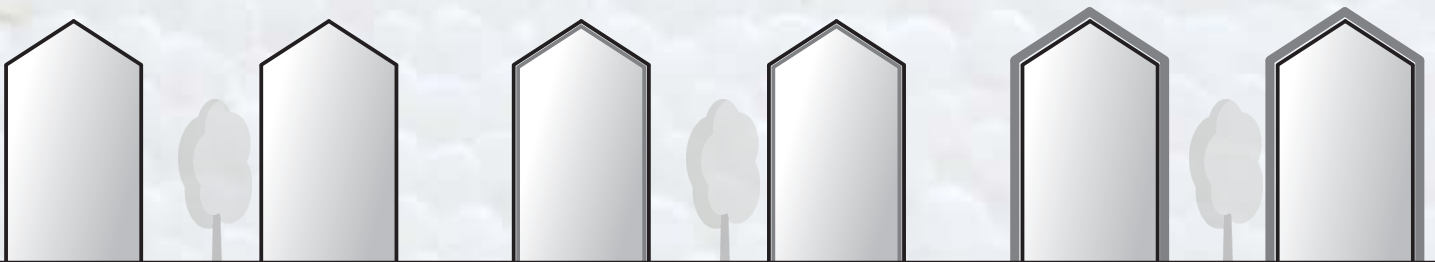


De prestatie van verschillende renovatie scenario's

Hoe presteren verschillende renovatie scenario's voor portiekwoningen in corporatiebezit, m.b.t. de kosten, de energie prestatie, de mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming en het implementatie gemak.



Britt van der Drift
Student nr. 434.89.23



Mentors TU Delft:
Dr.ir. S.C. Jansen
Ir. K.B. Mulder



Begeleider Van Wijnen Heerhugowaard:
F. Reijnen

De prestatie van verschillende renovatie scenario's

Hoe presteren verschillende renovatie scenario's voor portiekwoningen in corporatiebezit, m.b.t. de kosten, de energie prestatie, de mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming en het implementatie gemak.

Britt van der Drift
Student nr. 434.89.23

Mentors TU Delft:
Dr.ir. S.C. Jansen
Ir. K.B. Mulder

Begeleider Van Wijnen Heerhugowaard:
F. Reijnen

Voorwoord

Voor u ligt mijn afstudeerscriptie van het academisch jaar 2018/2019. Deze is geschreven voor de master Building Technology aan de Technische Universiteit Delft. De eerste mentor, tweede mentor en afgevaardigde van de examencommissie zullen deze scriptie beoordelen.

Deze scriptie is met veel plezier en interesse gemaakt. Het onderwerp was nieuw voor mij. Dit heeft het mogelijk gemaakt bij het begin te beginnen en dit heeft er ook voor gezorgd dat mijn interesse in dit onderwerp groeide naar mate ik er meer over te weten ben gekomen. Het onderzoek leverde soms opvallende resultaten op, waardoor het voor mij een boeiend onderwerp is geweest.

Dankwoord

Ik wil hier graag de kans nemen om de mensen die mij geholpen hebben met deze scriptie te bedanken. Dit zijn natuurlijk mijn twee mentors van de TU Delft, dr.ir. S.C. Jansen en ir. K.B. Mulder. En ook mijn stagebedrijf (Van Wijnen) en de begeleider van Van Wijnen, Frank Reijnen.

Naast dat ik goed ben geholpen met het onderzoek heb ik van hun ook veel geleerd over andere onderwerpen, zoals bakstenen, software en de praktijk van renovaties. De begeleidingen zijn hierdoor altijd heel informatief en leuk geweest.

Executive summary

Performance of different renovation solutions on energy, costs, ease of implementation and potential for low temperature heating supply.

Introduction

According to the Dutch Energy agreement, the built environment needs to be energy neutral by 2050. This also means we need to renovate the existing housing stock rapidly, to reduce energy consumption and supply the remaining energy with renewable resources. (Sociaal-Economische Raad, 2018).

In the Netherlands, 10,5% of the housing stock (in 2016) consists of staircase entrée flats (Gruis, 2018). These flats are typically Dutch and most of them are built after the war until the end of the seventies, to cope with the housing shortage. These flats have some advantages for renovating:

- They were designed for fast construction and are therefore standardized. This makes it easy to use one strategy to renovate multiple flats
- They are old and in need of a renovation
- They are highly unsustainable and therefore high improvements can be achieved with renovation
- They are often owned by a housing corporation. This makes it possible to renovate an entire flat when 70% of the residents agree with the renovation.

Therefore, this study focusses on the renovation of staircase entrée flats.

Background

A currently often used strategy for renovation is the 'trias energetica', which consists of the following steps (Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties, 2012):

- Step 1 is to reduce the energy

demand

- Step 2 is to apply sustainable sources to fulfil (a part of) the energy demand.
- And the last step is to supply the remaining energy needs efficiently. (When aiming for sustainability the last step should be prevented.)

For renovations, clients often ask for specific labels or renovation concepts. The term 'energy neutral' applies when all building related energy needs are also generated on-site on an annual basis. When also user related energy (usually electricity) is generated on-site, a building can be called a 'net zero energy building' or nZEB (NoM or 'Nul op de Meter' in Dutch) (Schilder, Middelkoop, & Wijngaart, 2016). Also label categories (G to A) are used. (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2018 [2])

These concepts do not always lead to the most suitable or most sustainable solution, as they can be achieved with different measures. For example: When placing an enormous amount of solar panels a building can become nZEB, but the question is whether that is sustainable, since the heat demand remains the same, which means that probably also a lot of energy from unsustainable sources is used in winter and compensated in summer. This is also not according to the trias energetica. When the building will be insulated first, there will be a lower heat demand that needs to be produced sustainably and a smaller part that needs to be compensated by the grid in winter.

In addition, to enable the supply with renewable resources, it is not only recommended to reduce the total energy required (step 1), but also to lower the temperature required by the heating systems (radiators or floor heating) in the dwellings. A lower temperature makes it possible to use heat grids with lower temperature or heat pumps with higher efficiencies, all leading to more renewable supply options. However, the currently used renovation concepts and labels do not consider this aspect.

Problem statement

Related to the above-mentioned renovation challenge, the following three problems can be stated:

- With renovations focused on concepts such as labels, NoM, all-electric, etc., it is not clear how much the energy demand is reduced and it is not clear whether all energy can be supplied by renewable energy, as often the demand is still in winter and the renewable supply is in summer.
 - There is a lack of knowledge on what is necessary for low- or medium temperature heating. It has not been investigated yet what is needed in terms of insulation value. Research should show what is needed and when existing radiators can be used with lower supply temperatures.
 - Staircase entrée flats are due for renovation. They are still valued for their functional floorplans, but they need refurbishment. It is a huge task to renovate these homes the coming years. Therefore, solutions requiring little man hours must be identified.
- What is the current housing stock, considering staircase entrée flats, and which building physics knowledge is necessary for the research? This is researched using literature study.
 - What are the possibilities with insulation on detail level? This is researched using literature study and a case study.
 - How can the criteria be defined? This is researched using literature study
 - How do the different variants perform on the defined criteria? This is analysed using simulations in both trnsys and therm and using a case study.
 - How can the results be used to make a founded choice for an insulation method? Here all the previous information will be used to make an overview.
 - What can be next steps to make for each variant? This is analysed with simulations in trnsys.

Main research question & methodology

This research therefore focusses on the first step in renovation: insulating. More detailed: it focusses on the insulation in renovation of post-war staircase entrée buildings owned by housing corporations. It will investigate the performance of different variants on energy, including the possibility of low temperature heating, on costs and on feasibility in terms of implementation time.

With this research the following research question will be answered:

What is the performance of different renovation variants for corporation owned staircase entrée flats on costs, energy, possibility for low temperature heating and implementation?

To answer this question the following sub-questions will be investigated:

Case study description

The case study is a typical Dutch staircase entrée flat with storage on the ground floor and on the top floor. The first till the fourth floor are apartments, 24 in total. Each apartment has 2 bedrooms, making it suitable for 2 or 3 people. This flat is located in Amsterdam and was built as part of the AUP¹ in the 1960s. In figure 1 the floorplan and section of this flat are shown. (Van Wijnen, 2018)

One apartment inside this flat is analysed. The apartment which is expected to have the highest heat demand is selected. This is the apartment on the fourth floor (with a non-heated storage above it) on the east corner. This apartment is highlighted in yellow in figure 2.

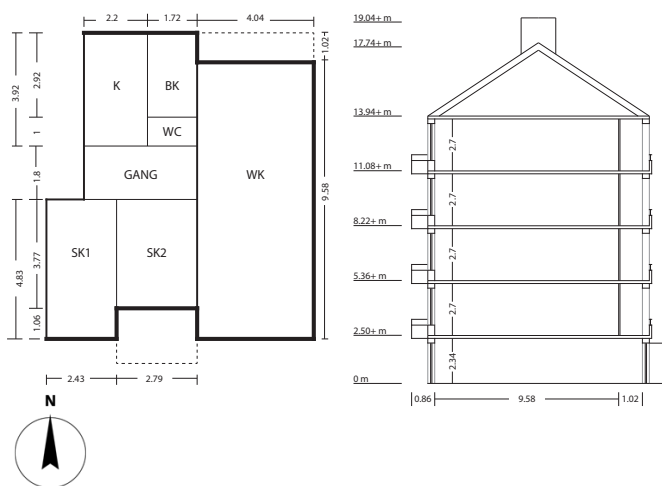


Figure 1: Floorplan of the analysed apartment and section of the flat, based on drawings of (Van Wijnen, 2018)



Figure 2: The staircase entrée flats with in yellow the analysed apartment (Google Maps, 2019)

Representative detail

For this research different possibilities to insulate this building have been analysed for the corner apartment. The insulation solution will be developed for a difficult detail of the building. A section of the detail before renovation can be seen in figure 3. Because the floor runs through the inside- and outside cavity wall a thermal bridge is created. But this also creates the characteristic concrete band seen from the outside, which is protected by the municipality of Amsterdam since it has a big influence on the appearance of the façade.

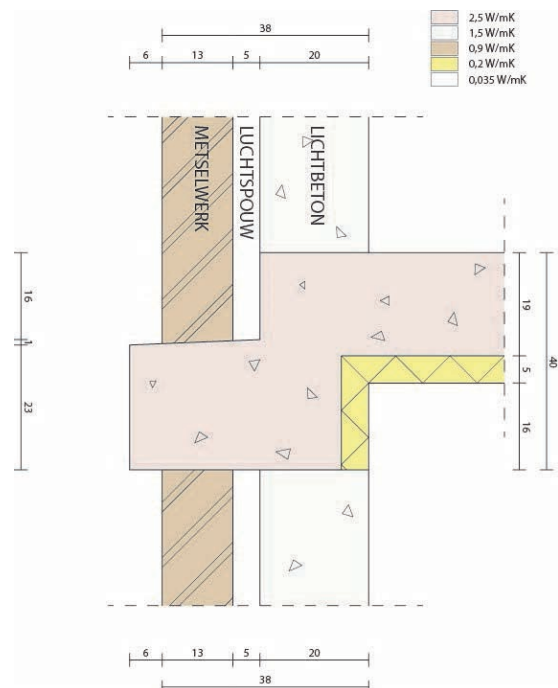


Figure 3: Detail of the façade of the analysed staircase entrée flat, based on drawings of (Van Wijnen, 2018)

This sort of details are much used in post-war buildings. Because of the need for building fast, different contractors developed a system, using prefabricated elements. The detail in figure 3 is part of the RBM system. This is one of the most used building systems in the Netherlands. (Gruis, 2018; Platform 31, 2013)

¹ AUP is short for Algemeen UitbreidingsPlan, literally translated: General expansion plan. In Amsterdam neighbourhoods with AUP buildings can be found in the regions: West, New-West, South, East and in North. (Gemeente Amsterdam, 2016)

Performance indicators

The different variants are assessed on four different aspects:

- Costs
- Energy demand reduction
- Possibility for low temperature heating (LTH)
- Implementation

The indicators for costs will be:

- Costs of the investment
- Cost savings on the energy bill
- And the time it will take to earn back the investment

These numbers are obtained from previous research of the company 'Van Wijnen'.

The indicators for energy will be:

- the heat demand necessary to heat the corner apartment for a whole year, when it will be inhabited by 2,5 people and is heated to a constant temperature of 22°C.
- The chance of internal condensation on the detail which was considered.

The possibility for LTH is defined by comparing the heating needed to heat the apartment to 22°C during 99,5% of the year, with the available heating power of the existing radiators for different supply temperatures. The required temperature level is based on this comparison.. When the needed power is available with a supply temperature of 55°C or less, this is LTH.

The implementation will be measured in:

- Time it takes to assemble the insulation in man hours.
- If the renovation can be assembled while the people live in their apartment or if part of the apartment needs to be secluded

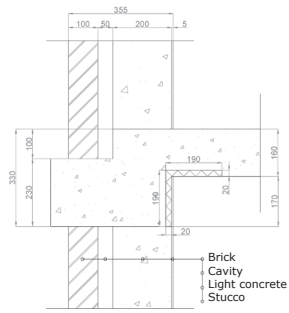
Description of the variants

Eight variants have been developed based on available technologies on the market.

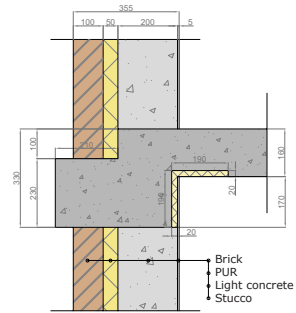
These eight variants are:

1. The current situation
2. Insulating the cavity with PUR
3. Insulating the inside, using a retention wall with rockwool insulation and insulating the ceiling with 5cm PUR
4. Insulating the inside, using a prefabricated Kingspan panel with PIR insulation and insulating the ceiling with 5cm PUR
5. Insulating both the cavity with PUR and the inside with Kingspan panels and insulating the ceiling with 10cm PUR
6. Insulating the outside, using a retention wall with rockwool insulation and mineral brick slips and insulating the ceiling with 10cm PUR
7. Insulating the outside, using a prefabricated wall of Rc-panels with EPS insulation and insulating the ceiling with 10cm PUR
8. Breaking down the outer cavity wall and building a new wall, while placing EPS insulation in the new formed cavity and insulating the ceiling with 10cm PUR

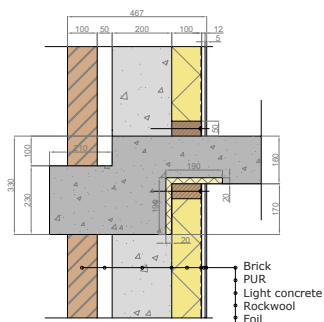
See figure 4 for an overview of the details of these renovation variants.



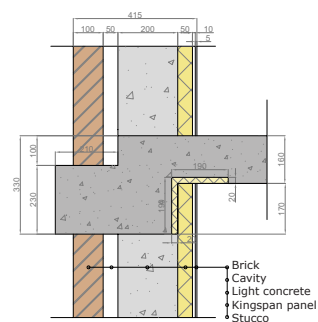
Current



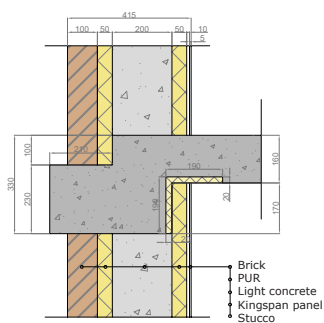
PUR cavity



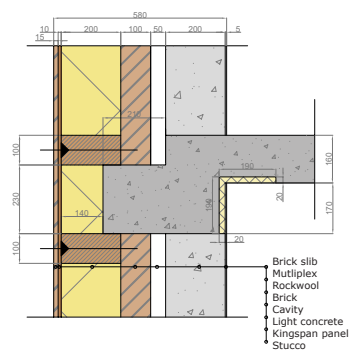
Inside retention wall



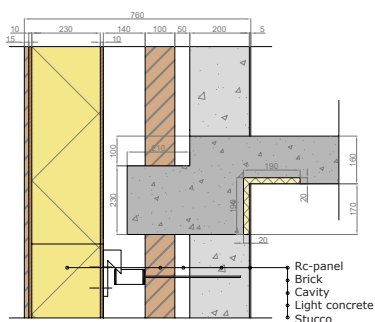
Kingspan panels



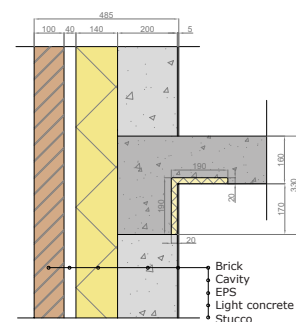
Combination



Outside retention wall



Rc-panels



New facade

Figure 4: Overview of the different analysed renovation variants

Results

The assessment of these variants resulted in the numbers shown in the table of figure 5.

	[€/m ²] Costs	[m ² K/W] Rc-value	[kWh/m ²] Heat demand	[°C] Radiator	[m.u.] Man hours	[year] pay-back time	Inhabited
Current	0	0,58	258	90/70	0	0	Yes
Cavity	160	1,89	204	70/55	10,7	21	Yes
Inside	448	2,61	109	60/45	34,6	21	Partially
Kingspan	628	2,89	107	60/45	34,6	30	Partially
Combi	659	4,16	86	55/45	34,6	27	Partially
Outside	452	4,64	85	55/45	54,7	19	Yes
Rc-panels	369	7,26	82	55/45	10.1	15	Yes
New	597	4,42	85	55/45	15,9	25	Yes

Figure 5: Results from analyses

Each aspect is categorised to make it possible to combine this with a flowchart (see figure 6).

The categories are:

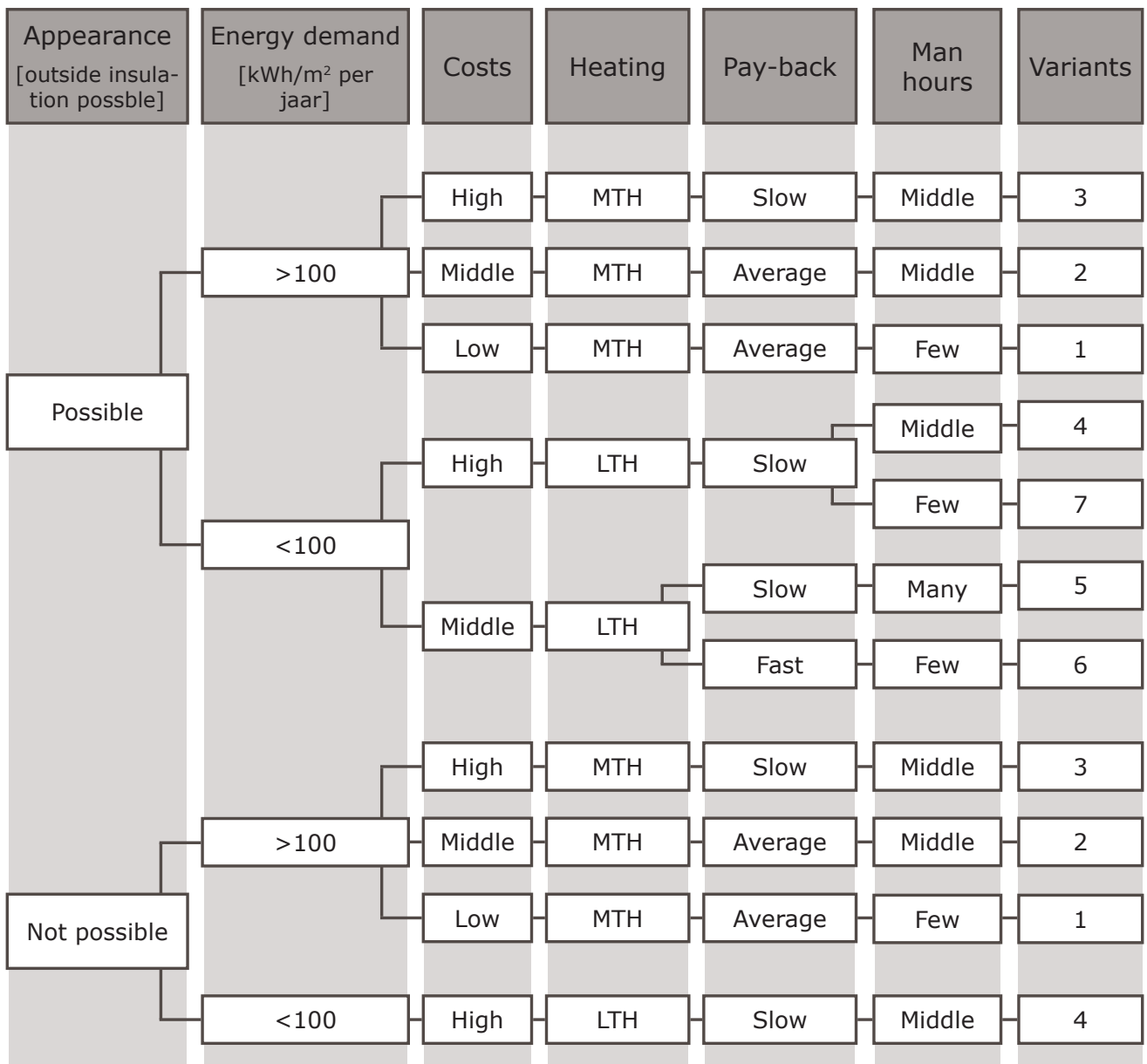
- Costs are categorised in
 - o High (red): from 500 €/m²
 - o Middle (yellow): from 250 till 500 €/m²
 - o Low (green): less than 250 €/m²
- Rc-value
 - o Low (red): below 1 m²K/W
 - o Middle (yellow): from 1 till 3,5 m²K/W
 - o High (green): from 3,5 m²K/W
- Radiator supply temperature
 - o HTV (red): supply temperature from 70°C
 - o MTV (yellow): supply temperature from 55 till 70°C
 - o LTV (green): supply temperature from 35 till 55°C
- pay-back-time
 - o Slow (red): > 25 years
 - o Average (yellow): from 20 till 25 years
 - o Fast (green): < 20 years
- Inhabited
 - o Partially (yellow): a dust-screen needs to be placed inside the apartment to separate a part of it
 - o Yes (green): whole apartment stays inhabited

This table and flowchart on the next page (figure 6) can help a client to make a choice for one of these renovation variants. Of course, there are more options than these eight, but it is impossible to analyse all possibilities. Therefore, the main options are tackled:

- Insulating the cavity
- Insulating from the inside (with or without the use of prefabricated panels)
- Insulating both the cavity and the inside
- Insulating the outside (with or without the use of prefabricated panels)

The result is always an example of a variant that could fit the ambition of the client.

For this case study the thermal bridge was an important aspect of each detail. Extra analyses have been done for each variant to measure the impact of the thermal bridge using the software therm. This, among other things, provided information to make more realistic simulations with the trnsys software, because it was now possible to not use the Rc-value of a small section but by using the average Rc-value of the facade. This way the thermal bridge could be taken into account in the simulation and insulation variants which tackled the thermal bridge could be analysed like that.

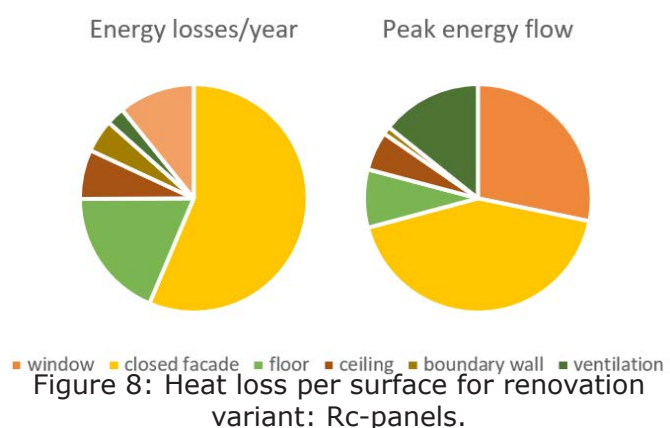
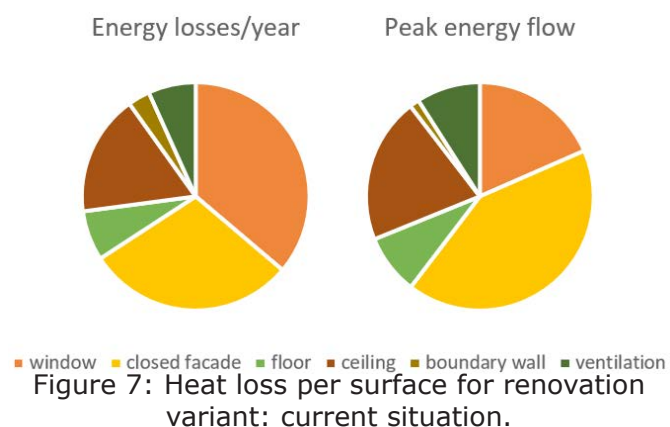


Renovatie variant	
1	PUR cavity insulation
2	Retention wall on the inside
3	Kingspan
4	Combination PUR cavity insulation and Kingspan
5	Retention wall on the outside
6	Rc-panels
7	New facade

Figure 6: Flowchart

Detailed analysis for further improvement

After the conclusions are drawn, a closer look was taken in the heat losses through the façade, window, floor, ceiling and ventilation. This concludes that the windows are contributing relatively a lot of to the heat losses for the variants with a Rc-value of 2,6 and higher. A solution can be to upgrade this to triple glazing in this renovation or in a few years. Also, the losses through the ceiling are significant. In the variants where the ceiling is insulated the heat losses reduce. Another important loss is caused by the ventilation. These losses increase when the apartment is better insulated. A solution for this can be ventilation with heat recovery. Figure 7 and 8 show the results of the heat loss analyses for two different variants.



As mentioned, above changing the ventilated to use heat recovery will reduce the heat loss and therefore decrease the energy demand. The analyses show it can save 50 m²K/W per year, depending on the insulation variant used. This last option is analysed as well. Using

heat recovery will save 50 m²K/W per year in the variant using cavity insulation and 42 m²K/W per year in the variant using Rc-panels. This reduces the energy demand by 25% with cavity insulation and by 51% with Rc-panels.

Since the ventilation system is expensive when installing it the first time for each variant it will not pay-back in the economic lifespan of the first heat recovery unit. A second heat recovery unit however will earn itself back faster. It will be profitable in the long run.

Conclusions and further research

This research concluded that for the given variants the LT heat supply is only possible with Rc values higher than 4 m²K/W. However, when adapting glazing and ventilation further, this may change. Also, the required indoor temperature is relative high and lower temperatures could change the outcome. Variants 2 and 7 perform best on implementation (lowest number of working hours needed), but 2 has a relatively low insulation value, and 7 is affecting the appearance of the building, so both have other drawbacks.

Insulation on the inside is a step in-between, considering Rc-value. However, the investment is not less then the investment on outside insulation. Therefore, inside insulation should only been done when outside insulation is not possible. But the variants with inside insulation can be upgraded later by adding cavity insulation, since that combination will result in a high Rc-value.

Future research could focus on combinations of measures (insulation and ventilation) and the effect of required indoor temperature. Also, the number of hours at which the high temperature are needed can be adapted or peak power solutions can be investigated. Lastly, more innovative insulation measures could be investigated.

Bibliografie

Google. (2018, 12 10). google maps. Opgehaald van google.com: <https://www.google.com/maps/place/Karel+Klinkenbergstraat,+1061+AL+Amsterdam/@52.3671138,4.8332401,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x-47c5e23f3073df81:0xba6204f47442652b!8m2!3d52.3671138!4d4.8354288>

Gruis, V. (2018, 11 12). Typologie van portiekwoningen. Opgehaald van tudelft: <https://www.tudelft.nl/beyondthecurrent/benadering/typologie/>

Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties. (2012). Innovatieve energieconcepten. Sittard: Agentschap NL.

Schilder, F., Middelkoop, M., & Wijngaart, R. v. (2016). Energiebesparing in de woningvoorraad: Financiële consequenties voor corporaties, huurders, eigenaren-bewoners en Rijksoverheid. Den Haag: Planbureau voor de leefomgeving.

Sociaal-Economische Raad. (2018, 12 15). Energieakkoord: Informatie voor belanghebbenden. Opgehaald van ser: <https://www.ser.nl/>

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Dankwoord	4
1	19
1.1	20
1.1.1	20
1.1.2	20
1.1.3	20
1.1.4	22
1.1.5	23
1.1.6	24
1.1.7	25
1.2	26
1.3	27
1.3.1	27
1.4	28
1.4.1	28
1.4.2	28
1.5	28
1.5.1	30
1.5.2	32
1.6	35
1.6.1	35
1.6.2	36
1.6.3	36
1.6.4	37
1.6.5	37
1.6.6	38
1.6.7	38
1.7	39
1.8	40
2	41
2.1	41
2.1.1	41
2.1.2	41
2.1.3	44
2.2	45
2.3	45
2.3.1	45
2.3.2	46
2.3.3	46
2.3.4	46
2.3.5	47
2.3.6	48
2.3.7	50
3	51
3.1	51
3.2	52

3.2.1	Spouw isoleren	52
3.2.2	Binnen isoleren	53
3.2.3	Buiten isoleren	53
3.2.4	Nieuwe gevel	54
3.3	Verschillende renovatiescenario's	55
3.3.1	PUR spouwisolatie	55
3.3.2	Voorzetwand	56
3.3.3	Kingspan	57
3.3.4	Combinatie van de spouwisolatie en de Kingspan	58
3.3.5	Voorzetgevel	59
3.3.6	Rc panels	60
3.3.7	Nieuwe gevel	61
4	Hoe kunnen de criteria helder en meetbaar worden gedefinieerd?	63
4.1	De kosten	63
4.1.1	Kosten van de investering	63
4.1.2	Kostenbesparing op de energierekening	64
4.1.3	EPV-inkomsten per appartement voor de corporatie	64
4.1.4	Terugverdientijd van de investering	64
4.2	De energieprestatie	64
4.3	Hoe zal de mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming worden vastgesteld?	65
4.4	Implementatie	66
4.4.1	Tijd	66
4.4.2	Bewoond	66
4.4.3	Welstand	66
5	Hoe presteren de verschillende varianten op de gedefinieerde criteria?	67
5.1	Huidige situatie	68
5.2	Renovatiescenario: PUR spouwisolatie	70
5.3	Renovatiescenario: voorzetwand	72
5.4	Renovatiescenario: Kingspan	74
5.5	Renovatiescenario: combinatie van PUR spouwisolatie met Kingspan	76
5.6	Renovatiescenario: voorzetgevel	78
5.7	Renovatiescenario: Rc-panels	80
5.8	Renovatiescenario: nieuwe gevel	82
6	Hoe kunnen de resultaten worden gebruikt om een onderbouwde keuze voor isolatiemethode te kunnen maken?	85
6.1	Tabel met eigenschappen	86
6.2	Stappenplan	87
6.3	Voorbeeld	88
6.4	Nieuwe inzichten	88
6.5	Reflectie	89
7	Vervolgstappen	91
7.1	Huidig situatie	93
7.2	Renovatiescenario: PUR spouwisolatie	94
7.3	Renovatiescenario: voorzetwand	95
7.4	Renovatiescenario: Kingspan	96
7.5	Renovatiescenario: combinatie van PUR spouwisolatie en Kingspan	96
7.6	Renovatiescenario: voorzetgevel	97
7.7	Renovatiescenario: Rc-panels	97
7.8	Renovatiescenario: nieuwe gevel	98
8	Bibliografie	99

9	Appendix: casestudie Karel Klinkerbergstraat te Amsterdam	105
10	Appendix: WA matrix	107
11	Appendix: WA-gebouw referenties van Amsterdam	108
12	Appendix: compleet tabel verzadigde waterdampspanning	110
13	Appendix: omreken tabel voor paneelradiatoren	111
14	Appendix: lineaire condensatieberekening per scenario	112
15	Appendix: trnsys input	120
	15.1.1 Vlakken	122
	15.1.2 Verschillende renovatiemogelijkheden en hun eigenschappen	126
16	Appendix: therm input	134
17	Appendix: comfort	138
18	Appendix: warmteverlies per oppervlak	148
19	Appendix: ventilatie systeem	157

1 Introductie

Deze scriptie is het verslag van mijn afstudeeronderzoek voor de master in Building Technology van de afdeling Architectuur van de Technische Universiteit Delft.

Na bijna 5 jaar studie aan deze universiteit, waarvan 3 jaar de Bachelor Bouwkunde, vormt het afstudeeronderzoek de afronding van deze studie.

Het scriptie onderzoek is begeleidt door twee mentors van de TU Delft met kennis over het onderwerp. Voor deze scriptie zijn dit Dr.ir. S.C. Jansen en ir. K.B. Mulder. Omdat deze scriptie bij een bedrijf is geschreven (Van Wijnen Heerhugowaard) is binnen dit bedrijf ook een begeleider aangewezen, F. Reijnen.

Het onderzoek is gericht op het verduurzamen van de woningvoorraad door middel van renovatie. Het zal inzicht geven in de verschillende mogelijkheden bij bepaalde ambities.

Deze afstudeerscriptie zal beginnen met een hoofdstuk met informatie over de achtergrond van het probleem. Hier zullen de aspecten aan bod komen die nodig zijn om de hoofd- en deelvragen te begrijpen. Hierna zullen onder andere de probleemstelling, doelen en onderzoeksvragen behandeld worden. In de hoofdstukken methode en uitgangspunten zullen de invoer van de waardes in de simulatie software beschreven worden.

In hoofdstuk 1 zal onder andere het achtergrond onderzoek beschreven worden dat nodig is geweest voor het opstellen van

de onderzoeksvragen, de doelen, onderzoeksvragen en de methode te lezen zijn. In hoofdstuk 2 zal het literatuuronderzoek behandeld worden. Hierin worden aspecten die van belang zijn voor het beantwoorden van de hoofdvraag en deelvragen beschreven.

Na hoofdstuk 2 is er genoeg informatie verworven om de deelvragen te beantwoorden. In Hoofdstuk 3 zullen de renovatie mogelijkheden worden besproken en in hoofdstuk 4 zal de criteria voor het beantwoorden van de deelvragen genoemd worden.

En dan kan in hoofdstuk 5 met behulp van alle voorafgaande hoofdstukken de hoofdvraag beantwoord worden per renovatiescenario.

Hoofdstuk 6 zal een overzicht van deze resultaten gepresenteerd worden en ook de beoordeling hiervan.

Als laatst zullen in hoofdstuk 7 mogelijke vervolgstappen besproken worden per scenario.

1.1 Achtergrond

1.1.1 Globale context

Het energieakkoord en klimaatakkoord zijn belangrijke onderwerpen op dit moment. In het klimaatakkoord van Parijs, in 2015, hebben 174 landen afgesproken het verwarmen van de aarde te stoppen. De afspraken waar deze landen mee instemde zijn onder andere dat de aarde niet meer dan 2°C mag opwarmen en dat er een reductie van 80 tot 95% van de CO₂ uitstoot moet zijn. (Boons- tra, 2017)

In het energieakkoord van 2013 (So- ciaal-Economische Raad, 2018) is afgespro- ken dat in 2050 iedereen in een energie neutraal huis zal wonen en dat er netto geen CO₂ uitstoot zal zijn in een jaar. Dit moet gerealiseerd worden door het mini- maliseren van het energieverbruik en de hierna overblijvende energievraag duur- zaam in te vullen. Hierin is ook opgenomen dat het energieverbruik jaarlijks met een gemiddelde van 1,5% verminderd dient te worden. Ook zal een energiebesparing van 100 petajoule per 2020 behaald moet- en worden. En zal er in 2020 14% van de energieproductie duurzaam geproduceerd moeten worden. (Schilder et al., 2016; So- ciaal-Economische Raad, 2018)

1.1.2 Convenant

In Nederland zijn er ook convenanten met doelen die helpen met het behalen van het energieakkoord en klimaatakkoord. (Schil- der et al., 2016)

Een hiervan is het 20-20-20 doel van 2008. Hierin wordt aangegeven dat in 2020 de CO₂ uitstoot 20% minder moet zijn dan dit in 1990 was (dit betekent een reductie van 22,5 megaton CO₂). Ook zal 20% van de energieproductie duurzaam moeten zijn en het energieverbruik met 20% gereduceerd zijn ten opzichte van 1990. (Schilder et al., 2016)

Een tweede convenant 'Meer met Minder' is opgesteld in juni 2012. Het doel van dit convenant is om elk jaar minimaal 300.000 gebouwen 2 energie stappen te verbeteren. Dit zal resulteren in een energiebesparing van 21 petajoule. (Schilder et al., 2016)

Een derde convenant is 'Energiebesparing huursector' van 2012. Hierin wordt gesteld dat woningcorporaties als doel hebben voor 2021 een gemiddelde energie index van 1,25 (label B) voor hun bezit te behalen. Dit zal de energieconsumptie met 23 petajoule verminderen. (Schilder et al., 2016) Als toevoeging hieraan hebben 6 woning- corporaties en 4 bouwbedrijven in juni 2013 een deal geïntroduceerd: De stroomvers- nelling. Hiervoor zullen ze tot 2020 11.000 huurwoningen renoveren tot NoM. Volgers van deze deal hebben vastgesteld dat wan- neer dit lukt zij dit aantal zullen verhogen met nog 100.000 huizen. Een jaar later, in september 2014, is deze deal ook geïntro- duceerd voor koopwoningen. (Schilder et al., 2016)

1.1.3 Portiekflats in corporatiebezit

Wat is een portiekflat eigenlijk? De definitie voor portiekwoningen die het bouwbesluit hanteert is als volgt: 'Een portiekflat is een woongebouw waarbij de toegang van de woningen direct op het trappenhuis uit- komen' (Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties, 2012).

In 2016 waren er 799.560 portiekflats (10.5% van de totale woningvoorraad). Deze zijn door V. Gruis (2018) verdeeld in vier types:

- Interbellum met constructie metho- den uit Amsterdam (zoals de Amster- damse School)
- Interbellum met constructie metho- den uit Den Haag (zoals de Nieuwe Haagse School)
- Naoorlogs gemaakt met traditionele en geprefabriceerde elementen
- Naoorlogs gemaakt met geprefabri- ceerde constructiesystemen

Elk type is anders, maar is ook vergelijkbaar met de andere (Gruis, 2018). Hieronder is elk type afgebeeld (zie figuur 1).



Figuur 1: Vier hoofdtypes portiekflats (Gruis, 2018)

Linksboven is interbellum met constructie methodes uit Amsterdam; rechtsboven is interbellum met constructie methodes uit Den Haag; links onder is naorlogs gemaakt met traditionele en geprefabriceerde elementen; recht onder is naorlogs gemaakt met geprefabriceerde constructiesystemen

Na deze naoorlogse portiekflats zijn niet veel portiekflats meer gebouwd. De rede hiervoor is het veranderen van de wetgeving in 1965 in 'Voorschriften en Wenken'. Dit maakte het verplicht voor appartementen met een vloer boven 11,2 meter om een lift te hebben. Dit was alleen mogelijk met een portiekflat van 3 verdiepingen zonder opslagruimte op de begane grond. De standaard portiekflat werd hierdoor niet meer winstgevend en daardoor werd overgegaan op de galerijflat. (Centrale directie van de volkshuisvesting en de bouwnijverheid, 1965)

In dit rapport ligt de focus op naoorlogse portiekflats in corporatiebezig gemaakt met geprefabriceerde constructiesystemen. De rede hiervoor zal gegeven worden in hoofdstuk 1.3.1 Focus. (Oorschot, et al., 2018) Corporaties bezitten 31% van de totale woningvoorraad, waarvan veel portiekflats. Het is voor hun dus belangrijk om te investeren in renovaties en daarom ook waarschi-

jnlijk dat zij de eerste stappen hierin zullen zetten. (Schilder et al., 2016)

Om dit te verzekeren hebben corporaties hun eigen doel vastgesteld in het convenant Energiebesparing huursector (zie hoofdstuk 'Convenant'). Hierin is het doel om voor 2021 een gemiddelde energie index van 1,25 te hebben vastgesteld. Dit kan op twee manieren bereikt worden:

- Verduurzamen van 1.131.000 woningen naar label B
- Verduurzamen van 508.000 woningen naar nul-op-de-meter (NoM)

De kosten van deze opties zijn niet zo verschillend van elkaar, met een investering van € 12,3 miljard voor label B renovaties en € 15,2 miljard¹ voor NoM renovaties. Beide zijn dus een optie omdat NoM renovaties ook meer geld besparen en het doel van 2050 al eerder bereiken (zie figuur 2). De investering van beide renovaties kan deels verkregen worden van de bewoners door middel van een energieprestatievergoeding (EPV). (Schilder et al., 2016)

¹ Hierin is meegenomen dat de prijzen van materialen en diensten die nodig zijn om een NoM renovatie uit te voeren in de toekomst zullen dalen (Schilder et al., 2016).

Energie label		Besparing
Van	Naar	[€/mnd]
G	B	28
F	B	26
E	B	21
D	B	16
Gemiddeld	B	20
G	NoM	119
F	NoM	127
E	NoM	119
D	NoM	116
Gemiddeld	NoM	119
Totale besparing		€ miljoen/jaar
Opwaardering label B		248
NoM-woningen		680

Figuur 2: Besparing op de energierekening per type renovatie voor de bewoners (Schilder et al., 2016)

1.1.4 Energie label en energie index

Het energie label en de energie index (hierna vermeld als EI) zijn beide een methode om de energieprestatie van een woning te meten. Hierbij is de calculatiemethode die gebruikt wordt voor het generen van het energie label zijn gebaseerd op de methode die gebruikt wordt voor de EI. Met een aantal verschillen tussen de twee. (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2018 [2]) Het eerste verschil is de doelgroep. Het energie label is snel en makkelijk te begrijpen. De doelgroep hiervan is de bewoner van de woning. De EI is moeilijker te begrijpen en wordt onder andere gebruikt door de corpo-

raties om de energieprestatie van hun sociale huurwoningen te berekenen. De EI is belangrijk voor de huurprijsbepaling van deze sociale huurwoningen. De maximale huur van de woningen is namelijk gekoppeld aan punten². Een lage EI zorgt ervoor dat er meer punten worden toegekend en de huurprijs omhooggaat. Het tweede verschil is de methode. Omdat het energie label snel en makkelijk moet zijn worden hier de 10 meest belangrijke aspecten voor gebruikt. De EI is moeilijker, en gaat uit van 150 verschillende aspecten om een woning een EI-nummer toe te kennen. Een EI mag daarom alleen gegenereerd worden door een gecertificeerde energie adviseur.

De uitkomsten van de energie label berekening en de EI-berekening liggen vaak niet ver uit elkaar. Dit kan echter wel gebeuren als een gebouw erg goed of slecht presteert op een aspect dat niet wordt meegenomen in de berekening van het energie label. In figuur 3 zijn de energie labels en de vaak bijbehorende EI-scores te zien. Een lagere EI betekend een duurzamere woning. (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2018 [1]; Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2018 [2])

Energie label	Drempelwaarde EI
A	< 1,21
B	1,21 - 1,40
C	1,41 - 1,80
D	1,81 - 2,10
E	2,11 - 2,40
F	2,41 - 2,70
G	> 2,70

Figuur 3: Energie label en de bijbehorende EI-nummers (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2018 [2])

² Deze punten zijn geschreven is het woningwaarderingstelsel (WWS). Een woning krijgt punten toegekend gebaseerd op het aantal vierkante meter, de buitenruimte, de locatie, etc. Een van deze aspecten is de EI. Hoe lager de EI, hoe meer punten. (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2018 [2])

1.1.5 NoM en BENG

In hoofdstuk 'Portieklats in corporatiebezit', ging het al kort over nul-op-de-meter (NoM) renovaties. NoM gebouwen zijn gebouwen die met een normaal energieverbruik van een jaar nul op de energiemeter hebben staan. Dit zal bereikt worden door energie te produceren. Tijdens dit jaar kunnen er perioden zijn waarin het gebouw meer energie nodig heeft dan het produceert (in de winter). Dan zal er energie van de energiemaatschappij gebruikt worden. Dit moet dan gecompenseerd worden door periodes waarin het gebouw minder energie nodig heeft dan het produceert (in de zomer). De overbodige energie zal dan terug geleverd worden aan de energiemaatschappij. Wanneer de hoeveelheid geleverde energie van de energiemaatschappij evenveel of minder is dan de hoeveelheid terug geleverde energie aan de energiemaatschappij kunnen we stellen dat het gebouw NoM is. (Schilder, Middelkoop, & Wijngaart, 2016)

Een gevolg van renovaties die hierop focussen is dat er vooral veel energie geproduceerd wordt. Het gebouw hoeft namelijk niet zuinig te zijn, het moet alleen al het gebruik kunnen compenseren. Dit wordt ook wel een actief systeem genoemd.

Een ander doel voor renovatie kan BENG zijn. BENG staat voor Bijna EnergieNeutraal Gebouw. De BENG-eisen zijn zo opgesteld dat ook het besparen van energie nodig zal zijn. Deze eis geldt nu nog alleen voor nieuwbouw. Voor renovatie zal deze eis ook geïntroduceerd worden de komende jaren.

De BENG-eis is opgebouwd uit 3 indicatoren (Bouw totaal, 2018):

- BENG 1: maximale energiebehoefte [kWh/m² per jaar]
Deze indicator wordt ook de schil-indicator genoemd omdat de ventilatie, warmte opwekkers en zonnepanelen hier geen invloed op hebben. Deze indicatie focust namelijk alleen op verwarming en koeling van het gebouw. Hierin worden onder andere isolatie, infiltratie, oriëntatie en glaspercentage meegenomen.
- BENG 2: maximaal primair fossiel

energiegebruik [kWh/m² per jaar]
Dit is het totale energieverbruik na aftrek van de hoeveelheid hernieuwbare energie. Hiervoor wordt het energieverbruik voor verwarming, koeling, warm tapwater en ventilatoren meegenomen.

- BENG 3: aandeel hernieuwbare energie [%]

Dit is het aandeel dat hernieuwbare energie vormt van het totale energie verbruik. Deze energie kan komen uit zonne-energie, energie uit de bodem en geothermische energie.

Deze eis vervangen de EPC-eis (dit is de huidige eis). De BENG is gebaseerd op de trias energetica, wat in 3 stappen verduurzaamd (zie hoofdstuk 'Trias energetica'). Omdat de huidige eisen geen rekening houden met het energieverlies van een woning wanneer dit wordt gecompenseerd met zonnepanelen was deze nieuwe eis nodig. Met de BENG kunnen er namelijk wel eisen aan het energieverbruik gesteld worden. (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2019; Heijboer, 2018)

Deze eis vervangt de EPC-eis (dit is de huidige eis). De BENG is gebaseerd op de trias energetica, wat in 3 stappen verduurzaamd (zie hoofdstuk 'Trias energetica'). Omdat de huidige eisen geen rekening houden met het energieverlies van een woning wanneer dit wordt gecompenseerd met zonnepanelen was deze nieuwe eis nodig. Met de BENG kunnen er namelijk wel eisen aan het energieverbruik gesteld worden. (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2019; Heijboer, 2018)

De BENG eisen, zoals deze in november 2018 zijn besloten, zijn te zien in figuur 4. Hierin wordt ook rekening gehouden met de geometrieverhouding van het gebouw A_{Is}/A_g (verliesoppervlak/gebruiksoppervlak). Deze eisen zijn nog niet definitief. Het wordt verwacht dat deze in de zomer van 2019 gepubliceerd wordt.

Gebouwfunctie	Woongebouwen
Energiebehoefte [kWh/m ² per jr]	$A_{Is}/A_g = 2,2$: 70 $A_{Is}/A_g > 2,2$: $70+50*(A_{Is}/A_g-2,2)$
Primair fossiel energiegebruik [kWh/m ² per jr]	50
Aandeel hernieuwbare energie [%]	40

Figuur 4: De nieuwe voorgenen BENG-eisen voor de belangrijkste functies (Bouw totaal, 2018)

1.1.6 Trias energetica

De meest toegepaste strategie om energiebesparende maatregelen te nemen is de trias energetica. Deze strategie zorgt ervoor dat de maatregelen op een efficiënte en/of duurzame manier samenwerken. De trias energetica hanteert drie maatregelen om het energieverbruik van de woning te reduceren (Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties, 2012):

1. Beperk de energievraag zoveel mogelijk;
2. Pas waar mogelijk duurzame bronnen toe;
3. Vul de restvraag naar energie zo efficiënt mogelijk in met behulp van fossiele bronnen. Zie figuur 5 voor de weergave van deze stappen

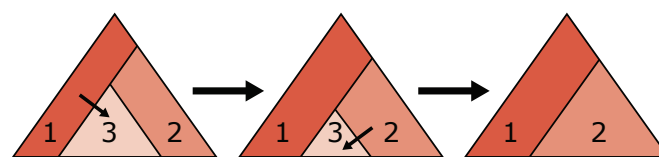
Het uiteindelijke doel hiervan is om geen gebruik meer te maken van fossiele bronnen omdat de woningvoorraad in 2050 energie-neutraal moet worden (Berg, Overwegingen van corporaties bij de adoptie van energiebesparende woningtransformatieconcepten, 2013).

Hierdoor vervalt de laatste stap en wordt er nu ook gesproken over de duo energetica. Door middel van een link met het NoM concept wordt stap 3 ook anders verwoord, namelijk: 'indien gebruik van eindige (fossi-

le) energiebronnen onvermijdelijk is, gebruik ze dan zeer efficiënt en compenseer dit op jaarbasis met 100 procent hernieuwbare energie' (Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2013) Met als doel geen gebruik te maken van fossiele bronnen.

Het belang van een goede strategie bij het uitvoeren van energiebesparende maatregelen is te zien in de projecten waarbij dit niet gedaan is. Een bekend voorbeeld is het toepassen van een warmtepomp. Dit vergt namelijk een grote investering waardoor ergens anders geld bespaard moet worden. Wanneer bespaard zal worden op de isolatie of de luchtdichtheid van het gebouw zal het gebouw een grotere warmtevraag hebben dan wanneer hier niet op bezuinigd zou zijn. Hierdoor is een grotere/duurdere warmtepomp nodig die ook nog eens meer energie zal gebruiken. Door te beginnen bij het reduceren van de vraag zal dit probleem niet voorkomen. (Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties, 2012; Berg, 2013; Rijksdienst voor ondernemend Nederland, 2013)

- Energieconsumptie omlaag (1)
- Gebruik duurzame bronnen (2)
- Efficiënt gebruik eindige energiebronnen (3)



Figuur 5: Stappen van de trias energetica (Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties, 2012)

1.1.7 Lage temperatuur verwarming

De energieconsumptie van Europese gebouwen telt voor 40% van het totale primaire gebruik. Hiervan wordt ca. 70% gebruikt voor verwarming. Dit genereert veel potentie in besparing op verwarming. (Hesaraki & Holmberg, 2013; TU Delft, n.d.)

Lage temperatuur verwarming (hierna genoemd als LTV) is een energiebesparende manier van verwarmen. Dit omdat, zoals de naam doet vermoeden, het werkt op lage temperatuur. De toevoertemperatuur is 55°C in plaats van 90°C voor een hoge temperatuur verwarming (hierna genoemd als HTV). (Hesaraki & Holmberg, 2013) Onderzoek van Mythren en Holmberg beschreven in Hesaraki & Holmberg, 2013 toont verder aan dat de combinatie van LTV met een warmtepomp thermisch effectiever is dan een HTV. Dit is omdat de warmtepomp beter presteert bij een lage temperatuur. Dit is te zien in de COP (coefficient of performance). Deze verbeterd met 1-2% voor elke graden dat de toevoertemperatuur omlaaggaat.

Traditionele cv-installaties hebben een toevoerwatertemperatuur van 90°C. Doordat het water in de radiatoren en dergelijke afkoelt met circa 20°C is de temperatuur van het retourwater circa 70°C. Deze systemen zijn uitgelegd op 90/70.

Tegenwoordig worden steeds vaker systemen toegepast met een aanvoer-/retourtemperatuur van 55/45 of minder (bijvoorbeeld vloerverwarming). Het voordeel hiervan is dat het makkelijker is om gebruik te maken van alternatieve warmtebronnen zoals zonnepanelen en warmtepompen, die een lage temperatuur voortbrengen. Dit leidt ook tot een gelijkmatiger binnenklimaat en een kleinere temperatuurgradiënt (dit is het verloop van de luchttemperatuur). (van der Linden et al., 2011)

Voor het goed functioneren van deze systemen zijn grotere verwarmingslichamen nodig. (van der Linden et al., 2011)

1.2 Probleemstelling

Er zijn meerdere problemen gerelateerd aan dit onderwerp. Hieronder staan drie problemen uitgelegd:

- Bij renovaties wordt vaak gefocust op begrippen, zoals labels, NoM, all-electric, etc. Wanneer de opdracht voor een renovatie wordt gegeven wordt vaak een van de bovenstaande begrippen gebruikt. Het gaat dan niet om de manier waarop het doel gehaald moet worden, bijvoorbeeld door de focus te leggen op het besparen van energie of juist het opwekken van energie. Hierdoor ligt de focus vaak niet op het reduceren van de energiebehoefte. En wordt er dus ook niet een bepaalde reductie van de warmtevraag geëist.
- Er is een gebrek aan kennis over wat noodzakelijk is voor LTV. Zoals eerder vermeld wordt in bestaande woningen ca. 70% van onze energiebehoefte (dit is het finaal eindgebruik) voor verwarming gebruikt (TU Delft, n.d.). Met LTV kan de energiebehoefte efficiënter worden opgewekt, waardoor veel energie bespaard kan worden. Maar er is nog niet onderzocht wat noodzakelijk is voor deze verwarming (qua isolatiewaarde in relatie tot het afgiftesysteem). We weten dat in slecht geïsoleerde woningen LTV niet mogelijk is. Dit is omdat het minder capaciteit heeft dan HTV. In slecht geïsoleerde woningen gaat veel warmte verloren en de warmtevraag kan dan niet met LTV tegemoetgekomen worden. Onderzoek moet uitwijzen met hoeveel isolatie LTV haalbaar wordt (het hele jaar kan zorgen voor een aangename binnen temperatuur).
- Portiekflats zijn toe aan renovatie. De naoorlogse portiekflats worden bewonderd door hun functionaliteit in de plattegrond. Dit maakt ze nog steeds bruikbaar als woningen. De meeste gebouwen hebben al een kleine renovatie gehad om de enkele beglazing door dubbele beglazing te

laten vervangen. Voor een grote renovatie is het nu, na 60 jaar, ook tijd. Het is een enorme taak om al deze woningen de komende ja en te renoveren.

1.3 Doelen

Het hoofddoel is te onderzoeken wat de prestatie is van verschillende renovatiescenario's. Deze verschillende scenario's hebben verschillende isolatieniveaus. In elk geval wordt gekeken naar de energieprestatie hiervan en de mogelijkheid met dit isolatieniveau LTV toe te passen. Er wordt ook gekeken naar de implementatie en de kosten van elk renovatiescenario. Een deel van het onderzoek is het bepalen van de juiste criteria waarop een renovatieoplossing beoordeeld kan worden om tot de juiste keuze te komen.

1.3.1 Focus

Het onderzoek is gelimiteerd tot renovatie (1) van naoorlogse portiekflats (2) in corporatiebezit (3)

(1) Zoals vermeld in de achtergrond, is renovatie van de bestaande woningvoorraad belangrijk voor het doel naar een energie neutrale woningvoorraad. Een energie neutraal gebouw is makkelijker te bereiken in nieuwbouw dan in renovatie. Daarom focust dit onderzoek alleen op renovatie van naoorlogse woningen. Dit zijn namelijk een van de weinige gebouwen waarbij het mogelijk is een grote verbouwing in bewoonde staat uit te voeren. Wat uitdagingen met de bewoners brengt en waardoor implementatie belangrijk is. (Oorschot, et al., 2018)

(2) Het gebouw van de casestudie is een portiekflat gebouwd in 1958, een veel voorkomend woning typologie in Nederland. Verschillende types naoorlogse portiekwoningen kunnen worden onderscheiden. In de casestudie is het gebouw gebouwd met een van de meest gebruikte systemen (RBM). De andere bouwsystemen hebben veel vergelijkingen met dit RBM systeem. Ook is bekend dat RBM altijd veel problemen heeft gegeven en daarom zullen oplossingen hiervoor is meerdere systemen kunnen worden toegepast. (Oorschot, et al., 2018)

(3) Zoals vermeld hebben de corporaties samen een convenant voor het verduurzamen van de huursector en zijn deze ook de stroomversnelling gestart. Corporaties

hebben veel flats (galerij- en portiekflats) in hun portefeuille. Door de schaal zijn deze gebouwen makkelijker te verduurzamen dan vrijstaande huizen of rijtjeshuizen. Een tweede rede waarom corporaties goed kunnen renoveren is doordat de gebouwen in zijn geheel zijn verhuurd (en geen particuliere huur of koopwoningen ertussen hebben) kunnen beslissingen met betrekking tot renovatie makkelijker gemaakt worden. Dit maakt dat corporaties goed deze stap kunnen zetten en nu ook druk bezig zijn met het renoveren van hun woningvoorraad. Corporaties bezitten ook 31% van de gehele woningvoorraad, dus kunnen ook een verschil maken. (Schilder, Middelkoop, & Wijngaard, 2016)

1.4 Onderzoeksvraag

1.4.1 Hoofdvraag

Wat zijn de prestaties van verschillende renovatie scenario's voor portiekflats in corporatiebezit met betrekking tot kosten, energieprestatie, mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming en implementatie?

1.4.2 Deelvragen

- 1 Inleiding
- 2 Wat is de huidige woningvoorraad met betrekking tot portiekflats en welke bouwfysische kennis is nodig voor dit onderzoek?
- 3 Wat zijn de isolatie mogelijkheden op detail niveau?
- 4 Hoe kunnen de criteria helder en meetbaar worden gedefinieerd, m.b.t.:
 - A Energieprestatie
 - B Mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming
 - C Kosten
 - D Implementatie gemak
- 5 Hoe presteren de verschillende varianten op de gedefinieerde criteria?
 - A Energie
 - B LVT mogelijkheid
 - C Kosten
 - D Implementatie
- 6 Hoe kunnen de resultaten worden gebruikt om een onderbouwde keuze voor isolatiemethode te kunnen maken?
- 7 Wat zijn mogelijke vervolgstappen voor elk scenario?

1.5 Methode

De onderzoeksvragen worden beantwoord met behulp van de volgende methoden:

- 1 Literatuuronderzoek
- 2 Overleg met Van Wijnen over de casestudie projecten
- 3 Gesprekken met de mentors van de TU Delft
- 4 Het meten van de prestatie d.m.v.:
 - A Trnsys model en validatie Therm koudebrugmodel Handberekeningen
 - B Analyse naar het bestaande afgiftesysteem en het bijbehorende vermogen
 - C Overleg met Van Wijnen over de implementatie

De producten die hieruit zullen komen zijn onder andere:

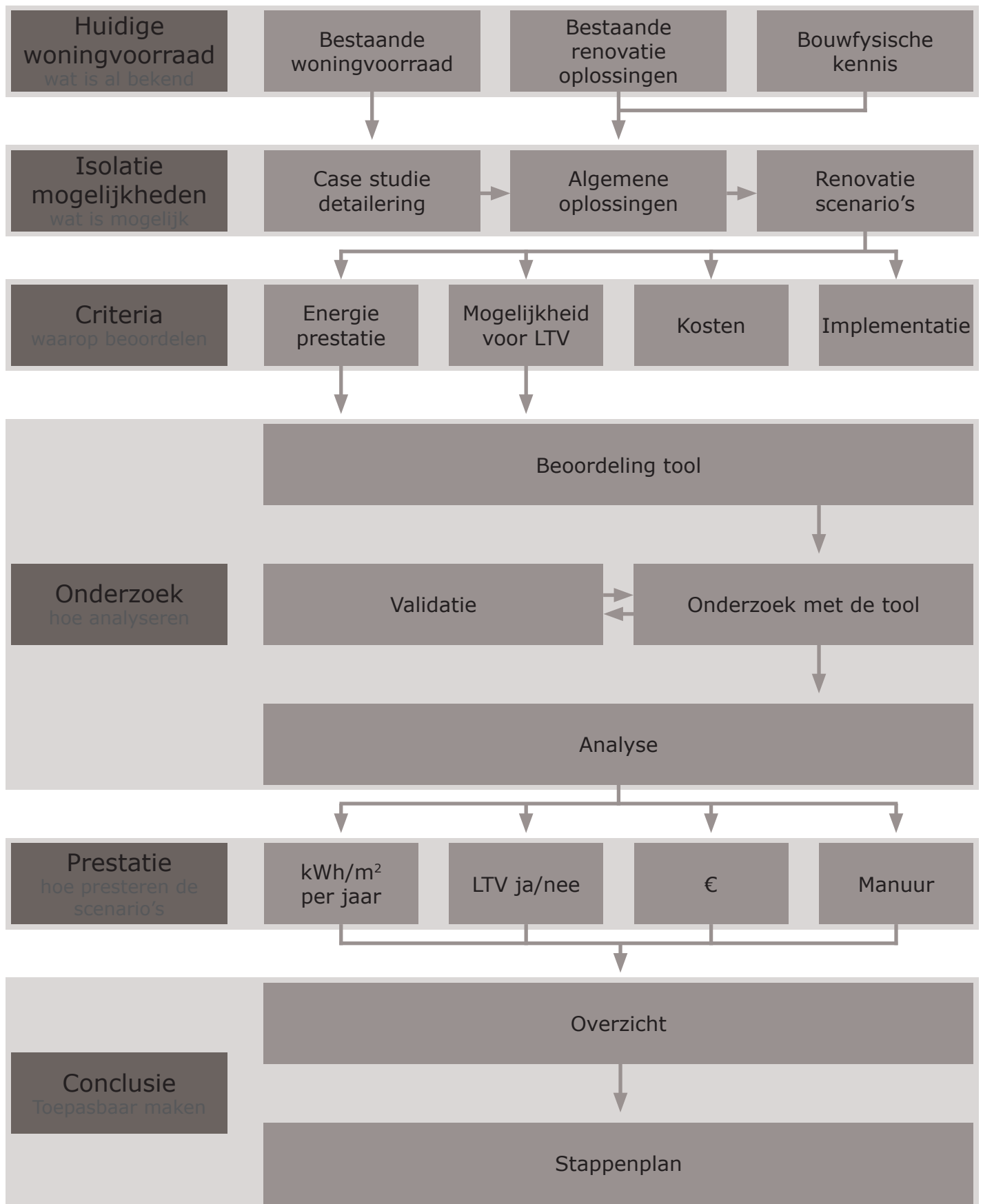
- Een inventarisatie
- Een overzicht van de mogelijkheden
- Een analyse per mogelijkheid
- Een overzicht van alle resultaten

Van Wijnen levert de casestudie voor dit onderzoek. Dit zijn de woningen aan de Karel Klinkerbergstraat in Amsterdam. Het is een serie portiekwoningen van de woningcorporatie de Key (zie appendix 9).

In figuur 6 zien we dat het onderzoek start met een inventarisatie van wat er al is. Dit wordt verdeeld in 3 thema's: bestaande woningvoorraad, bestaande renovatieoplossingen en bouwfysische kennis.

In de tweede fase wordt gekeken naar de isolatie mogelijkheden. Hierna zal in fase drie gekeken zal worden naar de criteria waarop deze mogelijkheden getest kunnen worden.

In de vierde en vijfde fase (onderzoek en prestatie) zullen de mogelijkheden op deze criteria getest worden en in de zesde fase zal hier een overzicht van gemaakt worden.

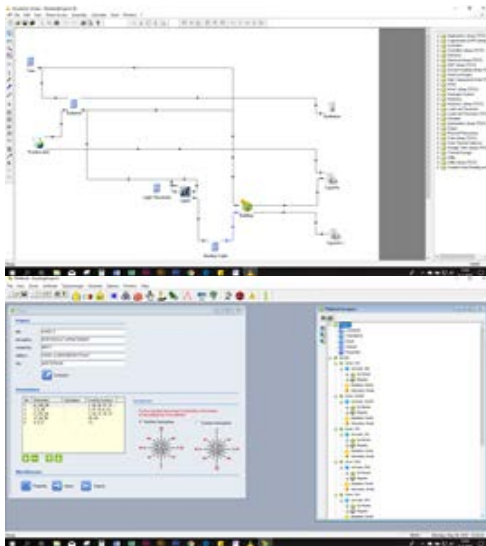


Figuur 6: Methode

1.5.1 Software

1.5.1.1 Trnsys

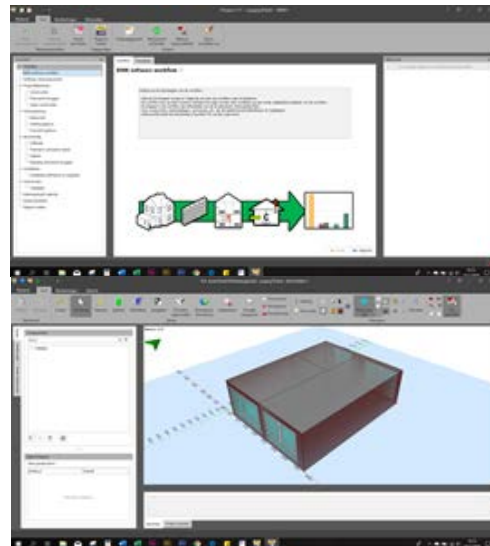
In dit programma kan een gebouw met meerdere zones aangemaakt worden. Hiermee kan het hele appartement gesimuleerd worden. Elke zone is een kamer en door middel van een node worden in deze kamer bijvoorbeeld de luchttemperatuur en inkomende warmte van de zon gesimuleerd. Screenshots van dit programma zijn te zien in figuur 7.



Figuur 7: Screenshots van trnsys

1.5.1.2 BINK 9

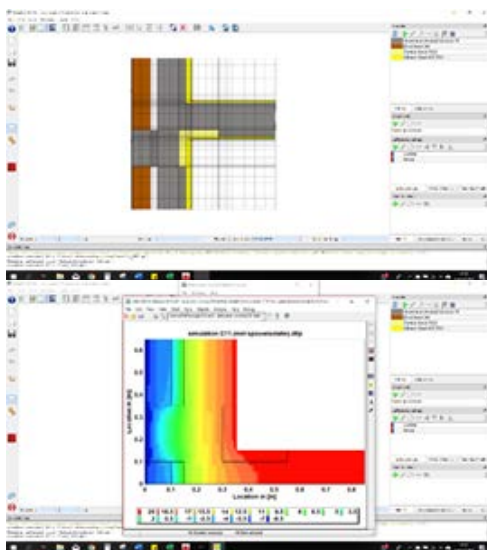
In dit programma kan het gebouw nageemaakt worden voor de simulatie. Het programma vertelt wat voor radiatoren er nodig zijn om het gebouw warm te houden en wat hun aanvoertemperatuur moet zijn. Screenshots van dit programma zijn te zien in figuur 8.



Figuur 8: Screenshots van BINK 9 (van der Drift, 2019)

1.5.1.3 Delphin

Delphin is een programma waarin details geanalyseerd kunnen worden. Door er klimaatgegevens van een locatie aan te koppelen kan met dit programma de temperatuur in de constructie voor elk uur in het jaar berekend worden. Dit programma neemt dan ook de factor tijd mee in de berekeningen. De uitkomsten worden met een grafiek getoond of als gradiënten in het detail zelf.



Figuur 9: Screenshots van delphin (van der Drift, 2019)

1.5.1.4 Therm

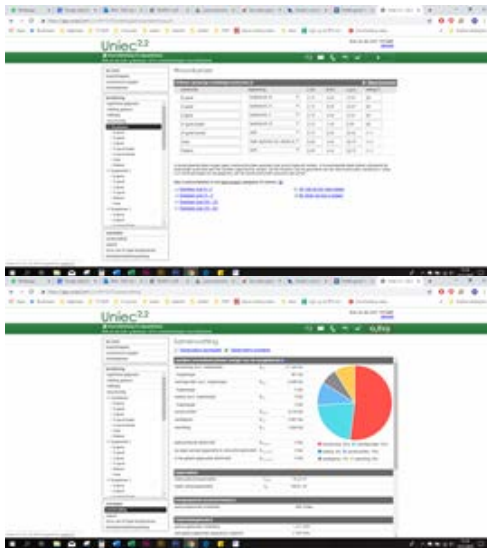
Met Therm kunnen details geanalyseerd worden. De grenswaarden kunnen gemakkelijk zelf in gevuld worden. Hiermee wordt een stationaire berekening uitgevoerd (dus niet over een jaar). Uit het programma kan onder andere de temperatuur in de constructie bekeken worden. Ook kunnen er gemiddelde U-waarden berekend worden, waarin het effect van de koudebrug wordt meegenomen. De resultaten zijn te zien in het detail zelf en in een apart venster. Screenshots van dit programma zijn te zien in figuur 10.



Figuur 10: Screenshots van therm (van der Drift, 2019)

1.5.1.5 Uniec 2

In uniec 2 kan het appartement nagemaakt worden door de verschillende kamers aan te geven, en bij elke kamer aan te geven welke wand welke isolatiewaarde heeft. Uniec 2 geeft dan een rapport waarop onder andere de warmtebehoefte van een jaar wordt gegeven en de EPC van het appartement. Screenshots van dit programma zijn te zien in figuur 11.



Figuur 11: Screenshots van therm (van der Drift, 2019)

1.5.2 Validatie

De validatie van het programma trnsys wordt gedaan met een steady state berekening van de warmtebalans voor de woonkamer. Voor deze berekening wordt gekeken naar de transmissie, de ventilatie, de infiltratie, de warmtewinst van de zon, de interne warmteproductie en de warmteproductie voor verwarming. Deze 6 aspecten moeten bij elkaar op nul uitkomen. Wanneer door het optellen van alle aspecten een negatief getal bereikt wordt kan dit betekenen dat de verwarming niet genoeg capaciteit heeft om de ruimte op temperatuur te houden omdat hier te veel warmte voor verloren gaat.

De berekening van de verschillende aspecten wordt gedaan met behulp van verschillende formules. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor de dag 22 december om 10 uur. Dit is het 8530ste uur van het jaar. Voor de transmissie is de formule: $Q = U \cdot A \cdot (T_e - T_i)$. De uitkomst voor de eerste berekening is (zon = 0 W/m²) -2190 W. Voor de tweede berekening is de uitkomst anders omdat er meer warmte via de zon binnen komt (zon = 250 W/m²). Hiervan is de uitkomst -2628 W. Deze getallen zijn negatief omdat er warmte verloren gaat door transmissie.

De formule voor de ventilatie is: $Q = m_i \cdot C_p \cdot (T_e - T_i)$. De uitkomst voor de eerste berekening is (zon = 0 W/m²) -536 W. Voor de tweede berekening is de uitkomst anders omdat er meer warmte via de zon binnen komt (zon = 250 W/m²) en hierdoor de binnentemperatuur hoger is dan 22°C. Hiervan is de uitkomst -644 W.

De formule voor de infiltratie is: $Q = m_v \cdot C_p \cdot (T_e - T_i)$. De uitkomst voor de eerste berekening is (zon = 0 W/m²) -153 W. Voor de tweede berekening (zon = 250 W/m²) is de uitkomst -184 W.

De warmtewinst door de zon wordt berekend met: $Q = \sum (g_{\text{glas}} \cdot A_{\text{glas}} \cdot g_{\text{zonwering}} \cdot P_{\text{zon}})$. In deze analyse wordt geen zonwering meegeenomen. Dit is namelijk niet standaard bij de woning geleverd. De formule zal daardoor versimpeld kunnen worden naar: $Q = \sum (g_{\text{glas}} \cdot A_{\text{glas}} \cdot P_{\text{zon}})$. De uitkomst van de eerste

berekening 0 W, omdat de Pzon daar 0 W/m² is. Bij de tweede berekening is de uitkomst 2667 W. Dit getal is positief omdat de zon zorgt dat de woning warmer wordt. Voor de interne warmteproductie is de formule: Q = mensen + apparaten + licht. In deze formule zijn de waardes ingevuld van figuur 22 uit het hoofdstuk 'verwarming' (=schema interne warmte). De gemiddelde waarde voor de woonkamer is genomen. Na de validatie zal pas het schema in de trnsys software gezet worden. Omdat de binnentemperatuur en de zon niet worden meegenomen in deze formule zijn de uitkomsten van de eerste berekening (zon = 0 W/m²) en van de tweede berekening (zon = 250 W/m²) hetzelfde. Namelijk 348 W.

Het laatste aspect van de warmtebalans is de verwarming of koeling. Om uiteindelijk op nul uit te komen zal dit het verschil tussen de uitkomst van de andere 5 aspecten en nul zijn. Bij een positief getal is er verwarming nodig en bij een negatief getal is er koeling nodig. In beide gevallen is er verwarming nodig volgens de warmtebalans berekening. Bij de eerste berekening (zon = 0 W/m²) is dit 2532 W en bij de tweede berekening (zon = 250 W/m²) is er 440 W aan verwarming nodig.

In figuur 12a en 12b staan alle uitkomsten naast de uitkomsten uit de trnsys software. De verschillen in percentage zijn erbij aangegeven.

	[W] Hand- berekening	[W] Trnsys	[W] Verschil	
Transmissie	-2190	-2421	231	11%
Ventilatie	-536	-545	8	2%
Infiltratie	-153	-156	2	2%
Zon	0	0	0	0%
Interne winst	348	348	0	0%
Verwarming	2532	2774	242	10%
Totaal	0	0	0	

Figuur 12a: De vergelijking van de uitkomsten van de handberekening en de uitkomsten van trnsys, met zon = 0 W/m²

	[W] Hand- berekening	[W] Trnsys	[W] Verschil	
Transmissie	-2628	-1576	1052	40%
Ventilatie	-644	-654	10	2%
Infiltratie	-184	-187	3	2%
Zon	2667	2068	600	22%
Interne winst	348	348	0	0%
Verwarming	440	0	440	100%
Totaal	0	0	0	

Figuur 12b: De vergelijking van de uitkomsten van de handberekening en de uitkomsten van trnsys, met zon = 250 0 W/m².

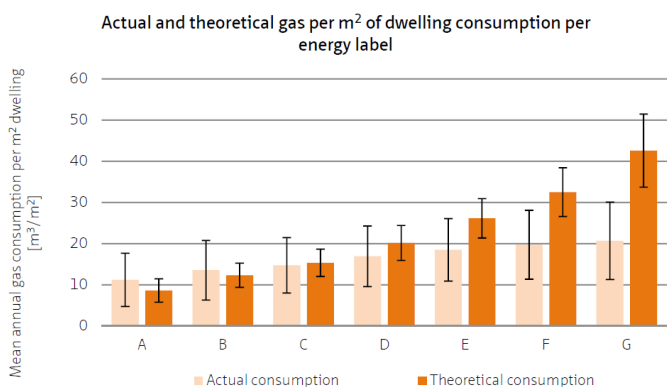
Een andere validatie is gedaan aan de hand van figuur 13, hieronder. Het appartement heeft label F, maar omdat er weinig informatie beschikbaar was over de ramen voor de renovatie zijn bij de simulatie de HR++ ramen al zijn meegenomen. Dit zorgt ervoor dat het label veranderd naar label E (Milieu centraal, 2019). Nadat hier de volgende opties zijn ingevuld: bovenwoning, 1 woonlaag, hoekwoning, 1946-1964, 83m², 3 personen, Amsterdam, geen gevelisolatie, geen vloerisolatie, geen dakisolatie, HR++ glas in woonruimte en slaapkamers, HR-combiketel, geen warmteterugwinning, natuurlijke ventilatie, geen zonnepanelen, 1668 m³ gas (Gemeente Amsterdam, 2019).

In de grafiek zien we dat onzuinig gebruik 25 m³ gas/m² is en zuinig gebruik 10 m³ gas/m² is.

Er zijn twee waardes hiervan uit trnsys uitgerekend. De onzuinige variant, degene waarvan rekening gehouden moet worden volgens de regels van de corporatie. En de zuinige variant. Deze heeft onverwarmde slaapkamers en warmt de woonkamer tot een temperatuur van 20°C in plaats van 22°C.

De onzuinige variant van trnsys had een uitkomst van 24.3 m³ gas/m². De zuinige variant van trnsys had een uitkomst van 10.1 m³ gas/m². Dit komt redelijk overeen met de waardes uit figuur 13. Hiermee voldoet deze validatie. (Majcen, 2016)

Hierbij moet wel gezegd worden dat door de hoge ontwerptemperaturen de warmtevraag dus hoog. Bij de renovaties zal de warmtevraag dus ook vaak hoog uitvallen.



Figuur 13: Actuele en theoretisch verbruik van gas per m² per energielabel (Majcen, 2016, p. 70)

1.6 Casestudie beschrijving

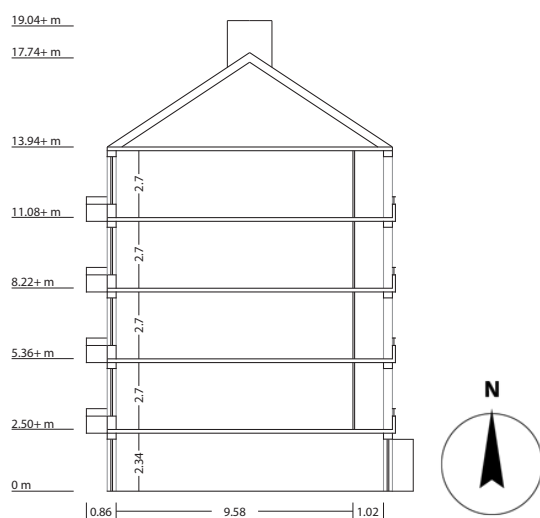
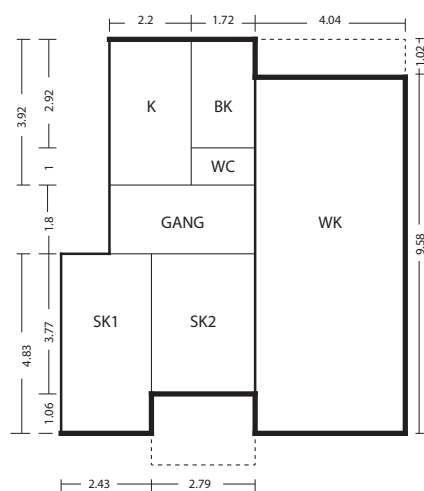
1.6.1 Algemeen

Het casestudie appartementencomplex is een naoorlogse flat uit de jaren 60 op de Karel Klinkerbergstraat te Amsterdam. Typisch van deze bebouwing is dat het georiënteerd is op het zuiden of zuidwesten (in dit geval het zuiden) en dat er veel glas gebruikt wordt om genoeg zonlicht binnen te krijgen.

Dit appartementencomplex bestaat uit 24 appartementen, verdeeld over 4 lagen. De begane grond en zolder zijn berging. Dit zijn onverwarmde ruimtes.

De simulatie is uitgevoerd op het appartement aan de meest oostelijke kant op de 4e verdieping aangezien deze woning het moeilijkst warm te maken zal zijn (zie figuur 14 en 15).

De appartementen zijn 83,38 m² en hebben twee slaapkamers. Hier wonen dus 2 á 3 mensen.



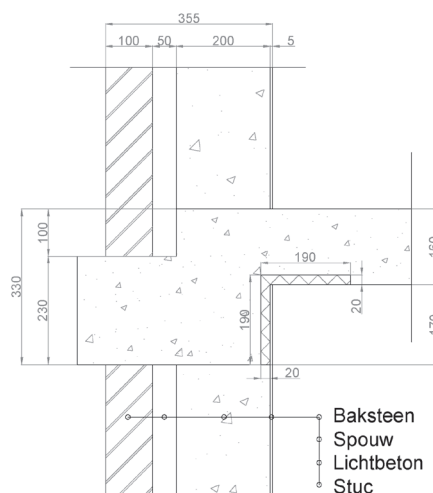
Figuur 14: Plattegrond en doorsnede, op basis van (Van Wijnen, 2018)



Figuur 15: Karel Klinkerbergstraat (Google, 2018)



Figuur 16: Locatie van de appartementencomplexen aan de Karel Klinkerbergstraat te Amsterdam (Gemeente Amsterdam, 2019)



Figuur 17: detail vloeraansluiting op de gevel, op basis van (Van Wijnen, 2018)

1.6.2 Materialen

	Baksteen	Spouw	Lichtbeton	Stuc	Kalkzandsteen
Lambda [W/MK]	0,9	0,33	1,5	0,52	1
Dikte [m]	0,1	0,05	0,2	0,005	0,05
Phi [kg/m ³]	1750	1,29	700	1300	2000
Soortelijke warmte [kJ/kgK]	0,84	1	0,84	1	0,92
Mu [-]	9	1	6	8,5	-
Rc-waarde [m ² K/W]	0,11	0,15	0,13	0,01	0,05

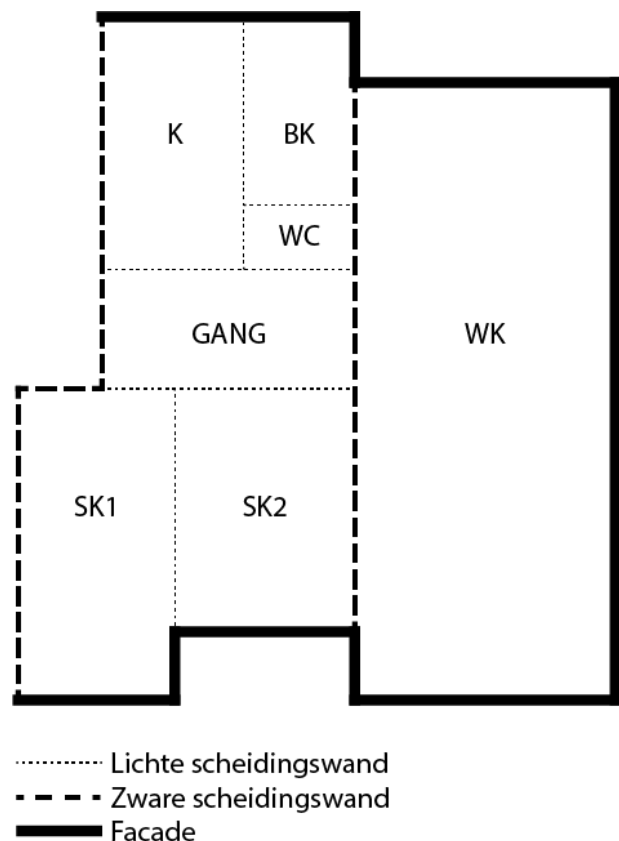
Figuur 18: Materialen lijst (bouwphysica, 2014)

In figuur 18 zijn alle materialen te vinden die voorkomen in de bestaande wanden. Om de isolatiewaarde te bepalen zijn de lambda waarde en de dikte nodig (deze resulteren in de Rc waarde aan de linkerkant van het figuur). Voor de lineaire condensatie berekening is de mu-waarde (dampdiffusiecoëfficiënt) nodig.

1.6.3 Wanden

De appartementen bestaan uit verschillende vlakken, zoals in figuur 19 te zien is. Er zijn 3 verschillende soorten wanden:

- De façade is gemaakt 100 mm baksteen, 50 mm spouw en 200 mm lichtgewicht beton met een stuclaag als afwerking (zie figuur 17).
- De zware scheidingswand heeft dezelfde opbouw als de wand die grenst aan een ander appartement. Deze bestaat uit 200 mm lichtgewicht beton met een stuclaag aan beide kanten (zie figuur 10 uit appendix 15).
- De lichte scheidingswand is opgebouwd uit 50 mm kalkzandsteen met aan beide kanten een stuclaag (zie figuur 10 uit appendix 15). De verdiepingsvloer bestaat uit 160 mm gewapend beton. Het plafond heeft dezelfde opbouw als de verdiepingsvloer. Het verschil is dat deze geïsoleerd kan worden bij verschillende renovatiescenario's.



Figuur 19: Type wanden in appartement

1.6.4 Ventilatie en infiltratie

In het bouwbesluit (2012) staat dat een verblijfsruimte een capaciteit voor luchtverversing heeft van minimaal 0,7 dm³/s per m² vloeroppervlak met een minimum van 7 dm³/s. Dit betekent dat de waardes gelden van figuur 20.

De aangegeven luchtverversing zal verdeeld zijn over ventilatie en infiltratie. Dit zal gedaan worden zoals de tabel in figuur 21 laat zien. Deze waardes zijn overgenomen uit het proefschrift van S.C. Jansen (2013) waarin de NEN 5129, 2009 is gebruikt.

1.6.5 Zon

Het appartementencomplex is gelegen aan de Karel Klinkerbergstraat te Amsterdam. De slaapkamers zijn gelegen aan de noord kant en de keuken en badkamer aan de zuid kant. De woonkamer loopt van de noord tot de zuidgevel. Bij het appartement aan de hoek (waar deze berekening op is gefocust) grenst de woonkamer ook aan het oosten aan buiten.

De weersdata gebruikt voor het onderzoek is uit de Bilt. Dit is het standaard voor heel Nederland.

	dm ³ /s*m ²	/h
Woonkamer (91,5 m ³)	0,7	0,9
Slaapkamer 2 (28,4 m ³)	0,7	0,9
Slaapkamer 1 (31,7 m ³)	0,7	0,9
Badkamer (13,5 m ³)	0,7	0,9
Keuken (23,2 m ³)	0,7	0,9
Toilet (4,6 m ³)	0,7	0,9

Figuur 20: Luchtverversing per ruimte (Bouwbesluit, 2012)

Ventilatievoud [/h]	Infiltratievoud [/h]
0,7	0,2

Figuur 21: Ventilatie en infiltratie (Jansen, 2013)

1.6.6 Interne warmteafgifte

De interne warmteproductie bestaat uit de warmteafgifte van mensen (100 W/persoon), de warmteafgifte van de verlichting en de warmteafgifte van de apparaten. Onderstaande tabel (figuur 22) is uit het proefschrift van S.C. Jansen (2013) waarin gerefereerd wordt naar de NEN 5128 (2009).

	00:00 - 07:00	07:00 - 17:00	17:00 - 23:00	23:00 - 00:00	Gemiddeld 24h
Woonkamer (33,9 m ²) [W/m ²]	2	8	20	2	9
Slaapkamer (11,7/10,5 m ²) [W/m ²]	6	0,6	3	6	3
Gemiddelde [W/m ²]	4	4,3	11,5	4	6

Figuur 22: Interne warmteafgifte (Jansen, 2013)

1.6.7 Verwarming

De ontwerp temperatuur is gebaseerd op de eis van de meeste corporaties. Dit resulteert in de volgende ontwerp temperatuur voor de volgende ruimtes:

- 22°C voor de woonkamer
- 22°C voor de badkamer
- 20°C voor de keuken en slaapkamers

Deze temperatuur dient 8716 uur van de 8760 uur in een jaar mogelijk te zijn (99,5% van het aantal uren in een jaar).

Nu is de verwarming op 90/70 met een binnen temperatuur van 22°C. Het onderzoek bekijkt of de radiator op een lagere temperatuur ook genoeg functioneert om de ruimte warm te maken. Omdat er in de studie vanuit wordt gegaan dat de oude radiatoren behouden blijven zal de capaciteit omlaag gaan. De radiatoren zullen namelijk niet vervangen worden door grotere radiatoren, LT-radiatoren of een andere warmtebron.

1.8 Relevantie

Dit rapport heeft een sociale, wetenschappelijke en professionele relevantie.

De sociale relevantie van dit onderzoek heeft te maken met het energieakkoord voor 2050. Dit schept namelijk de moeilijke taak om een groot deel van de woningvoorraad drastisch te renoveren. In dit rapport zal onderzoek gedaan worden naar hoe dit gedaan kan worden.

Omdat er nog weinig onderzoek is naar wat minimaal nodig is zal dit rapport ook een wetenschappelijke relevantie hebben. Er zal namelijk onderzoek gedaan worden naar de minimale temperatuur van de aanvoer van het afgiftesysteem bij verschillende renovatiescenario's. En op die manier zal er ook gekeken worden wanneer LTV mogelijk is.

De professionele relevantie zal voor de corporaties zijn. Zij moeten nu veel renoveren en zouden baat hebben bij meer onderzoek naar de mogelijkheden.

2 Wat is de huidige woningvoorraad met betrekking tot portiekflats en welke bouw-fysische kennis is nodig voor het onderzoek?

2.1 Bestaande woningbouw-voorraad

2.1.1 Wat is de huidige woningvoorraad met betrekking tot portiekflats?

In 2016 waren er 799.560 portiekflats. Dit was toen 10,5% van de totale woningvoorraad. (Gruis, 2018)

De afgelopen jaren is dit percentage gezakt, aangezien er geen nieuwe naoorlogse portiekwoningen worden gebouwd. Hoeveel het op dit moment precies is, is niet duidelijk.

2.1.2 Verschillende types portiekflats in Nederland

V. Gruis heeft vastgesteld dat er 4 typen portiekflats zijn:

- Interbellum met bouwmethoden uit Amsterdam
- Interbellum met bouwmethoden uit Den Haag
- Naoorlogs met traditionele constructiemethoden en gestandaardiseerde constructiemethoden
- Naoorlogs met gestandaardiseerde constructiesystemen

In het laatste type zijn 20% van de naoorlogse woningen gebouwd. Dit type was gewaardeerd voor zijn comfort en functionaliteit, maar verafschuld door zijn sobere uiterlijk. (Gruis, 2018)

Er werden wel 23 verschillende gestandaardiseerde constructiesystemen gebruikt in Nederland: Airey, PÉGÉ, Pronto, Coignet, BMB, Intervam, Vaneg, WILMA,

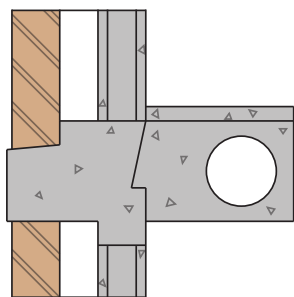
Rottinghuis, Welchen, Muwi, RBM, Polynorm, ERA, Korrelbeton, Bakker, BBB, PLN, B-G, Tramonta, EBA, Smit, Bouwvliet. (Gruis, 2018; Platform 31, 2013)

Deze systemen kunnen worden onderverdeeld in 3 constructiemethoden: stapelen, gieten en prefabricage. In figuur 1 zijn de meest gebruikte systemen onderverdeeld. Deze systemen zijn ook te zien in figuur 3 en 4 op de volgende pagina's. (Platform 31, 2013; Oorschot et al., 2018)

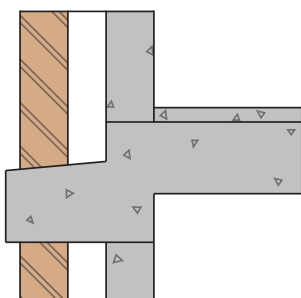
Gestapeld	Gestapeld	Geprefabriceerd
MUWI	Korrelbeton	Coignet
RBM	RBM	BMB
Pronto	Wilma	Rottinghuis
		VAM
		Airey

Figuur 1: systemen onderverdeeld in categorieën (Platform 31, 2013)

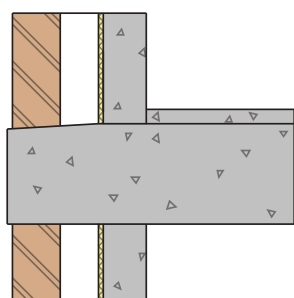
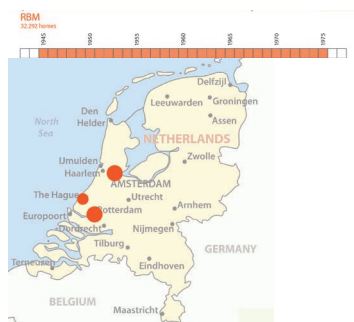
Voor dit onderzoek is de keuze gemaakt om de focus te leggen op naoorlogse portiekwoningen gebouwd met gestandaardiseerde constructiesystemen. Deze keuze is gemaakt omdat veruit de meeste portiekwoningen op deze manier zijn gemaakt. Deze portiekwoningen kunnen moeilijk te renoveren zijn. Het uiterlijk wordt vaak als belangrijk aspect ervaren en moeten dan ook vaak aspecten behouden of geïmiteerd worden.



MUWI



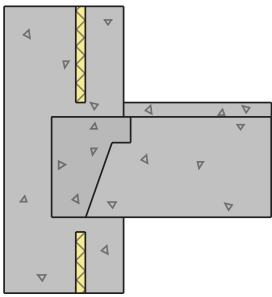
RBM



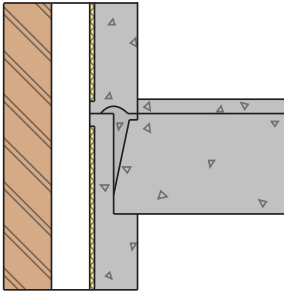
Korrelbeton



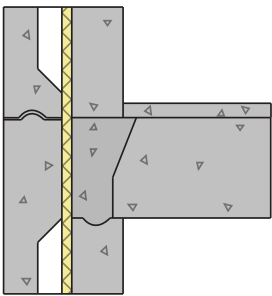
Figuur 2: Naoorlogse portiekwoningen, gebaseerd op (Platform 31, 2013)



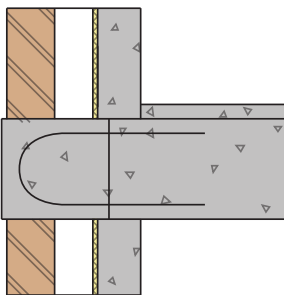
Coignet



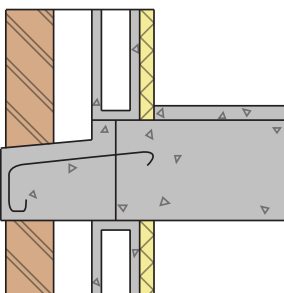
BMB



VAM



Wilma



Pronto



Figuur 3: Naoorlogse portiekflats, gebaseerd op (Platform 31, 2013)

2.1.3 De wetten en idealen die de portiekflats hebben vormgegeven

2.1.3.1 Ciam idealen

Na de oorlog was het de taak van de architecten om woningen te produceren die antwoord gaven op de praktische en emotionele eisen. Er werd geloofd dat dit bereikt zal moeten worden met rationalisatie. In Nederland werd deze stijl de Nieuwe Zakelijkheid genoemd.

Als antwoord op de problemen van de huidige woningvoorraad adviseerde CIAM de ontwikkeling van woningen met de voorkeur op topografie, groene plekken, zon en klimaatomstandigheden. Het was een feit dat de moderne techniek van geconcentreerde, hoge gebouwen op afstand van elkaar ervoor zou zorgen dat er parken tussen de gebouwen gevormd werden. (Collins & Swenarton, 1987; Mumford, 2000)

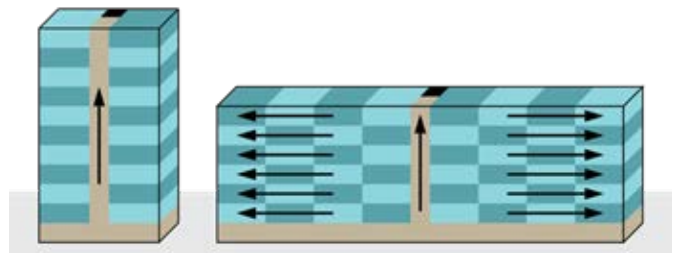
De woningen zelf werden her-bedacht en her-ontworpen aan de hand van 'the criteria of scientific efficiency' in Taylor's Principles of scientific management (1911), met plattegronden die even efficiënt waren als bedrijven. Ideeën van voor deze tijd over de esthetiek en het sentiment waren irrelevant. Wat nodig was, was de "Wohnford". (Collins & Swenarton, 1987; Mumford, 2000) Leefbaarheid werd verbeterd. In Nederland werden woningen gebouwd met minder drastische antwoorden dan de CIAM in de sociale woningbouw. Deze werden beschouwd als de transformatiefase van het gesloten blok naar CIAM's uiteindelijke doel. (Collins & Swenarton, 1987; Mumford, 2000)

2.1.3.2 Voorschriften en wenken

In de regelgeving 'Voorschriften en wenken' die in 1965 uitgebracht werd, werden onder andere een minimale oppervlakte voor de woonkamer, keuken en andere kamers vastgesteld. Dit was gerelateerd aan de bezetting van de ruimte (vanuit de CIAM) en moest voorkomen dat woningen overbevoord werden. (Centrale directie van de volkshuisvesting en de bouwnijverheid, 1965)

De belangrijkste nieuwe regel (gerelateerd aan de portiekflats) ging echter over de lift. Voor meergezinswoningen werd verplicht een lift te hebben voor woningen waarvan

de vloer boven de 10 meter (gemeten vanaf de buiten gelegen omgeving van de hoofdingang) lag. De lift werd echter al aangeraaden voor woningen met de vloer hoger dan 8,6 meter boven de grond. Dit heeft ertoe geleid dat de standaard portiekflat niet meer rendabel was om te bouwen. Er werd overgegaan in de bouw van galerijflats en flats met één portiek van vele verdiepingen hoog (zie afbeelding 4). (Centrale directie van de volkshuisvesting en de bouwnijverheid, 1965)



Figuur 4: Opvolgers van de karakteristieke portiekflat (Gruis, 2018)

Omdat standaardisatie een belangrijke bouwmethode werd, werden in de voorschriften en wenken hier ook regels aan gebonden. Deze regels waren gericht op het stimuleren van de elementenbouw door standaardmaten te handhaven. (Centrale directie van de volkshuisvesting en de bouwnijverheid, 1965)

Ook werd er rekening gehouden met de toekomst, waarin iedereen een radiator onder het raam geplaatst zal hebben. Vanaf 1965 moest het raam dus altijd hoog genoeg zitten om een radiator onder te zetten. Ook al gebeurde dit lang niet altijd in die tijd. (Centrale directie van de volkshuisvesting en de bouwnijverheid, 1965)

2.2 Bestaande renovatie-oplossingen

Er zijn veel renovatiemogelijkheden, maar de uiterste zijn de label B renovatie en de NoM of BENG-renovatie.

Voor een label B renovatie wordt normaal gesproken de spouw geïsoleerd en (als dit nog niet gebeurd is) dubbele beglazing geplaatst. Installaties kunnen vernieuwd worden en er zullen vaak zonnepanelen op het dak geplaatst worden. (Van Wijnen, 2018)

Voor de NoM of BENG-renovatie is meer nodig. Hierbij voldoet spouwisolatie niet en zal vaak voor buitenisolatie gekozen worden. Beglazing kan vervangen worden door driedubbel glas en koudebruggen worden zo veel mogelijk opgelost. De installaties worden vervangen voor mechanische ventilatie en een warmtepomp. Zonnepanelen zijn nodig voor deze renovatie. Omdat deze renovaties meer kosten wordt vaak gekeken of de investering terugverdient kan worden door het plaatsen van meer verhuurbare ruimtes. De berging op de begane grond en bovenste verdieping kunnen omgevormd worden naar appartementen. (Konstantinou, 2015; Van Wijnen, 2018)

2.3 Bouwfysische achtergrond

2.3.1 Condensatie

Condensatie in de gevelconstructie kan een gevolg zijn van een renovatie. Vooral binnen isoleren vergroot de mogelijkheid condens in de constructie te krijgen. De twee type condensatie die worden bekeken zijn: oppervlakte condensatie en condensatie in de constructie. De oppervlakte condensatie ontstaat wanneer de oppervlaktetemperatuur onder het dauwpunt komt. Als gevolg hiervan kan de condensatie plak bij strenge vorst bevriezen en de constructie doen scheuren, ook kan het aanleiding geven tot schimmelvorming. (van der Linden, Erdtieck, Kuijpers-van Gaalen, Zeegers, & Selten, 2011)

Of er inwendige condensatie optreedt in de constructie kan berekend worden aan de hand van de waterdampspanning (p in N/m^2 of Pa). Dit is afhankelijk van de hoeveelheid vocht in de lucht en de temperatuur van de lucht³. De maximale waterdampspanning zonder condens verschilt dus per temperatuur en is deels terug te vinden in de tabel hieronder (figuur 5). Het hele tabel is terug te vinden in appendix 12. Wanneer er meer waterdamp is dan de lucht kan bevatten ($p > p_{max}$) dan zal er condensatie optreden. Hierbij gaat een gedeelte van het water over van dampvorm naar vloeistof. (van der Linden, Erdtieck, Kuijpers-van Gaalen, Zeegers, & Selten, 2011)

T [°C]	C [g/m ³]	p max [N/m ²]
20	17,28	2340
10	9,40	1229
0	4,84	611
-10	2,15	260

Figuur 5: maximale waterdampspanning bij verschillende temperaturen (van der Linden, Erdtieck, Kuijpers-van Gaalen, Zeegers, & Selten, 2011)

$$^3 P = (m/V) * R * T$$

p = waterdampspanning [Pa]

m = massa van een gas [kg]

V = volume [m³]

R = specifieke gasconstante (voor waterdamp: $R=462$ J/kg*K)

T = absolute temperatuur in K

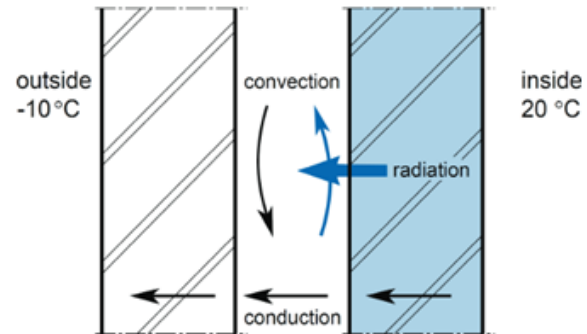
2.3.2 Warmtetransport

Warmtetransport kan plaatsvinden door convectie, straling en geleiding (van der Linden, Erdtiek, Kuijpers-van Gaalen, Zee- gers, & Selten, 2011).

Convectie vindt plaats door middel van een medium (zoals water of lucht). Ondanks wat de naam doet denken verwarmt een radiator de ruimte niet alleen door middel van straling (Engels: radiation), maar ook door middel van convectie. De koude lucht stroomt hierbij langs de radiator. Hier warmt het op, en warme lucht stijgt. Hierdoor geeft het warmte af aan het glas boven de radiator en koude wanden. Hoeveel warmte er op deze manier wordt overgedragen is afhankelijk van de stromingssnelheid van de lucht en het verschil in temperatuur tussen de radiator en de lucht die langs stroomt⁴.

Naast convectie vindt warmtetransport ook plaats door straling. Alle voorwerpen stralen namelijk warmte uit (tenzij deze 0 K zijn). Bij een radiator bijvoorbeeld, straalt het warme oppervlak van de radiator warmte uit naar koudere wanden in de ruimte. De warmte die een oppervlak uitstraalt is hoger wanneer dit oppervlak warmer is en hangt ook af van de emissiecoëfficiënt van het materiaal⁵.

De derde warmtetransport manier is geleiding. Geleiding kan alleen plaatsvinden als er een temperatuurverschil is tussen verschillende lagen. Hierbij gaat de warmte van de zijde van het object met een hoge temperatuur naar de zijde van het object met een lage temperatuur. Geleiding vindt plaats via moleculen. Bij een radiator is het oppervlak van warm water in de radiator de warme zijde die de lucht verwarmt. Op dezelfde manier gebeurt dit ook in de gevel, zie figuur 6.



Figuur 6: Verschillende soorten warmtetransport door spouwmuur (Bokel, Building physics energy 01 (college), 2016)

2.3.3 Stationaire warmtebalans

Voor de warmtebalans is het belangrijk de wet van behoud van energie te kennen. Deze wet vertelt dat de som van alle warmtetransacties nul moet zijn. Hiermee kan voor een ruimte onder andere uitgerekend worden hoeveel vermogen het warmteafgiftesysteem moet hebben. In deze warmtebalans zullen altijd het wattage verlies of winst van transmissie, ventilatie en verwarming/koeling meegenomen worden. (Bokel, Building physics energy: heating up a building with earth ducts, solar collectors and other time-independent mass flows, 2017)

2.3.4 Oppervlakte-, luchttemperatuur

Er zijn verschillende manieren om de temperatuur uit te drukken in °C. Twee daarvan zijn de oppervlaktetemperatuur en de luchttemperatuur.

Oppervlaktetemperatuur is de energie van een atoom in het oppervlak. Wanneer een oppervlak is opgewarmd door de zon bijvoorbeeld zullen de atomen in het oppervlak meer gaan bewegen en dus meer energie hebben. Het oppervlak is dat warmer dan

$$^4 q = \alpha * (T1-T2) [W/m^2]$$

q = warmtestroomdichtheid

alpha = warmteovergangscoefficiënt [W/m²*K]

T1-T2 = temperatuurverschil tussen bijvoorbeeld radiator en langstromende lucht [°C of K]

$$^5 q = e * 56,7 * 10^{-9} * T^4 [W/m^2]$$

e = emissiecoëfficiënt van het materiaaloppervlak

wanneer er geen zon op scheen. (van der Linden, Erdtieck, Kuijpers-van Gaalen, Zeegers, & Selten, 2011)

De luchttemperatuur is de temperatuur van de lucht gemeten 1,2 meter boven de grond. Deze temperatuur beïnvloedt de kleding die je aan doet. (van der Linden, Erdtieck, Kuijpers-van Gaalen, Zeegers, & Selten, 2011)

Wanneer de ruimte altijd tot dezelfde temperatuur wordt verwarmd zullen de oppervlaktetemperatuur en de luchttemperatuur bijna gelijk zijn. Maar als in de avond de temperatuur voor de ruimte lager wordt ingesteld zullen de wanden langer warm blijven dan de lucht, en zullen deze in de ochtend er ook langer over doen om op te warmen. De rede waarom de oppervlakte-temperatuur minder snel van temperatuur veranderd is door zijn thermische massa. Omdat lucht veel minder thermische massa heeft koelt dit wel snel af en warmt dit ook snel op. (Beek, 2006)

2.3.5 Materiaal spouwankers

Al een aantal jaren is er nieuws over delen van bakstenen gevels die loslaten. Dit probleem heeft te maken met de spouwankers die er gebruikt zijn om het bakstenen buitenspouwblad met het dragende binnenspouwblad te verbinden.

Er zijn namelijk twee soorten spouwankers:

- Verzinkt spouwanker
- RVS spouwanker

Vroeger werden alleen verzinkte spouwankers gebruikt. Een probleem van deze spouwankers is dat deze kunnen gaan roesten. Wanneer meerdere spouwankers door zijn geroest kan er een probleem ontstaan. Een mogelijk gevolg van dit doorroesten is zelfs het instorten van het buitenspouwblad. (Vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek, 2011; Blauwdruk, 2019)

Het roesten van de spouwankers gebeurt door vocht in de spouw. Een spouw die goed ventileert zal hier minder snel last van hebben dan een slecht geventileerde spouw.

Dit kan veroorzaakt worden door uitgezakte spouwisolatie en zal ervoor zorgen dat het langer vochtig blijft. (Blauwdruk, 2019)

Door de onveilige situaties die veroorzaakt kunnen worden door het doorroesten van spouwankers is hier veel kritiek op geweest. Deze kritiek heeft ertoe geleid dat er eisen worden gesteld aan de spouwankers. (Gebr. Bodegraven BV, 2019)

De specifieke eisen per milieu voor spouwankers staan in de NEN-EN 1996-2:

- MX1: een droog milieu
- MX2: blootgesteld aan vocht of water
- MX3: blootgesteld aan vocht of water in combinatie met vorst/dooiwisselingen
- MX4: blootgesteld aan met zout verzadigde lucht of zeewater
In de kustgebieden (tot 10km van de zee) en op plekken waar in de winter zout wordt gestrooid.
- MX5: in een agressief chemisch milieu

Omdat spouwmuren in de bouw altijd geventileerd worden uitgevoerd en nooit water en/of luchtdicht zal klasse MX1 niet voorkomen. In de praktijk zullen spouwmuren is minimaal in klasse MX3 vallen. (Wijlick & Vekemans, 2019); (Mooiman, 2011)

Voor de klassen MX3 en MX4 moeten RVS spouwankers gebruikt worden. In theorie mogen de spouwankers in klasse MX3 wel verzinkt zijn als het een zinklaag van minimaal 940 g/m² wordt toegepast. Dit is alleen niet mogelijk. (Vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek, 2011; Wijlick & Vekemans, 2019)

Maar zelfs na deze eisen worden er nog steeds verzinkte spouwankers toegepast. Het Kennisnetwerk vindt dit te wijten aan onvoldoende deskundigheid en het feit dat deze spouwankers nog verkocht mogen worden.

De mogelijkheden die hun opperen zijn:

- Het opnemen van RVS spouwankers in bestekteksten
- De bouwmaterialenhandel wijzen op hun verantwoordelijkheid
- Een betere informatievoorziening over spouwankers

(Vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek, 2011; Mooiman, 2011)

Bij renovatie zal altijd gekeken moeten worden naar de toestand van de spouwankers. Dit kan gedaan worden op twee manieren:

- Door het boren van een aantal gaten kan met een videoscope de spouw bekeken worden
- Door een aantal bakstenen te verwijderen, zodat het probleem goed zichtbaar is. Na het onderzoek worden de bakstenen weer terug gemetseld om de gevel weer heel te maken.

(Blauwdruk, 2019)

2.3.6 Gevelstenen

De acceptatie voor de traditionele muuropbouw met baksteen buitenspouwblad is groot. Deze gevel wordt in 79% van de gebouwen toegepast. De bouwpraktijk veranderd echter. Er wordt een stijging in de productie van woningen verwacht, maar een tekort in metselaars voorzien. (Kleuskens, 2014)

Als alternatief voor de traditionele bakstenen zijn er keramische steenstrips en minerale steenstrips. Hiermee wordt het uiterlijk van een traditionele baksteen nagedaan. Deze strips worden aangebracht op een lijm mortel en in het geval van keramische steenstrips kan er tussen de strips voegmortel aangebracht worden, of kan er voeg-loos gewerkt worden. Bij minerale steenstrips vormt de lijm mortel laag de voeg. (Nieman-Kettlitz, 2018)

Het voordeel van de keramische en minerale steenstrip is dat deze dunner zijn en mak-

kelijk te plaatsen zijn. Er is namelijk geen metselaar voor nodig om deze strips goed aan te brengen op de gevel. (Nieman-Kettlitz, 2018)

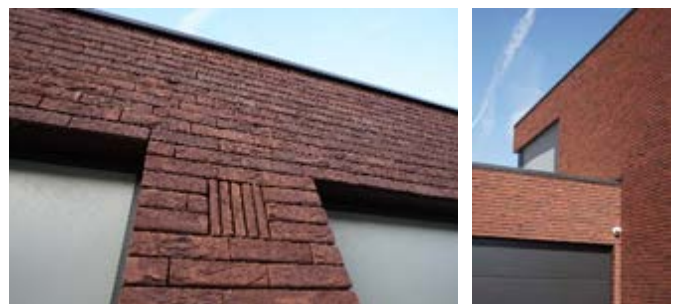
Hieronder zal per type steen (traditionele baksteen, keramische steenstrip en minerale steenstrip) een overzicht worden. Dit overzicht bevat onder andere het productieproces van de steen, het gewicht van de steen, foto's van de steen.

2.3.6.1 Traditionele baksteen

De basis voor deze steen is klei. De klei wordt vervolgens gekneed en gemalen, en er wordt water toegevoegd. Hierna wordt de klei gedroogd. Dit gebeurt in een vormbak, bij een temperatuur van maximaal 75°C voor 4 tot 5 dagen. Na de droging wordt de steen gebakken in de oven voor 10 dagen op 1.050°C. Hierna is de steen klaar en kan deze toegepast worden. (Willem wever, 2019)

Eigenschappen van de traditionele baksteen zijn:

- Standaard afmeting (l*b*h): 210*100*50 mm
- Dichtheid: 2100 kg/m³
- Warmteweerstand (lambda): 0.8 W/m*K
- Warmtecapaciteit: 840 J/kg*K
- Mu: 31 (van der Linden, Erdtieck, Kuijpers-van Gaalen, Zeegers, & Selten, 2011)



Figuur 7: Bakstenen gevel, links dichtbij, rechts ver weg

Dit type steen kan worden gebruikt in het renovatiescenario van een nieuwe gevel. Hierbij zal het oude buitenspouwblad verwijderd worden en wordt op traditionele mani-

er het nieuwe bakstenen buitenspouwblad opgebouwd.

2.3.6.2 Keramische steenstrip

Het productieproces van deze steenstrips is vergelijkbaar met het productieproces van traditionele bakstenen. De klei wordt in een vorm gedaan, gedroogd en gebakken. Het is mogelijk de steenstrips in de gewenste dikte te bakken of het formaat van een traditionele baksteen te bakken en hier de gewenste dikte vanaf te zagen. De overeenkomst van dit proces zorgt ervoor dat de uitstraling van deze strip ook overeenkomstig zal zijn met dat van een traditionele baksteen. De keuzes die er zijn aan bakstenen zijn dus ook allemaal mogelijk voor keramische steenstrips. (Van der Sanden, 2019) (Nieman-Kettlitz, 2018)

De eigenschappen van de keramische steenstrip zijn:

- Normale afmetingen ($l*b*h$):
210*20*50 mm
- Gewicht van de strip: 31.5 kg
- Dichtheid: 2100 kg/m³
- Mu-waarde: 25
(Nieman-Kettlitz, 2018)



Figuur 8: Keramische steenstrips, links dichtbij (Van der Sanden, 2019), rechts ver weg (Van der Sanden, 2019)

Dit type steen wordt onder andere gebruikt in combinatie met de renovatiepanelen van Van der Sanden. Dit is het renovatiescenario: e-board Van der Sanden. Bovenstaande afbeeldingen zijn ook beide van renovatiewerk met het e-board van Van der Sanden. (Van der Sanden, 2019)

Het gebruik van deze steen moet op juiste wijze gedaan worden. Daarom voegen de leveraard van de producten ook een handleiding toe. Het is namelijk al vaker gebeurt dat deze steen voor gevaarlijke situaties zorgt doordat het loslaat van de gevel. (Langejan,

2018; Gebouwschil Nederland, 2019)

2.3.6.3 Minerale steenstrip

Voor de productie van deze steenstrips zijn minerale grondstoffen nodig. Aluminiumhydroxyde en kwarts te binden met poly-meerdispersie. De steenstrips worden dan gedroogd en kunnen ook gekleurd worden met een kleurstof (zoals titaandioxide). (Nieman-Kettlitz, 2018)

Omdat het proces verschil is kan het zijn dat het uiterlijk enigszins afwijkt van de traditionele baksteen. Het lijkt hier echter wel op en biedt meer mogelijkheden voor variaties in de kleur en de structuur. (Nieman-Kettlitz, 2018)

De eigenschappen van minerale steenstrips zijn:

- Dikte: 6mm
- Massa: 4-5 kg/m²
(Nieman-Kettlitz, 2018)



Figuur 9: Minerale steenstrips, links dichtbij (De groot BV, 2019), recht ver weg (Cobouw NBD, 2019)

Dit type steen wordt in veel renovaties gebruikt. Een mogelijk renovatiescenario met de minerale steenstrips is een renovatie met Rc-panels.

Uit de literatuur kan de conclusie getrokken worden dat de baksteen en de keramische steenstrip er hetzelfde uit zullen zien, aangezien deze steenstrip op dezelfde manier geproduceerd is en ook kan beschikken over een normale voeg. De minerale steenstrip heeft volgens de literatuur wel een afwijkend uiterlijk.

In een vervolgstudie zal het mogelijk zijn deze informatie uit te breiden met de meningen van mensen op straat.

Wanneer er buiten geïsoleerd wordt is er naast het soort baksteen nog een ander belangrijk punt. Het gevelaanzicht verandert. Met steenstrips of een nieuwe gevel kan de bestaande gevelband niet behouden blijven. Ter indicatie van hoe dit eruit zal zien zijn de gevelbeelden van met en zonder gevelbanden hieronder weergegeven. Links is met gevelband en rechts zonder gevelband, na een renovatie.



2.3.7 EPV

EPV staat voor energieprestatievergoeding. Dit is een compensatie voor de corporatie voor hun de investering in de renovatie van de woningen. Deze compensatie mag de corporatie eisen van de bewoners. Er zijn 2 vereisten om een EPV te kunnen vragen. De eerste is dat de woning goed geïsoleerd moet zijn. Dit wordt gemeten in de warmtevraag van de woning. Dit is de energie die nodig is om de woning te verwarmen met normale consumptie in de winter. Het maximum hiervoor is 50 kWh/m² per jaar. De tweede eis is dat er duurzame energie geproduceerd moet worden. Dit zou genoeg moeten zijn om de woning te verwarmen en de installaties (zoals de ventilatie) te voeden. Dit moet ook minimaal 26 kWh/m² per jaar extra produceren voor elektrische apparaten (minimaal 1.800 kWh en maximaal 2.600 kWh) en minimaal 15 kWh/m² per jaar voor heet water. (Rijksoverheid, 2018 [1])

Alleen wanneer een woning deze eisen haalt kan EPV worden gevraagd van de bewoners. Dit zal voor de bewoners de huur niet of nauwelijks hoger maken. De extra kosten

voor de EPV zullen namelijk ongeveer hetzelfde zijn als de besparing op de energierekening.

Het maximum EPV is opgedeeld in 3 categorieën: huurwoningen die hun eigen elektriciteit gebruiken; huurwoningen die verbonden zijn aan het warmtenet; en huurwoningen die gas gebruiken. Figuur 10, 11 en 12 laten het maximale EPV zien afhankelijk van de netto warmtevraag. (Rijksoverheid, 2018 [1]; Rijksoverheid, 2018 [2]; Rijksoverheid, 2018 [3])

Warmtevraag [kWh/m ² per jaar]	€ EPV/m ² per maand
0 tot en met 30	€ 1,42
31 tot en met 40	€ 1,22
41 tot en met 50	€ 1,02

Figuur 10: EPV voor huurwoningen die zelf energie opwekken (Rijksoverheid, 2018 [2])

Warmtevraag [kWh/m ² per jaar]	€ EPV/m ² per maand
0 tot en met 15	€ 0,71
16 tot en met 30	€ 0,61
31 tot en met 40	€ 0,30
41 tot en met 50	€ 0,05

Figuur 11: EPV voor huurwoningen die gekoppeld zijn aan het warmtenet (Rijksoverheid, 2018 [2])

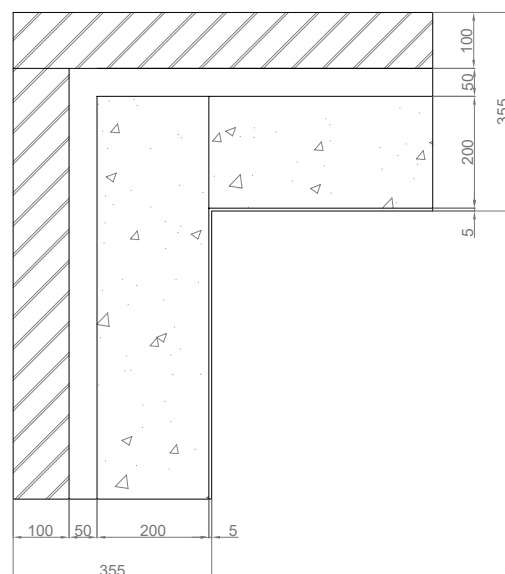
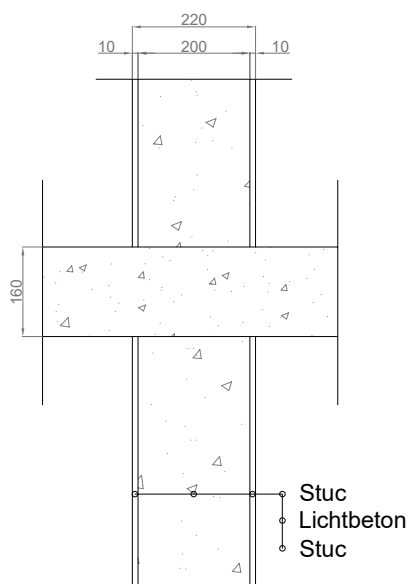
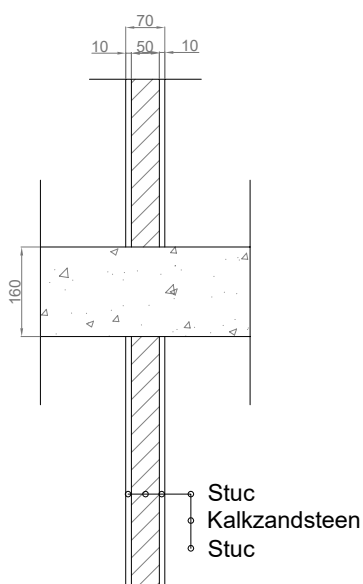
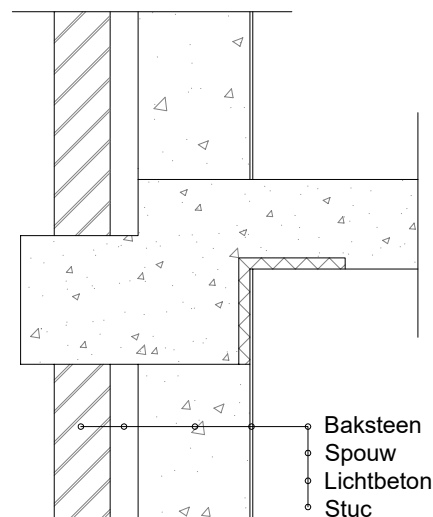
Warmtevraag [kWh/m ² per jaar]	€ EPV/m ² per maand
0 tot en met 15	€ 1,17
16 tot en met 30	€ 1,07
31 tot en met 40	€ 0,86
41 tot en met 50	€ 0,61

Figuur 12: EPV voor huurwoningen die op gas aangesloten zijn (Rijksoverheid, 2018 [3])

3 Wat zijn de isolatie mogelijkheden op detail niveau?

3.1 Details van de casestudie

Het probleemdetail van de casestudie is te zien in figuur 1 (links). Het vloerelement loopt door de spouw en het buitenspouwblad heen. Hierbij steekt het uit en creëert het een duidelijke betonband in het geve-laanzicht. De koudebrug is hierdoor het een belangrijk uiterlijk kenmerk geworden. Naast dat de vloer door de gevel snijdt, vormt dit ook een scheiding bij de binnenwanden (de dragende en de niet-dragende).



3.2 Algemene oplossingen

In de casestudie zijn vier manieren van isoleren mogelijk

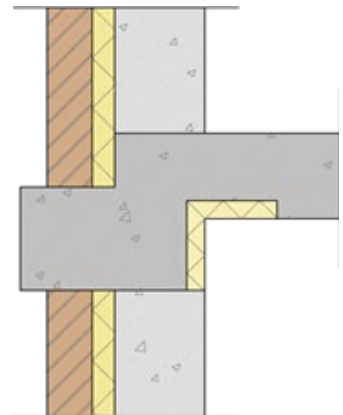
- De spouw isoleren
- De binnenkant isoleren
- De buitenkant isoleren
- Een nieuwe gevel met geïsoleerde spouw

Hieronder zijn deze mogelijkheden verder toegelicht.

3.2.1 Spouw isoleren

De spouw isoleren wordt gedaan door een aantal gaten te boren in de voeg tussen de bakstenen. Door deze gaten wordt het isolatiemateriaal met een spuit naar binnen gespoten totdat de spouw vol zit.

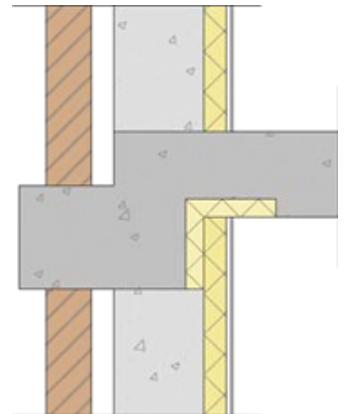
De SWOT-analyse van deze isolatie mogelijkheid is gegeven in figuur 1 en in figuur 2 is het detail hiervan te zien.



Sterktes	Zwaktes
Weinig overlast Uiterlijk blijft hetzelfde	Dikte isolatielaag is al bepaald Lost koudebrug niet op
Mogelijkheden	Moeilijkheden
Snelle renovatie	Extra koudebruggen (bakstenen in spouw) Condensatie in constructie of in koudebrug

3.2.2 Binnen isoleren

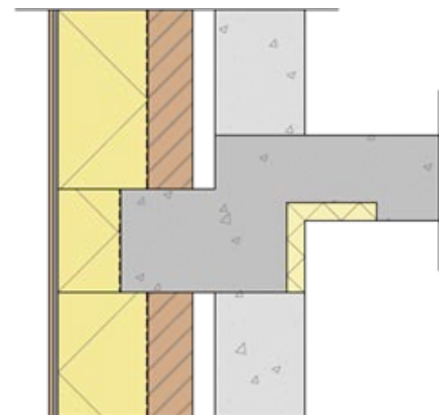
Bij isoleren aan de binnenkant wordt de isolatielaag tegen de binnenkant van de gevel gezet. In figuur 3 is hiervan de SWOT-analyse te zien en in figuur 4 is het detail te zien.



Sterktes	Zwaktes
Uiterlijk blijft hetzelfde Hoef niet waterdicht te zijn	Lost koudebruggen niet op Binnenkant wordt veranderd (behang wegl, meubel past niet)
Mogelijkheden	Moeilijkheden
Kan altijd (ook als het gebouw een beschermd stadsgezicht is)	Zo dun mogelijk Condensatie in de constructie of in de koudebrug

3.2.3 Buiten isoleren

Bij buiten isoleren wordt de isolatie aan de buitenkant van de gevel geplaatst. Dit kan aan het buitenspouwblad of aan het binnenspouwblad verankerd worden. De SWOT-analyse van deze mogelijkheid is te zien in figuur 5 en het detail in figuur 6.

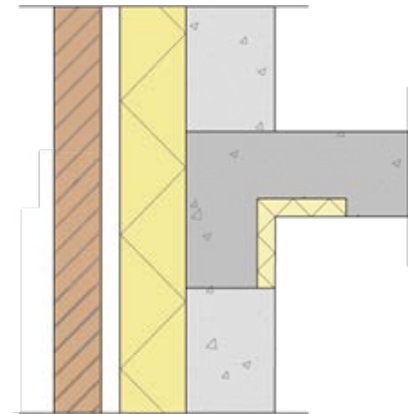


Sterktes	Zwaktes
Kan elke dikte hebben Koudebruggen worden opgelost Werklieden zijn weinig in de woning	Uiterlijk wordt veranderd (steenstrips) Moet waterdicht gemaakt worden
Mogelijkheden	Moeilijkheden
Uiterlijk kan veranderd worden Hoge isolatiewaarde mogelijk	Niet altijd mogelijk door welstandseisen Veel extra gewicht op de constructie

3.2.4 Nieuwe gevel

Voor deze mogelijkheid zal het oude buitenspouwblad verwijderd worden. Een laag isolatie kan dan aan de buitenkant van het binnenspouwblad gezet worden en het nieuwe buitenspouwblad zal dan gemetseld worden.

De SWOT-analyse hiervan is te zien in figuur 7 en het detail is te zien in figuur 8.

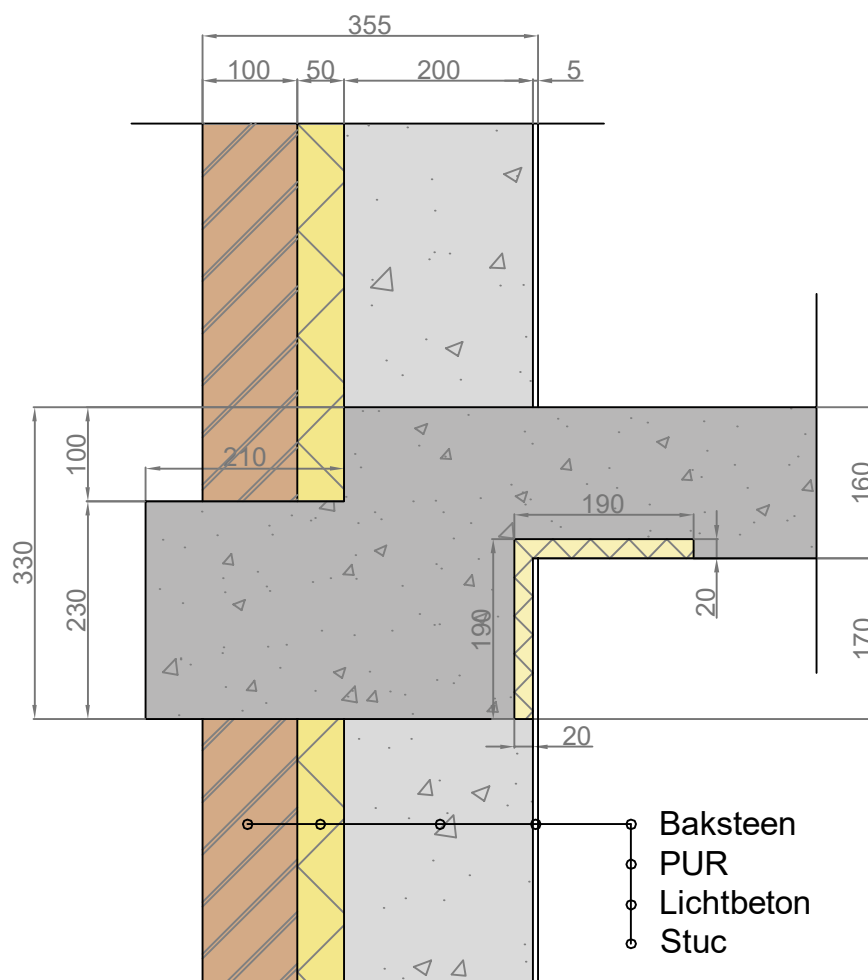


Sterktes	Zwaktes
Koudebruggen oplossen Werklieden zijn weinig in de woning Nieuwe bakstenen gevel in dezelfde stijl	Dikte bepaald door afmeting spouwankers Hoge kosten door traditionele bouw en extra gewicht
Mogelijkheden	Moeilijkheden
Hoge isolatiewaarde mogelijk	Veel extra gewicht, extra fundering nodig

3.3 Verschillende renovatiescenario's

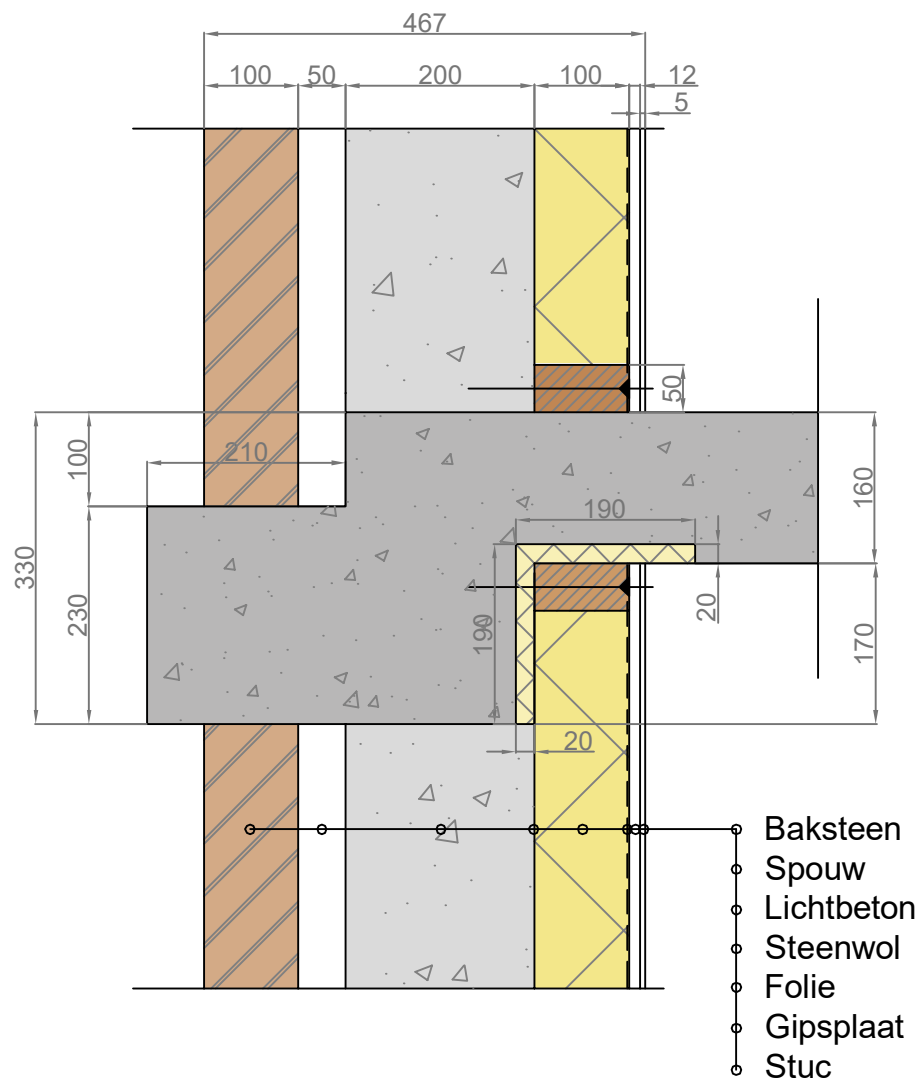
3.3.1 PUR spouwisolatie

- Rc-waarde: 1,89 m²K/W
- Geen extra dikte
- PUR
- Geen isolatie in de vloer van de berging



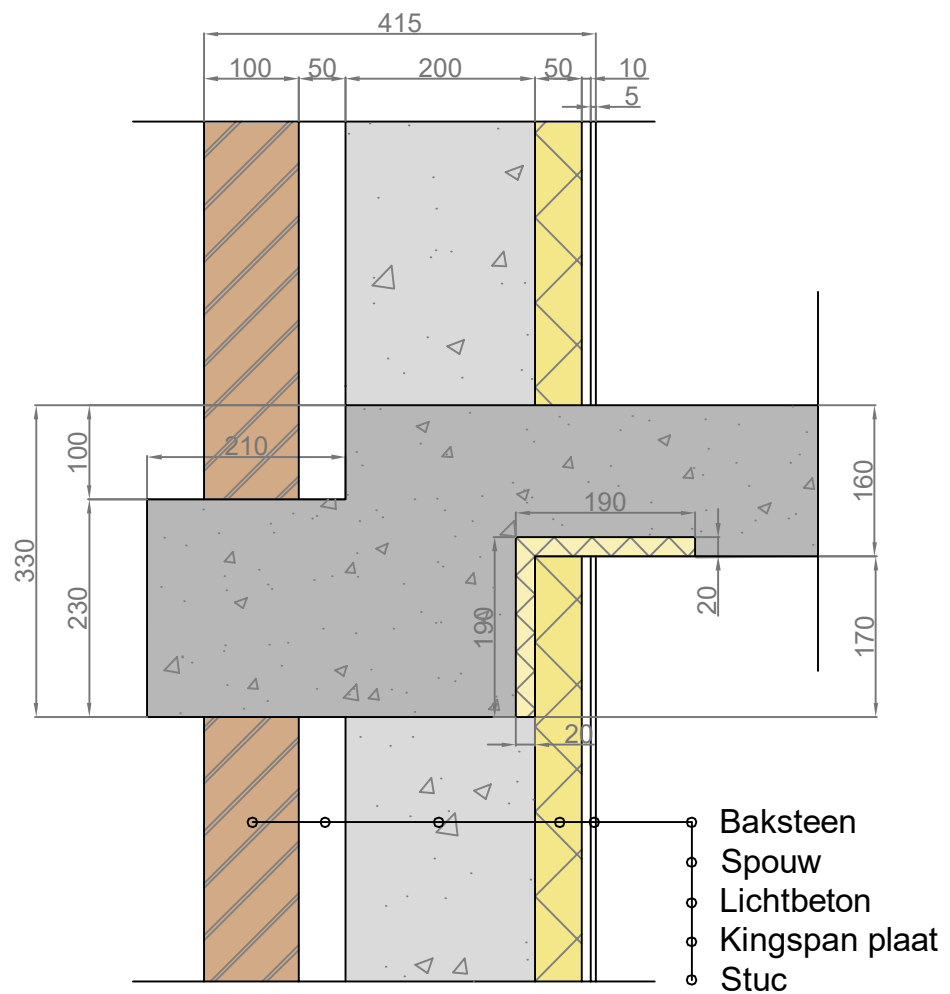
3.3.2 Voorzetwand

- Rc-waarde: 2,61 m²K/W
- 11,7 cm extra dikte
- Steenwol, folie, gipsplaat en stuc
- 5 cm isolatie in de vloer van de berging



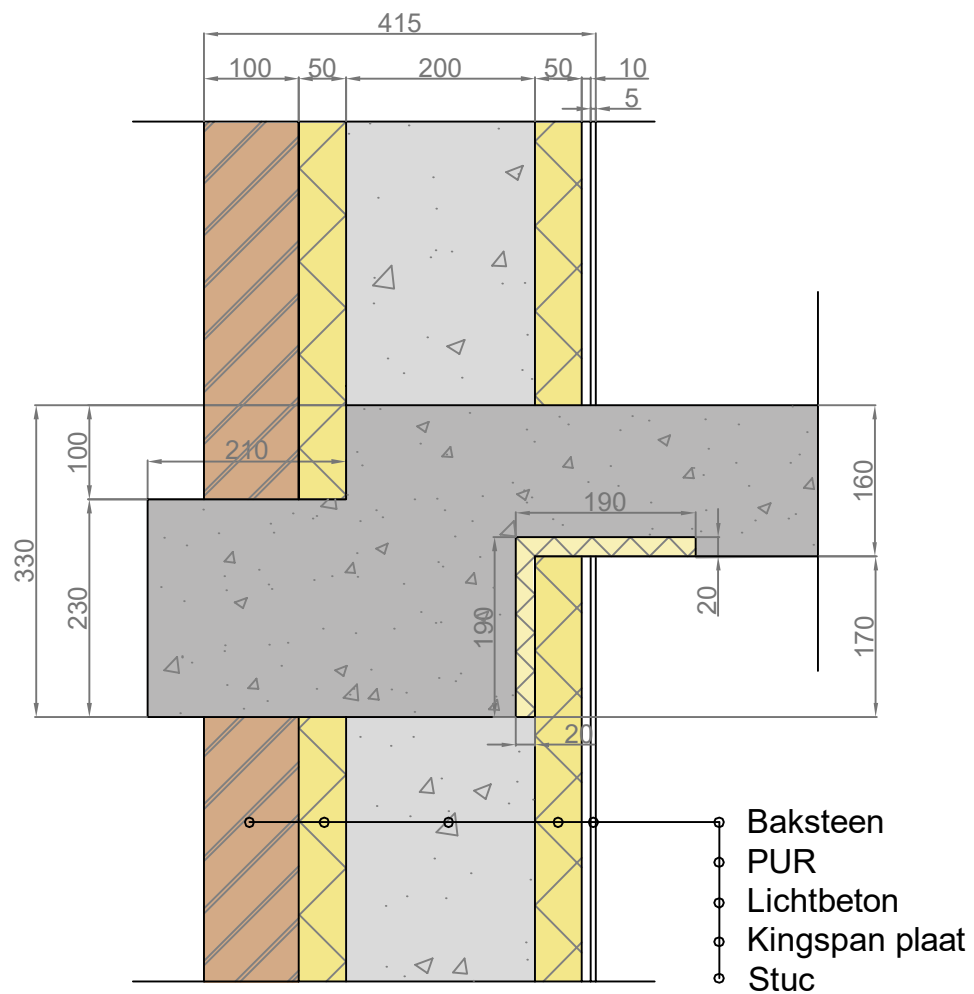
3.3.3 Kingspan

- Rc-waarde: 2,89 m²K/W
- 7 cm extra dikte
- Kingspan en stuc
- 5 cm isolatie in de vloer van de berging



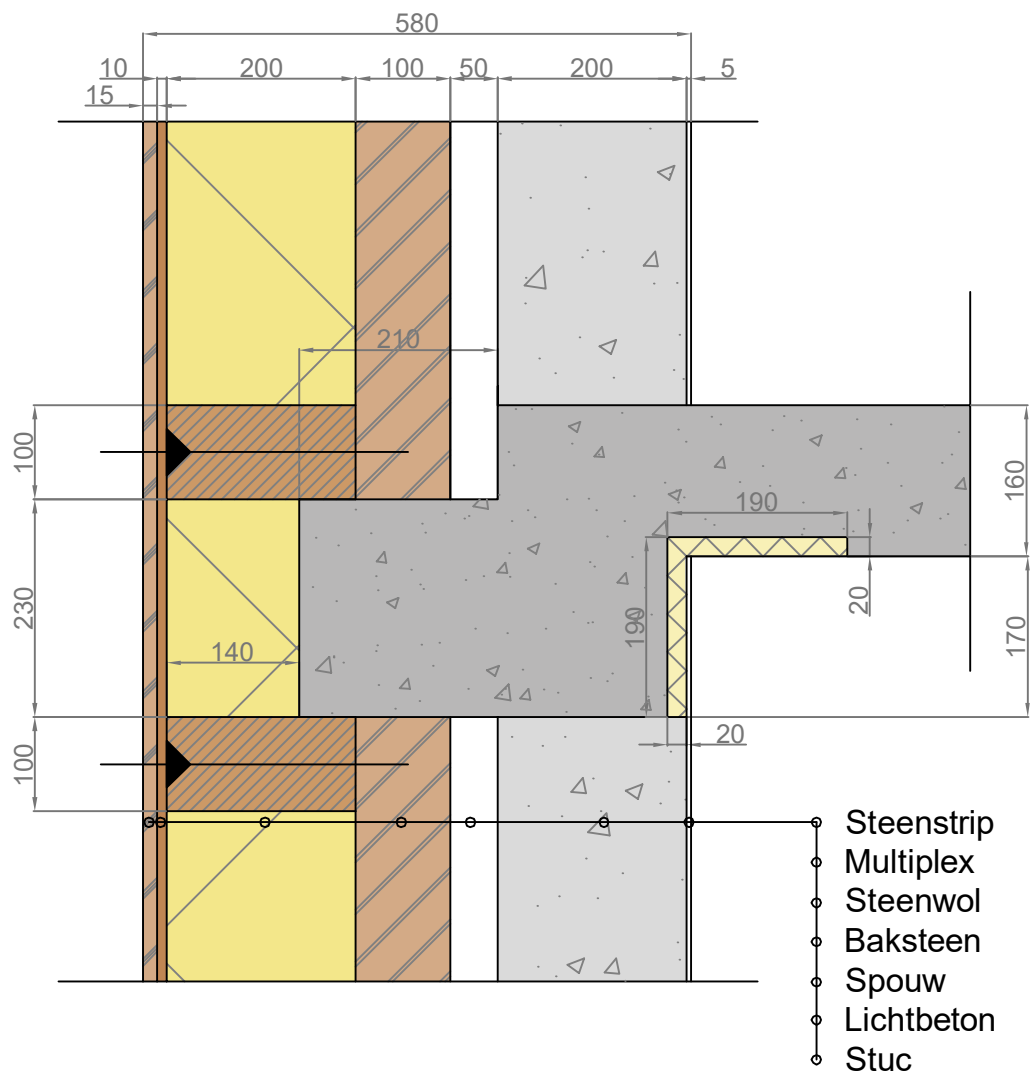
3.3.4 Combinatie van de spouwisolatie en de Kingspan

- Rc-waarde: 4,16 m²K/W
- 7 cm extra dikte
- PUR en Kingspan en stuc
- 10 cm isolatie in de vloer van de berging



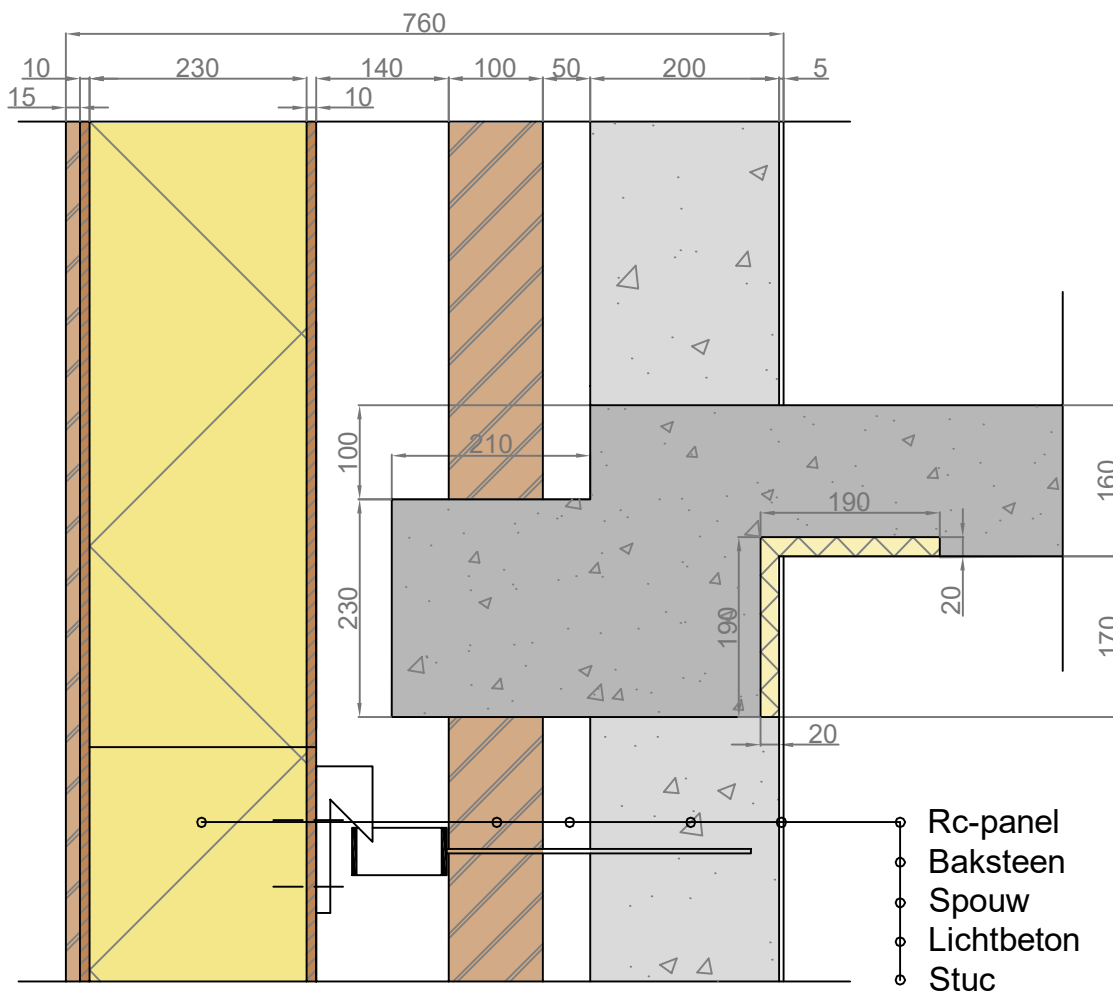
3.3.5 Voorzetgevel

- Rc-waarde: 1,89 m²K/W
- 22,5 cm extra dikte
- Steenwol, multiplex, vuren, folie en steenstrips
- 10 cm isolatie in de vloer van de berging



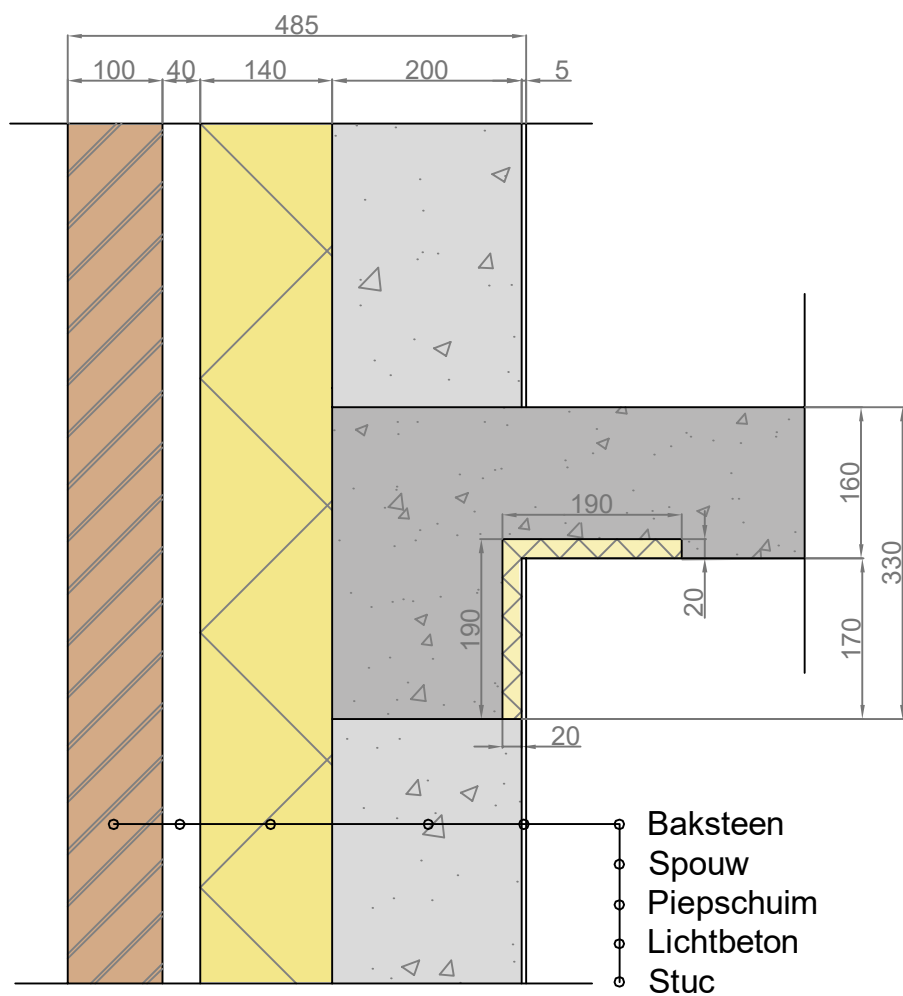
3.3.6 Rc panels

- Rc-waarde: 7,26 m²K/W
- 23 cm extra dikte
- Piepschuim, multiplex, folie en minerale steenstrips
- 10 cm isolatie in de vloer van de berging



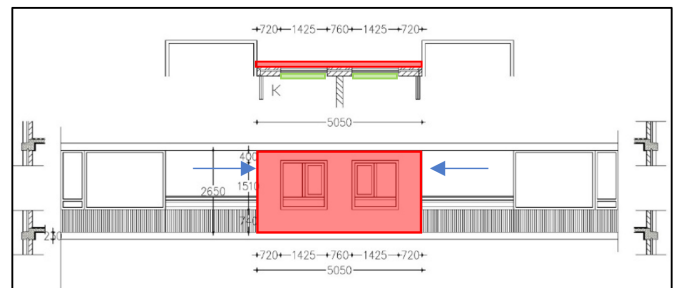
3.3.7 Nieuwe gevel

- Rc-waarde: 1,89 m²K/W
- 13 cm extra dikte
- EPS, metselwerk
- 10 cm isolatie in de vloer van de berging



4 Hoe kunnen de criteria helder en meetbaar worden gedefinieerd?

In dit hoofdstuk zullen de beoordelingscriteria en de bijbehorende bepalingsmethode vastgesteld worden.



Bij elke renovatie wordt (indien nodig) de prijs voor de negge afwerking, de waterslag en het kozijn meegenomen.

De prijs is exclusief tijdsgebonden kosten. Dit zijn onder andere kosten voor stijgers om buiten te isoleren en bijkomende kosten om alle spullen een aantal trappen omhoog moeten dragen om binnen te isoleren.

Ook de impact van overlast wordt niet meegenomen in de prijs. Wanneer binnen geïsoleerd moet worden is hier namelijk toestemming van de bewoner voor nodig. Deze moet de bouwvakker binnen laten en moet dus ook in het huis aanwezig zijn.

Hiervoor zullen plannings op elkaar afgestemd moeten worden en kunnen er rustige en drukke periodes ontstaan. De tijd die verloren gaat aan communicatie met de bewoner en soms toch voor een dichte deur staan is te variabel om mee te kunnen nemen. Wel heeft dit een grote impact op de keuze die gemaakt zal worden. (Van Wijnen, 2019)

4.1 De kosten

4.1.1 Kosten van de investering

Voor de berekening van de kosten zal het deel van de gevel worden genomen dat te zien is in figuur 1. Dit omdat dit een veel voorkomende lay-out heeft. Het heeft een oppervlak van 13.38 m², waarvan 8.87 m² dichte gevel is. Dit betekent dat deze sectie, net zoals het gebouw als geheel, uit 1/3^e raam en 2/3^e dichte gevel. De indicator van dit criteria zal zijn €/m². In dit bedrag zijn de manuren, materialen en de onderaannemer meegenomen. (Van Wijnen, 2019)

4.2 De energieprestatie

4.1.2 Kostenbesparing op de energierekening

De kosten per m³ gas veranderen elk jaar. De gemiddelde gasprijs in 2019 is € 0,69 per m³ gas. (overstappen, 2019)
Deze kosten worden gedeeld door het aantal vierkant meters om een prijs/m² te krijgen.

4.1.3 EPV-inkomsten per appartement voor de corporatie

EPV is afhankelijk van de warmtevraag in kWh/m² per jaar en of de woning is aangesloten op een warmtenet of is aangesloten op aardgas. Deze vergoeding kan oplopen tot 1,19 €/m² per maand wanneer het appartement minder of gelijk aan 15 kWh/m² per jaar verbruikt (zie figuur 2).

Energie wordt gebruikt voor onder andere installaties, apparaten en verwarming. Voor dit onderzoek zal alleen gekeken worden naar de energieconsumptie voor verwarming. Dit vormt bij normaal gebruikt namelijk 70% van het totale energiegebruik. Voor de energieprestatie zal dus ook de warmtevraag worden vastgesteld. Dit is de energie die nodig is om in de woning de ontwerptemperatuur voor 99,5% van de uren in een jaar te kunnen garanderen. Dit is voor 8717 uur van de 8760 uur per jaar. De warmtevraag zal in kWh/m² per jaar worden gegeven omdat deze eenheid ook in de BENG-indicatoren wordt gebruikt. Waardoor deze waardes makkelijk met de BENG-eisen vergeleken kunnen worden. Met de trnsys software zal gekeken worden hoeveel uur de binnen temperatuur onder de ontwerptemperatuur zit en zal de capaciteit van de radiator aangepast worden om dit zo zuinig mogelijk te halen.

Warmtevraag [kWh/m ² * jr]	Maximale EPV/m ² * mnd
0 tot en met 15	€ 1,19
Vanaf 15 tot en met 30	€ 1,09
Vanaf 30 tot en met 40	€ 0,88
Vanaf 40 tot en met 50	€ 0,62

4.1.4 Terugverdientijd van de investering

Alle prijzen die hiervoor genoemd zijn worden gegeven per m². Hiermee kan de terugverdientijd van de investering worden berekend. De kosten per m² voor de investering worden dan gedeeld door de besparing op de energierekening en eventueel de EPV.

4.3 Hoe zal de mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming worden vastgesteld?

Voor dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat de radiatoren niet worden veranderd. Dit betekent dat het formaat hetzelfde blijft en het geen LT-radiatoren worden. Hierdoor zal de capaciteit van de radiatoren sterk afnemen bij een lagere aanvoertemperatuur. Met de software van trnsys zal gekeken worden, per renovatie scenario, met welke aanvoer-, en retourtemperatuur de radiatoren nog genoeg warmte produceren om de ontwerptemperatuur voor de ruimte voor 8717 uur van de 8760 uur per jaar te halen. Dit is 99,5% van de tijd.

Deze capaciteit wordt berekend aan de hand van de tabel van Radson in appendix 13. Omdat er geen informatie beschikbaar was over de huidige radiatoren van de Karel Klinkerbergstraat is de informatie gebruikt van een vergelijkbaar project aan de Anton Waldorpstraat te Amsterdam. Het W/m^3 dat bij de Anton Waldorpstraat is gebruikt ($65 W/m^3$) is voor de Karel Klinkerbergstraat gebruikt bij de simulatie. Deze informatie en de tabel van Radson hebben geleid tot de tabel die in figuur 3 te zien is.

	WK	SK2	SK1	BK	K	Factor 20°C	Factor 22°C	Eenheid
90/70	6792	1915	2137	924	1570	0,8	0,83	W
	24453	6895	7693	3326	5653			kJ/h
	176	183	182	184	182			kWh/m ²
80/70	5269	1517	1693	717	1244	1,01	1,07	W
	18968	5461	6094	2580	4478			kJ/h
	136	145	144	143	144			kWh/m ²
65/50	3568	2042	1163	485	855	1,47	1,58	W
	12845	3752	4187	1747	3076			kJ/h
	92	99	99	97	99			kWh/m ²
55/45	2622	782	872	357	641	1,96	2,15	W
	9440	2814	3140	1284	2307			kJ/h
	68	75	74	71	74			kWh/m ²
45/35	1449	455	507	197	373	3,37	3,89	W
	5217	1637	1826	710	1342			kJ/h
	37	43	43	39	43			kWh/m ²
35/30	727	250	278	99	205	6,14	7,76	W
	2615	898	1002	356	737			kJ/h
	19	24	24	20	24			kWh/m ²

Figuur 3: Capaciteit van de radiator bij verschillende aanvoer- en retourtemperaturen, gebaseerd op (Radson, 2019)

4.4 Implementatie

4.4.1 Tijd

Per renovatiescenario verschilt hoeveel tijd er nodig is om het aan te brengen. Wanneer er veel is geprefabriceerd zal het aanbren- gen sneller gaan dan wanneer alles apart bevestigd moet worden. Het aantal dagen dat er nodig is, is ook afhankelijk van het aantal mensen. Dit is de rede waarom de indicator manuren is gekozen. Het aantal manuren geeft ook aan hoe lang een ruim- te in de woning toegankelijk moet zijn voor werklieden per renovatie.

4.4.2 Bewoond

Corporaties maken de afweging of de ren- ovatie in bewoonde staat of onbewoonde staat moet plaatsvinden. Het voordeel aan de renovatie uitvoeren in bewoonde staat is dat de corporatie geen huurinkomsten verliest. Het voordeel aan het uitvoeren van de renovatie in onbewoonde staat is dat er meer mogelijk is en er geen rekening met de bewoners gehouden hoeft te worden tij- dens de verbouwing. Wel moet de corporatie dan onderdak voor deze mensen regelen. Dit is soms lastig en kost geld.

4.4.3 Welstand

De naoorlogse portiekflats hebben vaak een karakteristieke uitstraling. Ze maken deel uit van het AUP⁶ (het algemeen uitbreid- ingsplan). Het kan hierdoor voorkomen dat details behouden moeten blijven. De regels hiervoor zijn terug te vinden per gemeente. Voor de gemeente Amsterdam is dit ter- ug te vinden bij de Commissie Ruimtelijke Kwaliteit. (Gemeente Amsterdam, 2010)

De waarde van een gebouw wordt door de gemeente Amsterdam bepaald aan de hand van vier aspecten (Gemeente Amsterdam, 2016):

- Interne organisatie en typologie
- Ruimtelijke vormgeving/architectuur
- Groepering van objecten
- Bijdrage aan de kwaliteit van het tuin stedelijk ensembles als geheel

Naast de hierboven genoemde aspecten wordt een gebouw ook gewaardeerd op de architectuur alleen. In Amsterdam is dit gedaan in de Welstandskaat Architectuur (WA). De hieruit komende categorieën en hun criteria zijn: (Gemeente Amsterdam, 2016):

- WA-basis
Het handhaven van de vorm voor zover deze belangrijk is voor de stedenbouwkundige compositie.
- WA3
Het handhaven en herstellen van het oorspronkelijke gevelbeeld. Afwijking van materiaal, kleur en detaillering is hierin mogelijk.
- WA2
Het handhaven en herstellen van de oorspronkelijke elementen in vorm, maat, materiaal, detaillering, ver- houding en kleur, of vormgeving van een vergelijkbare kwaliteit. Het gebruik van niet oorspronkelijke materialen is mogelijk mits dit gebeurt met respect voor de authen- ticiteit van de gevel.
- WA1
Het handhaven en herstellen van de voor de vormgeving bepalende ken- merken, zoals maat, materiaal, detaillering, verhouding en kleur. Dit moet zoveel mogelijk gebeuren in authentiek materiaal en kleur en rekening houdend met de samenhang in het gevelbeeld.
(Gemeente Amsterdam, 2016, p. 46)

Voor een uitgebreid overzicht van de WA-categorieën in combinatie met de gevel- typologie is in appendix 10 de matrix toe- gevoegd en in appendix 11 de referenties hiervan (Velde, 2017).

⁶ AUP buurten zijn buurten wiens bebouwing gebaseerd is op het AUP. In Amsterdam kunnen deze buurten gevonden worden in West (Bos en Lommer), in Nieuw-West (Slotervaart, Overtoomseveld, Osdorp), in Zuid (Zuidamstel), in Oost (Watergraafsmeer) en in Noord. (Gemeente Amsterdam, 2016)

5 Hoe presteren de verschillende varianten op de gedefinieerde criteria?

In dit hoofdstuk zal per scenario een aantal gegevens verstrekt worden:

- de kosten
- de warmtevraag
- de mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming
- de implementatie

Ook zullen mogelijke vervolgstappen besproken worden. Dit zal gebeuren aan de hand van een analyse over de hoeveelheid warmte die op verschillende plekken verloren gaat. Met onder andere deze analyse zullen mogelijke vervolgstappen gegeven worden.

5.1 Huidige prestatie

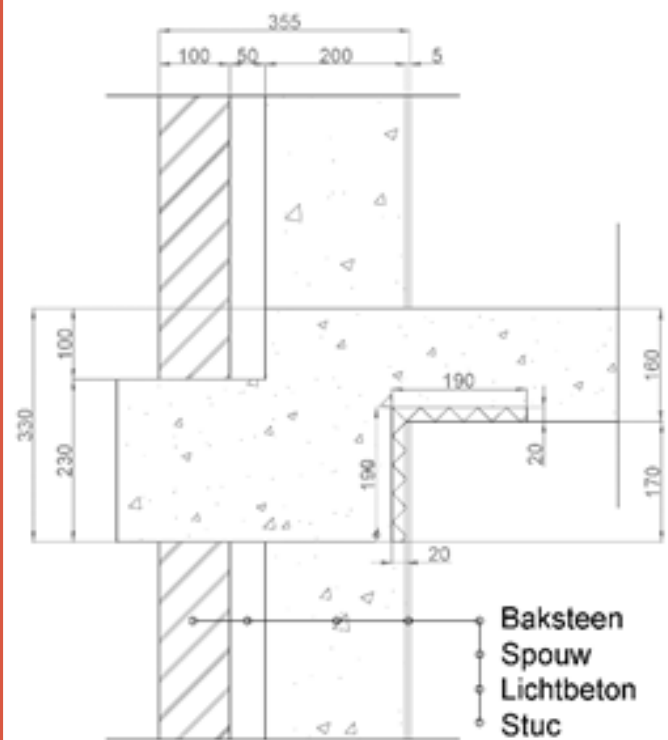
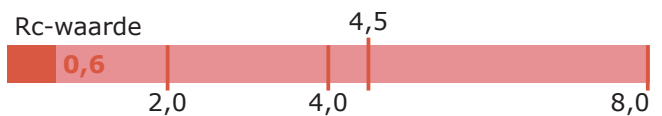
Energievraag

Totaal: 352 kWh/m²*jr
Warm tap water: 4,6 m³ gas
45 kWh/m²*jr
Verwarming (incl efficiëntie van 84%):
307 kWh/m²*jr
Verwarming (excl efficiëntie):
258 kWh/m²*jr
26,4 m³ gas/m²*jr
2.202 m³ gas*jr

Besparing op energierekening

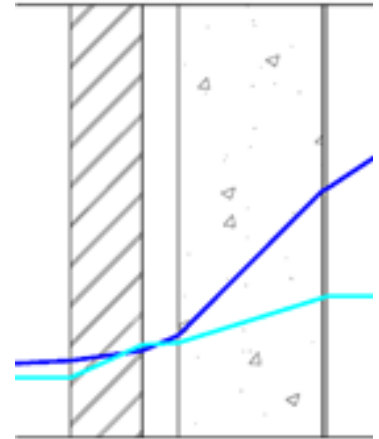
Gemiddelde prijs per m³ gas in 2019: €0,69.
Warmtevraag: 2.202 m³ gas/jr
Energier rekening: **€1.519**

Dikte gevel: 355 mm
Psi waarde: 0,95 W/m*K
Rc waarde: 0,6 m²K/W
Gemiddelde Rc-waarde 0,7 m²K/W



Temperatuur factor

0,55 = condens in de koudebrug
 Er zal ook condensatie voorkomen in de overgang van baksteen naar spouw(uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14)



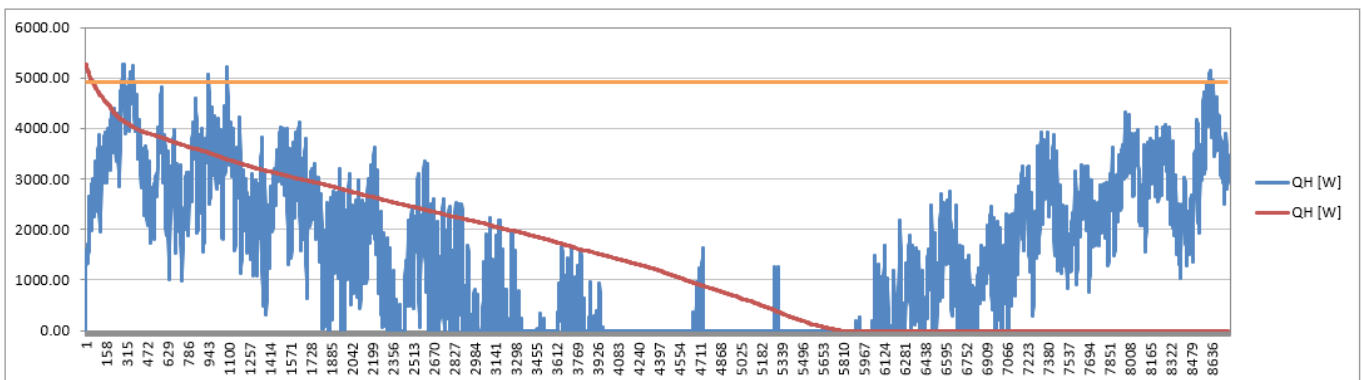
Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 5269 W
 Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming): 4967 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om 4967 W te halen is: 75/65
 Hiermee maximaal geleverd: 5369 W

Wat betekent dat het hele jaar de 22°C in de woonkamer gehaald zal worden.

Dus geen lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren.
 Vloerverwarming kan op 35/30 als 85% van het vloeroppervlak wordt bedekt.
 Wandconvector met ventilator kan op 55/45 met een maximum convector.



5.2 Renovatiescenario: PUR spouwisolatie

Kosten investering

Materiaal: 29 €/m²
 Tijd: 0,8 m.u./m²: 35 €/m²
 Onderaannemer: 96 €/m²
 Totaal: **160 €/m²**
 Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was 258 kWh/m²
 Verwarming is **204 kWh/m²**
 Verschil is 54 kWh/m²*jaar
 Verschil in gas 5,5 m³ gas/m²*jaar
 461 m³/per jaar



Besparing op energierekening

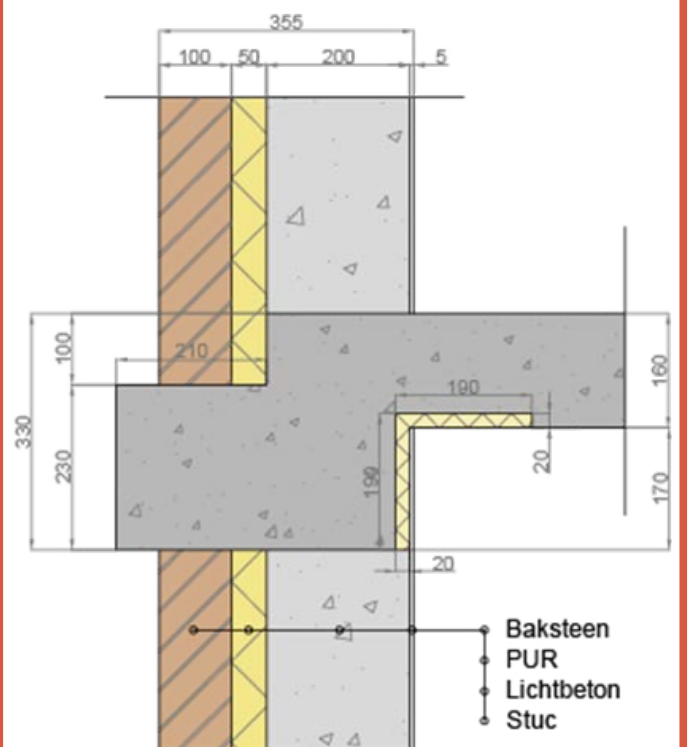
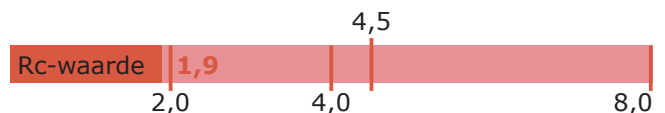
Gemiddelde prijs per m³ gas in 2019: €0,69.
 Nieuwe energierekening: €1201
 Besparing op de rekening is: **€318**

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 160 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 318 per jaar is de terugverdientijd:
21 jaar



Dikte gevel: 355 mm
 Psi waarde: 1,09 W/m*K
 Rc waarde: 1,9 m²K/W
 Gemiddelde Rc-waarde 1,2 m²K/W

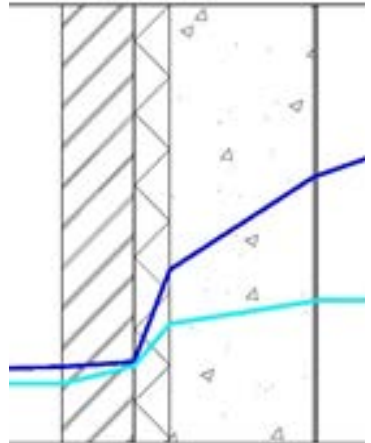


Bewoond

Het isoleren van de spouw kan gedaan worden zonder de woning binnen te treden. Dit hoeft alleen voor het aanbrengen van het kozijn en het afwerken van de neggen. De renovatie kan dus bewoond plaatsvinden.

Temperatuur factor

0,65 = net geen condens in de koudebrug
Ook geen condens in de constructie (uit
lineaire condensatieberekening, te vinden in
appendix 14)



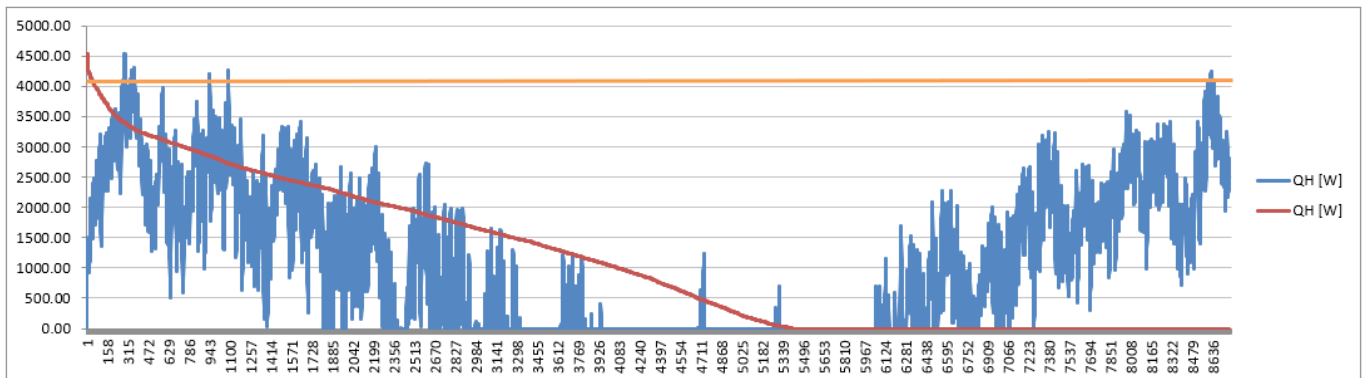
Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 4533 W
Maximaal vermogen radiator minus de
hoogste 0.5% (43h aan verwarming):
4097 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om
4097,78 W te halen is: 70/55
Hiermee maximaal geleverd: 4239 W

Wat betekent dat 17h per jaar (0,19%)
de 22°C in de woonkamer niet gehaald zal
worden.

Dus geen lage temperatuur bij behoudt van
de radiatoren
Vloerverwarming kan op 35/30 als 70% van
het vloeroppervlak wordt bedekt.
Wandconvector met ventilator kan op 55/45
met een medium convector.



5.3 Renovatiescenario: Voorzetwand

Kosten investering

Materiaal:	48 €/m ²
Materiaal vloer:	19 €/m ²
Tijd: 2,6 m.u./m ² :	111 €/m ²
Onderaannemer:	215 €/m ²
Extra voor de-/hermontage radiatoren:	55 €/m ²
Totaal:	448 €/m²

Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was	258 kWh/m ²
Verwarming is	109 kWh/m²
Verschil is	149 kWh/m ² *jaar
Verschil in gas	16,3 m ³ gas/m ² *jaar
	1.272 m ³ /per jaar



Besparing op energierekening

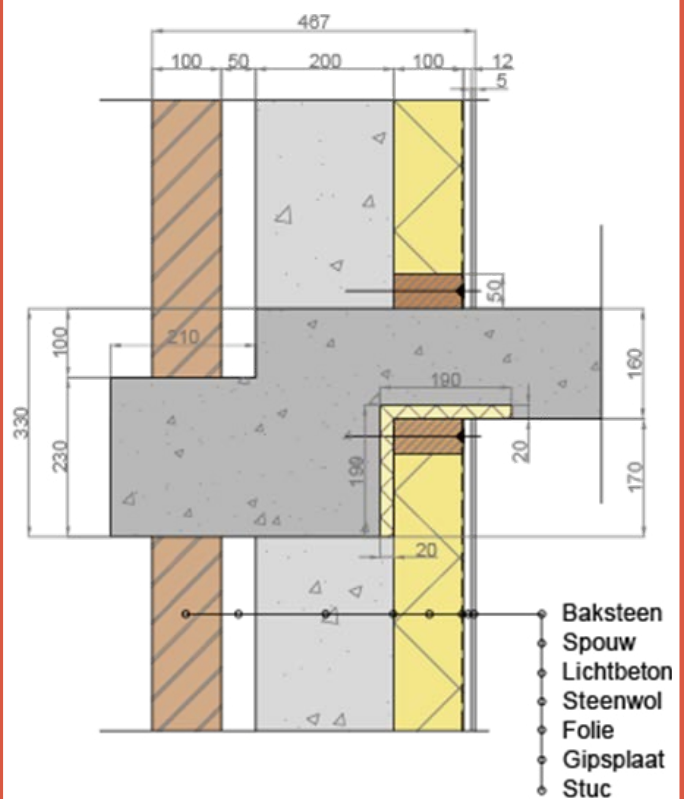
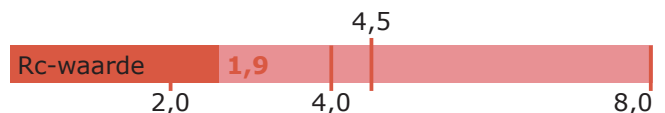
Gemiddelde prijs per m ³ gas in 2019:	€0,69.
Nieuwe energierekening:	€641
Besparing op de rekening is:	€878

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 448 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 878 per jaar is de terugverdientijd:
21 jaar



Dikte gevel:	467 mm
Psi waarde:	0,84 W/m*K
Rc waarde:	2,6 m ² K/W
Gemiddelde Rc-waarde	1,6 m ² K/W

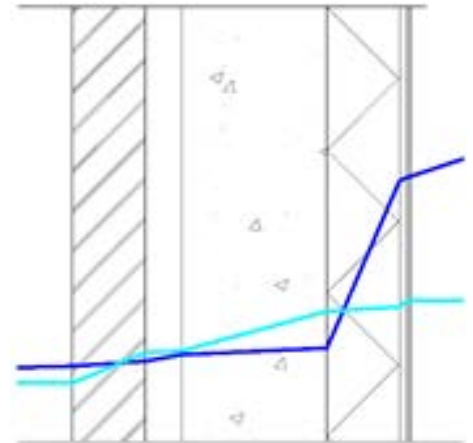


Bewoond

Voor het isoleren aan de binnenkant zal veel in de woning gedaan moeten worden. Om de isolatie aan te brengen, voor het demonteren en her-monteren van de radiatoren, om het kozijn aan te brengen en voor het afwerken van de neggen van het kozijn. De renovatie kan bewoond plaatsvinden indien er een stofscherf aanwezig is.

Temperatuur factor

0,56 = condens in de koudebrug
Ook condens aan beide kanten van de spouw (uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14)

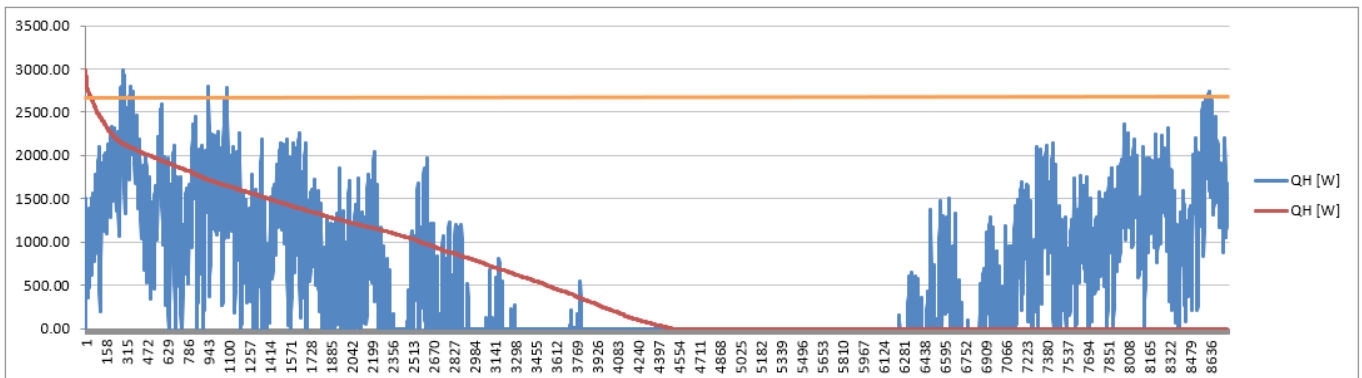


Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 2986 W
Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming): 2669 W.
Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om 2669 W te halen is: 60/45
Hiermee maximaal geleverd: 2906 W

Wat betekent dat 5h per jaar (0,06%) de 22°C in de woonkamer niet gehaald zal worden.

Dus geen lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren.
Vloerverwarming kan op 35/30 als 46% van het vloeroppervlak wordt bedekt.
Wandconvectoren met ventilator kan op 45/35 met een medium convectoren.



5.4 Renovatiescenario: Kingspan

Kosten investering

Materiaal:	64 €/m ²
Materiaal vloer:	19 €/m ²
Tijd: 3,9 m.u./m ² :	166 €/m ²
Onder aannemer:	324 €/m ²
Extra voor de-/hermontage radiator:	55 €/m ²
Totaal:	628 €/m²

Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was	258 kWh/m ²
Verwarming is	107 kWh/m²
Verschil is	151 kWh/m ² *jaar
Verschil in gas	15,5 m ³ gas/m ² *jaar
	1.289 m ³ /per jaar



Besparing op energierekening

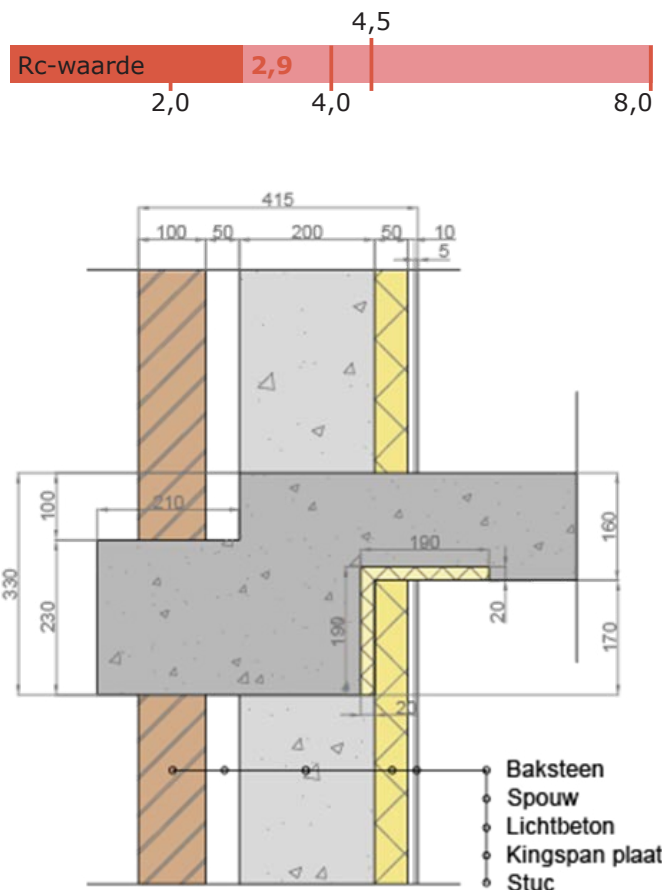
Gemiddelde prijs per m ³ gas in 2019:	€0,69.
Nieuwe energierekening:	€630
Besparing op de rekening is:	€889

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 628 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 889 per jaar is de terugverdientijd: **30 jaar**



Dikte gevel:	420 mm
Psi waarde:	0,85 W/m*K
Rc waarde:	2,9 m ² K/W
Gemiddelde Rc-waarde	1,7 m ² K/W



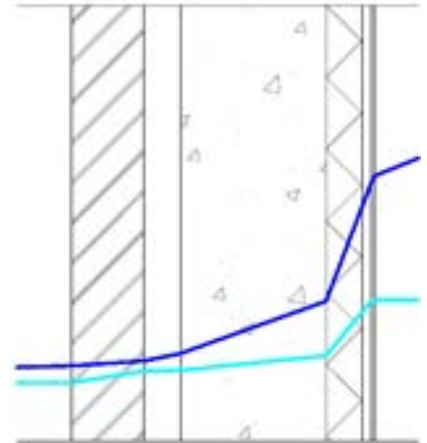
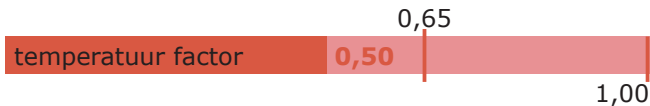
Bewoond

Voor het isoleren aan de binnenkant zal veel in de woning gedaan moeten worden. Om de isolatie aan te brengen, voor het demonteren en her-monteren van de radiatoren, om het kozijn aan te brengen en voor het afwerken van de neggen van het kozijn. De renovatie kan bewoond plaatsvinden indien er een stofscherf aanwezig is.

Temperatuur factor

0,50 = condens in de koudebrug

Er is verder geen inwendige condensatie (uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14)



Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 2958 W

Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming):

2641 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om

2641 W te halen is: 60/45

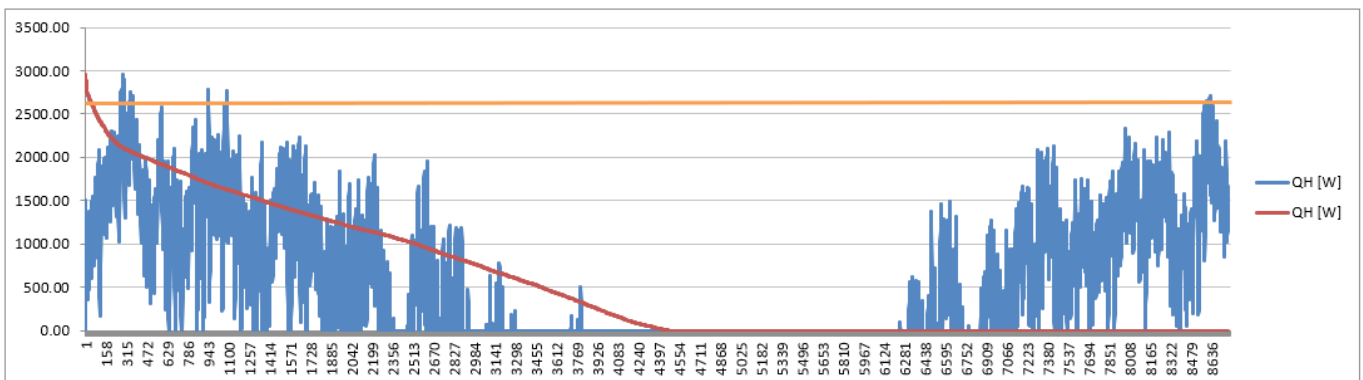
Hiermee maximaal geleverd: 2906 W

Wat betekend 3h per jaar (0,03%) de 22°C in de woonkamer niet gehaald zal worden.

Dus geen lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren

Vloerverwarming kan op 35/30 als 45% van het vloeroppervlak wordt bedekt.

Wandconvector met ventilator kan op 45/35 met een medium convector.



5.5 Renovatiescenario: Spouwisolatie + Kingspan

Kosten investering

Materiaal:	82 €/m ²
Materiaal vloer:	32 €/m ²
Tijd: 4,7 m.u./m ² :	200 €/m ²
Onderaannemer:	324 €/m ²
Extra voor de-/hermontage radiator:	55 €/m ²
Totaal:	693 €/m²

Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was	258 kWh/m ²
Verwarming is	86 kWh/m²
Verschil is	167 kWh/m ² *jaar
Verschil in gas	17,6 m ³ gas/m ² *jaar
	1.468 m ³ /per jaar



Besparing op energierekening

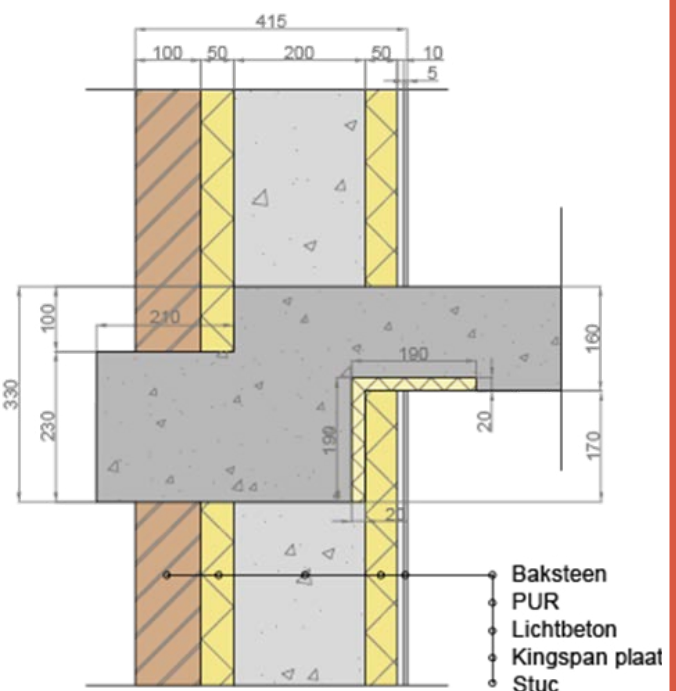
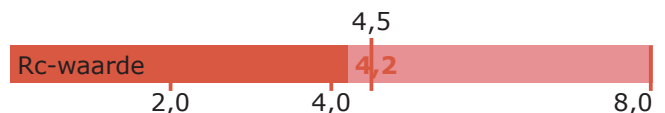
Gemiddelde prijs per m ³ gas in 2019:	€0,69.
Nieuwe energierekening:	€506
Besparing op de rekening is:	€1013

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 693 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 1013 per jaar is de terugverdientijd:
27 jaar



Dikte gevel:	420 mm
Psi waarde:	0,68 W/m*K
Rc waarde:	4,2 m ² K/W
Gemiddelde Rc-waarde	2,2 m ² K/W



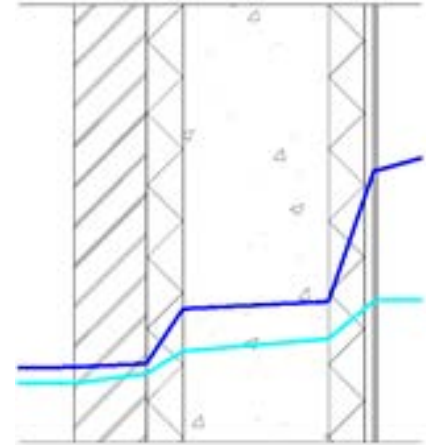
Bewoond

Het isoleren van de spouw kan gedaan worden zonder de woning binnen te treden. Voor het isoleren van de binnenkant zal echter wel veel in de woning gedaan moeten worden. Er moet binnen gewerkt worden om de isolatie aan te brengen, voor het demonteren en hermonteren van de radiatoren, om het kozijn aan te brengen en voor het afwerken van de neggen van het kozijn. De renovatie kan bewoond plaatsvinden indien er een stofschermbaan aanwezig is.

Temperatuur factor

0,60 = condens in de koudebrug

Er is verder geen inwendige condensatie (uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14 en figuur 9)



Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 2599 W

Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming):

2308 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om

2308 W te halen is: 55/45

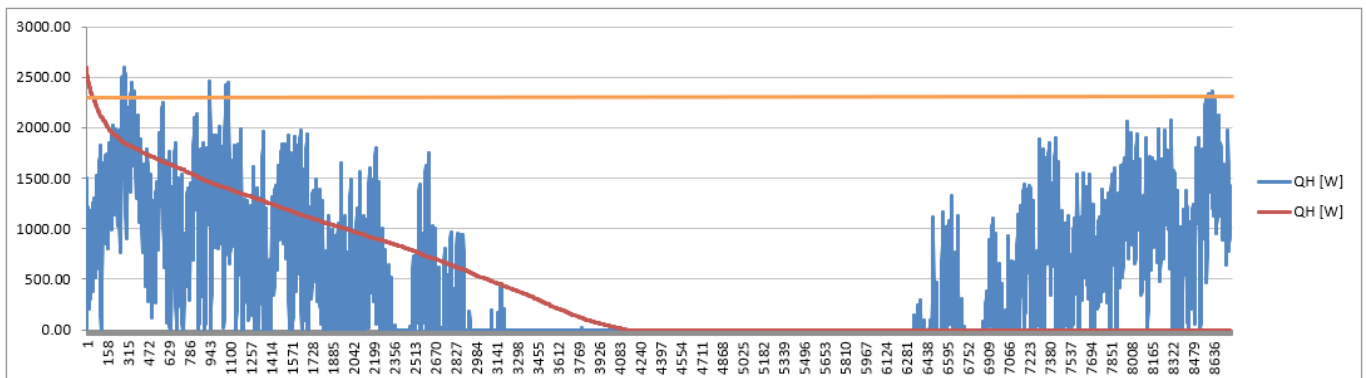
Hiermee maximaal geleverd: 2622 W

Wat betekend de ontwerptemperatuur van 22°C in de woonkamer het hele jaar gehaald zal worden.

Dus is lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren mogelijk.

Vloerverwarming kan op 35/30 als 40% van het vloeroppervlak wordt bedekt.

Wandconvector met ventilator kan op 45/35 met een medium convector.



5.6 Renovatiescenario: Voorzetgevel

Kosten investering

Materiaal:	143 €/m ²
Materiaal vloer:	32 €/m ²
Tijd: 4,1 m.u./m ² :	174 €/m ²
Onderaannemer:	103 €/m ²
Totaal:	452 €/m²

Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was	258 kWh/m ²
Verwarming is	85 kWh/m²
Verschil is	173 kWh/m ² *jaar
Verschil in gas	17,7 m ³ gas/m ² *jaar
	1.477 m ³ /per jaar



Besparing op energierekening

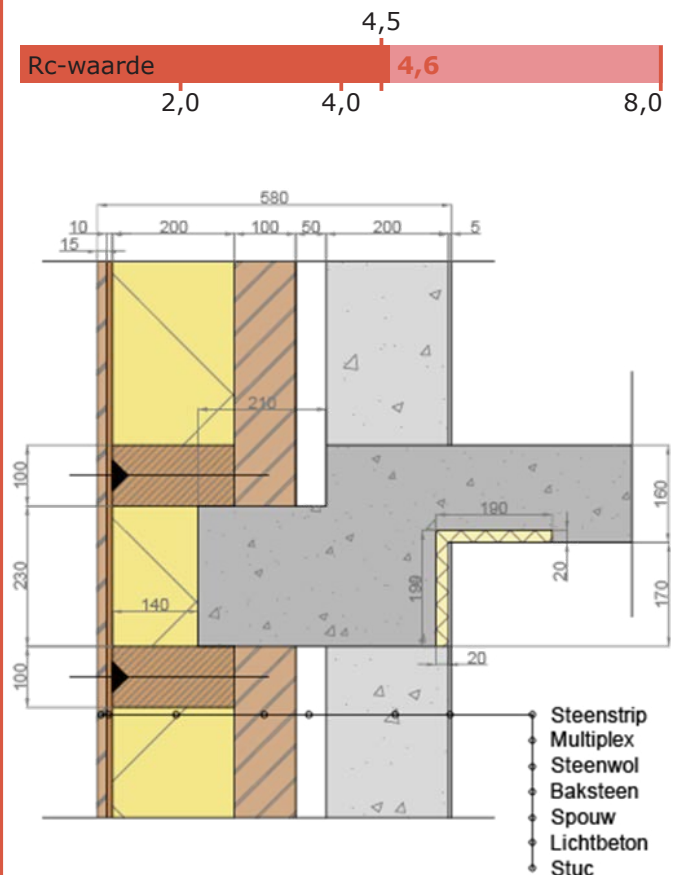
Gemiddelde prijs per m ³ gas in 2019:	€0,69.
Nieuwe energierekening:	€500
Besparing op de rekening is:	€1019

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 452 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 1019 per jaar is de terugverdientijd:
19 jaar



Dikte gevel:	580 mm
Psi waarde:	0,13 W/m*K
Rc waarde:	4,6 m ² K/W
Gemiddelde Rc-waarde	4,2 m ² K/W



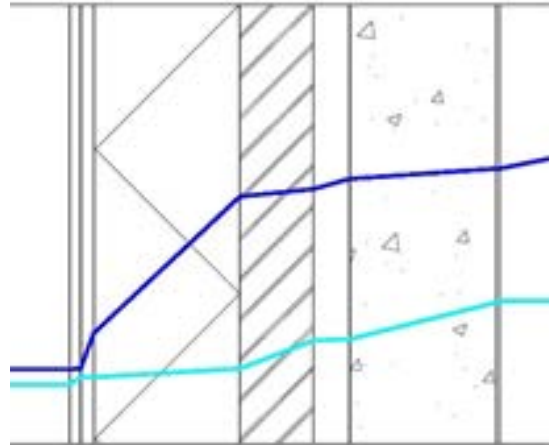
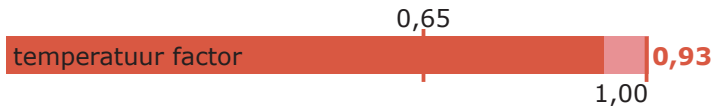
Bewoond

Het isoleren aan de buitenkant kan gedaan worden zonder in de woning aanwezig te zijn. Ook voor het metselen van de nieuwe gevel hoeft men niet in de woning aanwezig te zijn. Echter zal wel binnen de montage van het kozijn plaatsvinden en zullen de neggen van het kozijn afgewerkt moeten worden.

De renovatie kan dus bewoond plaatsvinden.

Temperatuur factor

0,93 = geen condens in de koudebrug
Ook geen condens in de constructie (uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14)



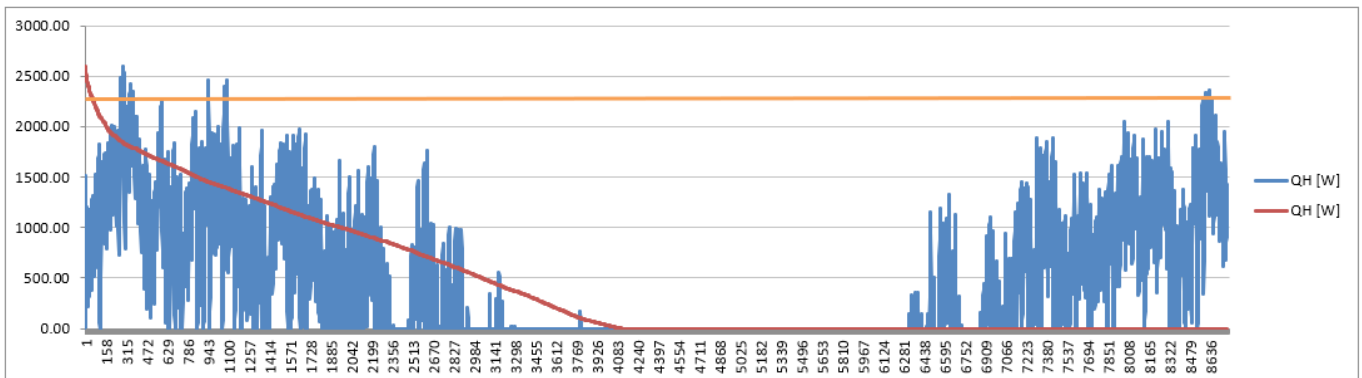
Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 2598 W
Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming): 2305 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om 2305 W te halen is: 55/45
Hiermee maximaal geleverd: 2622 W

Wat betekent de ontwerptemperatuur van 22°C in de woonkamer het hele jaar gehaald zal worden.

Dus is lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren mogelijk.
Vloerverwarming kan op 35/30 als 40% van het vloeroppervlak wordt bedekt.
Wandconvectoren met ventilator kan op 45/35 met een medium convectoren.

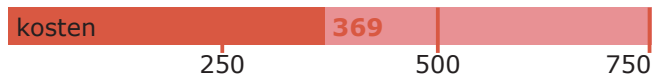


5.7 Renovatiescenario: Rc-panels

Kosten investering

Materiaal:	177 €/m ²
Materiaal vloer:	32 €/m ²
Tijd: 0,8 m.u./m ² :	32 €/m ²
Onderaannemer:	128 €/m ²
Totaal:	369 €/m²

Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was	258 kWh/m ²
Verwarming is	82 kWh/m²
Vershil is	176 kWh/m ² *jaar
Vershil in gas	18,0 m ³ gas/m ² *jaar
	1.502 m ³ /per jaar



Besparing op energierekening

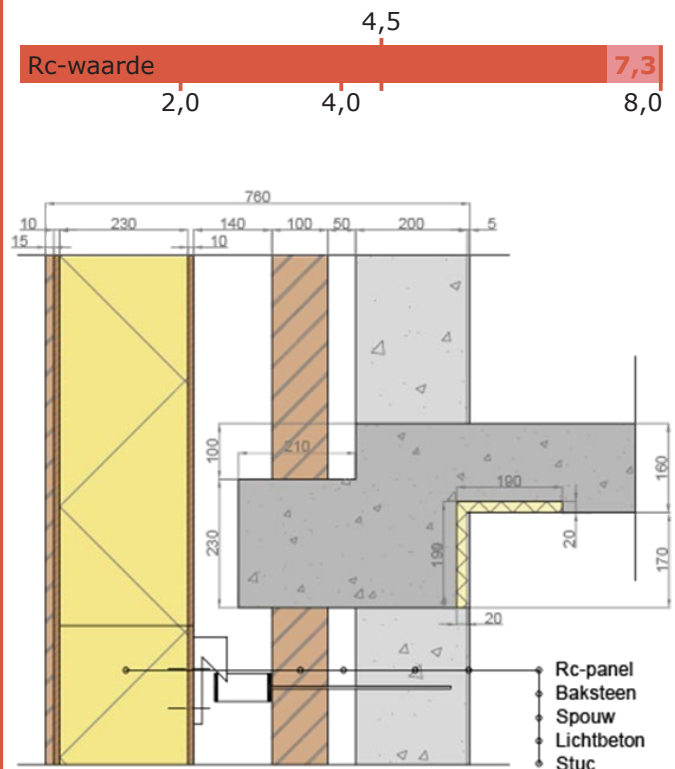
Gemiddelde prijs per m ³ gas in 2019:	€0,69.
Nieuwe energierekening:	€482
Besparing op de rekening is:	€1.037

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 369 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 1.037 per jaar is de terugverdientijd:
15 jaar



Dikte gevel:	585 mm
Psi waarde:	0,05 W/m*K
Rc waarde:	7,3 m ² K/W
Gemiddelde Rc-waarde	7,0 m ² K/W

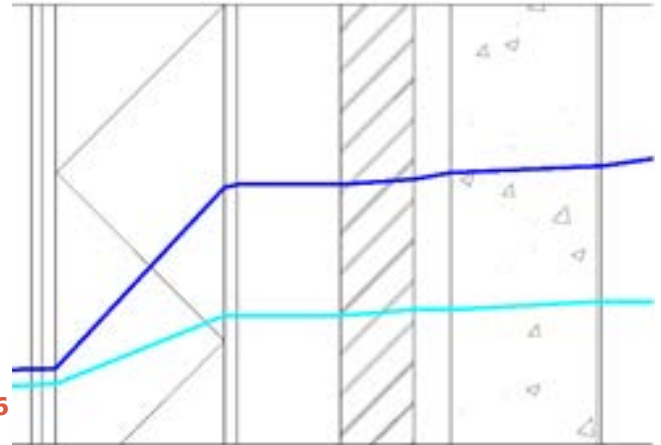
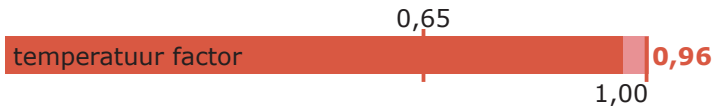


Bewoond

Het isoleren aan de buitenkant kan gedaan worden zonder in de woning aanwezig te zijn. Ook voor het metselen van de nieuwe gevel hoeft men niet in de woning aanwezig te zijn. Echter zal wel binnen de montage van het kozijn plaatsvinden en zullen de neggen van het kozijn afgewerkt moeten worden. De renovatie kan dus bewoond plaatsvinden.

Temperatuur factor

0,96 = geen condens in de koudebrug
Ook geen condens in de constructie (uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14 en figuur 13)



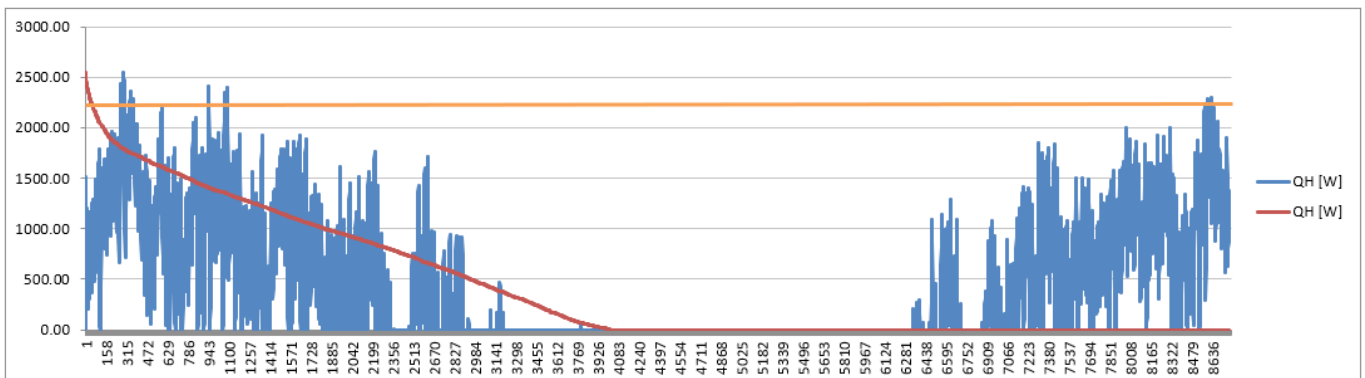
Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 2551 W
Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming): 2243 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om 2243 W te halen is: 55/45
Hiermee maximaal geleverd: 2622 W

Wat betekend de ontwerptemperatuur van 22°C in de woonkamer het hele jaar gehaald zal worden.

Dus is lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren mogelijk.
Vloerverwarming kan op 35/30 als 38% van het vloeroppervlak wordt bedekt.
Wandconvector met ventilator kan op 45/35 met een medium convector.



5.8 Renovatiescenario: Nieuwe gevel

Kosten investering

Materiaal:	270 €/m ²
Materiaal vloer:	32 €/m ²
Tijd: 1,2 m.u./m ² :	51 €/m ²
Sloop/afvoer oude gevel:	15 €/m ²
Onderaannemer:	229 €/m ²
Totaal (excl. extra fundering):	597 €/m²

Gebaseerd op cijfer van (Van Wijnen, 2018)



Energiebesparing

Verwarming was	258 kWh/m ²
Verwarming is	85 kWh/m²
Vershil is	173 kWh/m ² *jaar
Vershil in gas	17,7 m ³ gas/m ² *jaar 1.477 m ³ /per jaar



Besparing op energierekening

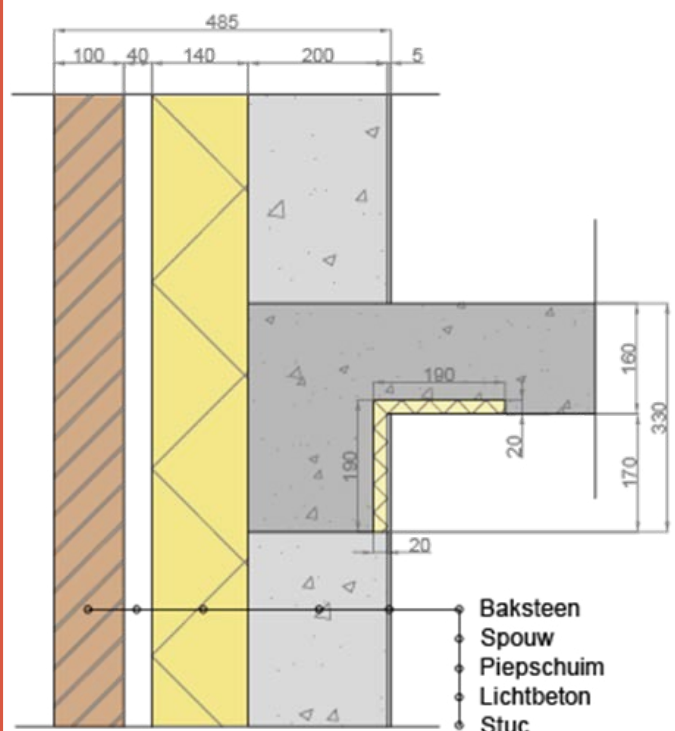
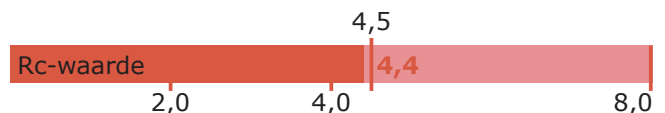
Gemiddelde prijs per m ³ gas in 2019:	€0,69.
Nieuwe energierekening:	€500
Besparing op de rekening is:	€1.019

Terugverdientijd

Op basis van een investering van 597 €/m² voor 42 m² geveloppervlak en een besparing van € 1.019 per jaar is de terugverdientijd:
25 jaar



Dikte gevel:	485 mm
Psi waarde:	0,09 W/m*K
Rc waarde:	4,4 m ² K/W
Gemiddelde Rc-waarde	4,6 m ² K/W



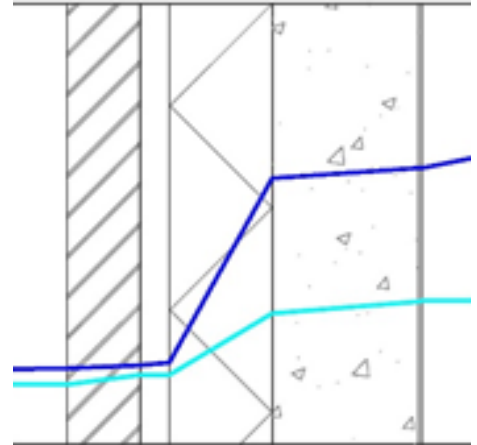
Bewoond

Het isoleren aan de buitenkant kan gedaan worden zonder in de woning aanwezig te zijn. Ook voor het metselen van de nieuwe gevel hoeft men niet in de woning aanwezig te zijn. Echter zal wel binnen de montage van het kozijn plaatsvinden en zullen de neggen van het kozijn afgewerkt moeten worden.

De renovatie kan dus bewoond plaatsvinden.

Temperatuur factor

0,95 = geen condens in de koudebrug
Ook geen condens in de constructie (uit lineaire condensatieberekening, te vinden in appendix 14 en figuur 15)



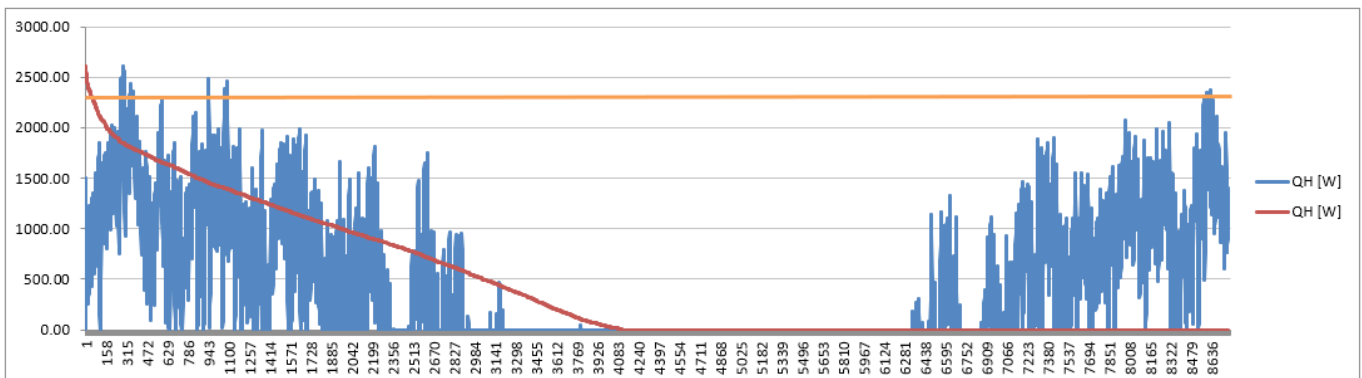
Belastingduurkromme woonkamer

Maximaal vermogen radiator: 2602 W
Maximaal vermogen radiator minus de hoogste 0.5% (43h aan verwarming): 2314 W.

Minimale aanvoer-/retourtemperatuur om 2314 W te halen is: 55/45
Hiermee maximaal geleverd: 2622 W

Wat betekend de ontwerptemperatuur van 22°C in de woonkamer het hele jaar gehaald zal worden.

Dus is lage temperatuur bij behoudt van de radiatoren mogelijk.
Vloerverwarming kan op 35/30 als 40% van het vloeroppervlak wordt bedekt.
Wandconvector met ventilator kan op 45/35 met een medium convector.



6 Hoe kunnen de resultaten worden gebruikt om een onderbouwde keuze voor isolatiemethode te kunnen maken?

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van hoofdstuk vijf samengevoegd. Dit samenvoegen moet het vergelijken van de scenario's mogelijk maken op een overzichtelijke manier. Als gevolg van dit overzicht is ook een stappenplan gemaakt dat via een aantal stappen tot een gewenst renovatiescenario komt.

6.1 Tabel met eigenschappen

	[€/m ²] Kosten	[m ² K/W] Rc- waarde	[kWh/m ²] Warmte- vraag	[°C] Radiator	[m.u.] Manuur	[jaar] Terug- verdiens- tijd	Bewoond
Huidig	0	0,58	258	90/70	0	0	Ja
Spouw	160	1,89	204	70/55	10,7	21	Ja
Binnen	448	2,61	109	60/45	34,6	21	Gedeelte
Kingspan	628	2,89	107	60/45	34,6	30	Gedeelte
Combi	659	4,16	86	55/45	34,6	27	Gedeelte
Buiten	452	4,64	85	55/45	54,7	19	Ja
Rc	369	7,26	82	55/45	10.1	15	Ja
Nieuw	597	4,42	85	55/45	15,9	25	Ja

De kleuren geven aan in welke categorie een bepaalde waarde valt. De meeste van deze categorieën worden gebruikt bij het stappenplan van hoofdstuk 6.2.

Per criteria bestaan de volgende categorieën (zie tabel hiernaast):

Kosten

Hoog	rood	vanaf 500 €/m ²
Middel	geel	van 250 t/m 500 €/m ²
Laag	groen	minder dan 250 €/m ²

Rc-waarde

Laag	rood	onder 1 m ² K/W
Middel	geel	van 1 t/m 3,5 m ² K/W
Hoog	groen	vanaf 3,5 m ² K/W

Warmtevraag

rood	>100 kWh/m ²
groen	<100 kWh/m ²

Radiator

HTV	rood	aanvoertemperatuur vanaf 70°C
MTV	geel	aanvoertemperatuur vanaf 55 t/m 70°C
LTV	groen	aanvoertemperatuur vanaf 35 t/m 55°C

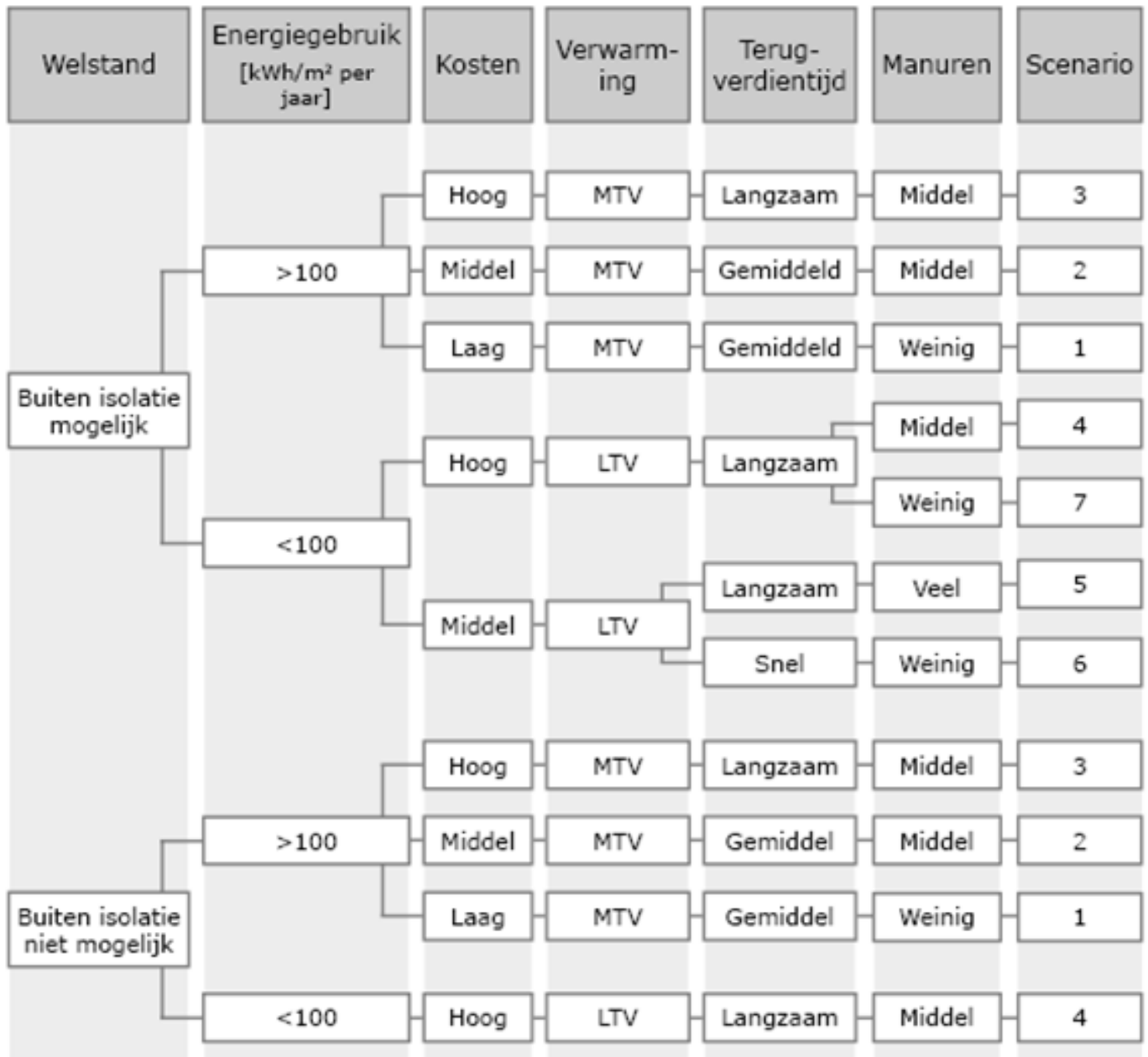
Terugverdiens- tijd

Langzaam	rood	vanaf 25 jaar
Gemiddeld	geel	van 20 tot 25 jaar
Snel	groen	tot en met 20 jaar

Bewoond

Deels	geel	kan bewoond blijven indien een stofschermbord wordt geplaatst om de woning gedeeltelijk af te schermen.
Ja	groen	blijft in zijn geheel bewoonbaar

6.2 Stappenplan



Dit stappenplan is nu alleen voor de isolatie van portiekflats, en dan met name de portiekflats die gebouwd zijn met het RBM systeem. In een vervolgonderzoek zouden ook andere, veel gebruikte, constructiesystemen (zoals BMB en Coignet) geanalyseerd kunnen worden.

Een tweede mogelijkheid voor een vervolg op dit stappenplan kan ook gemaakt worden door installaties toe te voegen, zoals keuzes in het afgiftesysteem (radiator, LT-radiator, vloerverwarming, etc.) of de keuze in het aanvoersysteem (warmtepomp, warmtenet, CV, etc.).

Door toevoeging van meerdere aspecten zal het diagram steeds meer vertellen en dus ook steeds uitgebreider worden.

De renovatiescenario's in het stappenplan zijn:

- 1 PUR spouwisolatie
- 2 Voorzetwand
- 3 Kingspan
- 4 Spouwisolatie + Kingspan
- 5 Voorzetgevel
- 6 Rc-panels
- 7 Nieuwe gevel

6.3 Voorbeeld

Het stappenplan geeft de mogelijkheid om stapsgewijs tot een renovatiescenario te komen.

Stel dat we willen beslissen welke renovatie we voor de Karel Klinkerbergstraat willen. Dan kan in de tabel met bijbehorend stappenplan in hoofdstuk 6.1 en 6.2 gekeken worden.

We weten van dit gebouw dat er ook buiten geïsoleerd mag worden. Dus we bekijken deze kant van het stappenplan.

De corporatie heeft veel moeite gehad de bewoners te overtuigen van de renovatie. Daarom is de ambitie hoog. De corporatie wil een energieverbruik van onder de 100 kWh/m². De kosten maken niet uit, maar door de ambitie wil de corporatie LTV mogelijk maken. Omdat de bewoners niet zo positief in de renovatie stonden moet de overlast ook geminimaliseerd worden. Er wordt dus gekozen voor weinig manuren. Wanneer we het stappenplan volgen komen we uit op renovatiescenario 6. Dit is het Rc-panel.

6.4 Nieuwe inzichten

In dit kopje staan mijn eigen inzichten. Deze inzichten zijn naar aanleiding van het onderzoek verkregen.

- De aanvoertemperatuur van de situatie voor renovatie had al lager gekund, waardoor al geld bespaard had kunnen worden. Het is dus aan te raden hiernaar te kijken ver voor aan renovatie gedacht wordt.
- Wanneer buiten isoleren tot de mogelijkheden behoort is dit volgens mij de beste keus. Aangezien de koudebrug is opgelost, er geen condensatie op kan treden en het verschil in kwaliteit aanzienlijk is.
- In oude gebouwen zijn de spouwankers vaak deels weggeroest of/ en zijn er te weinig spouwankers geplaatst. Omdat dit vaak voorkomt kan het riskant zijn om voor een buiten isolatiemethode te gaan, die aan het buitenspouwblad (bakstenen gevel) bevestigd wordt, te kiezen. Beter is het om hier voor een methode te kiezen die de krachten afdraagt aan het dragende binnenspouwblad (betonnen muur). Uit voorzorg zou er vaker voor dit soort methodes gekozen moeten worden.
- Of spouwisolatie en buiten isolatie mogelijk zijn is altijd afhankelijk van andere factoren (zoals spouwankers, welstand, stenen in de spouw, dikte van de spouw, etc.). Binnen isolatie is nergens van afhankelijk. Dit is altijd een mogelijkheid. Tijdens het onderzoek is dit alleen ook de slechtste mogelijkheid gebleken. Als er een andere mogelijkheid is zal die altijd genomen moeten worden denk ik.

6.5 Reflectie

De methode heeft ervoor gezorgd dat alles in een duidelijke volgorde gedaan kon worden. Er is echter wel veel veranderd door het genereren van de criteria. Hierdoor waren een aantal onderzoeken en analyses niet meer noodzakelijk geworden en dat is jammer. In het vervolg zou ik dan ook meer tijd besteden aan het genereren van de juiste criteria in het begin van het onderzoek. De rede hiervoor is geweest dat de programma's waarmee ik heb gewerkt nog niet bekend voor mij waren aan het begin van dit onderzoek en de criteria ook afhangen van wat wel en niet mogelijk zou zijn om te onderzoeken met de materialen die ik ter beschikking had.

Het resultaat van deze scriptie is een overzicht met verschillende renovatiescenario's, waarin duidelijk wordt hoe deze presteren op kosten, energieprestatie, mogelijkheid voor lage temperatuur verwarming en implementatie gemak. Om dit toegankelijker te maken is er een stappenplan bijgevoegd. Op opdrachtgever (corporatie) kan door keuzes te maken wat er wel en niet belangrijk is op een scenario uitkomen. Dit geeft aan dat dit scenario, of een soortgelijk scenario naar wens is. Dit is nodig omdat corporaties vaak een renovatie definitie bedacht hebben, zoals NoM. Maar wanneer een NoM renovatie gewenst is zegt dit nog niets over de schil van het gebouw. Met het stappenplan kan achterhaald worden de ambities en wensen zijn van de opdrachtgever.

Omdat er nog steeds weinig onderzoek is gedaan naar wat noodzakelijk is voor lage temperatuur verwarming heeft deze scriptie daarop toegevoegde waarde, een wetenschappelijke relevantie. Er zal namelijk de minimale aanvoertemperatuur per renovatiescenario berekend worden. Dit maakt het mogelijk om optimaal te profiteren van het gekozen scenario, want door de minimale aanvoertemperatuur te gebruiken zal het gebouw zuiniger verwarmd worden. Naast de wetenschappelijke relevantie is er ook een sociale relevantie. Dit is gerelateerd aan het energieakkoord waarin het

doel gesteld wordt om in 2050 een energieneutrale woningvoorraad te bereiken. Dit is alleen te bereiken door de huidige woningvoorraad drastisch te renoveren. Door het overzicht van de scenario's in deze scriptie is duidelijk welke keuzes er gemaakt kunnen worden. Dit is voor de corporaties opgesteld, maar kan natuurlijk ook door VvE's gebruikt worden. Waarschijnlijk zal hierdoor de stap om te isoleren kleiner worden.

Het doel van het stappenplan is dan ook dat er eerder voor het isoleren van een woning gekozen zal worden.

Dit project zou op deze manier een positieve impact op de woningvoorraad kunnen zijn. Wanneer meer woningen zullen isoleren zal er minder gas nodig zijn voor de verwarming van deze woningen en zullen de bewoners van deze woningen ook comfortabeler leven. Ook is er uit het onderzoek te zien dat er niet per se buiten geïsoleerd hoeft te worden om met een lage temperatuur te verwarmen. Dit maakt het ook mogelijk voor gebouwen met een beschermd gevelbeeld om hiervan te genieten.

Verder is er voor dit onderzoek een research by design methode gebruikt. Eerst is namelijk gekeken welke renovatie mogelijkheden er zijn. Daarna is er onderzoek gedaan naar de prestatie van de gekozen scenario's.

De relatie van dit onderzoek met de Building Technology master is terug te vinden in veel aspecten. Het valt te plaatsen in de climate design tak van deze master. Dit omdat het onderzoek draait om de energiebalans binnen een woning. De werking van het gebouw om een bepaalde binnentemperatuur te bewerkstelligen.

7 Vervolgstappen

Uit het stappenplan kan de isolatiemogelijkheid gehaald worden die het best past bij de wensen van de opdrachtgever. Nadat een scenario is gekozen zijn er echter nog veel meer mogelijkheden. In dit hoofdstuk behandelen we mogelijke vervolgstappen met betrekking tot warmteverlies beperken en ventilatie systemen.

Maar naast de besparing is het comfort ook belangrijk. Dit is bekeken door de operationele temperatuur (het gemiddelde van de oppervlakte temperatuur en de luchttemperatuur) te vergelijken met de luchttemperatuur. De luchttemperatuur stuurt de radiator en verandert snel. Het kan langer duren voor de oppervlaktetemperatuur om deze temperatuur te halen. Dit komt omdat muren meer massa hebben dan lucht en daardoor langer nodig hebben om op te warmen of af te koelen. Door het verschil tussen de operationele temperatuur en luchttemperatuur te meten voor een jaar is gebleken dat bij het toevoegen van isolatie het verschil tot wel 8x minder wordt. Dit wijst op een omgekeerd evenredig verband tussen de isolatie en het verschil in temperaturen. En minder verschil tussen de twee temperatuur soorten betekent een comfortabelere woning. De resultaten van deze simulatie zijn terug te vinden in appendix 17.

Verder is er onderzocht waar de meeste warmte verloren gaat. Dit warmteverlies wordt uitgerekend voor de vloer, het plafond, de dichte delen van de gevel, de open delen van de gevel (ramen), de wanden die grenzen aan een ander appartement en de ventilatie. Het warmteverlies door deze vlakken is gedaan met behulp van het programma trnsys. Met deze resultaten zijn het aantal kWh/m² per vlak en het aantal MWh per vlak bepaald. Dit is gedaan omdat het lastig is een goede vergelijking te maken omdat sommige vlakken veel meer oppervlak hebben dan anderen. Met het aantal kWh/m² kan dit geëlimineerd worden en

kan gekeken worden naar de prestatie van een bepaald vlak. Het vlak dat het best te verbeteren is zal namelijk veel ruimte voor verbetering hebben, dus een hogere kW/m². Maar wanneer we een heel klein vlak verbeteren zal de invloed hiervan meestal niet zo groot zijn. Daarom worden de vlakken ook vergeleken op het aantal MW dat verloren gaat door dit vlak. Hiermee kan zichtbaar worden waar de meeste warmte door verloren gaat en welk vlak dus het beste verbeterd kan worden. Het beste is dus om het vlak dat het meeste kWh/m² en MWh verliest te verbeteren.

Hiernaast is ook gekeken naar verschillende ventilatiesystemen. Er zijn vier systemen (A, B, C en D)⁷, waarvan voor de analyse van systeem C is uitgegaan. En is geanalyseerd wat de invloed is van het toepassen van warmteterugwinning in de ventilatie om te beoordelen of dit een geschikte vervolgstap kan zijn voor een bepaald scenario.

De mogelijke vervolgstappen met betrekking tot extra isolatie en ventilatie zullen per scenario besproken worden hieronder. In appendix 18 en 19 zijn de achterliggende berekeningen voor het warmteverlies en voor de ventilatie te vinden.

⁷ Er zijn vier ventilatie systemen (A, B, C en D).

Systeem A is natuurlijke ventilatie, hierbij wordt gebruik gemaakt van natuurlijke toevoer- en natuurlijke afvoer van lucht. Dit systeem werd vroeger gebruikt en is dus nog vaak te zien in oudere huizen.

Systeem B is deels mechanisch. Er is gebruik gemaakt van mechanische toevoer- en natuurlijke afvoer van lucht. Dit systeem komt niet vaak voor.

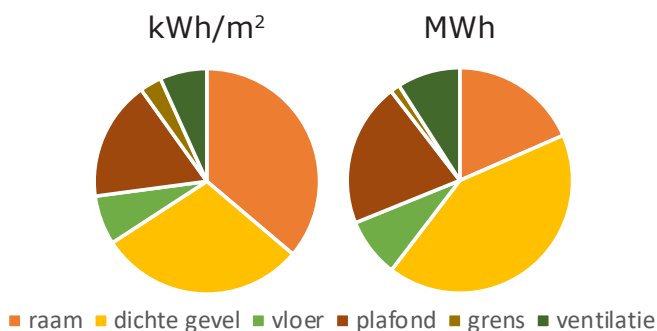
Systeem C is ook deels mechanisch. Hierbij wordt gebruik gemaakt van natuurlijke toevoer- en mechanische afvoer van lucht. Dit systeem wordt vaak CO₂ gestuurd toegepast. En de afvoer van lucht vindt plaats in onder andere de keuken, badkamer en het toilet.

Systeem D is geheel mechanisch. Het beschikt over mechanische toevoer- en afvoer van lucht. Hiervoor zijn leidingen naar elke ruimte nodig. In dit systeem kan gemakkelijk gebruik gemaakt worden van warmteterugwinning omdat beide stromen geregeld worden. Dit wordt dan ook vaak gedaan. (Warmtepomp weetjes, 2019)

7.1 Huidig situatie

In de huidige situatie is het totale warmteverlies door de oppervlaktes (raam, dichte gevel, vloer, plafond en wanden die aansluiten op een ander appartement) en de ventilatie 61,6 MWh per jaar. Het aandeel van de verschillende verliezen kan op twee manieren bekeken worden. Door het verlies per m² te bekijken is te zien welk aspect er slecht presteert en mogelijkheid biedt voor verbetering. Door het verlies over het hele vlak te bekijken wordt de impact van de prestatie van een betaald aspect zichtbaar. De dichte gevel kan bijvoorbeeld niet als slechtste presteren, maar omdat het appartement veel m² dichte gevel heeft in vergelijking met andere vlakken heeft de prestatie van de dichte gevel wel veel impact. In dit geval is te zien dat het raam, de dichte gevel en het plafond de meeste warmte per m² verliezen (figuur 1, links). Ook is er te zien dat vooral de impact van de dichte gevel groot is. Een verbetering in de dichte gevel zal dus veel kunnen besparen. Dit kan gedaan worden met het toevoegen van isolatie, zoals is gedaan bij de geanalyseerde scenario's van hoofdstuk 5.

m³ gas/m², dus 453 m³ gas voor het hele appartement voor een jaar. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 312,4 bespaard kan worden op de energierekening. Dit ventilatiesysteem zal ca. € 4.500 duurder zijn dan ventilatie voor systeem C, dit zit vooral in de extra leidingen die hier voor aangelegd moeten worden. De 4.500 kan dus in 13 jaar terugverdiend zijn. Omdat de economische levensduur van de ventilatie 10 tot 15 jaar is zal dit geen kosten besparing opleveren. De tweede WTW zal echter wel kosten besparen omdat er dan niet meer geïnvesteerd hoeft te worden in het leidingwerk.



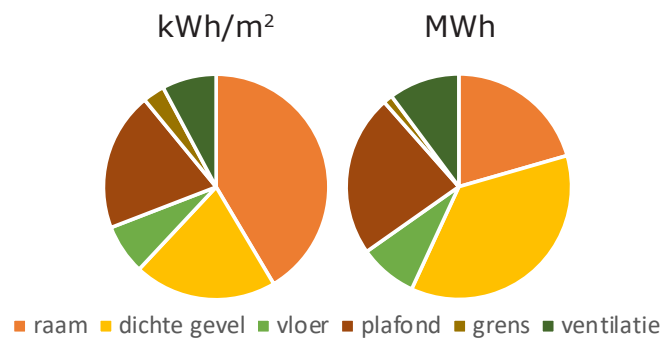
Figuur 1: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C (dit is de uitgangssituatie) een warmtevraag van 258 kWh/m² per jaar. Wanneer ventilatie systeem D met warmteterugwinning (verder afgekort als WTW) zal worden toegepast reduceert de warmtevraag naar 205 kWh/m² per jaar. Dit betekent dat er 53 kWh/m² per jaar bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 5,4

7.2 Renovatiescenario: PUR spouwisolatie

In de situatie waar de spouw gevuld wordt met PUR is het totale warmteverlies door de oppervlaktes en de ventilatie 56,3 MWh per jaar. In het cirkeldiagram komt naar voren dat vooral het raam veel warmte verliest per m² (figuur 2, links). Ook de dichte gevel en het plafond verliezen relatief veel warmte per m². De impact van dit verlies is het grootste voor de dichte gevel. De impact van het verlies door het plafond en door het raam is ook groot (figuur 2, rechts).

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen, door de gevel beter te isoleren (met bijvoorbeeld binnen isolatie zoals bij het scenario van hoofdstuk 5.5) of door het plafond te isoleren.



Figuur 2: Warmteverlies appartement per oppervlak

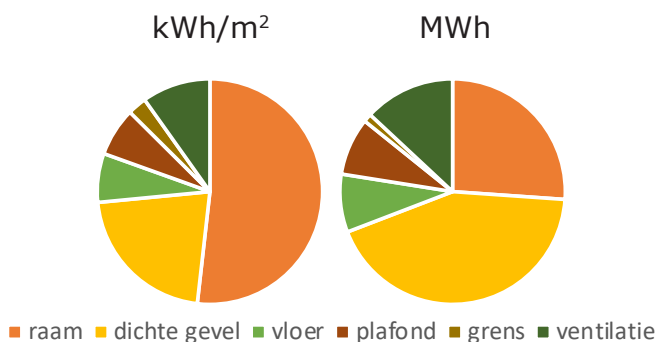
Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 204 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 154 kWh/m². Dit betekent dat 50 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 5,1 m³ gas/m², dus 427,2 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 295 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 14 jaar terugverdiend kan zijn. Dit zal geen kosten besparing opleveren bij de eerste WTW. De tweede WTW zal wel kosten besparen omdat er dan niet meer geïnvesteerd hoeft te worden in het leidingwerk. Waardoor de investering een stuk lager zal uitvallen.

7.3 Renovatiescenario: Voorzetwand

In de situatie waarin isolatie aan de binnenkant van de gevel wordt geplaatst is het totale warmteverlies door de oppervlaktes en de ventilatie 45,6 MWh per jaar. In het cirkeldiagram komt naar voren dat vooral het raam veel warmte verliest per m². Ook de dichte gevel en de ventilatie verliezen relatief veel warmte per m² (figuur 3, links). Het verlies door het plafond is minder geworden doordat deze nu is geïsoleerd met 5 cm PUR. De impact van dit verlies is relatief het grootst bij de dichte gevel. De ventilatie en het raam hebben ook een relatief grote impact (figuur 3, rechts).

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen, door de gevel beter te isoleren (met bijvoorbeeld binnen isolatie zoals bij het scenario van hoofdstuk 5.5) of door ventilatie met WTW toe te passen.

uitvallen. Ook is te zien dat hierdoor een aanzienlijk deel van het totale verbruik wordt verminderd. De besparing is dan wel afgenomen, maar de relatieve besparing is veel hoger (40%).



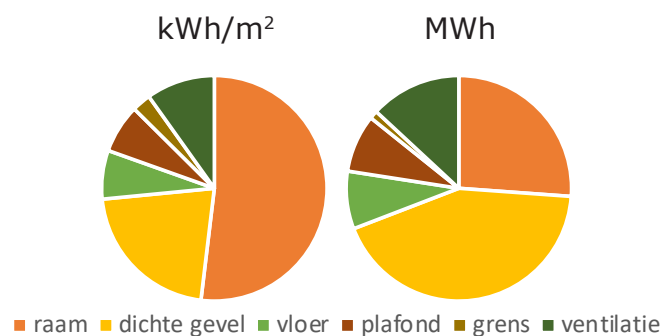
Figuur 3: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 109 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 65 kWh/m². Dit betekent dat er 44 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 4,5 m³ gas/m², dus 375,9 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 259 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 15 jaar terugverdiend kan zijn. Dit zal geen kosten besparing opleveren bij de eerste WTW. De tweede WTW zal wel kosten besparen omdat er dan niet meer geïnvesteerd hoeft te worden in het leidingwerk. Waardoor de investering een stuk lager zal

7.4 Renovatiescenario: Kingspan

Deze tweede situatie met isolatie aan de binnenzijde van de gevel is vergelijkbaar met het scenario van de voorzetwand, hiervoor. Het warmteverlies is hierbij ook 45,6 MWh per jaar. In het cirkeldiagram komt naar voren dat vooral het raam veel warmte verliest per m². Ook de dichte gevel en de ventilatie verliezen relatief veel warmte per m². De impact van dit verlies is het grootste voor de dichte gevel. De impact van het verlies door de ventilatie en door het raam is ook groot (zie figuur 4).

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen, door de gevel beter te isoleren (met bijvoorbeeld binnen isolatie zoals bij het scenario van hoofdstuk 5.5) of door ventilatie toe te passen waarbij gebruik gemaakt wordt van WTW.



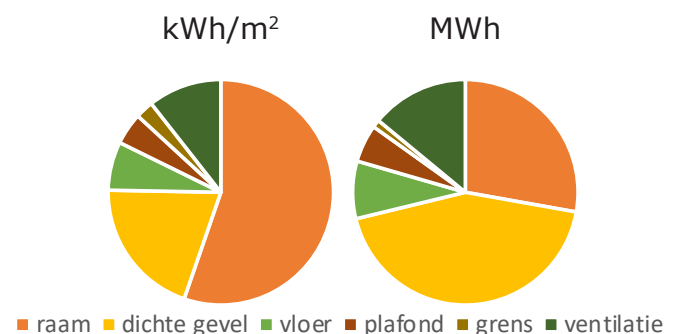
Figuur 4: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 107 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 63 kWh/m². Dit betekent dat 44 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 4,5 m³ gas/m², dus 375,9 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 259 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 15 jaar terugverdiend kan zijn.

7.5 Renovatiescenario: Spouwisolatie + Kingspan

Bij deze situatie is isolatie in de spouw en aan de binnenkant van de gevel toegepast. Het warmteverlies is hierbij 43,5 MWh per jaar. In het cirkeldiagram komt naar voren dat vooral het raam veel warmte verliest per m². Ook de dichte gevel en de ventilatie verliezen relatief veel warmte per m². De impact van het verlies door het raam is echter kleiner dan de impact van het verlies door de dichte gevel. Het aandeel van het plafond is hier nog kleiner geworden omdat dit beter is geïsoleerd, met 10 cm PUR (zie figuur 5). Hier kan opgemerkt worden dat het aandeel van het warmteverlies door het raam en de ventilatie toe neemt naarmate de dichte gevel en het plafond beter geïsoleerd worden.

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen of/en door ventilatie toe te passen waarbij gebruik gemaakt wordt van WTW.



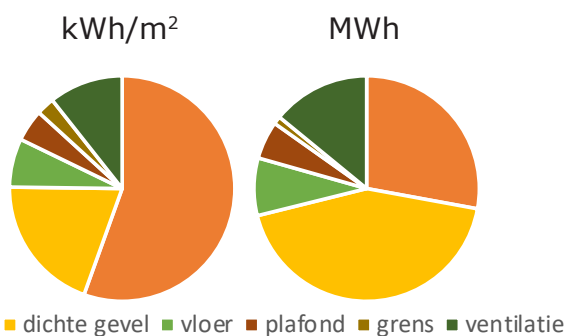
Figuur 5: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 86 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 44 kWh/m². Dit betekent dat 42 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 4,3 m³ gas/m², dus 358,8 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 248 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 16 jaar terugverdiend kan zijn.

7.6 Renovatiescenario: Voorzetgevel

Bij deze situatie is isolatie aan de buitenzijde van de gevel toegepast. Het warmteverlies is hierbij 43,5 MWh per jaar. In het cirkeldiagram komt naar voren dat vooral het raam veel warmte verliest per m². Ook de dichte gevel en de ventilatie verliezen relatief veel warmte per m². De impact van het verlies door het raam is echter kleiner dan de impact van het verlies door de dichte gevel (zie figuur 6).

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen of/ en door ventilatie toe te passen waarbij gebruik gemaakt wordt van WTW.



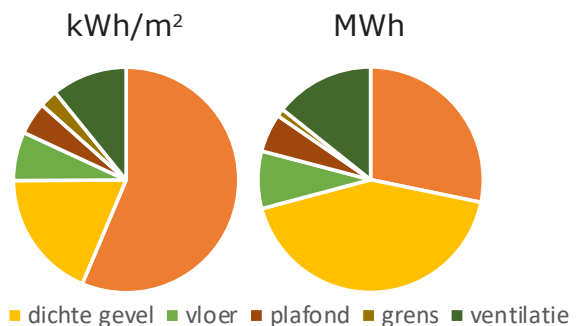
Figuur 6: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 85 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 43 kWh/m². Dit betekent dat 42 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 4,3 m³ gas/m², dus 358,8 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 248 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 16 jaar terugverdiend kan zijn.

7.7 Renovatiescenario: Rc-panels

Bij deze situatie is isolatie aan de buitenzijde van de gevel toegepast. Het warmteverlies is hierbij 43,1 MWh per jaar. In het cirkeldiagram komt naar voren dat vooral het raam veel warmte verliest per m². Ook de ventilatie verliest relatief veel warmte per m². De impact van het verlies door de dichte gevel is nog steeds het grootst. De impact van de ventilatie en het glas wordt meer door het beter isoleren van de dichte gevel. In figuur 7 zijn de twee cirkeldiagrammen hiervoor te zien.

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen of/ en door ventilatie toe te passen waarbij gebruik gemaakt wordt van WTW.



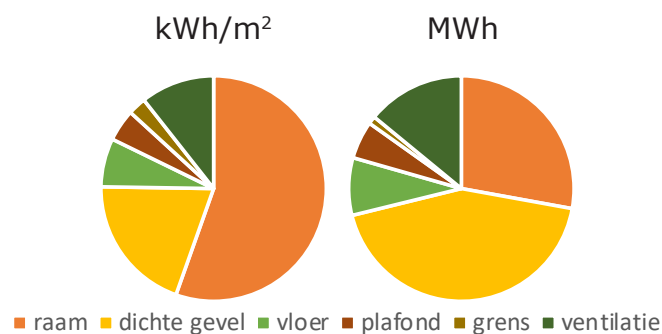
Figuur 7: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 82 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 40 kWh/m². Dit betekent dat 42 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 4,3 m³ gas/m², dus 358,8 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 248 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 16 jaar terugverdiend kan zijn.

7.8 Renovatiescenario: Nieuwe gevel

Bij deze situatie is isolatie aan de buitenzijde van de gevel toegepast. Het warmteverlies is hierbij 43,5 MWh per jaar. In het cirkeldiagram is weer te zien dat vooral het raam veel warmte verliest per m². Ook de ventilatie verliest relatief veel warmte per m². De impact van het verlies door de dichte gevel is nog steeds het grootst. De impact van de ventilatie en het glas zijn ook relatief groot (zie figuur 8).

In de toekomst zou dit scenario dus verbeterd kunnen worden door driedubbel glas toe te passen of/en door ventilatie toe te passen waarbij gebruik gemaakt wordt van WTW.



Figuur 8: Warmteverlies appartement per oppervlak

Het appartement heeft met gebruik van ventilatie systeem C een warmtevraag van 85 kWh/m². Wanneer ventilatie systeem D met WTW zal worden toegepast wordt de warmtevraag 44 kWh/m². Dit betekent dat 41 kWh/m² bespaard wordt. Dit staat gelijk aan 4,2 m³ gas/m², dus 350 m³ gas voor het hele appartement. De gemiddelde prijs per m³ gas is 0,69, wat zou betekenen dat er per jaar € 242 bespaard kan worden op de energierekening. Dit betekent dat het in 17 jaar terugverdiend kan zijn. Omdat het dus pas terugverdiend zal zijn na afloop van de economische levensduur (10 tot 15 jaar) zal de aanschaf van een tweede WTW noodzakelijk zijn om alsnog het geld terug te verdienen.

8 Bibliografie

- AEDES. (2018 [1], 11 12). Wat zijn de kenmerken van de gemiddelde corporatiewoning? Opgehaald van aedes: <https://www.aedes.nl/feiten-en-cijfers/woning/hoe-ziet-de-gemiddelde-corporatiewoning-eruit/hoe-ziet-de-gemiddelde-corporatiewoning-eruit-jan-15.html>
- AEDES. (2018 [2], 11 12). Hoe ontwikkelt de woningvoorraad van woningcorporaties zich? Opgehaald van aedes: <https://www.aedes.nl/feiten-en-cijfers/woning/hoe-ontwikkelt-het-bezit-van-corporaties-zich/hoe-ontwikkelt-het-bezit-van-corporaties-zich.html>
- Beek, M. v. (2006). Adaptieve temperatuurgrenswaarden: Praktijkonderzoek naar de nieuwe Nederlandse richtlijn voor de beoordeling van het thermische binnenklimaat in kantoorgebouwen. Delft: TU Delft; VROM.
- Berg, M. v. (2013). Considerations of Dutch housing associations on the adoption of energy/efficient retrofit concepts. Twente: Universiteit Twente.
- Berg, M. v. (2013). Overwegingen van corporaties bij de adoptie van energiebesparende woningtransformatieconcepten. Twente: Universiteit Twente.
- Blauwdruk. (2019, 03 04). Spouwanker onderzoek. Opgehaald van blauwdrukbouw: <https://blauwdrukbouw.nl/spouwanker-onderzoek>
- Bokel, R. (2016). Building physics energy 01 (college). Delft: TU Delft.
- Bokel, R. (2017). Building physics energy: heating up a building with earth ducts, solar collectors and other time-independent mass flows. Delft: TU Delft.
- Boonstra, M. (2017). De ontwikkeling van duurzame warmtenetten in wijken van gemeenten in Nederland. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.
- Bouw totaal. (2018). Commotie over voorgenomen BENG-eisen. Bouw totaal, jaargang 15, nummer 12, p.15-17.
- Bouwbesluit. (2012). Artikel 3.38: Luchtverversing verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte.
- CBS. (2018 [1], 11 12). Voorraad woningen; woningtype, oppervlakteklasse, regio. Opgehaald van statline.cbs: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83704ned&D1=0&D2=a&D3=0,2,4,6,8&D4=0,75,190,365,416&D5=a&VW=T>

CBS. (2018 [2], 11 12). Voorraad woningen; gemiddeld oppervlak, woningtype, bouwjaar-klasse, regio. Opgehaald van statline. cbs: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=82550ned&D1=a&D2=a&D3=1,5,9,11-12&D4=0,75,190,365,416&D5=a&VW=T>

Centrale directie van de volkshuisvesting en de bouwnijverheid. (1965). Voorschriften en wenken voor het ontwerpen van woningen. 's-Gravenhage: Ministerie van volkshuisvesting en ruimtelijke ordening.

Cobouw NBD. (2019, 5 2). Prefab gevels met minerale steenstrips van Sto. Opgehaald van nbd-online.nl: <https://www.nbd-online.nl/nieuws/178336-prefab-gevels-met-minerale-steenstrips-van-sto>

Collins, C., & Swenarton, M. (1987). CIAM, Teige and the housing problem in the 1920s. Habitat INTL, Vol. 11, No. 3, pp. 153 - 159.

Commissie Ruimtelijke Kwaliteit. (n.d.). Mooi verduurzamen. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.

De groot BV. (2019, 5 2). Modern woonhuis Uden. Opgehaald van degrootbv.com: <https://www.degrootbv.com/werk/modern-woonhuis-uden/>

G.J. te Velde. (2016). Welke gevelaanpak bij verduurzaming? Amsterdam: Commissie Ruimtelijke Kwaliteit.

Gebouwschil Nederland. (2019, 5 11). De BRL / URL 1330 onder één paraplu. Opgehaald van gebouwschilnederland.nl: <https://www.gebouwschilnederland.nl/techniek/de-brl-url-1330-onder-een-paraplu>

Gebr. Bodegraven BV. (2019, 03 05). Corrosiebestendigheid. Opgehaald van gb: <https://www.gb.nl/materialen>

Gemeente Amsterdam. (2010). Waardering-kaarten AUP-gebieden in Amsterdam. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.

Gemeente Amsterdam. (2016). De schoonheid van Amsterdam. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.

Gemeente Amsterdam. (2019, 1 14). Energie - verbruik gas en elektriciteit. Opgehaald van maps.amsterdam.nl: https://maps.amsterdam.nl/energie_gaselektra/?LANG=nl Gemeente Amsterdam. (n.d.). Mooi verduurzamen. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.

Google. (2018, 12 10). google maps. Opgehaald van google.com: <https://www.google.com/maps/place/Karel+Klinkenbergstraat,+1061+AL+Amsterdam/@52.3671138,4.8332401,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x-47c5e23f3073df81:0xba6204f47442652b!8m2!3d52.3671138!4d4.8354288>

Gruis, V. (2018, 11 12). Typologie van portiekwoningen. Opgehaald van tudelft: <https://www.tudelft.nl/beyondthecurrent/benadering/typologie/>

Heijboer, P. (2018). Kosten aardgasvrije warmteconcepten nieuwbouwwoningen. Amsterdam: DWA.

Hesaraki, A., & Holmberg, S. (2013). Energy performance of low temperature heating systems in five new-built Swedish dwellings: A case study using simulations and on-site measurements. Building and environment, 64 (2013) 85-93.

Kleuskens, B. (2014). Energetische optimalisatie van de bakstenen bouwmethode. Eindhoven: TU Eindhoven.

Konstantinou, T. (2014). Facade refurbishment toolbox: supporting the design of residential energy upgrades. Delft: TU Delft.

Konstantinou, T. (2015). A facade refurbishment toolbox supporting energy upgrade of residential building skin. Delft: TU Delft.

Langejan, W. (2018, 11 15). Stenen vallen uit gevel wooncomplex Overvecht. AD.

Majcen, D. (2016). Predicting energy consumption and savings in the housing stock: A performance gap analysis in the Netherlands. Delft: TU Delft.

Milieu centraal. (2019, 4 19). Energierkening 2019. Opgehaald van milieucentraal.nl: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/energierekening-2019/>

Milieu centraal. (2019, 5 3). Hoe maak ik mijn huis energiezuiniger en aardgasvrij. Opgehaald van verbeterjehuis.nl: <https://www.verbeterjehuis.nl/>

Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties. (2012). Het bouwbesluit 2012: vluchten bij brand. Den Haag: Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties.

Ministerie van binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties. (2012). Innovatieve energieconcepten. Sittard: Agentschap NL.

Mooiman, A. (2011, 08 29). Gebruik geen verzinkte spouwankers. Aannemer bouwplaats, pp. 18-19.

Mumford, E. (2000). The CIAM discourse on urbanism, 1928-1960. Cambridge: The MIT Press.

Nieman-Kettlitz. (2018). Vergelijking steenstrips: Minerale strips ten opzichte van keramische strips. Utrecht: Nieman-Kettlitz.

NVON. (2013). BiNaS (6e druk ed.). Groningen: Noordhoff Uitgevers B.V.

Oorschot, L., Spoormans, L., Messlaki, S. E., Konstantinou, T., Jonge, T. d., Oel, C. v., . . . Jonge, W. d. (2018). Flagships of the Dutch welfare state in transformation. Delft: TU Delft.

overstappen. (2019, 4 19). Gasprijzen. Opgehaald van overstappen.nl: <https://www.overstappen.nl/energie/gasprijzen/Platform 31.> (2013). Documentatie systeemwoningen '50 - '75. Eindhoven: BouwhulpGroep.

Radson. (2019, 2 8). Omrekening. Opgehaald van renewable-energy-now.org: <https://www.renewable-energy-now.org/wp-content/uploads/Radson-correctiefactoren.pdf>

Reijnen, F. (2018). Scenario's na-isoleren buitenzijde. Heerhugowaard: Van Wijnen. Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2013). Infoblad trias energetica en energieneutraal bouwen. Utrecht: Rijksdienst voor ondernemend Nederland.

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2018 [1], 12 25). De energie-index en het energielabel. Opgehaald van rvo: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/bestaande-bouw/energie-index/verschil-energie-index-en-energielabel>

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2018 [2], 12 25). Energie-index. Opgehaald van rvo: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/bestaande-bouw/energie-index>

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2018, 12 25). De energie-index en het energielabel. Opgehaald van rvo: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/bestaande-bouw/energie-index/verschil-energie-index-en-energielabel>

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2019, 03 01). Wettelijke eisen -BENG. Opgehaald van rvo: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatie-beng/wettelijke-eisen-beng>

Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (n.d.). Nul op de Meter: ervaring van vernieuwers in de woningbouw. Utrecht: Rijksdienst voor ondernemend Nederland.

Rijksoverheid. (2018 [1], 12 20). Wat zijn de regels voor de energieprestatievergoeding (EPV) van mijn huurwoning? Opgehaald van rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/huurwoning/vraag-en-antwoord/regels-energieprestatievergoeding-epv-huurwoning>

Rijksoverheid. (2018 [2], 12 20). Hoe hoog is de maximale energieprestatievergoeding (EPV) van mijn huurwoning? Opgehaald van rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/huurwoning/vraag-en-antwoord/maximale-energieprestatievergoeding-epv-huurwoning>

Rijksoverheid. (2018 [3], 12 20). Hoe hoog is de maximale energieprestatievergoeding (EPV) voor huurwoningen op aardgas? Opgehaald van rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/huurwoning/vraag-en-antwoord/maximale-energieprestatievergoeding-epv-huurwoning-op-aardgas>

Schilder, F., Middelkoop, M., & Wijngaart, R. v. (2016). Energiebesparing in de woningvoorraad: Financiële consequenties voor corporaties, huurders, eigenaren-bewoners en Rijksoverheid. Den Haag: Planbureau voor de leefomgeving.

SLuijs, P. (2017). Nul-op-de-Meter. OTB wooncongres.

Sociaal-Economische Raad. (2018, 12 15). Energieakkoord: Informatie voor belanghebbenden. Opgehaald van ser: <https://www.ser.nl/>

TABULA WebTool. (2018, 11 27). Opgehaald van webtool.building-typology.eu/#bm

Tigchelaar, C., & Menkveld, M. (2013). Achtergronddocument bij doorrekening SER energieakkoord - sector gebouwde omgeving. Petten: ECN.

Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., & Crawley, D. (2006). Zero energy buildings: a critical look at the definition. Denver: National renewable energy laboratory.

TU Delft. (n.d.). Hoeveel energie gebruik ik en waarvoor? Delft: TU Delft.
van der Linden, A., Erdtiek, P., Kuijpers-van Gaalen, I., Zeegers, A., & Selten, T. (2011). Bouwfysica. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.

Van der Sanden. (2019, 5 1). De meest gestelde vragen over steenstrips. Opgehaald van [vandersandengroup.nl](https://www.vandersandengroup.nl/bricks/nl-nl/nieuws/de-meest-gestelde-vragen-over-steenstrips): <https://www.vandersandengroup.nl/bricks/nl-nl/nieuws/de-meest-gestelde-vragen-over-steenstrips>

Van der Sanden. (2019, 5 3). Transformatie: winkelcentrum boven 't Y Amsterdam. Opgehaald van [vandersandengroup.nl](https://www.vandersandengroup.nl/eboard/nl-nl/realisaties/winkelcentrum-boven-t-y-amsterdam): <https://www.vandersandengroup.nl/eboard/nl-nl/realisaties/winkelcentrum-boven-t-y-amsterdam>

Van Wijnen. (2018). Bouwtekeningen. Heerhugowaard: Van Wijnen.

Van Wijnen. (2018). VO raming: onderzoek isoleren achtergevel. Heerhugowaard: Van Wijnen Heerhugowaard.

Van Wijnen. (2019). Begeleiding. Heerhugowaard.

Velde, G. t. (2017). Welke gevelaanpak bij verduurzaming? Amsterdam: Gemeente Amsterdam.

Vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek. (2011). Metalen in de gevel. Velp: vereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek.

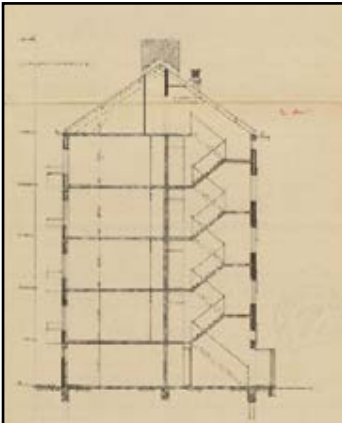
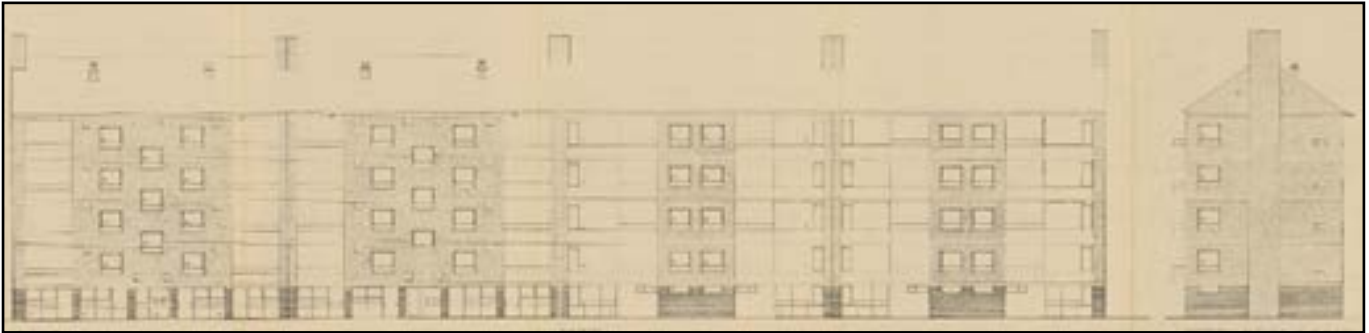
Wijlick, S. v., & Vekemans, H. (2019, 03 05). Spouwankers: hoe hoort het eigenlijk? Opgehaald van bouwwereld: <https://www.bouwwereld.nl/bouwkennis/spouwankers-hoe-hoort-het-eigenlijk/>

Willem wever. (2019, 5 5). Hoe worden bakstenen gemaakt? Opgehaald van willemwever.kro-ncrv.nl: https://willemwever.kro-ncrv.nl/vraag_antwoord/wetenschap-techniek/hoe-worden-bakstenen-gemaakt

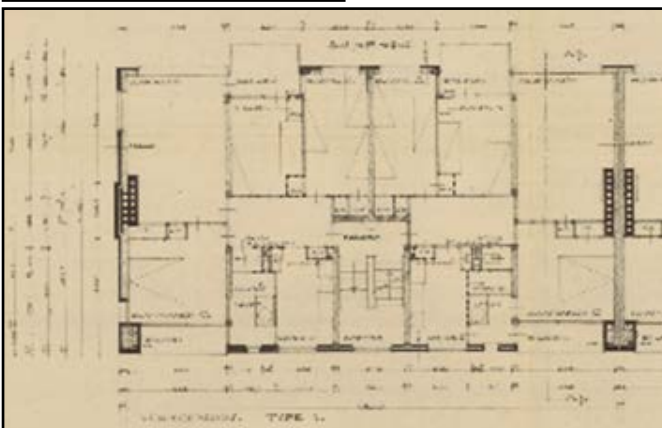
9 Appendix: Casestudie Karel Klinkerbergstraat te Amsterdam

Onder de renovatie die heeft plaatsgevonden door Van Wijnen op de Karel Klinkerbergstraat horen 4 portiekflats (in figuur 1 rood gekleurd). Deze bestaan uit 3 kleine portiekflats en 1 grote portiekflat. De kleine portiekflats hebben op de begane grond berging voor de bewoners en de entree is op het noorden georiënteerd. De grote flat is gelegen aan een drukke weg en heeft op de begane grond commerciële ruimtes met daarachter berging voor de bewoners. Deze flat heeft de entree aan de west-kant.





De woningen kennen 4 woonlagen op de 1e tot de 4e verdieping. De begane grond en in het dak zit berging (en commerciële ruimte). De appartementen beschikken over 2 slaapkamers aangezien de slaapkamer onder de woonkamer bij de woonkamer is getrokken. Hierdoor zijn deze woningen geschikt voor huishoudens van 2 tot 3 personen.



De compositie van deze portiekflats van Brouwer en Schaling is karakteristiek voor gebouwen in het AUP. De eenvoudige blokken zijn zorgvuldig gedetailleerd. Dit is te zien in het gebruik van verschillende materialen en licht. Door veel reliëf in de gevel toe te passen is een schaduwspel gecreëerd. In de loop der jaren zijn de gebouwen verouderd, is er sprake van veel achterstallig onderhoud. Ze voldoen niet meer aan de huidige eisen. Ook zijn er door de bewoners dingen toegevoegd, zoals satellietschotels, afzuigkanalen, rolluiken en luifels.



10 Appendix: WA-matrix

Onderstaande figuur geeft de mogelijkheden bij renovatie weer voor elke WA-categorie in combinatie met zijn geveltypologie.

Welke gevelaanpak bij verduurzaming? - een leidraad

Gert Jan te Velde, adv/iseur Mooi Verduurzamen in opdracht van Commissie Ruimtelijke Kwaliteit Amsterdam

oktober 2017



Commissie
Ruimtelijke Kwaliteit

	GEVELTYPOLOGIE		SYSTEEMGEVEL	
	METSSELWERK MET GATEN	METSSELWERK MET GATEN EN ORNAMENT	RANDEN, PENANTEN EN INVULLINGEN	
ARCHITECTONISCHE ORDE + OMSCHRIJVING (bron: welstandsnota De Schoonheid van Amsterdam 2016 hft 5, pag 48)				
WA basis Handhaven van vorm en massawerking voor zover deze belangrijk is voor de compositie van de verkaveling en de relatie met het veld als geheel.	Isoleren aan de binnen- of buitenzijde, nieuwe materialisering en andere verhouding van open/gesloten is mogelijk.	Isoleren aan de binnen- of buitenzijde, nieuwe materialisering en andere verhouding van open/gesloten is mogelijk.	Isoleren aan de binnen- of buitenzijde, nieuwe materialisering en andere verhouding van open/gesloten is mogelijk.	Isoleren aan de binnen- of buitenzijde, nieuwe materialisering en andere verhouding van open/gesloten is mogelijk.
WA 3 Handhaven en herstellen van de oorspronkelijke karakteristiek en samenhang in het gevelbeeld, waarbij afwijking in materiaal, kleur en detaillering mogelijk is.	Bij isolatie aan buitenzijde: toepassen van steenstrips	Bij isolatie aan buitenzijde: toepassen van steenstrips, met herstel of herinterpretatie van ornamentiek. voorbeeld: Louis Couperusstraat en Werenegouw	Bij isolatie aan buitenzijde is het toepassen van nieuwe materialen, waaronder minerale strips, mogelijk. Let daarbij op de oorspronkelijke plasticiteit en zorgvuldige overgangen bij dakranden en kopgevels.	Bij isolatie aan buitenzijde is het toepassen van nieuwe materialen mogelijk, herstel gevelbeeld is wenselijk of herinterpretatie mogelijk
WA 2 Handhaven en herstellen van de oorspronkelijke elementen in vorm, maat, materiaal, detaillering, verhouding en kleur of vormgeving van een vergelijkbare kwaliteit. Het gebruik van niet oorspronkelijke materialen is mogelijk mits dit gebeurt met respect voor de authenticiteit van de gevel.	Bij isolatie aan de buitenzijde: toepassen keramische steenstrips. Kozijnen in principe conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Zorg voor zorgvuldige overgangen bij dakranden en kopgevels.	Let bij een gevelaanpak op behoud of herstel van ornamentiek, plasticiteit en rankheid van elementen. Bij ornamentiek in het gevelmetselwerk isoleren aan binnenzijde zeer wenselijk. Kozijnen in principe conform oorspronkelijke detaillering en indeling	Isoleren aan binnenzijde zeer aanbevelen, vanwege plasticiteit geval en maatvoering van kolommen en betonbanden. Kozijnen en puien in principe conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Zorg voor zorgvuldige overgangen bij dakranden en kopgevels.	Isoleren aan binnenzijde zeer aanbevelen. Kozijnen in principe conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Let op de plasticiteit en ritmiek van de oorspronkelijke gevel, ook in de aansluitingen bij dak en kopgevels.
WA 1 Handhaven en herstellen van de voor de vormgeving bepalende kenmerken, zoals maat, materiaal, detaillering, verhouding en kleur. Dit moet zo veel mogelijk gebeuren in authentiek materiaal, kleur en detaillering en rekening houdend met de samenhang in het gevelbeeld	Isoleren in principe aan binnenzijde. Kozijnen conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Let op de diepte van de negges, de rankheid van de profielen en de vensterindeling. voorbeeld: Koningsvrouwen Landlust	Isoleren in principe aan binnenzijde. Behoud c.q. herstel van oorspronkelijke ornamentiek en plasticiteit. Kozijnen conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Let op de diepte van de negges, de rankheid van de profielen en de vensterindeling.	Isoleren in principe aan binnenzijde. Behoud de plasticiteit van de gevel. Kozijnen en puien conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Let daarbij op de diepte van de negges, de rankheid van de profielen en de vensterindeling.	Isoleren in principe aan binnenzijde. Kozijnen conform oorspronkelijke detaillering en indeling. Let daarbij op de diepte van de negges, de rankheid van de profielen en de vensterindelingen. Herstel en zorgvuldige reiniging systeemgevel. voorbeeld: het Breed en Airey

* NOM: Nul op de Meter. BENG: Bijna energieneutraal gebouw

REMINDER

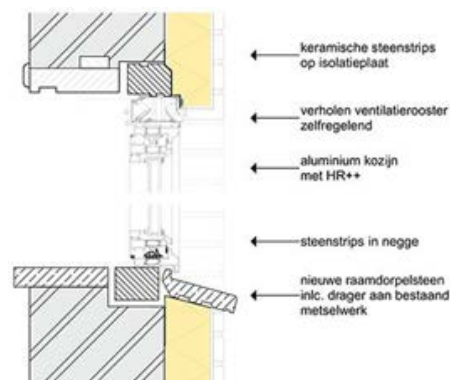
Bij verduurzamingsprojecten waarin ook installaties worden aangepakt (bijv. all-electric of NOM/BENG concepten) vragen installaties veel ruimte. Vaak wordt hiervoor het dak en/of balkon gebruikt. Dit heeft veel effect op het gevelbeeld.

Deze onderdelen moeten dus tijdig in het project worden meegenomen. (Zie ook het hoofdstuk Duurzame Stad in de welstandsnota De Schoonheid van Amsterdam 2016)

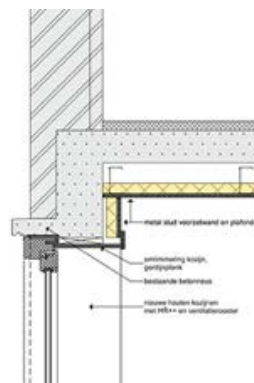
11 Appendix: WA-gebouw referenties van Amsterdam

Onderstaande gebouwen zijn referenties van de gemeente Amsterdam voor de typering van gebouwen in de welstandskaat architectuur. Van elk gebouw is een foto van voor de verbouwing en van na de verbouwing te zien. Ook is gegeven hoe het detail eruitziet, welke labelstap en welke labelstap er gemaakt is.

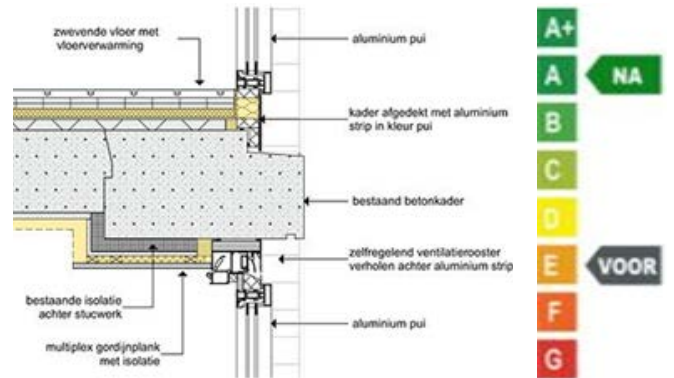
Bosleeuw: WA2 (metselwerk met gaten)



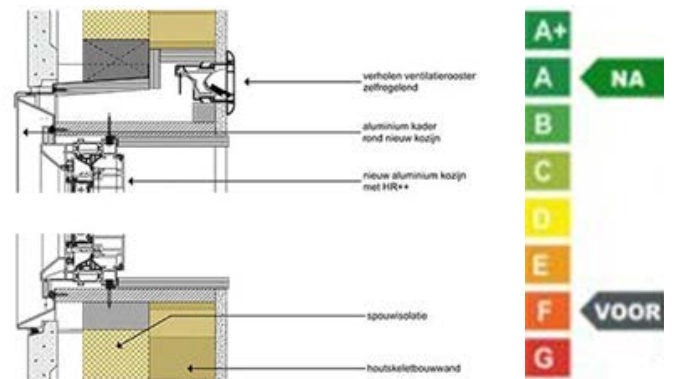
Dudokhaken: WA2 (metselwerk met gaten en ornamenten)



Klarenstraat: WA2 (randen, penanten en invullingen)



Aireystrook: WA1 (systeemgevel)



12 Appendix: Compleet tabel verzadigdewaterdampspanning

c_{\max} g/m ²	Temp. °C	De verzadigde waterdampspanning p_s in N/m ²									
		,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
39,56	+ 35	5627	5657	5688	5720	5752	5784	5816	5848	5880	5912
37,54	34	5323	5352	5381	5412	5443	5472	5503	5533	5564	5595
35,62	33	5033	5061	5090	5118	5146	5176	5205	5234	5264	5293
33,77	32	4757	4785	4812	4838	4866	4893	4921	4949	4977	5005
32,02	31	4496	4521	4546	4573	4598	4625	4650	4677	4704	4730
30,34	30	4245	4270	4294	4319	4344	4369	4393	4418	4443	4469
28,73	29	4007	4031	4054	4078	4102	4125	4149	4173	4197	4221
27,21	28	3782	3803	3826	3848	3871	3893	3915	3939	3962	3984
25,75	27	3567	3588	3610	3630	3651	3674	3695	3716	3738	3760
24,36	26	3363	3383	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3520	3546
23,05	25	3169	3188	3207	3226	3246	3264	3284	3303	3323	3343
21,78	24	2985	3003	3022	3040	3058	3076	3095	3114	3132	3151
20,55	23	2811	2828	2844	2861	2879	2896	2915	2932	2949	2967
19,43	22	2645	2661	2677	2693	2710	2727	2744	2760	2778	2793
18,35	21	2488	2504	2518	2535	2549	2565	2581	2597	2613	2629
17,28	20	2340	2353	2368	2382	2397	2412	2428	2442	2457	2473
16,30	19	2198	2212	2225	2240	2253	2268	2281	2296	2310	2325
15,37	18	2065	2077	2090	2104	2117	2130	2144	2157	2170	2184
14,47	17	1938	1950	1962	1978	1988	2001	2014	2026	2034	2052
13,65	16	1818	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
12,85	15	1706	1717	1728	1739	1750	1761	1773	1784	1796	1808
12,07	14	1599	1609	1619	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1696
11,35	13	1498	1507	1518	1527	1538	1547	1558	1569	1578	1589
10,65	12	1403	1413	1422	1431	1441	1450	1459	1469	1478	1489
10,01	11	1313	1321	1331	1339	1349	1358	1366	1375	1385	1394
9,40	10	1229	1237	1245	1253	1262	1270	1278	1287	1295	1305
8,82	9	1148	1156	1164	1172	1179	1187	1195	1203	1212	1220
8,27	8	1072	1080	1087	1095	1103	1110	1118	1126	1132	1140
7,76	7	1002	1008	1016	1023	1030	1036	1044	1051	1059	1066
7,28	6	935	942	948	955	962	968	975	982	988	995
6,83	5	872	879	884	891	898	903	910	916	923	928
6,40	4	814	819	826	831	836	843	848	855	860	867
5,99	3	759	763	768	775	780	786	791	796	802	808
5,59	2	706	711	716	722	727	732	736	742	747	752
5,21	1	657	661	667	671	676	681	685	691	696	701
4,84	+ 0	611	615	620	624	628	633	637	643	647	652
4,84	- 0	611	605	600	596	591	587	581	576	572	567
4,48	- 1	563	557	553	548	544	539	535	531	525	521
4,14	- 2	517	513	508	504	500	496	492	488	484	480
3,82	- 3	476	472	468	464	460	456	452	448	444	440
3,53	- 4	437	433	429	425	423	419	415	412	408	404
3,26	- 5	401	397	395	391	388	384	381	377	375	371
3,01	- 6	368	365	361	359	356	352	349	347	344	340
2,77	- 7	337	335	332	329	327	323	320	317	315	312
2,55	- 8	309	307	304	301	299	296	293	291	288	285
2,34	- 9	283	281	279	276	273	271	269	267	264	261
2,15	- 10	260	257	255	252	251	248	245	244	241	240
1,98	- 11	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219
1,82	- 12	217	215	213	211	209	207	205	204	201	200
1,67	- 13	199	196	195	193	191	189	188	185	184	183
1,53	- 14	181	179	177	176	175	173	171	169	168	167
1,41	- 15	165	164	163	160	159	157	156	155	153	152
1,29	- 16	151	149	148	147	145	144	143	141	140	139
1,18	- 17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	125
1,08	- 18	124	124	123	121	120	119	117	116	116	115
0,99	- 19	113	112	111	111	109	108	107	105	105	104
0,90	- 20	103	101	101	100	98,7	98,7	97,4	96,0	94,7	94,7

13 Appendix: Omreken tabel voor paneelradiatoren

**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
**	**	4,56	2,45	1,88	1,57	1,36	1,21	1,10	1,01	0,93	0,87	0,82	0,77	0,73
**	**	3,11	2,11	1,69	1,44	1,27	1,14	1,04	0,96	0,89	0,83	0,78	0,74	0,70
**	**	2,50	1,87	1,54	1,33	1,19	1,07	0,98	0,91	0,85	0,80	0,75	0,71	0,67
**	**	2,13	1,68	1,42	1,24	1,11	1,01	0,93	0,87	0,81	0,76	0,72	0,68	0,65
**	**	1,76	1,46	1,26	1,13	1,02	0,93	0,87	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64	0,61
**	**	1,51	1,29	1,14	1,03	0,94	0,87	0,81	0,76	0,71	0,67	0,64	0,61	0,58
**	**	1,93	2,63	2,00	1,67	1,45	1,29	1,16	1,07	0,99	0,92	0,86	0,81	
**	**	3,34	2,26	1,80	1,53	1,34	1,21	1,10	1,01	0,94	0,88	0,82	0,78	
**	**	2,67	1,99	1,64	1,41	1,25	1,13	1,04	0,96	0,89	0,84	0,79	0,75	
**	**	2,27	1,78	1,50	1,31	1,18	1,07	0,98	0,91	0,85	0,80	0,75	0,72	
**	**	1,87	1,54	1,33	1,19	1,07	0,98	0,91	0,85	0,80	0,75	0,71	0,67	
**	**	1,60	1,36	1,20	1,08	0,99	0,91	0,85	0,79	0,75	0,70	0,67	0,64	
**	**	5,38	2,83	2,15	1,78	1,54	1,37	1,24	1,13	1,05	0,97	0,91		
**	**	3,61	2,42	1,93	1,63	1,43	1,28	1,16	1,07	0,99	0,93	0,87		
**	**	2,87	2,12	1,75	1,50	1,33	1,20	1,10	1,01	0,94	0,88	0,83		
**	**	2,42	1,90	1,60	1,39	1,24	1,13	1,04	0,96	0,90	0,84	0,79		
**	**	1,99	1,64	1,41	1,25	1,13	1,04	0,96	0,89	0,84	0,79	0,75		
**	**	1,69	1,44	1,27	1,14	1,04	0,96	0,89	0,83	0,78	0,74	0,70		
**	**	5,90	3,07	2,32	1,92	1,66	1,47	1,32	1,21	1,12	1,04			
**	**	3,92	2,61	2,07	1,75	1,53	1,37	1,24	1,14	1,05	0,99			
**	**	3,10	2,28	1,87	1,61	1,42	1,28	1,17	1,08	1,00	0,94			
**	**	2,61	2,03	1,70	1,48	1,32	1,20	1,10	1,02	0,95	0,89			
**	**	2,12	1,75	1,50	1,33	1,20	1,10	1,01	0,94	0,88	0,83			
**	**	1,80	1,53	1,34	1,21	1,10	1,01	0,94	0,88	0,82	0,78			
**	**	6,54	3,36	2,52	2,08	1,79	1,58	1,42	1,30	1,19				
**	**	4,30	2,84	2,24	1,89	1,64	1,47	1,33	1,22	1,13				
**	**	3,38	2,47	2,01	1,73	1,52	1,37	1,25	1,15	1,07				
**	**	2,82	2,19	1,83	1,59	1,42	1,28	1,17	1,08	1,01				
**	**	2,28	1,87	1,61	1,42	1,28	1,17	1,08	1,00	0,94				
**	**	1,93	1,63	1,43	1,28	1,16	1,07	0,99	0,93	0,87				
**	**	7,32	3,70	2,76	2,27	1,94	1,71	1,54	1,40					
**	**	4,75	3,11	2,44	2,05	1,78	1,58	1,43	1,31					
**	**	3,70	2,69	2,19	1,87	1,64	1,47	1,34	1,23					
**	**	3,07	2,37	1,98	1,77	1,52	1,37	1,26	1,16					
**	**	2,47	2,01	1,73	1,52	1,37	1,25	1,15	1,07					
**	**	2,07	1,75	1,53	1,37	1,24	1,14	1,05	0,98					
**	**	8,32	4,13	3,06	2,50	2,13	1,87	1,68						
**	**	5,32	3,44	2,69	2,24	1,94	1,73	1,56						
**	**	4,10	2,96	2,39	2,03	1,78	1,60	1,45						
**	**	3,38	2,59	2,15	1,86	1,65	1,48	1,35						
**	**	2,69	2,19	1,87	1,64	1,47	1,34	1,23						
**	**	2,24	1,89	1,64	1,47	1,33	1,22	1,13						
**	**	9,62	4,67	3,43	2,78	2,37	2,07							
**	**	6,03	3,87	2,99	2,48	2,15	1,90							
**	**	4,60	3,29	2,64	2,24	1,96	1,75							
**	**	3,75	2,86	2,36	2,03	1,80	1,62							
**	**	2,96	2,39	2,03	1,78	1,60	1,45							
**	**	2,44	2,05	1,78	1,58	1,43	1,31							
**	**	11,38	5,39	3,92	3,15	2,67								
**	**	6,97	4,39	3,37	2,79	2,40								
**	**	5,23	3,70	2,98	2,50	2,17								
**	**	4,22	3,19	2,63	2,25	1,98								
**	**	3,29	2,64	2,24	1,96	1,75								
**	**	2,69	2,24	1,94	1,73	1,56								
**	**	13,93	6,38	4,58	3,65									
**	**	8,26	5,11	3,89	3,19									
**	**	6,08	4,25	3,37	2,83									
**	**	4,84	3,63	2,96	2,53									
**	**	3,70	2,96	2,50	2,17									
**	**	2,89	2,48	2,15	1,90									
**	**	17,93	7,87	5,54										
**	**	10,16	6,14	4,62										
**	**	7,28	5,01	3,93										
**	**	5,68	4,21	3,41										
**	**	4,25	3,37	2,83										
**	**	3,37	2,79	2,40										
**	**	25,15	10,36											
**	**	13,27	7,76											
**	**	9,12	6,14											
**	**	6,91	5,04											
**	**	5,01	3,93											
**	**	3,89	3,19											
**	**	42,40												
**	**	19,37												
**	**	12,34												
**	**	8,89												
**	**	6,14												
**	**	4,62												
.....														
** : aanvoertemperatuur (°C) température de départ (°C)														
.....														

solutions possibles | mogelijke oplossingen

**	750	1650	1959 W	2252 W			
***	600	1350	1821 W	2093 W			
**	400	1350	1804 W	2074 W			
**	450	900	1904 W	2189 W			

14 Appendix:

Lineaire condensatieberekening per scenario

Hieronder staat per scenario de tabel voor de lineaire condensatieberekening. Wanneer een getal in de meest rechter kolom negatief is betekend dit dat hier condensatie plaatsvindt. Deze getallen zijn rood aangegeven.

Wanneer er geen rood is aangegeven betekent dit dat het berekende scenario waarschijnlijk geen inwendige condensatie zal hebben.

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario huidige situatie

Condensatie aan de buitenkant van de spouw.

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	1.4	1.4	637				488.8	148
baksteen	0.1	0.9	0.11	3.9	5.3	722	9	0.9	279.6	768.4	-46
spouw	0.05	0.33	0.15	5.3	10.5	848	1	0.05	15.5	784.0	64
beton	0.2	1.5	0.13	4.6	15.1	2052	6	1.2	372.8	1156.8	895
stuc	0.005	0.52	0.01	0.3	15.5	2065	8.5	0.0425	13.2	1170.0	895
ri			0.13	4.5	20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			0.58	20.0				2.1925	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario PUR spouwisolatie
 Geen condensatie.

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.4						488.8	135
baksteen	0.1	0.9	0.11	1.2			9	0.9	139.6	628.4	39
PUR	0.05	0.035	1.43	15.4			45	2.25	348.9	977.3	445
beton	0.2	1.5	0.13	1.4			6	1.2	186.1	1163.4	1021
stuc	0.005	0.52	0.01	0.1			8.5	0.0425	6.6	1170.0	1028
ri			0.13	1.4						1170.0	1170
binnen					20.0	2340				1170.0	1170
totaal			1.85	20.0				4.3925	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario voorzetwand

Condensatie aan de buitenkant van de spouw, binnenkant van de spouw en tussen het beton en de steenwol

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.3	0.3	624				488.8	135
baksteen	0.1	0.9	0.11	0.9	1.2	667	9	0.9	246.3	735.1	-68
spouw	0.05	0.33	0.15	1.2	2.3	722	1	0.05	13.7	748.7	-27
beton	0.2	1.5	0.13	1.0	3.3	775	6	1.2	328.4	1077.1	-302
steenwol	0.1	0.050	2.00	15.3	18.7	2157	1.5	0.15	41.0	1118.1	1039
folie	0.001	1	0.00	0.0	18.7	2157	75	0.075	20.5	1138.7	
gipsplaat	0.012	0.35	0.03	0.3	18.9	2184	6	0.072	19.7	1158.4	1026
stuc	0.005	0.52	0.01	0.1	19.0	2198	8.5	0.0425	11.6	1170.0	1028
ri			0.13	1.0	20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			2.61	20.0				2.4895	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario Kingspan
 Geen inwendige condensatie.

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.3							
					0.3	624				488.8	135
baksteen	0.1	0.9	0.11	0.8			9	0.9	92.1		
					1.1	667				580.9	86
spouw	0.05	0.33	0.15	1.1			1	0.05	5.1		
					2.1	727				586.0	141
beton	0.2	1.5	0.13	0.9			6	1.2	122.8		
					3.0	1156				708.9	447
v'all-in one	0.0595	0.026	2.30	16.0			75	4.4625	456.8		
					19.0	2144				1165.6	978
stuc	0.005	0.52	0.01	0.1			8.5	0.0425	4.4		
					19.1	2198				1170.0	1028
ri			0.13	0.9							
					20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			2.88	20.0				6.655	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario combinatie van PUR spouwisolatie en Kingspan

Geen inwendige condensatie.

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.2	0.2	620				488.8	131
baksteen	0.1	0.9	0.11	0.6	0.8	647	9	0.9	75.3	564.1	83
PUR	0.05	0.035	1.43	7.6	8.4	1103	45	2.25	188.2	752.3	351
beton	0.2	1.5	0.13	0.7	9.1	1156	6	1.2	100.4	852.7	303
r/all-in one	0.05	0.026	1.92	10.2	19.3	2240	75	3.75	313.7	1166.4	1074
stuc	0.005	0.52	0.01	0.1	19.3	2240	8.5	0.0425	3.6	1170.0	1070
ri			0.13	0.7	20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			3.78	20.0				8.1425	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario voorzetgevel
 Geen inwendige condensatie.

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.2							
					0.2	620				488.8	131
steenstrips	0.015	0.900	0.02	0.1			15	0.225	56.4		
					0.2	620				545.2	75
multiplex	0.01	0.170	0.06	0.3			-				
					0.5	903				545.2	358
rockwool	0.2	0.050	3.99	17.2			1.5	0.3	75.2		
					17.7	2026				620.4	1406
baksteen	0.1	0.9	0.11	0.5			9	0.9	225.6		
					18.2	2090				846.0	1244
spouw	0.05	0.33	0.15	0.7			1	0.05	12.5		
					18.8	2170				858.5	1311
beton	0.2	1.5	0.13	0.6			6	1.2	300.8		
					19.4	2253				1159.3	1094
stuc	0.005	0.52	0.01	0.0			8.5	0.0425	10.7		
					19.4	2253				1170.0	1083
ri			0.13	0.6							
					20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			4.64	20.0				2.7175	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario Rc-panels
 Geen inwendige condensatie.

laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.1	0.1	615				488.8	126
steenstrip	0.015	0.900	0.017	0.0	0.2	620	15	0.225	12.0	500.8	119
multiplex	0.01	0.170	0.059	0.2	0.3	624	-			500.8	123
PS	0.23	0.035	6.571	18.1	18.3	2104	45	10.35	552.2	1053.0	1051
multiplex	0.01	0.170	0.059	0.2	18.5	2130	-			1053.0	1077
baksteen	0.1	0.9	0.11	0.3	18.8	2170	9	0.9	48.0	1101.0	1069
spouw	0.05	0.33	0.15	0.4	19.2	2225	1	0.05	2.7	1103.7	1121
beton	0.2	1.5	0.13	0.4	19.6	2281	6	1.2	64.0	1167.7	1113
stuc	0.005	0.52	0.01	0.0	19.6	2281	8.5	0.043	2.3	1170.0	1111
ri			0.13	0.4	20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			7.28	20.0				12.768	681.2		

Lineaire condensatieberekening voor renovatiescenario nieuwe gevel
 Geen inwendige condensatie

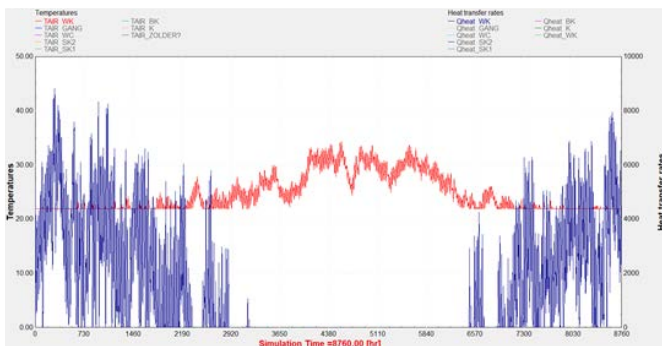
laag	d	lambda	r	delta T	T	P max	mu	mu*d	delta P	P ber	
buiten					0	611				488.8	122
re			0.04	0.2							
					0.2	620				488.8	131
baksteen	0.1	0.9	0.11	0.5			9	0.9	72.3		
					0.7	643				561.1	82
spouw	0.04	0.33	0.12	0.5			1	0.04	3.2		
					1.2	667				564.3	103
PS	0.14	0.035	4	17.6			45	6.3	505.9		
					18.8	2170				1070.2	1100
beton	0.2	1.5	0.13	0.6			6	1.2	96.4		
					19.4	2253				1166.6	1086
stuc	0.005	0.52	0.01	0.0			8.5	0.0425	3.4		
					19.4	2253				1170.0	1083
ri			0.13	0.6							
					20.0	2340				1170.0	1170
binnen											
totaal			4.55	20.0				8.4825	681.2		

15 Appendix: Trnsys input

In trnsys is een multizone building project aangemaakt. Elke kamer is een andere zone. In elke kamer wordt het volgende gemeten:

- De luchttemperatuur (T_{air})
- De benodigde capaciteit van het warmteafgiftesysteem (Q_{heat})
- Het warmteverlies door infiltratie (Q_{inf})
- Het warmteverlies door ventilatie (Q_{vent})
- Het warmteverlies door transmissie (Q_{trans})
- De warmte winst door interne productie (Q_{Gint})
- De warmte winst door de zon (Q_{sol})

Deze software is onder andere gebruikt om te kijken naar de luchttemperatuur binnen wanneer het vermogen van het afgiftesysteem verandert wordt. Onderstaand figuur is een voorbeeld van een resultaat hiervan (figuur 1).



Met behulp van onder andere deze grafiek wil ik het minimale vermogen van de radiator bepalen om een luchttemperatuur van 22°C in de woonkamer nog steeds te kunnen garanderen. In hoofdstuk 1.6 uitgangspunten staan de schema's en waarden die zijn ingevuld in dit programma.

		Waarde	Eenheid
T_e	Buiten temperatuur	0	°C
T_i	Binnen temperatuur	22	°C
A	Oppervlakte	38,7	M ²
V	Volume	104,5	M ³
A dichte gevel	Oppervlakte	32,3	M ²
A dak	Oppervlakte	38,7	M ²
A raam	Oppervlakte	18,3	M ²
U dichte gevel	Warmtedoorgangscoefficiënt	1,7	W/m ² *K
U dak	Warmtedoorgangscoefficiënt	0,3	W/m ² *K
U raam	Warmtedoorgangscoefficiënt	1,8	W/m ² *K
C_p		1200	W*s/m ³ *K
M_i		0,020	M ³ /s
M_v		0,006	M ³ /s
G raam	Zontoetredingsfactor (ZTA)	0,584	-
Ventilatie		0,7	/h
Infiltratie		0,2	/h
P_{zon} (berekening 1)	Warmteafgifte van de zon	0	W/m ²
P_{zon} (berekening 2)	Warmteafgifte van de zon	250	W/m ²
T_i (bij zon=250 W/m ²)		26,4	°C

15.1.1 Vlakken

In onderstaande tabel zijn alle wanden per ruimte weergegeven. Hiervan zijn de gegevens aangegeven die ook in het programma trnsys zijn ingevuld. In figuur 5 is een plattegrond te zien waar de indicatie letters zijn aangegeven.

Er zijn 3 soorten wanden te onderscheiden:

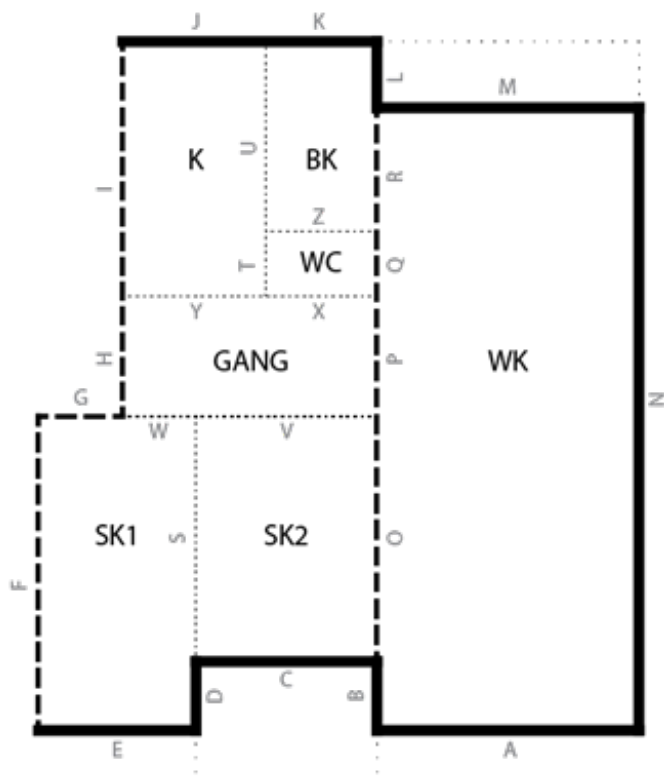
- Extern (façade): de vlakken die in direct contact met buiten staan, de gevel
- Aangrenzend: wand tussen twee ruimtes, hier zijn 3 soorten van
 - Zware scheidingswand: de dragende binnenwanden
 - Lichte scheidingswand: de niet dragende binnenwanden
 - Plafond: grenzend aan de onverwarmde berging
- Grens: de vlakken die appartementen van elkaar scheiden

Waar welk type zich bevindt in de plattegrond wordt aangegeven in figuur 4. In hoofdstuk 1.3 zullen alle soorten verder besproken worden.

Kamer	Oriëntatie	Type	Oppervlak [m ²]	Glas oppervlak [m ²]	Indicatie
Woonkamer (WK)	Noord	Extern	10.9	8.6	M
	Oost	Extern	25.9	2.4	N
	Zuid	Extern	10.9	6.8	A
	West - BK	Aangrenzend	5.1	-	R
	West - WC	Aangrenzend	2.7		Q
	West - G	Aangrenzend	4.9		P
	West - SK2	Aangrenzend	10.2		O
	West	Extern	2.9	6.8	B
	Vloer	Grens	38.7		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	38.7		-

Badkamer (BK)	Noord	Extern	4.6	0.2	K
	Oost	Extern	2.8	1.5	L
	Oost - WK	Aangrenzend	5.1	-	R
	Zuid - WC	Aangrenzend	4.6	-	Z
	West - K	Aangrenzend	7.9	-	U
	Vloer	Grens	5		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	5		-
Keuken (K)	Noord	Extern	5.9	2.1	J
	Oost - BK	Aangrenzend	7.9		U
	Oost - WC	Aangrenzend	2.7		T
	Zuid - G	Aangrenzend	5.9		Y
	West	Grens	10.6		I
	Vloer	Grens	8.6		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	8.6		-
Toilet (WC)	Noord - BK	Aangrenzend	4.6		Z
	Oost - WK	Aangrenzend	2.7		Q
	Zuid - G	Aangrenzend	4.6		X
	West - K	Aangrenzend	2.7		T
	Vloer	Grens	1.7		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	1.7		-
GANG (G)	Noord - K	Aangrenzend	5.9		Y
	Noord - WC	Aangrenzend	4.6		X
	Oost - WK	Aangrenzend	4.9		P
	Zuid - SK2	Aangrenzend	7.5		V
	Zuid - SK1	Aangrenzend	3		W
	West	Grens	4.9		H
	Vloer	Grens	7.1		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	7.1		-
Slaapkamer 2 (SK2)	Noord - G	Aangrenzend	7.5		V
	Oost - WK	Aangrenzend	10.2		O
	Zuid	Extern	7.5	5.8	C
	West - SK1	Aangrenzend	10.2		S
	Vloer	Grens	10.5		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	10.5		-

Slaapkamer 1 (SK1)	Noord	Grens	3.6		G
	Noord - G	Aangrenzend	3		W
	Oost - SK2	Aangrenzend	10.2		S
	Oost	Extern	2.9	1.5	D
	Zuid	Extern	6.6	2.1	E
	West	Grens	13		F
	Vloer	Grens	11.7		-
	Plafond - Z	Aangrenzend	11.7		-
Zolder (Z)	Vloer - WK	Aangrenzend	38.7		-
	Vloer - BK	Aangrenzend	5		-
	Vloer - K	Aangrenzend	8.6		-
	Vloer - WC	Aangrenzend	1.7		-
	Vloer - G	Aangrenzend	7.1		-
	Vloer - SK2	Aangrenzend	10.5		-
	Vloer - SK1	Aangrenzend	11.7		-
	Oost	Extern	18.4		-
	West	Grens	18.4		-
	Dak	Extern	103.6		-



De façade is 51,4 m², dit is exclusief de 29,4 m² raam. De gevel bestaat dus voor 36% uit raam, en voor 64% uit dichte gevel. De zware scheidingswand bestaat uit de types grens en aangrenzend. Deze zijn bij elkaar 55 m². De lichte scheidingswand is ook onderdeel van het type aangrenzend en is 46,5 m².

materialen	[W/mK] lambda	[kJ/hmK] *3,6	[m] dikte	[kg/m ³] phi	[kJ/kgK] soort. W	[-] mu	m ² K/W Rc
baksteen	0.9	3.24	0.1	1750	0.84	9	0.11
spouw	0.33	1.19	0.05	1.29	1	1	0.15
PUR	0.035	0.13	0.05	90	1.47	45	1.43
PS	0.035	0.13	0.23	60	1.45	45	6.57
Cellen beton	1.5	5.40	0.2	700	0.84	6	0.13
gipsplaat	0.35	1.26	0.012	1100	1	6	0.03
stuc	0.52	1.87	0.005	1300	1	8.5	0.01
rockwool binnen	0.050	0.18	0.05	143	1.03	1.5	1.00
rockwool buiten	0.050	0.18	0.2	143	1.03	1.5	3.99
kingspan (50/9.5)	0.026	0.09	0.0595	30	1.30	75	2.30
multiplex	0.170	0.61	0.01	700	1.88	-	0.06
e-board	0.031	0.11	0.14	229	1.47	87	4.52
steenstrips	0.900	3.24	0.015	1800	0.84	15	0.02
vuren schootjes	0.150	0.54	0.022	550	1.88	-	0.15
houten balken	0.170	0.61	0.017	800	1.88	-	0.10
dakpannen	1.280	4.61	0.02	2100	-	-	0.02
dak rockwool	0.050	0.18	0.183	143	1.03	1.5	3.65

In figuur 6 zijn alle materialen te vinden die voorkomen in de bestaande wanden en de renovatiemogelijkheden voor de gevel. De soortelijke warmte, dichtheid (phi) en lambda*3,6 zijn de gegevens voor trnsys.

isolatiewaarde	[m ² K/W] Rc	[W/m ² K] U	[m] dikte
detail 0: huidig	0.58	1.74	0.36
detail 1: spouw	1.89	0.53	0.36
detail 2: voorzetwand bi	1.61	0.62	0.42
detail 3: kingspan	2.89	0.35	0.42
detail 5: combi	4.16	0.24	0.42
detail 6: voorzetwand bu	4.64	0.22	0.58
detail 7: rc panels	7.26	0.14	0.59
detail 8: e-board	5.11	0.20	0.51
detail 9: nieuwe gevel	4.42	0.23	0.49

15.1.2 Verschillende renovatiemogelijkheden en hun eigenschappen

Standaard input voor trnsys is gegeven in het hoofdstuk 1.6.1 tot en met 1.6.4. Elk renovatiescenario is voorzien van dezelfde ramen. Dit zijn ramen met HR++ glas met een Uraam waarde van 1,8. In trnsys is dit raam gecreëerd door uit de WinID library te kiezen voor het raam: Pilkington OPTITH-ERM Besch #2. Zie figuur 7 voor de eigenschappen van dit raam.

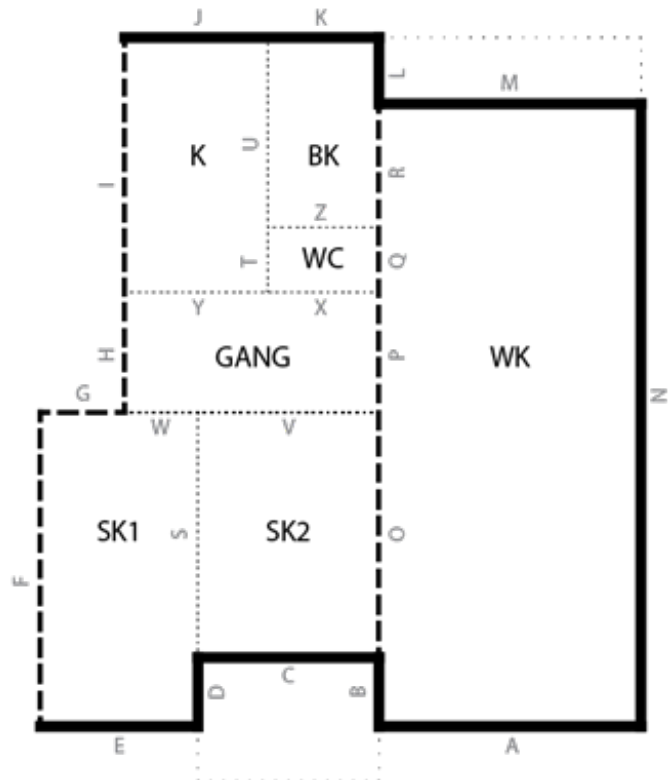
No	WinID	Design	Uglass	g-value	T-sol	Rf-sol	T-vis
74	12002	4/16/4	1,24	0,584	0,516	0,237	0,76

Dit raam zal voor 20% uit kozijn bestaan en voor 80% uit glas. Om $U_{\text{raam}} = 1,8$ te krijgen is het $U_{\text{glas}} = 1,24$ en het $U_{\text{kozijn}} = 2,4$. Dit is te zien in figuur 8 bij c-value. In trnsys dient echter de c-value ingevuld te worden. Dit is de U_{kozijn} gegeven in $\text{kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$. Om $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ naar $\text{kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$ om te rekenen moet dit vermenigvuldigd worden met 3,6. Dat betekent dat $8,64 \text{ kJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$ gelijk staat aan $2,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

The screenshot shows the 'Window Type' Manager interface with the following settings:

- window type:** DOUBLE
- Glazing:**
 - ID number: 12002 (selected from WinID Pool/Lib)
 - slope of window: 90 degree
 - For 1 glazing module: width: 0 m, height: 0 m
 - u - value: 1.24 W/m²K (values acc. to glazing library (for reference only))
 - g - value: 0.584 %/100
 - ID spacer: 0 (Data from w4-lib.dat)
- Frame:**
 - area frame/window: 0.2 % / 100
 - solar absorptance: 0.6
 - c - value (1/R): 8.64 kJ/h m² K (without conv. + rad. heat transfer coefficients!)
 - emissivity: 0.9

Bij elk renovatiescenario zullen de externe vlakken veranderd worden. Dit zijn de vlakken: J, K, L, M, N, A, B, C, D en E (zie figuur 9).

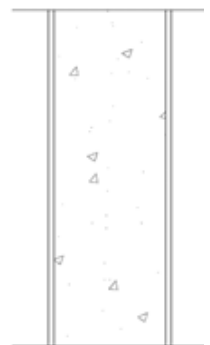


De verdiepingsvloer blijft echter hetzelfde. In de huidige situatie is de verdiepingsvloer hetzelfde als het plafond, maar bij renovaties kan het plafond ook geïsoleerd zijn. De verdiepingsvloer bestaat uit 160 mm gewapend beton. De waarden die hiervoor zijn ingevoerd zijn als volgt:

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m^3 Dichtheid
Gewapend beton	9	0,92	2400

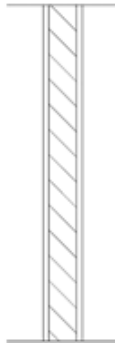
De interne wanden en het dak zullen ook voor alle renovatiescenario's gelijk blijven. Hieronder de waarden van de materialen die voor elk type zijn gebruikt.

De interne zware wand is opgebouwd uit cellenbeton van 0,2 meter en een stuclaag van 0,005 meter aan beide kanten. De waarden, zoals deze zijn ingevoerd, zijn als volgt:



	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m^3 Dichtheid
Lichtbeton	5,4	0,84	600
Stucwerk	1,87	1	1300

De interne lichte wand is opgebouwd uit kalkzandsteen van 0,05 meter en een stu-claag van 0,005 meter aan beide kanten. De waardes, zoals deze zijn ingevoerd, zijn als volgt:



	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m³ Dichtheid
Kalkzandsteen	3,6	0,92	2000
Stucwerk	1,87	1	1300

Het dak is opgebouwd uit dakpannen van 0,02 meter, vuren schootjes van 0,022 en houten balken van 0,017. De waardes, zoals deze zijn ingevoerd, zijn als volgt:

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m³ Dichtheid
Dakpan	4,16	1	2100
Schootjes	0,54	1,88	550
Balk	0,61	1,88	800

Ventilatie: air change rate = 0.7 /h voor elke ruimte.

Infiltratie: air change of infiltration = 0.2 /h voor elke ruimte.

De 'initial value' per ruimte zijn:

- Woonkamer
 - Initial zone temperature: 22°C
 - Initial relative humidity: 50%
- Badkamer
 - Initial zone temperature: 22°C
 - Initial relative humidity: 50%
- Keuken
 - Initial zone temperature: 20°C
 - Initial relative humidity: 50%
- Toilet
 - Initial zone temperature: 20°C
 - Initial relative humidity: 50%
- Gang
 - Initial zone temperature: 20°C
 - Initial relative humidity: 50%
- Slaapkamer 1
 - Initial zone temperature: 20°C
 - Initial relative humidity: 50%
- Slaapkamer 2
 - Initial zone temperature: 20°C
 - Initial relative humidity: 50%

De 'internal gains' zijn voor de woonkamer en slaapkamers ingevuld. Hiervan is 50% stralend vermogen en 50% convectie vermogen bij radiatoren. In het algemene scherm zijn de schema's ingevuld van figuur 11 voor het stralend en convectie vermogen. Per ruimte is dit schema dan verschaald om het voor het juiste aantal m² te berekenen. Deze uitkomsten zijn ook in figuur 11 te zien met de waarde kJ/h in plaats van kJ/hm². Voor de resterende ruimtes is voor de 'internal gain' nul ingevuld.

	Woonkamer [kJ/hm ²]	WK (38,7) [kJ/h]	Slaapkamer [kJ/hm ²]	SK1 (11,7) [kJ/h]	SK2 (10,5) [kJ/h]
0:00 – 7:00	3,6	139,3	10,8	126,4	113,4
7:00 – 17:00	14,4	557,3	1,1	12,9	11,6
17:00 – 23:00	36,0	1.393,2	5,4	63,2	56,7
23:00 – 0:00	3,6	139,3	10,8	126,4	113,4

Renovatiescenario: huidig

Voor dit scenario zijn de vloer en het plafond hetzelfde. Deze zijn allebei niet voorzien van isolatie en bestaan uit gewapend beton van 160 cm dik. De waardes hiervan zijn in het hoofdstuk hiervoor gegeven. De externe vlakken hebben wall type: G_HUIDIG. Dit type muur is opgebouwd uit 0,1 meter baksteen, 0,05 meter luchtspouw, 0,2 meter lichtbeton en 0,005 meter stuc. Dit geeft een U-waarde van 1,738 W/m²K en een totale dikte van 0,355m. De waardes van de verschillende materialen van deze gevel, zoals ingevuld in trnsys:

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
Luchtspouw	1,19	1	1,29	0,050
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Stuc	1,87	1	1300	0,005

De waardes van de materialen van de vloer, zoals ingevuld in trnsys zijn:

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
Gewapend beton	9	0,92	2400	0,16

De verwarming is berekend zoals dit in hoofdstuk 1.6.9 zal worden uitgelegd. De huidige situatie wordt verwarmd met radiatoren op 90/70 aanvoer- en retourtemperatuur. De woonkamer, badkamer, keuken en slaapkamers zijn verwarmd. De gang, het toilet en de zolder zijn onverwarmd. De volgende waardes zijn ingevuld voor de verwarming voor deze situatie:

	Vermogen [kJ/h]	Gedeelte straling [%/100]	Ontwerptemperatuur [°C]
Woonkamer	24.453	0,5	22
Badkamer	3.173	0,5	24
Keuken	5.653	0,5	20
Slaapkamer 1	7.693	0,5	20
Slaapkamer 2	6.895	0,5	20

Renovatiescenario: PUR spouwisolatie

Vloer = plafond = 160 mm gewapend beton.
 Externe vlakken zijn G_SPOUW.

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
PUR	0,13	1,47	90	0,050
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Stuc	1,87	1	1300	0,005

Renovatiescenario: voorzetwand

Vloer = 160 mm gewapend beton, geen
 isolatie.
 Plafond = 160 mm gewapend beton, 50 mm
 PUR isolatieplaten.
 Externe vlakken zijn G_BI_VOORZETW.

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
Luchtsouw	1,19	1	1,19	0,050
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Steenwol	0,18	1,03	143	0,100
Gipsplaat	1,26	1	1100	0,012
Stuc	1,87	1	1300	0,005

Renovatiescenario: Kingspan

Vloer = 160 mm gewapend beton, geen
 isolatie.
 Plafond = 160 mm gewapend beton, 50 mm
 PUR isolatieplaten
 Externe vlakken zijn G_BI_KINGSPAN

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
Luchtsouw	1,19	1	1,19	0,050
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Kingspan	0,09	1	1300	0,005
Stuc	1,87	1	1300	0,005

Renovatiescenario: combinatie van PUR

spouwisolatie en Kingspan

Vloer = 160 mm gewapend beton, geen isolatie.

Plafond = 160 mm gewapend beton, 100 mm PUR isolatieplaten

Externe vlakken zijn G_COMBI

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m^3 Dichtheid	m Dikte
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
PUR	0,13	1,47	90	0,050
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Kingspan	0,09	1	1300	0,005
Stuc	1,87	1	1300	0,005

Renovatiescenario: voorzetgevel

Vloer = 160 mm gewapend beton, geen isolatie.

Plafond = 160 mm gewapend beton, 100 mm PUR isolatieplaten.

Externe vlakken zijn G_BU_VOORZETW

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m^3 Dichtheid	m Dikte
Steenstrips	3,24	0,84	1800	0,015
Multiplex	0,61	1,88	700	0,010
Steenwol	0,18	1,03	143	0,200
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
Luchtspouw	1,19	1	1,19	0,050
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Stuc	1,87	1	1300	0,005

Renovatiescenario: Rc-panels

Vloer = 160 mm gewapend beton, geen isolatie.

Plafond = 160 mm gewapend beton, 100 mm PUR isolatieplaten.

Externe vlakken zijn G_RC

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
eenstrips	3,24	0,84	1800	0,015
ultiplex	0,61	1,88	700	0,010
	0,13	1,45	60	0,230
aksteen	3,24	0,84	1750	0,100
lichtspouw	1,19	1	1,19	0,050
lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
stuc	1,87	1	1300	0,005

Renovatiescenario: nieuwe gevel

Vloer = 160 mm gewapend beton, geen isolatie

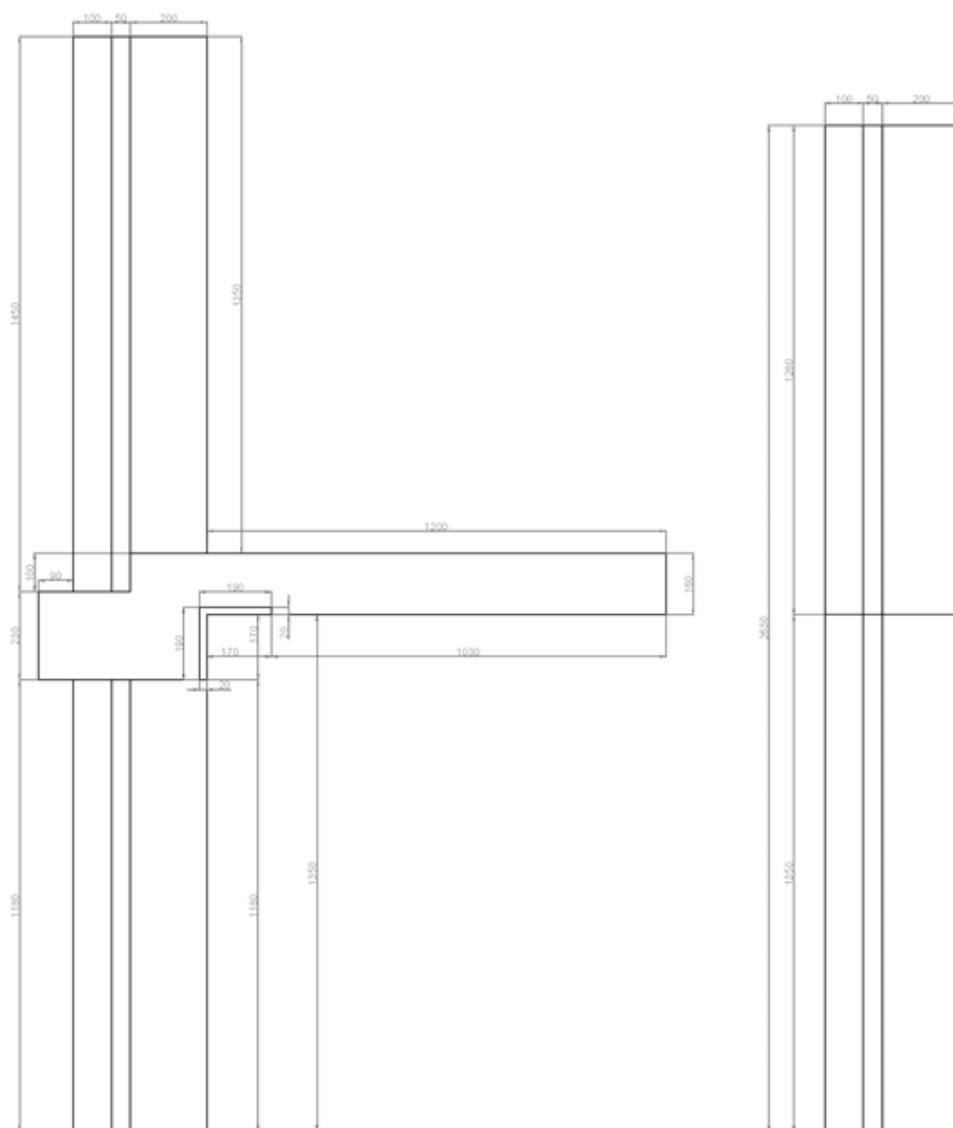
Plafond = 160 mm gewapend beton, 100 mm PUR isolatieplaten.

Externe vlakken zijn G_NIEUW

	kJ/h m K Geleiding	kJ/kg K Warmtecapaciteit	kg/m ³ Dichtheid	m Dikte
Baksteen	3,24	0,84	1750	0,100
Luchtspouw	1,19	1	1,19	0,040
PS	0,13	1,45	60	0,140
Lichtbeton	5,4	0,84	600	0,200
Stuc	1,87	1	1300	0,005

16 Appendix: Therm input

In therm worden de lijnen van het detail uitgetekend. Elk vlak heeft de eigenschappen van een materiaal. Uit de software wordt de psi waarde, gemiddelde U-waarde en T-factor gehaald. Onderstaande doorsnedes geven de afmetingen van het huidige detail, zoals deze in therm is gezet. Per scenario zal de input worden gegeven.

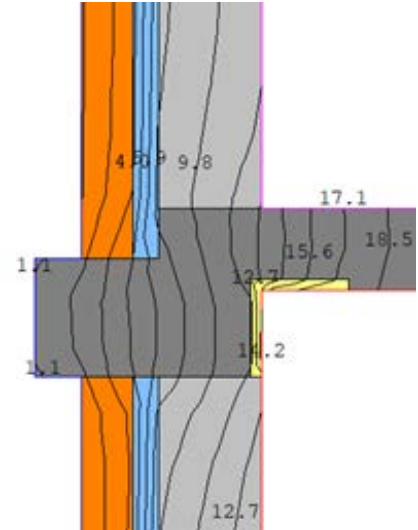


Elk scenario heeft de volgende input:

- Materialen
 - Beton licht
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = 1,5 W/m*K
 - Hoek isolatie
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,2 W/m*K
 - Frame cavity – CEN simplified
 - Frame cavity
 - Cavity model = CEN
 - Gas inhoud = lucht
 - Baksteen
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,9 W/m*K
 - Betonvloer
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = 2,5 W/m*K
- Grenswaarde
 - Buiten
 - Temperatuur = 0°C
 - Film coëfficiënt (U-waarde) = 25 W/m2*K
 - Binnen tot 1,5m
 - Temperatuur = 22°C
 - Film coëfficiënt (U-waarde) = 2 W/m2*K
 - Binnen na 1,5m
 - Temperatuur = 22°C
 - Film coëfficiënt (U-waarde) = 4 W/m2*K
 - Adiabatisch

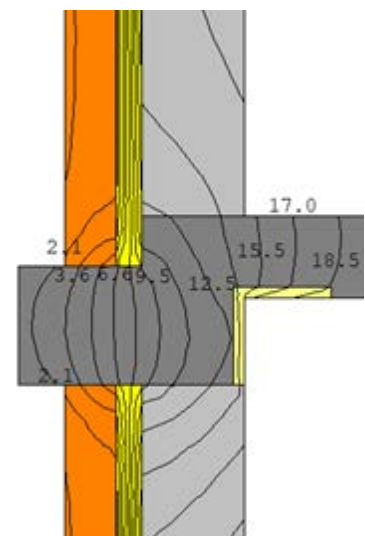
De verschillende scenario's kregen de visuele uitkomsten zoals deze hier te zien zijn.

Renovatiescenario: huidig



Renovatiescenario: PUR spouwisolatie

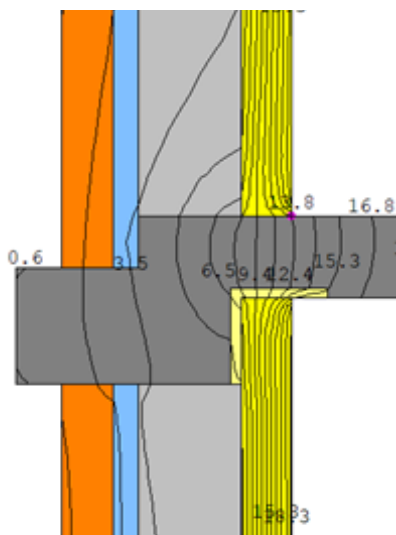
- Materiaal
- PUR
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,035 W/m*K



Renovatiescenario: voorzetwand

Materiaal

- Steenwol+gips+stuc
- Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,064 W/m*K

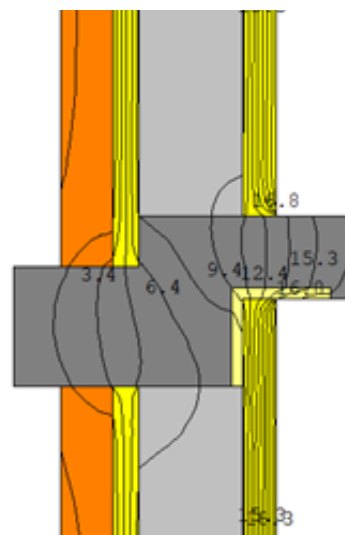


Renovatiescenario: combinatie van

spouwisolatie met Kingspan

Materiaal

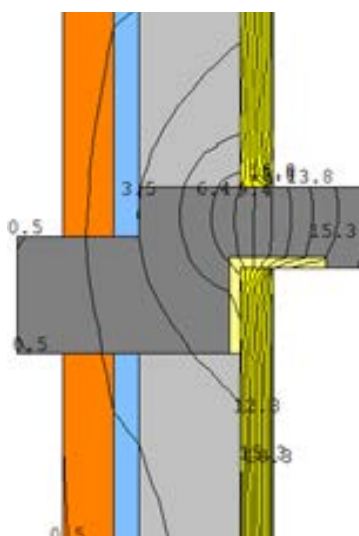
- PUR
- Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,035 W/m*K
- Kingspan
- Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,028 W/m*K



Renovatiescenario: Kingspan

Materiaal

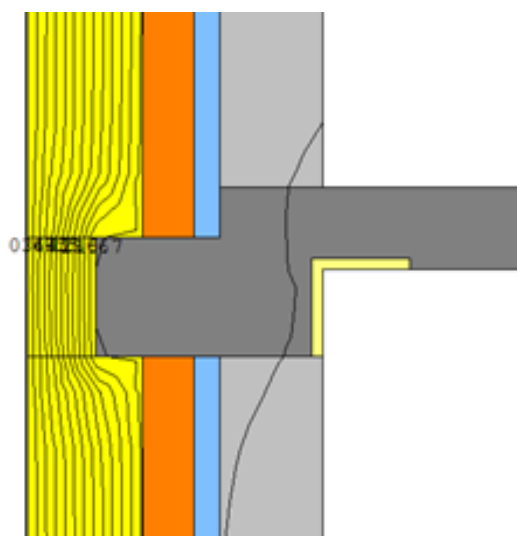
- Kingspan
- Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,028 W/m*K



Renovatiescenario: voorzetgevel

Materiaal

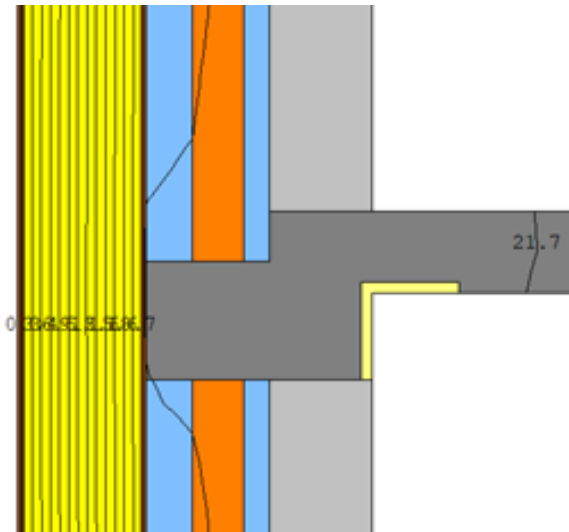
- Steenwol buiten
- Warmtegeleidingscoëfficiënt = 0,055 W/m*K



Renovatiescenario: rc-panels

Materiaal

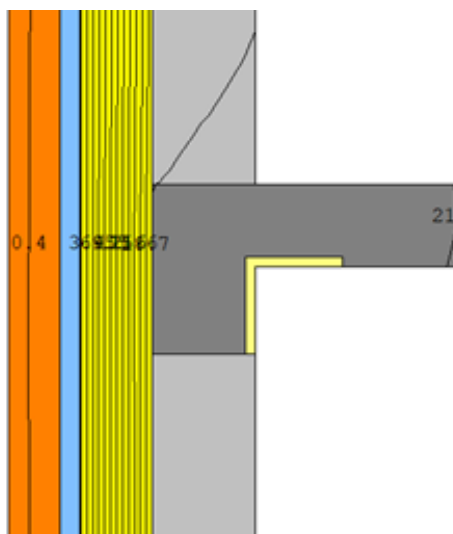
- Piepschuim
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Multiplex
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$



Renovatiescenario: nieuwe gevel

Materiaal

- Piepschuim
 - Warmtegeleidingscoëfficiënt = $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$



17 Appendix: Comfort

Om het comfort uit te rekenen zijn de operatieve temperatuur en de luchttemperatuur met elkaar vergeleken. Bij een groot verschil is er minder comfort dan bij een klein verschil tussen deze twee temperaturen. De operatieve- en luchttemperatuur zijn gemeten voor elk scenario in twee verschillende verwarmingsscenario's.

- De eerste is het scenario waarbij de ruimte constant tot een temperatuur van 22°C wordt verwarmd. Dit scenario is ook gebruikt voor de andere analyses.
- De tweede is een scenario wat ook vaak zal voorkomen. Namelijk een met een schema (zie figuur 1)

Tijd	Woonkamer en badkamer [°C]	Keuken en Slaapkamers [°C]
00:00 - 07:00	20	18
17:00 - 23:00	22	20
23:00 - 00:00	20	18

Figuur 1: Schema luchttemperatuur voor verwarming

Het resultaat van deze analyse zijn de verschillen tussen operatieve- en luchttemperatuur in de maand januari. Deze verschillen zijn te zien in onderstaande tabel (figuur 2). Hierna zal per scenario het resultaat van figuur 2 worden toegelicht.

Scenario	Plafond-Isolatie [mm]	Schema [°C]	Constant [°C]
Huidig	0	1,27	1,31
Spouw	0	0,92	0,95
Spouw	50	0,38	0,41
Voorzetwand	50	0,32	0,35
Kingspan	50	0,31	0,34
Combi	50	0,27	0,30
Combi	100	0,18	0,22
Voorzetgevel	50	0,26	0,30
Voorzetgevel	100	0,17	0,22
Rc-panels	50	0,24	0,28
Rc-panels	100	0,15	0,20
Nieuw	50	0,27	0,30
Nieuw	100	0,18	0,22

Figuur 2: Verschillen tussen operatieve- en luchttemperatuur per scenario

Huidige situatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

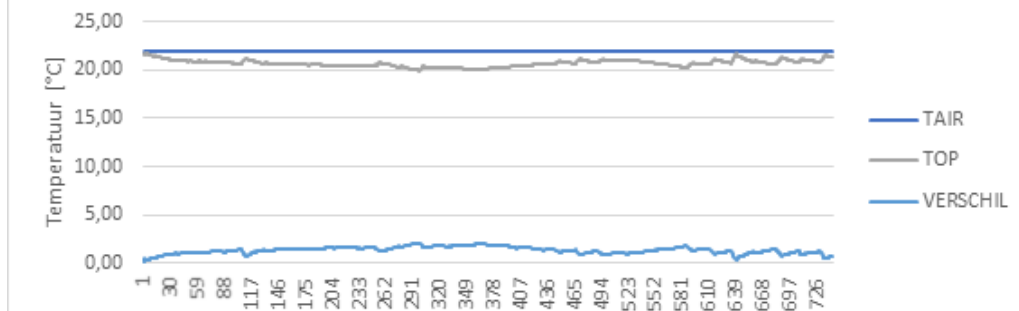
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,03 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

20,72 °C/h

Verskil in januari: 974,86 °C

Gemiddelde verschil: 1.31 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

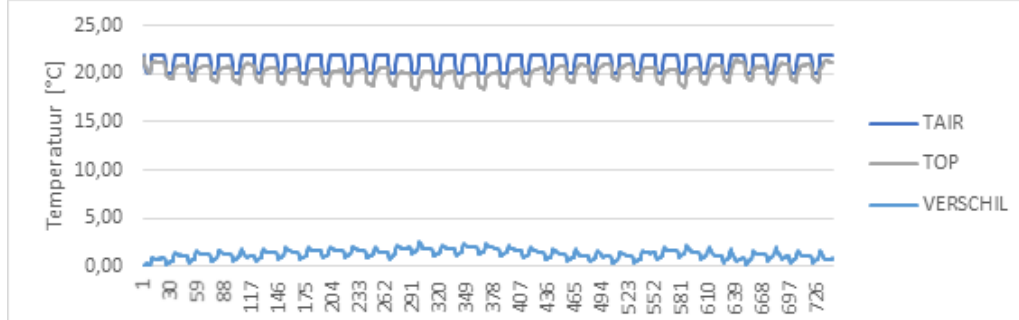
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

20,10 °C/h

Verskil in januari: 944,54 °C

Gemiddelde verschil: 1.27 °C/h



PUR spouwisolatie geen plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

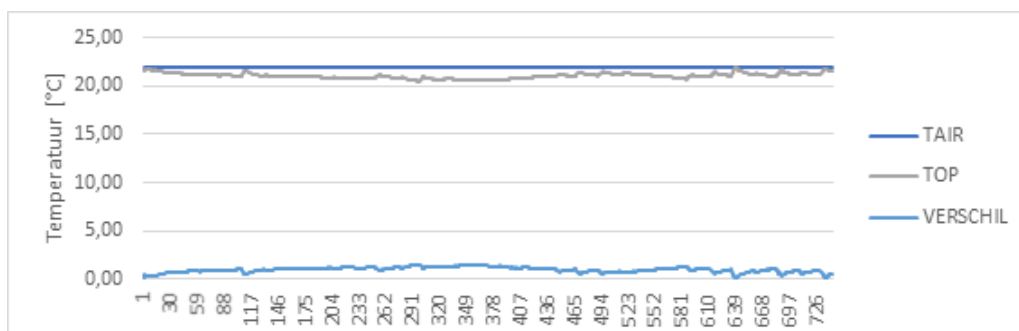
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,03 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,08 °C/h

Verskil in januari: 707,92 °C

Gemiddelde verschil: 0,95 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

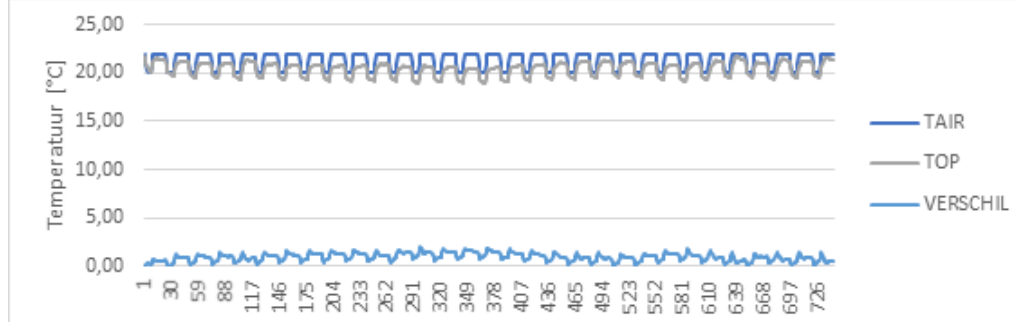
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

20,45 °C/h

Verskil in januari: 686,62 °C

Gemiddelde verschil: 0.92 °C/h



PUR spouwisolatie, 50mm plafondisolatie

Dit scenario is toegevoegd zodat alle scenario's ook vergeleken konden worden, zonder de invloed van de plafondisolatie mee te nemen.

Wanneer er constant verwarmd wordt:

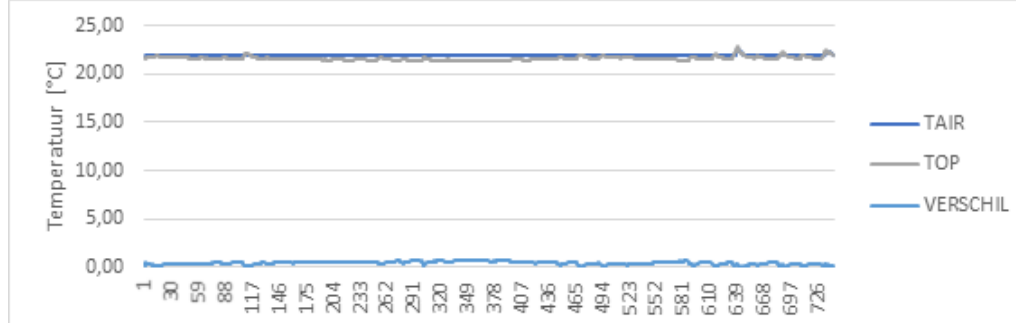
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,03 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,63 °C/h

Verskil in januari: 305,50 °C

Gemiddelde verschil: 0.41 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

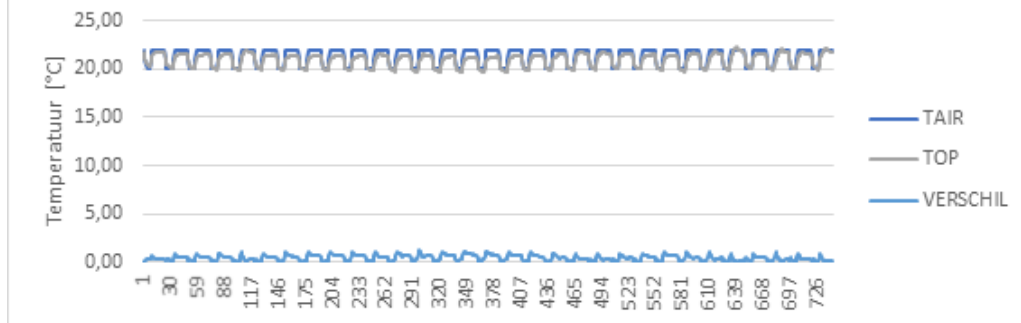
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

20,98 °C/h

Verskil in januari: 321,11 °C

Gemiddelde verschil: 0.38 °C/h



Voorzetwand, 50mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

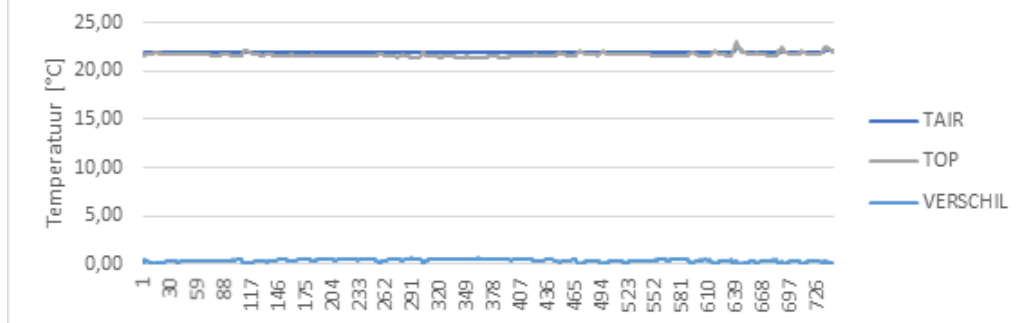
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,04 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,70 °C/h

Verskil in januari: 263,46 °C

Gemiddelde verschil: 0.35 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

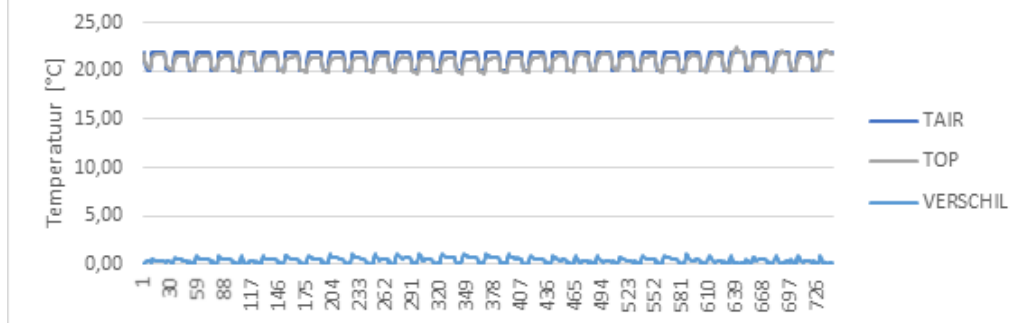
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,04 °C/h

Verskil in januari: 291,34 °C

Gemiddelde verschil: 0.32 °C/h



Kingspan, 50mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

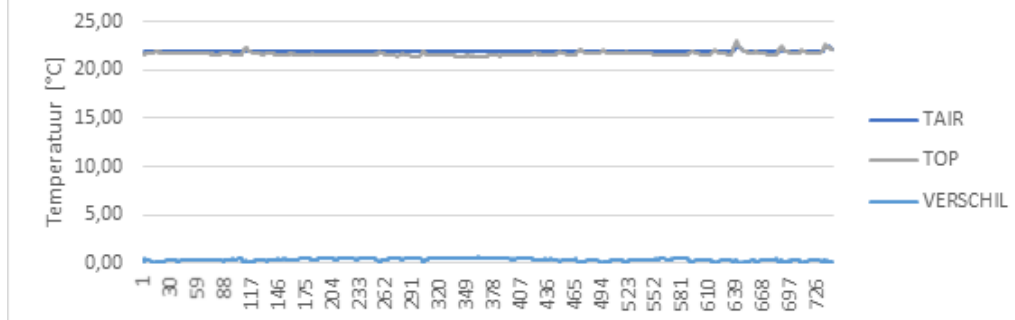
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,04 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,71 °C/h

Verskil in januari: 254,01 °C

Gemiddelde verschil: 0.34 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

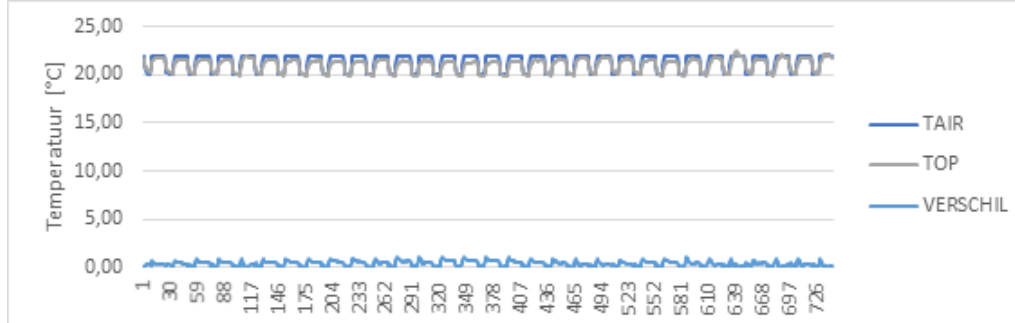
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,06 °C/h

Verskil in januari: 285,23 °C

Gemiddelde verschil: 0.31 °C/h



Combinatie van PUR spouwisolatie en Kingspan, 50mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

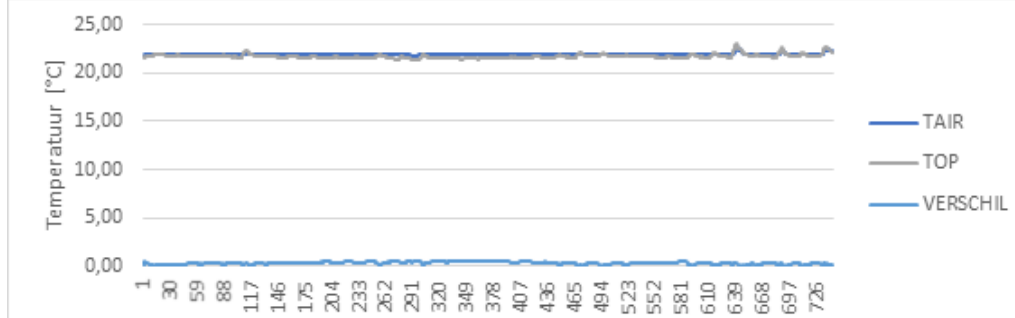
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,04 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

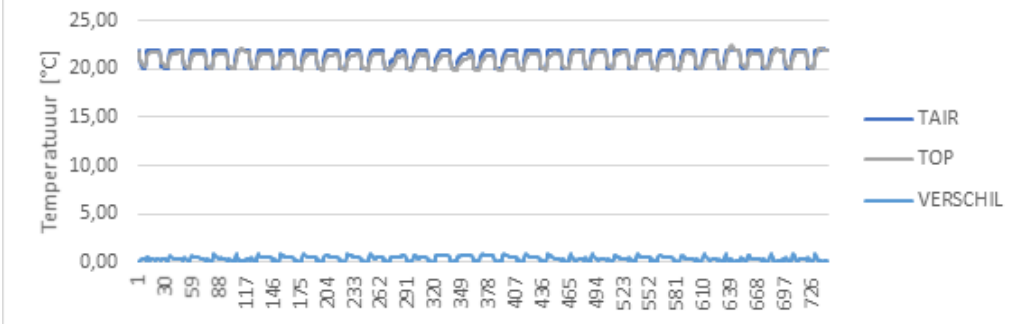
21,75 °C/h

Verskil in januari: 226,44 °C

Gemiddelde verschil: 0.30 °C/h

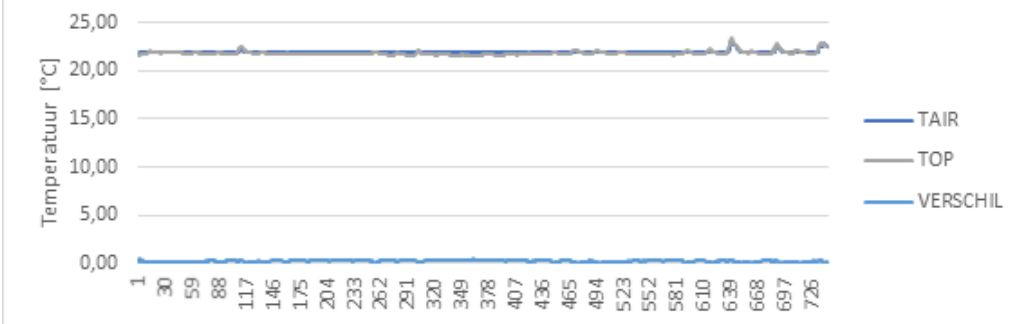


Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:
 Gemiddelde luchttemperatuur: 21,34 °C/h
 Gemiddelde operationele temperatuur: 21,07 °C/h
 Verschil in januari: 267,90 °C
 Gemiddelde verschil: 0.27°C/h

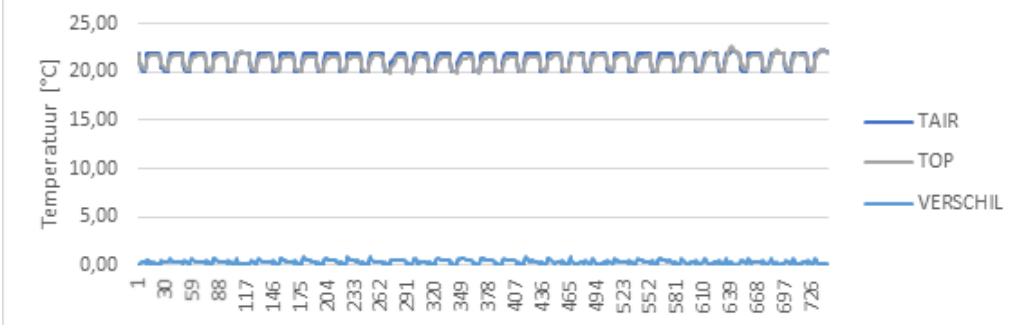


Combinatie van PUR spouwisolatie en Kingspan, 100mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:
 Gemiddelde luchttemperatuur: 22,05 °C/h
 Gemiddelde operationele temperatuur: 21,86 °C/h
 Verschil in januari: 164,83 °C
 Gemiddelde verschil: 0.22 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:
 Gemiddelde luchttemperatuur: 21,36 °C/h
 Gemiddelde operationele temperatuur: 21,18 °C/h
 Verschil in januari: 237,78 °C
 Gemiddelde verschil: 0.18 °C/h



Voorzetgevel, 50mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

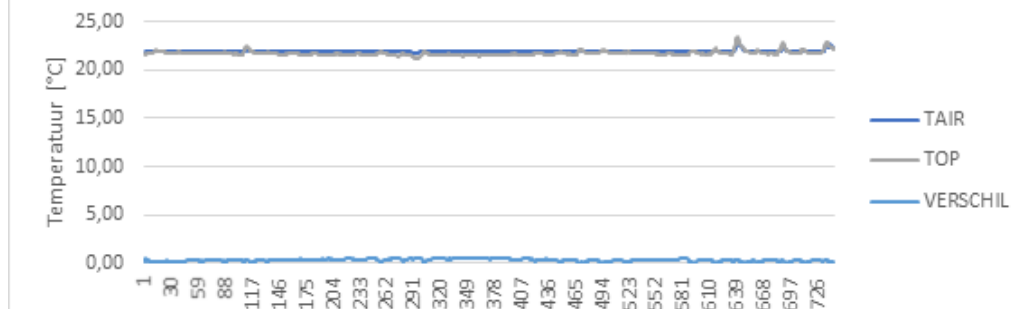
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,04 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,76 °C/h

Verskil in januari: 223,81 °C

Gemiddelde verschil: 0.30 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

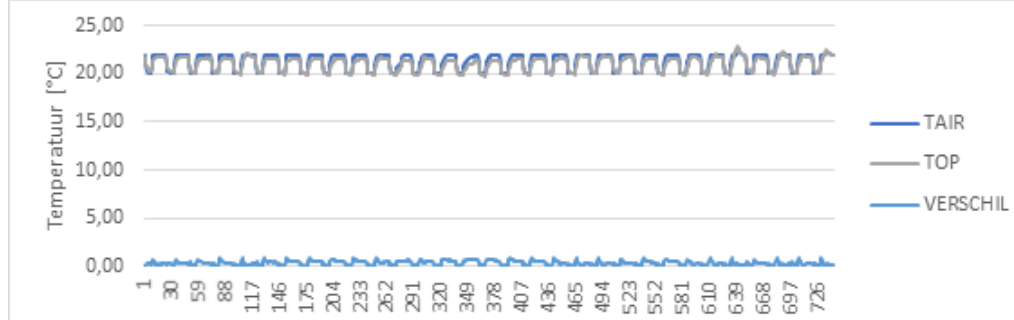
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,34 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,08 °C/h

Verskil in januari: 252,19 °C

Gemiddelde verschil: 0.26 °C/h



Voorzetgevel, 100mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

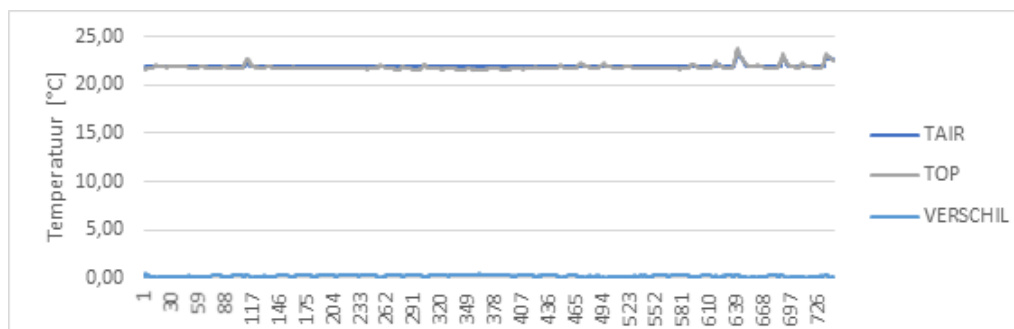
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,06 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,87 °C/h

Verskil in januari: 163,15 °C

Gemiddelde verschil: 0,22 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

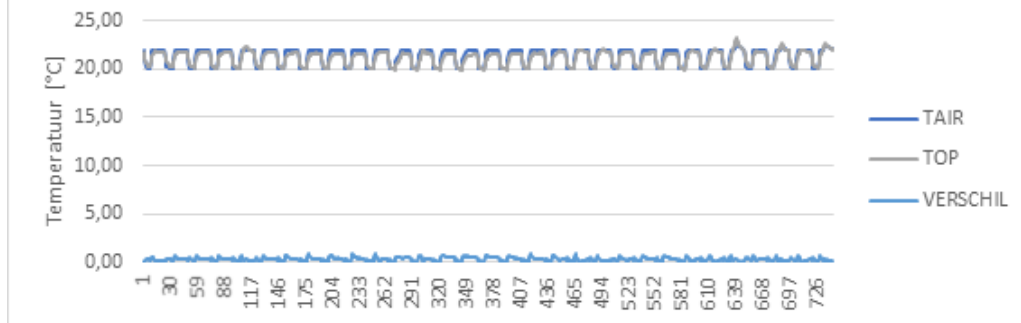
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,19 °C/h

Verskil in januari: 218,86 °C

Gemiddelde verschil: 0.17 °C/h



Rc-panels, 50mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

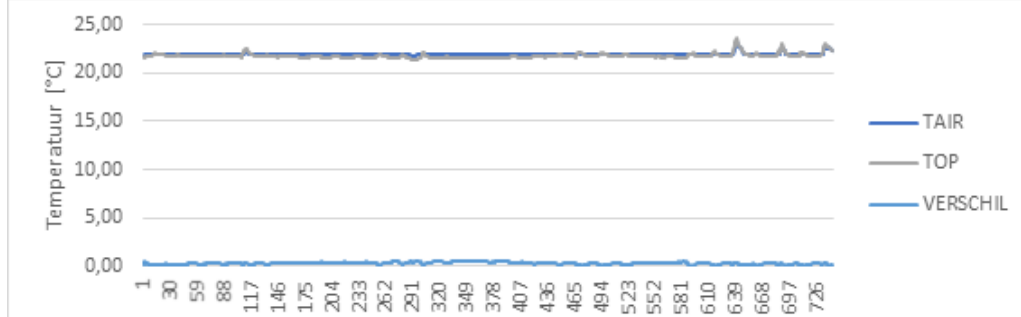
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,05 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,79 °C/h

Verskil in januari: 207,14 °C

Gemiddelde verschil: 0.28 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

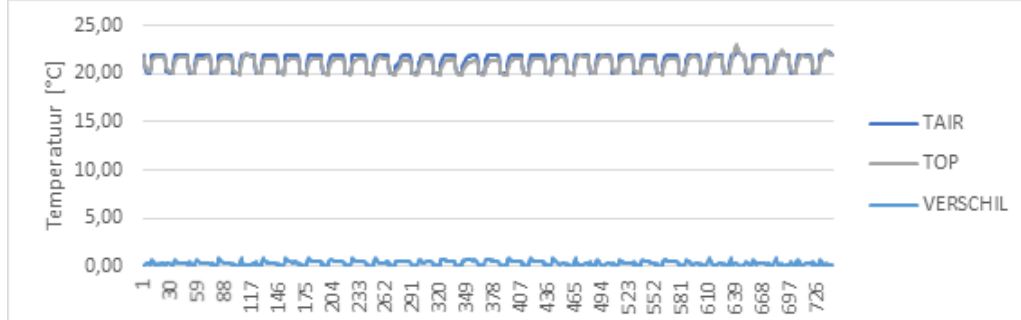
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,35 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,11 °C/h

Verskil in januari: 251,09 °C

Gemiddelde verschil: 0.24 °C/h



Rc-panels, 100mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

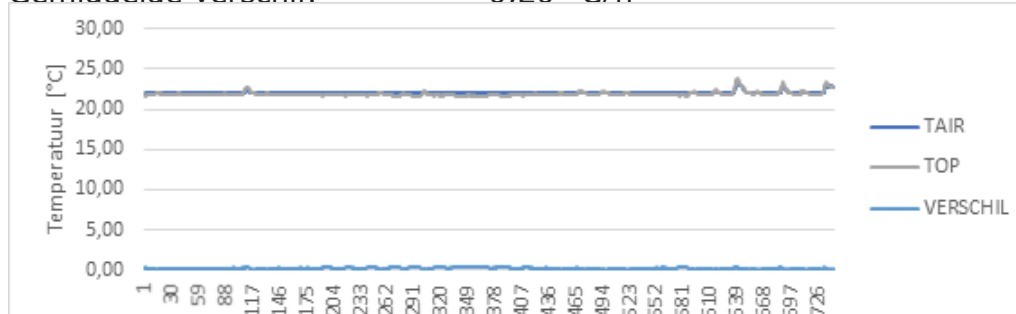
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,07 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,91°C/h

Verskil in januari: 147,76 °C

Gemiddelde verschil: 0.20 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:

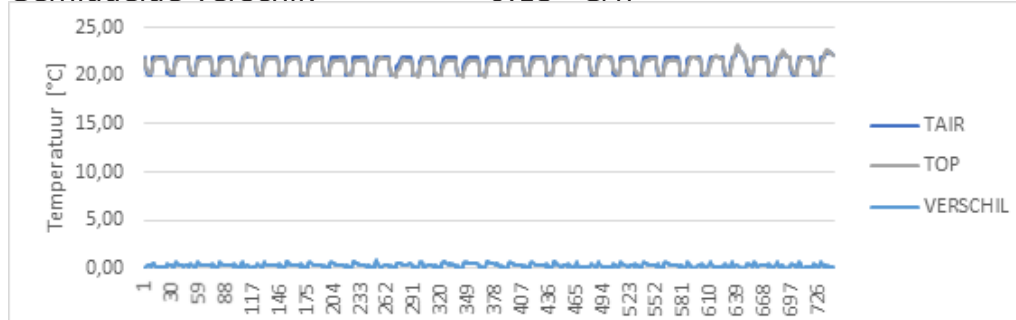
Gemiddelde luchttemperatuur: 21,37 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

21,23 °C/h

Verskil in januari: 211,49 °C

Gemiddelde verschil: 0.15 °C/h



Nieuwe gevel, 50mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:

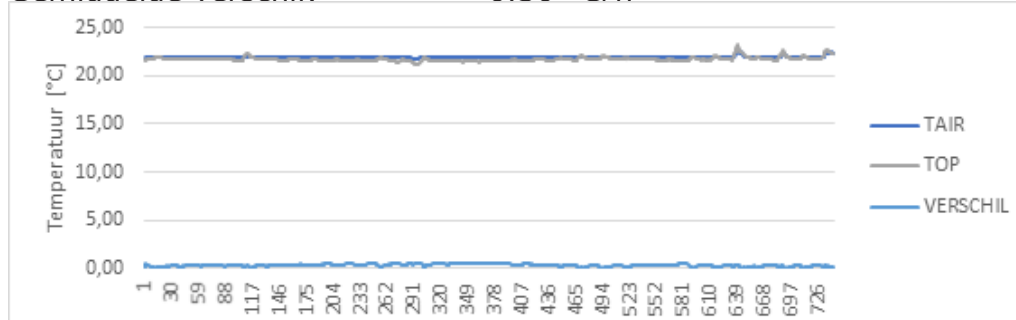
Gemiddelde luchttemperatuur: 22,04 °C/h

Gemiddelde operationele temperatuur:

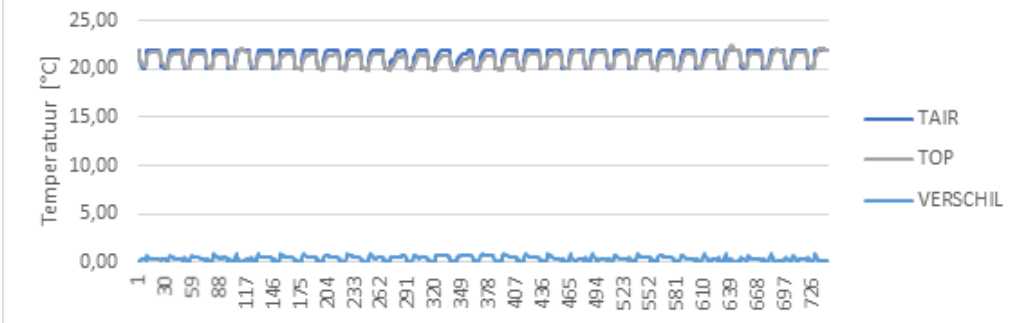
21,75 °C/h

Verskil in januari: 225,66 °C

Gemiddelde verschil: 0.30 °C/h

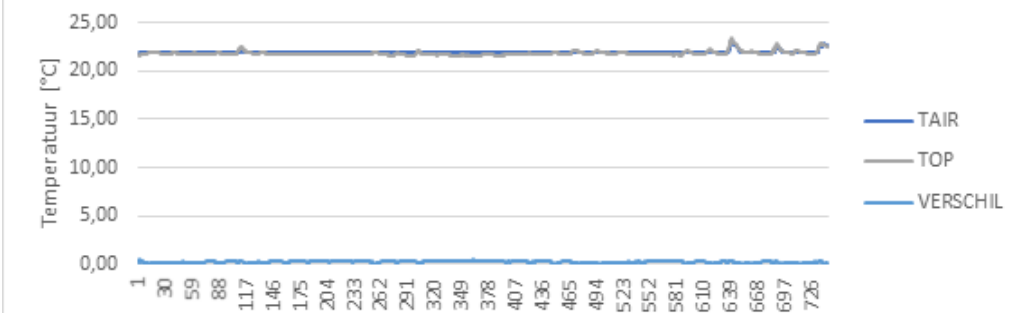


Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:
 Gemiddelde luchttemperatuur: 21,34 °C/h
 Gemiddelde operationele temperatuur:
 21,07 °C/h
 Verschil in januari: 268,41 °C
 Gemiddelde verschil: 0.27 °C/h

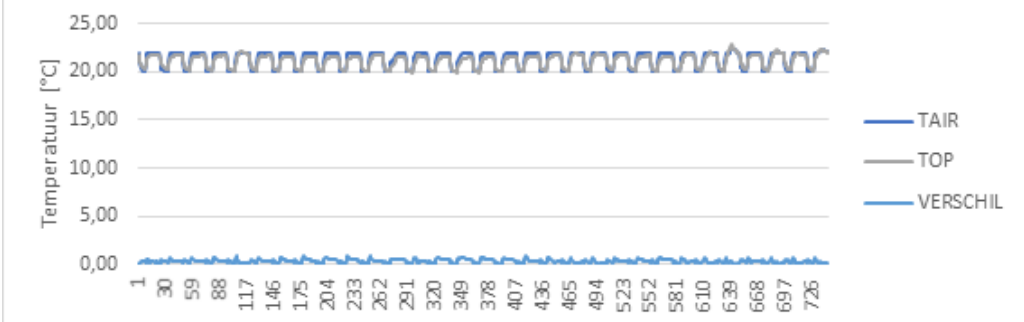


Nieuwe gevel, 100mm plafondisolatie

Wanneer er constant verwarmd wordt:
 Gemiddelde luchttemperatuur: 22,05 °C/h
 Gemiddelde operationele temperatuur:
 21,86 °C/h
 Verschil in januari: 164,34 °C
 Gemiddelde verschil: 0.22 °C/h



Wanneer er verwarmd wordt door middel van een schema:
 Gemiddelde luchttemperatuur: 21,36 °C/h
 Gemiddelde operationele temperatuur:
 21,18 °C/h
 Verschil in januari: 238,82 °C
 Gemiddelde verschil: 0.18 °C/h



18 Appendix: Warmteverlies per oppervlak

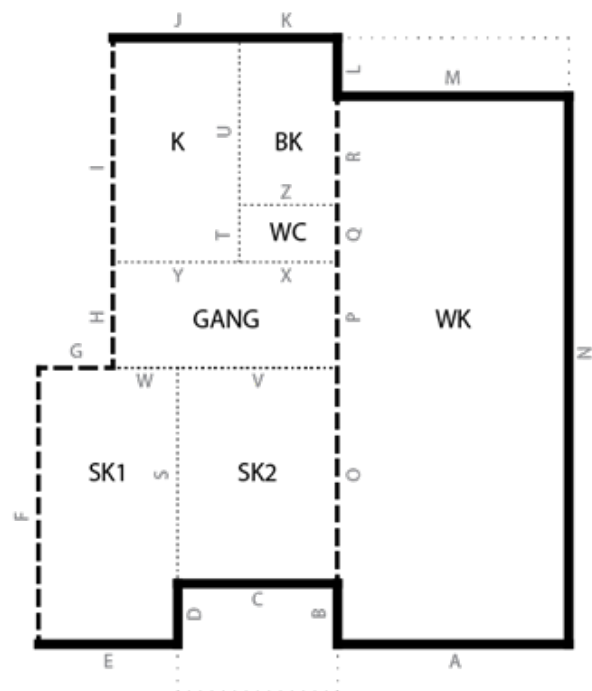
Door te kijken hoeveel warmte er door een bepaald oppervlak gaat kan gekeken worden waar mogelijkheden tot verbetering liggen. Het is alleen lastig om de verliezen goed in te schatten. Wanneer er alleen wordt gekeken naar de hoeveelheid die verloren gaat door een bepaald oppervlak zegt dit niet perse iets over hoe goed dit oppervlak isoleert. Dit kan namelijk ook gebeuren bij een relatief groot oppervlak dat goed isoleert. Een manier om dit mee te nemen is door niet de hoeveelheid verloren warmte te berekenen, maar de hoeveelheid per m². Dit zorgt er namelijk voor dat vlakken met verschillende oppervlaktes met elkaar vergeleken kunnen worden. Het nadeel hieraan is echter dat wanneer een oppervlak erg slecht presteert het niet perse gevolgen heeft voor het totaal om dit aan te passen. Daarom is er gekozen voor een combinatie van de twee. Waarbij het verlies per m² de prestatie per oppervlak weergeeft en waarbij het totale verlies per oppervlak aangeeft wat de impact van die prestatie is op het totaal aan verloren warmte.

Wanneer het slechts presterende oppervlak ook de meeste impact heeft is dit vaak makkelijk te verbeteren omdat er dan een grote stap gemaakt kan worden in de prestatie. Maar wanneer een redelijk goed presterend oppervlak de meeste impact heeft is dit moeilijker. Deze oppervlaktes kunnen namelijk minder verbeterd worden. Er kan namelijk niet zo een grote stap gemaakt worden als bij het vorige voorbeeld en dit zal er ook voor zorgen dat de verbetering niet zoveel impact zal hebben op het totaal aan verloren warmte. Desalniettemin zal dit oppervlak nog steeds de verbetering goed kunnen gebruiken.

In hoofdstuk 7 zijn de mogelijke verbeteringen voor een later stadium gegeven. Het idee hiervan is dat deze gelijk kunnen worden toegevoegd, maar ook later als er misschien weer meer ruimte is voor dit soort investeringen.

In deze appendix zullen de uitkomsten uit trnsys worden gegeven waarmee de resultaten zijn berekend. Er zal begonnen worden met de cijfers waarmee de cirkeldiagrammen zijn gemaakt en hierna zal de achtergrond van deze cijfers (de cijfers per vlak) worden gegeven. Bij de dichte delen van de gevel is de indicatie letter weergegeven. Deze is terug te vinden in de plattegrond van figuur 1.

De input voor de cirkeldiagrammen van hoofdstuk 7 zijn:



Figuur 1: Plattegrond met indicatie letters

Huidig [kW/m2] diagram:

Raam	359	36%
Dichte gevel	294	30%
Vloer	70	7%
Plafond	171	17%
Grens	31	3%
Ventilatie	67	7%
Totaal	992	100%

Huidig [MW] diagram:

Raam	11,4	18%
Dichte gevel	25,8	42%
Vloer	5,2	8%
Plafond	12,7	21%
Grens	0,8	1%
Ventilatie	5,6	9%
Totaal	61,6	100%

Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2201,34	Raam	4,64	51,76
Dichte gevel (M)	348	1440,57	Dichte gevel (K)	4,46	1796,89
Raam	6,16	2560,22	Raam	1,6	566,31
Dichte gevel (A)	4,75	3023,52	Dichte gevel (L)	1,15	610,44
Raam	2,49	906,02	Vloer	5,02	282,18
Dichte gevel (N)	23,38	12578,00	Plafond	5,02	848,54
Vloer	38,7	3303,70	Ventilatie	5,02	381,53
Raam	2,19	793,22	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	358,44	Raam	2,26	606,72
Plafond	38,7	7275,08	Dichte gevel (J)	3,68	1416,33
Ventilatie	38,7	3026,25	Vloer	8,62	247,59
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	1172,27
Raam	7,53	2271,83	Grens (I)	10,58	278,90
Dichte gevel (C)	1,89	1192,37	Ventilatie	8,62	584,27
Vloer	10,52	810,52			
Plafond	10,52	1675,43			
Ventilatie	10,52	763,86			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	894,96			
Dichte gevel (E)	4,31	2669,20			
Raam	1,47	508,17			
Dichte gevel (D)	1,39	729,40			
Vloer	11,74	583,43			
Plafond	11,74	1756,33			
Grens (F)	13,04	444,59			
Grens (G)	3,58	122,41			
Ventilatie	11,74	833,74			

Spouw [kW/m2] diagram:

Raam	365	41%
Dichte gevel	181	21%
Vloer	63	7%
Plafond	175	20%
Grens	28	3%
Ventilatie	69	8%
Totaal	880	100%

Spouw [MW] diagram:

Raam	11,6	21%
Dichte gevel	20,4	36%
Vloer	4,8	8%
Plafond	13,1	23%
Grens	0,8	1%
Ventilatie	5,7	10%
Totaal	56,3	100%

Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2254,79	Raam	4,64	5,91
Dichte gevel (M)	348	982,1	Dichte gevel (K)	4,46	1241,30
Raam	6,16	2604,44	Raam	1,6	576,63
Dichte gevel (A)	4,75	2561,89	Dichte gevel (L)	1,15	489,26
Raam	2,49	923,79	Vloer	5,02	238,41
Dichte gevel (N)	23,38	9979,39	Plafond	5,02	871,15
Vloer	38,7	2913,55	Ventilatie	5,02	390,90
Raam	2,19	808,87	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	283,99	Raam	2,26	618,80
Plafond	38,7	7536,44	Dichte gevel (J)	3,68	1000,16
Ventilatie	38,7	3100,75	Vloer	8,62	216,05
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	1194,49
Raam	7,53	2296,50	Grens (I)	10,58	240,82
Dichte gevel (C)	1,89	1015,24	Ventilatie	8,62	600,03
Vloer	10,52	794,34			
Plafond	10,52	1688,58			
Ventilatie	10,52	780,47			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	906,29			
Dichte gevel (E)	4,31	2297,19			
Raam	1,47	515,54			
Dichte gevel (D)	1,39	587,09			
Vloer	11,74	542,26			
Plafond	11,74	1783,35			
Grens (F)	13,04	401,46			
Grens (G)	3,58	110,54			
Ventilatie	11,74	853,83			

Voorzetwand [kW/m2] diagram:

Raam	376	52%
Dichte gevel	157	22%
Vloer	51	7%
Plafond	51	7%
Grens	20	3%
Ventilatie	71	10%
Totaal	726	100%

Voorzetwand [MW] diagram:

Raam	11,9	26%
Dichte gevel	19,7	43%
Vloer	3,8	8%
Plafond	3,8	8%
Grens	0,5	1%
Ventilatie	6,0	13%
Totaal	45,6	100%

Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2347,29	Raam	4,64	53,78
Dichte gevel (M)	348	915,26	Dichte gevel (K)	4,46	1153,58
Raam	6,16	2680,94	Raam	1,6	584,39
Dichte gevel (A)	4,75	2495,83	Dichte gevel (L)	1,15	469,91
Raam	2,49	954,53	Vloer	5,02	187,71
Dichte gevel (N)	23,38	9607,06	Plafond	5,02	245,92
Vloer	38,7	2308,56	Ventilatie	5,02	396,44
Raam	2,19	835,96	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	273,21	Raam	2,26	627,62
Plafond	38,7	2086,38	Dichte gevel (J)	3,68	934,09
Ventilatie	38,7	3233,13	Vloer	8,62	138,71
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	368,81
Raam	7,53	2366,69	Grens (I)	10,58	154,43
Dichte gevel (C)	1,89	990,85	Ventilatie	8,62	607,84
Vloer	10,52	713,93			
Plafond	10,52	518,15			
Ventilatie	10,52	824,20			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	930,13			
Dichte gevel (E)	4,31	2244,45			
Raam	1,47	531,07			
Dichte gevel (D)	1,39	566,61			
Vloer	11,74	448,79			
Plafond	11,74	551,62			
Grens (F)	13,04	300,42			
Grens (G)	3,58	82,72			
Ventilatie	11,74	895,08			

Kingspan [kW/m²] diagram:

Raam	377	52%
Dichte gevel	157	22%
Vloer	51	7%
Plafond	51	7%
Grens	20	3%
Ventilatie	77	10%
Totaal	726	100%

Kingspan [MW] diagram:

Raam	11,9	26%
Dichte gevel	19,6	43%
Vloer	3,8	8%
Plafond	3,8	8%
Grens	0,5	1%
Ventilatie	6,0	13%
Totaal	45,6	100%

Vlak	Oppervlak [m ²]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m ²]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2352,71	Raam	4,64	53,88
Dichte gevel (M)	348	896,31	Dichte gevel (K)	4,46	1131,26
Raam	6,16	2685,43	Raam	1,6	585,28
Dichte gevel (A)	4,75	2475,91	Dichte gevel (L)	1,15	464,94
Raam	2,49	956,34	Vloer	5,02	186,05
Dichte gevel (N)	23,38	9697,80	Plafond	5,02	246,51
Vloer	38,7	2295,17	Ventilatie	5,02	397,42
Raam	2,19	837,55	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	270,05	Raam	2,26	628,74
Plafond	38,7	2093,55	Dichte gevel (J)	3,68	917,42
Ventilatie	38,7	3242,66	Vloer	8,62	137,80
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	369,65
Raam	7,53	2369,46	Grens (I)	10,58	153,09
Dichte gevel (C)	1,89	983,26	Ventilatie	8,62	609,44
Vloer	10,52	713,41			
Plafond	10,52	519,32			
Ventilatie	10,52	826,12			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	931,29			
Dichte gevel (E)	4,31	2228,43			
Raam	1,47	531,82			
Dichte gevel (D)	1,39	560,63			
Vloer	11,74	447,49			
Plafond	11,74	552,99			
Grens (F)	13,04	298,97			
Grens (G)	3,58	82,32			
Ventilatie	11,74	897,31			

Combi [kW/m2] diagram:

Raam	382	55%
Dichte gevel	138	20%
Vloer	48	7%
Plafond	31	5%
Grens	18	3%
Ventilatie	73	11%
Totaal	691	100%

Combi [MW] diagram:

Raam	12,1	28%
Dichte gevel	18,9	43%
Vloer	3,6	8%
Plafond	2,3	5%
Grens	0,5	1%
Ventilatie	6,1	14%
Totaal	43,5	100%

Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2392,59	Raam	4,64	54,49
Dichte gevel (M)	348	850,38	Dichte gevel (K)	4,46	1076,80
Raam	6,16	2718,42	Raam	1,6	590,73
Dichte gevel (A)	4,75	2428,42	Dichte gevel (L)	1,15	452,90
Raam	2,49	969,61	Vloer	5,02	173,16
Dichte gevel (N)	23,38	9236,18	Plafond	5,02	152,46
Vloer	38,7	2170,35	Ventilatie	5,02	403,14
Raam	2,19	849,25	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	262,48	Raam	2,26	636,54
Plafond	38,7	1291,25	Dichte gevel (J)	3,68	876,96
Ventilatie	38,7	3309,83	Vloer	8,62	122,02
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	232,71
Raam	7,53	2399,48	Grens (I)	10,58	132,89
Dichte gevel (C)	1,89	965,41	Ventilatie	8,62	619,88
Vloer	10,52	697,47			
Plafond	10,52	325,02			
Ventilatie	10,52	846,00			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	942,60			
Dichte gevel (E)	4,31	2190,86			
Raam	1,47	539,19			
Dichte gevel (D)	1,39	546,45			
Vloer	11,74	427,00			
Plafond	11,74	347,41			
Grens (F)	13,04	276,38			
Grens (G)	3,58	76,10			
Ventilatie	11,74	918,38			

Voorzetgevel [kW/m2] diagram:

Raam	383	56%
Dichte gevel	136	20%
Vloer	48	7%
Plafond	32	5%
Grens	18	3%
Ventilatie	73	11%
Totaal	690	100%

Voorzetgevel [MW] diagram:

Raam	12,1	28%
Dichte gevel	18,8	43%
Vloer	3,6	8%
Plafond	2,4	5%
Grens	0,5	1%
Ventilatie	6,1	14%
Totaal	43,5	100%

Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2399,99	Raam	4,64	54,61
Dichte gevel (M)	348	842,96	Dichte gevel (K)	4,46	1068,60
Raam	6,16	2724,54	Raam	1,6	591,75
Dichte gevel (A)	4,75	2420,48	Dichte gevel (L)	1,15	451,11
Raam	2,49	972,08	Vloer	5,02	172,18
Dichte gevel (N)	23,38	9194,42	Plafond	5,02	152,82
Vloer	38,7	2168,74	Ventilatie	5,02	404,35
Raam	2,19	851,42	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	261,27	Raam	2,26	637,83
Plafond	38,7	1297,13	Dichte gevel (J)	3,68	871,15
Ventilatie	38,7	3324,46	Vloer	8,62	123,21
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	233,28
Raam	7,53	2403,57	Grens (I)	10,58	132,13
Dichte gevel (C)	1,89	962,31	Ventilatie	8,62	621,77
Vloer	10,52	697,52			
Plafond	10,52	326,09			
Ventilatie	10,52	848,89			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	944,18			
Dichte gevel (E)	4,31	2184,56			
Raam	1,47	540,23			
Dichte gevel (D)	1,39	544,20			
Vloer	11,74	426,76			
Plafond	11,74	348,53			
Grens (F)	13,04	276,46			
Grens (G)	3,58	76,11			
Ventilatie	11,74	921,55			

Rc-panels [kW/m2] diagram:

Raam	384	56%
Dichte gevel	126	19%
Vloer	48	7%
Plafond	32	5%
Grens	18	3%
Ventilatie	74	11%
Totaal	682	100%

Rc-panels [MW] diagram:

Raam	12,2	28%
Dichte gevel	18,4	43%
Vloer	3,6	8%
Plafond	2,4	6%
Grens	0,5	1%
Ventilatie	6,2	14%
Totaal	43,1	100%

Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m2]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2413,60	Raam	4,64	54,86
Dichte gevel (M)	348	808,30	Dichte gevel (K)	4,46	1028,47
Raam	6,16	2735,80	Raam	1,6	594,04
Dichte gevel (A)	4,75	2383,04	Dichte gevel (L)	1,15	442,08
Raam	2,49	976,62	Vloer	5,02	169,10
Dichte gevel (N)	23,38	8993,05	Plafond	5,02	153,75
Vloer	38,7	2144,84	Ventilatie	5,02	406,93
Raam	2,19	855,42	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	255,42	Raam	2,26	640,72
Plafond	38,7	1307,27	Dichte gevel (J)	3,68	841,22
Ventilatie	38,7	3348,71	Vloer	8,62	121,52
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	234,65
Raam	7,53	2410,68	Grens (I)	10,58	129,68
Dichte gevel (C)	1,89	948,13	Ventilatie	8,62	625,95
Vloer	10,52	696,56			
Plafond	10,52	327,86			
Ventilatie	10,52	853,81			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	947,12			
Dichte gevel (E)	4,31	2154,62			
Raam	1,47	542,14			
Dichte gevel (D)	1,39	533,23			
Vloer	11,74	424,38			
Plafond	11,74	350,57			
Grens (F)	13,04	273,89			
Grens (G)	3,58	75,40			
Ventilatie	11,74	927,20			

Nieuwe gevel [kW/m²] diagram:

Raam	382	55%
Dichte gevel	137	20%
Vloer	48	7%
Plafond	32	5%
Grens	18	3%
Ventilatie	73	11%
Totaal	690	100%

Nieuwe gevel [MW] diagram:

Raam	12,1	28%
Dichte gevel	18,8	43%
Vloer	3,6	8%
Plafond	2,4	5%
Grens	0,5	1%
Ventilatie	6,1	14%
Totaal	43,5	100%

Vlak	Oppervlak [m ²]	Verlies [kW]	Vlak	Oppervlak [m ²]	Verlies [kW]
Woonkamer:			Badkamer:		
Raam	7,43	2395,67	Raam	4,64	54,55
Dichte gevel (M)	348	844,99	Dichte gevel (K)	4,46	1070,67
Raam	6,16	2720,97	Raam	1,6	591,22
Dichte gevel (A)	4,75	2422,59	Dichte gevel (L)	1,15	451,54
Raam	2,49	970,64	Vloer	5,02	172,65
Dichte gevel (N)	23,38	9205,25	Plafond	5,02	152,64
Vloer	38,7	2167,07	Ventilatie	5,02	403,71
Raam	2,19	850,16	Keuken:		
Dichte gevel (B)	0,67	261,58	Raam	2,26	637,18
Plafond	38,7	1293,43	Dichte gevel (J)	3,68	872,51
Ventilatie	38,7	3315,48	Vloer	8,62	121,63
Slaapkamer 2:			Plafond	8,62	233,00
Raam	7,53	2401,27	Grens (I)	10,58	132,53
Dichte gevel (C)	1,89	963,20	Ventilatie	8,62	620,82
Vloer	10,52	697,42			
Plafond	10,52	325,47			
Ventilatie	10,52	847,24			
Slaapkamer 1:					
Raam	2,25	943,36			
Dichte gevel (E)	4,31	2186,25			
Raam	1,47	539,69			
Dichte gevel (D)	1,39	544,78			
Vloer	11,74	426,79			
Plafond	11,74	347,93			
Grens (F)	13,04	276,13			
Grens (G)	3,58	76,03			
Ventilatie	11,74	919,89			

19 Appendix: Ventilatie systeem

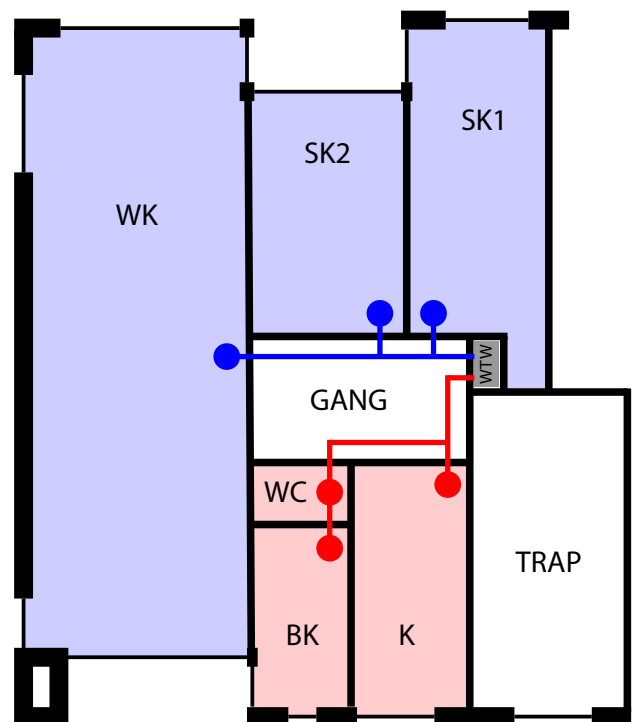
In hoofdstuk 7 worden verschillende ventilatiesystemen besproken. De analyse heeft betrekking op de keuze tussen systeem C en systeem D met WTW (warmteterugwinning). Voor WTW zijn de afvoer- en de aanvoer van lucht mechanisch. Deze worden af- en toegevoerd via buizen in het plafond. Bij de WTW wordt de buis voor afvoer van lucht dicht bij de aanvoer van lucht. Op deze manier kan de warme lucht van de afvoer de koude lucht van buiten voor de aanvoer opwarmen. Een WTW unit kan een rendement van 70-95% hebben. Voor de berekening is uitgegaan van een rendement van 90% aangezien de meeste nieuw gekochte WTW units dit rendement zullen leveren. Dit zal ik verduidelijken met een kort rekenvoorbeeld. (Warmtepomp weetjes, 2019) Het buiten 10°C en binnen 20°C. De lucht moet dus 10°C opgewarmd worden wanneer het de kamer binnen komt (bijvoorbeeld met een radiator). Wanneer een WTW met een rendement van 90% wordt gebruikt voor de ventilatie zal de lucht nog maar 1°C hoeven worden opgewarmd. In de WTW zal de afvoer van lucht met 20°C de ingevoerde lucht van 10°C naar 19°C verwarmen. De lucht zal dus met een temperatuur van 19°C de kamer binnen komen en nog maar een beetje opgewarmd hoeven worden. (Warmtepomp weetjes, 2019)

De tabel van figuur 1 (op de volgende pagina) laat alle uitkomsten. In deze tabel kunnen de verschillende scenario's goed vergeleken worden.

Scenario		Huidig	Spouw	Voorzetwand	Kingspan	Combi	Voorzetgevel	Rc-panels	Nieuwe gevel
Systeem C	Plafond isolatie dikte [mm]	0	0	50	50	100	100	100	100
	Wamtevraag [kWh/m ²]	258	204	109	107	86	85	82	85
	Capaciteit radiator (99,5%) [W]	4967	4097	2669	2641	2308	2305	2243	2314
	Temperatuur radiator WK	75/65	70/55	60/45	60/45	55/45	55/45	55/45	55/45
Systeem D	Wamtevraag [kWh/m ²]	205	154	65	63	44	43	40	44
	Vershil in wamtevraag [kWh/m ²]	53	50	44	44	42	42	42	41
	Capaciteit radiator (99,5%) [W]	4164	3306	1895	1858	1561	1560	1508	1569
	Temperatuur radiator WK	70/55	65/50	55/40	55/35	50/35	50/35	50/35	50/35

Figuur 1: Tabel met uitkomsten voor WTW

Zoals aangegeven zijn er voor ventilatie met systeem D twee type buizen nodig: een afvoerbuis en een aanvoerbuis. Deze buizen zijn in het plafond weggewerkt en de WTW heeft een kast nodig, zodat er ook gemakkelijk onderhoud gepleegd kan worden. Een eis voor de woning is dus dat de plafonds hoog genoeg zijn en dat er ruimte is om de WTW unit op te bergen. In het appartement aan de Karel Klinkerbergstraat is dit geen probleem. De vrije hoogte van de verdieping is 2,7m. Om aan de nieuwbouw eis te voldoen is een vrije hoogte van 2,3m voldoende (Bouwbesluit, 2012). Dit laat genoeg ruimte voor de buizen. Een ander voordeel is de centrale ligging van de gang. Hierdoor hoeven er amper buizen te lopen door een andere ruimte dan de gang en kunnen de andere ruimtes dus ook 2,7m hoog blijven. Voor de WTW is een kast in de gang beschikbaar. In de plattegrond in figuur 1 is dit allemaal zichtbaar. Blauw is de lucht toevoer en rood is de lucht afvoer. Net als bij systeem C worden alleen de keuken, badkamer en het toilet afgezogen.



Figuur 2: Plattegrond voor ventilatie met WTW

