleegd op 9 april 2014 via <http://www.confederationconstruction.be/cbbh/Documents%20utiles/CELLULE/2008-11-19/NL%20Houvenaghel.pdf>
- [11] Conrad(2014). VOLTCRAFT DOT-150 digitale oppervlakte-thermometer. Geraadpleegd op 12 april 2014 via <http://www.conrad.be/ce/nl/product/100828/VOLTCRAFT-DOT->

150-digitale-oppervlakte-thermometer-Temperatuurbereik-50-150-C

- [12] Creon Ramen (2014). Online de prijs van uw ramen en deuren berekenen en bestellen. Geraadpleegd op 4 mei 2014 via <http://www.creon-ramen.be>.
- [13] Deceuninck (2014). Welke premies voor ramen en deuren heeft 2014 in petto?. Geraadpleegd op 6 mei 2014 via <http://www.deceuninck.be/nl/blog/premies/premies-pvc-ramen-en-deuren-2014.aspx>.
- [14] Energids (2013). Moet ik kiezen voor dubbele, driedubbele of superisolerende beglazing?. Geraadpleegd op 26 februari 2014 via <http://www.energids.be/nl/vraag-antwoord/moet-ik-kiezen-voor-dubbele-driedubbele-of-superisolerende-beglazing/215>
- [15] Foamglas (2012). De blijvende oplossing voor koudebruggen. Geraadpleegd op 15 april 2014 via http://www.foamglas.be/___/frontend/handler/document.php?id=1903&type=42
- [16] Fonds voor vakopleiding in de bouwnijverheid (2007). Plaatsen van ramen en deuren. Brussel: Edwin De Ceukelaire.
- [17] FSC. FSC Belgium. Geraadpleegd op 15 februari 2014 via <http://www.fsc.be>.
- [18] Gamma. Raamkozijn vervangen. Geraadpleegd op 15 maart 2014 via <https://www.gamma.be/nl/raamkozijn-vervangen>.
- [19] Glasdiscount (2014). Driedubbel isolatieglas. Geraadpleegd op 26 februari 2014 via <http://www.glasdiscount.nl/driedubbel-isolatieglas>
- [20] IBGE.BIM(2008). De erfgoedwaarden van de Brusselse huizen. Geraadpleegd op 10 mei 2014 via [http://www.leefmilieubrussel.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Professionnels/Formations_et_s%C3%A9minaires/S%C3%A9minaire_b%C3%A2timent_durable_2012_\(actes\)/SEMI_9_130531_5_JB_NL.pdf](http://www.leefmilieubrussel.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Professionnels/Formations_et_s%C3%A9minaires/S%C3%A9minaire_b%C3%A2timent_durable_2012_(actes)/SEMI_9_130531_5_JB_NL.pdf)
- [21] Immoweb (2013). Schrijnwerk, beglazing, deuren. Geraadpleegd op 27 februari 2014 via <http://www.immoweb.be/marketing/energyhouse/nl/exterieur-chassis.html>.
- [22] Infrax (2014). Premieaanvraag vervanging van enkel of dubbel glas en/of na-isolatie van spouwmuren of buitenmuren 2014. Geraadpleegd op 6 mei 2014 via <http://www.infrax.be/nl/premies-en-acties/premies/2014/huishoudelijk/combi-muurisolatie->

hoogrendementsglas.

- [23] JCI Knokke-Heist(). Energiebesparende ramen en beglazing. Geraadpleegd op 7 maart 2014 via http://www.jcikh.be/ramen_glas
- [24] Joostdevree ().dubbele beglazing, dubbel glas, dubbelglas. Geraadpleegd op 26 februari 2014 via <http://www.joostdevree.nl/shtmls/dubbelglas.shtml>
- [25] KBE (2014). KBE ramen. Geraadpleegd op 7 mei 2014 via <http://www.kbe-online.be>.
- [26] Knack (2011). In het teken van duurzaamheid. Geraadpleegd op 27 februari 2014 via <http://ikgabouwen.knack.be/bouwen-renovatie/dossiers/raammaterialen/in-het-teken-van-duurzaamheid/article-1194984881646.htm>.
- [27] Leefmilieu Brussel (2009). Een bestaand venster herstellen of vervangen?. Geraadpleegd op 20 april 2014 via http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_Ecoconstructie_MAT07_Part_NL.PDF.
- [28] Leefmilieu Brussel (2010) De goede luchtdichtheid van de gebouwschil. Geraadpleegd op 5 april 2014 via [http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/\(S\(5mrpjf45esm4t5jgs2bsvib0\)\)/docs_NL/ENE10_NL.pdf](http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/(S(5mrpjf45esm4t5jgs2bsvib0))/docs_NL/ENE10_NL.pdf)
- [29] Leefmilieu Brussel (2010). Akoestisch comfort. Geraadpleegd op 2 mei 2014 via [http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/\(S\(lfknwla5raq0y44550wpf2zg\)\)/ocs_NL/CSS05_NL.pdf](http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/(S(lfknwla5raq0y44550wpf2zg))/ocs_NL/CSS05_NL.pdf)
- [30] Leefmilieu Brussel (2010). Akoestische isolatie: gezonde materialen met een gunstige Milieubalans. Geraadpleegd op 26 april 2014 via [http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/\(S\(lfknwla5raq0y44550wpf2zg\)\)/docs_NL/MAT11_NL.pdf](http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/(S(lfknwla5raq0y44550wpf2zg))/docs_NL/MAT11_NL.pdf)
- [31] Leefmilieu Brussel (2010). Het ideale materiaal kiezen voor buitenschrijnwerk. Geraadpleegd op 27 februari 2014 via [http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/\(S\(ukjt1v55di1g1a554xynip3d\)\)/docs_NL/MAT04_NL.pdf](http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/(S(ukjt1v55di1g1a554xynip3d))/docs_NL/MAT04_NL.pdf).
- [32] Leefmilieu Brussel (2010). Optimaal ontwerp van vensters. Geraadpleegd op 7 maart 2014 via [http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/\(S\(0ls2bv55h4srez45gjr5rzez\)\)/docs_NL/ENE06_NL.pdf](http://app.leefmilieubrussel.be/handleiding_duurzaam_gebouw/(S(0ls2bv55h4srez45gjr5rzez))/docs_NL/ENE06_NL.pdf)
- [33] Leefmilieu Brussel (2011). Infociche bouwknopen. Geraadpleegd op 15 april 2014 via http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_Energie_Bouwknopen_juin_2011_Prof_NL.pdf

- [34] Leefmilieu Brussel(2009). Toelichtingsdocument volgens "ontwerp tot wijziging van bijlage IV/V van het EPB – besluit" . Geraadpleegd op 19 april 2014 via [http://www.leefmilieubrussel.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Professionnels/Themes/%C3%89nergie/01_PEB_et_climat_int%C3%A9rieur/01Travaux_PEB/01_Qu_est_ce_que_les_travaux_PEB/Bouwknopen\(2\).pdf](http://www.leefmilieubrussel.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Professionnels/Themes/%C3%89nergie/01_PEB_et_climat_int%C3%A9rieur/01Travaux_PEB/01_Qu_est_ce_que_les_travaux_PEB/Bouwknopen(2).pdf)
- [35] Leefmilieu Brussel(2010). Fiche 1.1 Luchtdichtheid. Geraadpleegd op 10 mei 2014 via http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/IF_RT_BATEX_Fiche1.1._Luchtdichtheid_NL.pdf
- [36] Livios (2014). Koudebruggen: de oorzaken, de gevolgen en de oplossing. Geraadpleegd op 12 april 2014 via <http://www.livios.be/nl/bouwfasen/ruwbouw/isolatie/koudebruggen-de-oorzaken-de-gevolgen-en-de-oplossingen/>
- [37] Livios (2014). Richtprijs buitenschrijnwerk. Geraadpleegd op 10 maart 2014 via <http://www.livios.be/nl/bouwfasen/ruwbouw/ramen-en-deuren/richtprijzen-buitenschrijnwerk/>
- [38] Marketing Press sa (2014). Bouwen Verbouwen. Geraadpleegd op 27 februari 2014 via <http://phimedia.onlinetouch.be/1/161#/160>.
- [39] Massief passief huis (2014). Schuiframen. Geraadpleegd op 5 april 2014 via <http://www.massiefpassief.be/fotodagboekdetail.html?id=122>
- [40] Meeroverepb (2012) Beglazingen met hoge energetische prestaties. Geraadpleegd op 7 maart 2014 via <http://www.meeroverepb.be/pages/kdb.php?id=227>
- [41] Metesco(2014). Fluke TI55 thermografische camera. Geraadpleegd op 12 april 2014 via http://www.metesco.nl/verhuur/thermografische_camera_verhuur/diagnose_/fluke_ti55
- [42] Nathan Van Den Bossche (2005). Thesis: Luchtdichtheid Experimenteel onderzoek naar schattingsmethodes bij woningen. Universiteit Gent.
- [43] Passiefhuisplatform (2012). Video: schrijnwerk, beglazing, luchtdichtheid en zonnewering. Geraadpleegd op 17 maart 2014 via <http://www.passiefhuisplatform.be/artikel/video-schrijnwerk-beglazing-luchtdichtheid-en-zonnewering>
- [44] PEFC (2007). PEFC Belgium. Geraadpleegd op 15 februari 2014 via <http://www.pefcbelgium.be/nl/>.
- [45] Pilkington Benelux, Roman Abrahams (2010). Tripleglas is hot, (maar) nog geen gemeengoed . Geraadpleegd op 26 februari via

- <http://1lvv11199ge35v89y3sixa0x2z.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/Isolatieglas-Tripleglas-toepassen.pdf>
- [46] PMG (2012). Buitenschrijnwerk cruciaal voor luchtdichtheid van gebouwen. Geraadpleegd op 28 maart 2014 via http://www.dewin.be/userfiles/files/luchtdichtheid_artikel.pdf
- [47] Rockwool(2013). Koudebruggen. Geraadpleegd op 15 april 2014 via <http://www.nl.rockwool.be/services/bouwfysica/vocht/koudebruggen>
- [48] Saint-Gobain glass (). Glas en akoestische isolatie. Geraadpleegd op 2 mei 2014 via http://benl.saint-gobain-glass.com/upload/files/eigenschappen_glas_en_akoestische_isolatie.pdf
- [49] Soudal window system (). Luchtdichte bouwaansluiting in de praktijk . Geraadpleegd op 15 april 2014 via <http://www.federplast.be/DOWNLOADS/BENG%202011%2006%2015%20ppt%20Soudal%20Luc%20Thys.pdf>
- [50] Swift sure (2014). Blower Door Test. Geraadpleegd op 21 maart 2014 via <http://swiftsureenergy.com/blower-door-test>
- [51] Test-aankoop (2011). Glas en schrijnwerk thermische isolatie cruciaal voor uw keuze . Geraadpleegd op 7 maart 2014 via http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/milieuvriendelijke/TA_glasschrijnwerk_0311.pdf
- [52] VEA(2010). Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt van vensters (Uw- waarde) en deuren (Ud- waarde) . geraadpleegd op 3 mei 2014 via <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/module53.pdf>
- [53] Verbond der glasindustrie (2011). Een andere kijk op beglazing. Geraadpleegd op 7 maart 2014 via <http://www.vgi-fiv.be/wp-content/uploads/2012/11/Un-autre-regard-sur-les-vitrages-et-leurs-fonctions-2e-edition-Nl.pdf>
- [54] Verbond der glasindustrie (2014).Isolerende beglazing. Geraadpleegd op 7 maart 2014 via <http://www.vgi-fiv.be/nl/het-glas/isolerende-beglazing/>
- [55] Vibe (2007). Buitenschrijnwerk. Antwerpen: Thomas Lootvoet.
- [56] Vlaamse overheid (2013). Bijkomende specificaties voor de meting van de luchtdichtheid van gebouwen in het kader van de EPB-regelgeving. Geraadpleegd op 21 maart 2014 via http://www.epbd.be/media/pdf/etancheite_air/Luchtdichtheidsmetingen_EPB_specificaties_v3_130528.pdf

- [57] Vlaamse Overheid (2014). Premies. Geraadpleegd op 6 mei 2014 via <http://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/bouwen-en-verbouwen/premies>.
- [58] Wonen Vlaanderen (2014). Vlaamse Renovatiepremie. Geraadpleegd op 6 mei 2014 via https://www.wonenvlaanderen.be/premies/vlaamse_renovatiepremie.
- [59] WTCB (1993). Plaatsen van buitenschrijnwerk. Geraadpleegd op 5 april 2014 via http://www.gudi.be/28135/wwwroot/media/images/upload/TV_188.pdf.
- [60] WTCB (1993). TV 188 Plaatsen van buitenschrijnwerk. Brussel: Carlo De Pauw.
- [61] WTCB (1999). HR-glas: glas met hoog rendement. Geraadpleegd op 26 februari 2014 via http://www.confederationconstruction.be/Portals/27/Userfiles/File/HRglas_glasmethogerenrendement.pdf.
- [62] WTCB (2008). De nieuwe norm NBN S 01-400-1 akoestische criteria voor woongebouwen. Geraadpleegd op 26 april 2014 via http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=kaatern_akoestiek_contact_nr13.pdf&lang=nl.
- [63] WTCB (2008). Energiezuinige renovatie van ramen en deuren. Brussel: Sabrina Prieus, Luk Van Daele en Filip Dobbels.
- [64] WTCB (2011). Akoestische criteria voor beglazingen. Geraadpleegd op 2 mei 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact31&art=475>.
- [65] WTCB (2011). Beoordeling van koudebruggen: voldoende aandacht voor de details. Geraadpleegd op 12 april 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact32&art=500>.
- [66] WTCB (2012). Luchtdichtheidsprestatieklassen voor het buitenschrijnwerk. Geraadpleegd op 5 april 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact33&art=510>.
- [67] WTCB (2012). Technische installaties en de luchtdichtheid van gebouwen. Geraadpleegd op 26 maart 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact33&art=505>.
- [68] WTCB (2013). Binnenbepleistering en luchtdichtheid. Geraadpleegd op 5 april 2014 via

<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact40&art=612>

- [69] WTCB (2013). Luchtdichtheidsprestatieklassen voor buitenschrijnwerk. Geraadpleegd op 19 april 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bricontact&pag=Contact33&art=510>)

- [70] WTCB (2014). Vochtproblemen aan de aansluiting van het schrijnwerk op de ruwbouw. Geraadpleegd op 25 maart 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact41&art=626#p2>.

- [71] WTCB (2012). EPB- aanvaardbare plaasing van vensters . geraadpleegd op 19 april 2014 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bri-contact&pag=Contact36&art=555>


7 Bijlagen

Bijlage 1: technische fiche Imperial aluminium raam [12]

Bijlage 2: technische fiche KBE70mm PVC raam [12]

Bijlage 3: technische fiche KBE88mm PVC raam [12]

7.1 Bijlage 1: technische fiche Imperial aluminium raam



aliplast
aluminium systems

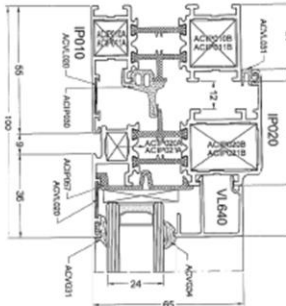
www.aliplast.com

» **Imperial**

> Afwerking: RAL5000

aliplast
member of

CORIMUS



Aliplast nv
 Waaslandlaan 15
 B-9160 Lokeren
 TEL +32 9 340 55 55
 FAX +32 9 348 57 92
 MAIL info@aliplast.com
www.aliplast.com

>> Omschrijving:

Deze reeks van thermisch onderbroken profielen vindt zijn toepassing daar waar strenge normen gelden voor zowel thermische als akoestische isolatie. De profielen die speciaal voor deze reeks werden ontwikkeld zijn opgebouwd uit 2 holle profielhelften die d.m.v. glasvezelversterkte polyamide-strips PA 6.6.25 van elkaar geïsoleerd worden.

>> Toepassingen:

- Vaste ramen voor enkele of dubbele beglazing.
- Draairamen enkel- of dubbel opendraaiend met mogelijkheid tot kipstand.
- Mogelijke draairichtingen: binnenopdraaiend.
- Valraam.
- Kip-schuiframes d.m.v. aangepast beslag.
- Vlakke deuren zowel enkel- als dubbel opendraaiend.
- Doorslaande deuren (pendeldeuren).

>> Materiaal:

- Aluminium: AlMgSi 0,5 type 6060/6063 T5 F22 (volgens NBN P21-001 en DIN 1725).
- Toleranties volgens DIN 17618.
- Dichtingen: EPDM volgens DIN 7863, TV 110, NFP 85301, ISO 3994.
- Getest en gehomologeerd in het kader van een kunstmatige verouderingstest van "plexiglas"

gecombineerd met gevulkaniseerde rubber.

- Thermische onderbreking: polyamide strips PA 6.6.25 % glasvezelversterkt.
- Stralingsbarrière: polyamide strips PA 6.6.25 % glasvezelversterkt.

>> Oppervlaktebehandeling:

Lakken:

- Elektrostatische "Powder Coating" volgens de richtlijnen van Qualicoat in alle gangbare RAL-kleuren zowel glanzend als mat met Qualicoat licentie n° 219.
- Metallic Structuurlak: derde generatie en beste kwaliteit uit poederlak.
- Alle lakwerk wordt geleverd met een 15-jarig garantiecertificaat.

Anodisatie:

- In natuurkleur of bronskleur met het kwaliteitslabel E.W.A.A./EURAS-Qualanod.

>> Thermische onderbreking:

De profielen zijn voorzien van een thermische onderbreking bestaande uit glasvezelversterkte polyamide-strips PA 6.6.25 die door middel van speciale technieken geklemd worden in de 2 profielhelften. Deze strips zijn voorzien van een lijmdraad die een extra afdichting garandeert. Een bijkomende stralingsbarrière in de vorm van een glasvezelversterkte polyamide-strip PA 6.6.25 verzorgt het 4-kamer systeem.

>> Prestatieniveau:

volgens S.T.S. 52

- Sterkte tegen wind: PV3
- Luchtdoorlaat: PA3
- Waterdichtheid: PEE

>> Bijzondere kenmerken:

- Te kiezen 3 of 4-kamersysteem mits aanbrengen van een bijkomende stralingsbarrière tussen de isolatiestrips.
- Warmtedoorgangcoëfficiënt (U-waarde): $2,20 > U_f > 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (RAHMENMATERIAL-GRUPPE 2.1 volgens DIN 4109).
- KOMO-Attest SKG (ATT'01.11.257.02)
- Goedkeuring op profielen met certificaat BÜTgb (ATG 00/2403)
- Doorlopende goedkeuring op isolatie met certificaat BÜTgb (ATG 01/H730 en ATG 01/H672 en ATG 02/H719)
- Middendichting in E.P.D.M. met aanslag op isolatiestrip.
- Voorgevormde beglazingsvoegen in E.P.D.M. volgens DIN 7863.
- Beglazing: Dubbele beglazing mogelijk van 18 tot 51 mm dikte.
- Sofline-look aan de binnenzijde.
- Mogelijkheid om de profielen te buigen voor toepassingen zoals: ronde ramen, spits- en korhandbogen.
- Hang- en sluitwerk: EURONUT-kamer.
- Inbouwdiepte: Buiten kader 65 mm, Vleugel 74 mm.
- Beglazingsopspanningsdiepte: 22 mm.
- Beslagproef conform de gangbare Europese dimensionering (EURONUT).
- Diverse uitvoeringen van beslag en afwerkingen zijn beschikbaar.
- Glaslatten: recht of afgerond.
- De ramen kunnen onderling gekoppeld worden onder variabele hoek of standaard vaste hoeken (zoals 90° en 135°) d.m.v. thermisch onderbroken koppelingssystemen.
- Rolluikgeleiders.
- Dorpelprofielen in verschillende afmetingen beschikbaar.

7.2 Bijlage 2: technische fiche KBE70mm PVC raam

KBE System 70mm



KBE System 70mm

For the sake of the environment

Our greenline principle that extra sustainability in the form of energy efficient window systems, lead free stabilisers in virgin material, and intelligent reground concepts.

greenline

Services by professionals

PVC-U windows from the KBE systems are manufactured and marketed only by selected specialised companies whose reputation warrants the best quality and customer friendly services.



Rewindo

Your specialist



The best for your home!

Order no. 3-PM-PRO150_00111_KBE





KBE System 70mm

That extra in contemporary quality of life

Cosiness, security, and comfortable living – these are the real values of your own four walls. And for this very reason your should not make any compromises in your choice of windows, but should find solutions that have been developed for enhancing the contemporary quality of life.

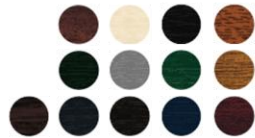
Windows from the KBE System 70mm have all been designed according to the state of the art. They are ahead in the most important criteria that fastidious developers demand today from windows.



Five chamber double seal system with 70 mm installation depth.

KBE System 70mm windows help you to save heating costs and make homely cosiness even more palpable. An innovative five chamber technology and the larger building depth of the KBE System 70mm contribute to greater thermal insulation.

With their rounded contours and chamfered edges KBE System 70mm windows present a contemporary and particular harmonious look. Woodgrain foil and colour variants give you the freedom to design your own schemes.

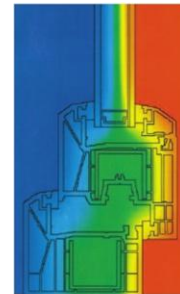


Advantages for that feel good factor of home!

The larger installation depth of the KBE System 70mm can take thicker glazing, making it more difficult for burglars with jemmies. Moreover, these window systems can take security hardware that can be installed more deeply in the frame than usual. Not only thicker sound insulation glazing can be fitted in windows from the KBE System 70mm, but sound waves are also additionally absorbed by the deeper frame profile and its five insulating chambers.

KBE System 70mm windows provide the crucial advantages for that feel good factor of home:

- enhanced thermal insulation
- greater sound insulation
- greater safety
- attractive design



Thermal insulation – The thermal image shows the optimized distribution of temperatures.



The best for your home! – System 70mm

7.3 Bijlage 3: technische fiche KBE88mm PVC raam

KBE System 88mm PASSIVHAUS



Passivhaus – saving energy, systematically



Intelligent solution

for the optimal thermal insulation



KBE System_88mm PASSIVHAUS

- **Great diversity**
The intelligent combination of insulation core, frame seals, bonding technologies, and optional central seal always provides the optimal solution.
- **Thermal insulation for the highest demands**
With various expansion stages, the standard KBE System_88mm achieves a Uf value of 1.1–0.81 in the PASSIVHAUS system.
- **Complete recycling**
Owing to their separate profiles and insulation core, our windows can be completely recycled.
- **For the sake of the environment**
With its greenline range, KBE has been representing lead free stabilisers in its PVC-U profiles for years.



© 2012 KBE

The passive house concept can work only in conjunction with an ingenious thermal insulation. Above all the windows must fulfil the extremely demanding specifications stipulated by the most stringent energy saving standards. Our specially developed KBE System_88mm PASSIVHAUS – certified by the Passivhaus Institut – provides the maximum possible thermal insulation. Innovative bonding technology coupled with a range of insulation components and gasket systems helps to realise individual window solutions that comply exactly with your needs and reduce considerably your energy consumption.



Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Het belang en de uitvoering van een energiezuinige renovatie van het venster

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2014**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Theys, Simon

Vleugels, Stef

Datum: **6/06/2014**