

Bijlagen

Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira

465230 – 488557

Het nieuwe leven van Huize Parklust

juni 2015

Inhoudsopgave

Bijlage 1 – Programma van Eisen

Bijlage 2 – Vooronderzoek

Bijlage 3 – Monument Huize Parklust

Bijlage 4 – Bouwtechniek

- 4A – RC-waarde
- 4B – Dampdiffusie
- 4C – Toelaatbare vocht
- 4D – Bouwtechnisch tekenwerk

Bijlage 5 – Installatietechniek

- 5A – Warmtelast berekening
- 5B – Luchtverversing
- 5C – Luchtsnelheid en kanalen
- 5D – Installatietekeningen
- 5E – EPC berekening

Bijlage 6 – Literatuurstudie

Bijlage 7 – Procesdocumenten

- 7A – Plan van Aanpak
 - 7A – 1 Projectplanning
 - 7A – 2 Schematisering Plan van Aanpak
 - 7A – 3 POP Kubra Peker
 - 7A – 4 POP Ermeson Malaquias
 - 7A – 5 Beoordelingsformulier
- 7B – Reflectieverslagen
- 7C – Vergaderingen
- 7D – Urenverantwoording

1 - Programma van Eisen

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Project-eisen en uitgangspunten	5
1.1 Behouden van de monumentale waarden	5
1.2 Energie-nul concept	6
1.3 Bouwtechnische aspecten.....	6
1.4 Installatietechniek.....	7
2 Bouwbesluit eisen.....	8
3 Gebruikerseisen.....	9

Inleiding

In dit document zijn de uitgangspunten en eisen van het project 'Het nieuwe leven van Huize Parklust' geformuleerd, onderverdeeld in drie categorieën:

- Project-eisen en uitgangspunten
- Het Bouwbesluit
- Gebruikerseisen

Project-eisen en uitgangspunten

Om een duurzame toekomst te realiseren voor Huize Parklust stellen we eisen en uitgangspunten voor de volgende onderdelen

- Monumentale waarden
- Energie-nul concept
- Bouwtechnische aspecten
- Installatietechniek

Het Bouwbesluit

Monumenten hebben uitsluitend met de veiligheidseisen van het Bouwbesluit te maken. Deze eisen zijn in dit Programma van Eisen opgenomen. Daarnaast worden er aanvullende eisen gesteld aan de thermische schil van Huize Parklust, met de intentie om het energieverbruik te beperken en om het comfort, leef- en woonkwaliteit te verhogen.

Gebruikerseisen

In overleg met de opdrachtgever zijn er eisen opgesteld. Deze eisen zijn gericht op gebruik en wensen.

1 Project-eisen en uitgangspunten

1.1 Behouden van de monumentale waarden

	Eisen en uitgangspunten	Toelichting
<i>Constructie</i>	De constructieonderdelen mogen slechts te worden behouden	De constructie vertegenwoordigd de bouwwijze uit het verleden van het monument.
	De constructie onderdelen mogen pas worden vervangen als deze aangetast zijn en hierdoor hun functie dreigen te verliezen	Er worden geen onnodige wijzingen in de huidige constructie en materialisatie gedaan.
	Er mag geen staalconstructie worden toegepast	De huidige constructie bestaat uit bakstenen en houten balken. Omdat staal een hogere uitzettingscoëfficiënt heeft, kunnen er spanningen ontstaan die de bestaande constructie kunnen aantasten.
<i>Gevels</i>	Er worden uitsluitend reversibele voorzieningen aangebracht	Voorzieningen die (permanente) wijzigingen aan de monumentale gevels toebrengen zijn verboden vanwege de monumentale waarden.
	De gevels mogen niet worden gehydrofobeerd	Hydrofoberen van gevels is niet reversibel en tast hierdoor de monumentale waarden aan.
	Het metselwerk dient gerepareerd te worden in dezelfde materialisatie en kleur. Dit geldt ook voor het voegwerk.	
	De frieslijsten en waterlijsten dienen gerepareerd te worden met wit pleisterwerk.	
<i>Kozijnen</i>	De bestaande houten vensters en houten deurpartijen in de voorgevel dienen behouden te worden	De vensters en deurpartijen op de voorgevel hebben een monumentale waarde.
	Alle overige vensters dienen in dezelfde detaillering te worden uitgevoerd	De harmonie in het monument te handhaven blijven de monumentale waarden behouden.
	Het is niet toegestaan om aluminium of kunststof kozijnen toe te passen	Wijzigingen in de materialisatie hebben invloed op het uiterlijk van het monument.
	De voordeur dient behouden te blijven	
<i>Zonwering</i>	De voorgevel wordt voorzien van de persiennes naar het oorspronkelijke ontwerp	Het oorspronkelijke ontwerp bevat persiennes op de voorgevel.
<i>Beglazing</i>	Het uiterlijk van de historische beglazing in de voorgevel dient te worden behouden, de overige beglazing hebben geen monumentale waarde	Van monumentale waarde voor het monument.
<i>Dak</i>	Het dak dient gedekt te worden met paars-grijze Penrhyn leien in Maasdekking	Het oorspronkelijke ontwerp bevat paars-grijze Penrhyn leien in Maasdekking.
	Er worden geen beeldbepalende voorzieningen op het	De harmonie in het monument te handhaven blijven de monumentale waarden

	hellende deel aangebracht	behouden.
	Het tuitstuk met pinakel dienen uitgevoerd te worden in dezelfde vormgeving en materialisering	
	De dakkapellen dienen uitgevoerd te worden in dezelfde vormgeving en materialisering	
<i>Schoorsteen</i>	De bestaande schoorstenen dienen behouden te worden	Van monumentale waarde voor het monument.
<i>Thermische isolatie</i>	Er mag niet aan de buitenkant worden geïsoleerd	Dit geldt voor het dak en gevels. Het isoleren aan de buitenkant gaat ten kostte van de monumentale waarden.
<i>Interieur</i>	De vestibule ter plaatse van de entree dienen behouden te blijven	
	Er mogen geen wijzigingen aangebracht worden aan de kern van het gebouw. Deze dient intact te blijven	
	De kooflijsten dienen gerestaureerd worden naar het oorspronkelijke uiterlijk	

1.2 Energie-nul concept

	Eisen en uitgangspunten	Toelichting
<i>Nul-op-de-meter</i>	Door het gebouw op te wekken is gelijk aan het verbruik	Het energieverbruik bestaat uit gebouw- en gebruikersgebonden energie.
<i>Energieverbruik gebruikersgebonden</i>	In overleg met gebruikers	Het gedrag van de gebruikers is bepaald aan de hand van een interview. Nadat deze gegevens uitgewerkt zijn kan het verbruik van de gebruikers worden bepaald.

1.3 Bouwtechnische aspecten

	Eisen en uitgangspunten		Toelichting
<i>RC- waarde</i>	Dak	Minimaal 6,0 m ² K/W	Er gelden geen eisen met betrekking tot de thermische isolatie van monumenten. Om naar energie-nul te werken hanteren we de Bouwbesluiten ¹ die per 1 januari 2015 zijn ingegaan als uitgangspunt. Bovendien kunnen we bepalen in hoeverre de nieuwe eisen aan de EPC- waarde bijdragen. Aan de hand van de EPG berekening zullen we de exacte RC- en U- waarden bepalen die benodigd is voor Huize Parklust om een EPC waarde van nul te behalen.
	Buitenwanden	Minimaal 4,5 m ² K/W	
	Vloer	Minimaal 3,5 m ² K/W	
<i>U- waarde</i>	Gemiddelde U-waarde van 1,65 W/m ² K voor alle gevelopeningen		

¹ Staatsblad 342: wijzigingen Bouwbesluit 2012

<i>Materialen</i>	De materialen worden vergeleken aan de hand van het Nibe's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten.	Dit is de meeste verantwoorde keuze. Hierbij streven we naar duurzaam materiaalgebruik.
<i>Milieuklasse</i>	De toegepaste materialen hebben de milieuklasse 1. Indien daarvan wordt afgeweken, dient die keuze te worden onderbouwd.	

1.4 Installatietechniek

	Eisen en uitgangspunten	Toelichting
<i>Fossiele brandstoffen</i>	Er wordt geen gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen voor de verwarming, koeling, warmtapwater en ventilatie	Fossiele brandstoffen zullen ooit een keer opraken. Met het energie-nul concept en geen gebruikmaken van fossiele brandstoffen streven we naar een onafhankelijk monument.
<i>EPC-waarde</i>	EPC waarde $\leq 0,0$ voor de gebouw- en gebruikersgebonden energie. Bij het niet behalen van de EPC waarde, wordt het volgende stappenplan gevolgd om alsnog aan de eis van EPC $\leq 0,0$ te voldoen: ▪ Verbeteren van de thermische schil en gevelopeningen ▪ Verbeteren van installaties (verwarming, koeling, ventilatie en verlichting) Vergroten van capaciteit energieopwekking	Ons visie is gebaseerd op het principe van Trias Energetica. Het is van belang om de energievraag tot het minimum te beperken om uiteindelijk zo min mogelijk zelf te hoeven opwekken.
<i>Seizoensgevoeligheid</i>	Er dienen maatregelen te worden getroffen om rendementsverliezen te beperken.	Duurzame energie dient efficiënt te worden opgewekt. Door onder anders weersinvloeden dan het rendement teruggaan. Dit dient zo veel mogelijk te worden beperkt.

2 Bouwbesluit eisen

	Eisen
<i>Sterkte bouwconstructie</i>	Conform constructeur (volgens NEN 8700)
<i>Daglicht</i>	Conform architect (NEN 2057)
<i>Brandwerendheid</i>	De bestaande constructie bezwijkt niet binnen 30 minuten
<i>Vloerafscheiding</i>	Indien het hoogteverschil met een aansluitende vloer of terrein meer dan 1500 mm bedraagt, dan dient er een randafscheiding te worden toegepast ten behoeve van valbeveiliging De hoogte van de randafscheiding bij een raam dient minimaal 600 mm te zijn, gemeten vanaf de vloer
<i>Trappen en hellingbanen</i>	Conform architect
<i>Inbraakwerendheid</i>	Er dient inbraakwerendheidsklasse 2 conform NEN 5087 en 5096 voor de kozijnen, deuren en ramen te worden gehanteerd
<i>Luchtverversing</i>	De minimale luchtverversing van verblijfsruimten is 0,7 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm ³ , conform NEN 8087 Er wordt een minimale luchtverversing voor de volgende ruimten gesteld: ▪ Keuken: 21 dm³/s ▪ Toilet: 7 dm³/s ▪ Badruimte: 14 dm³/s
<i>Afvoeren van lucht</i>	De lucht uit een toilet- of badruimte dient rechtstreeks naar buiten te worden afgevoerd Een rookgas of ventilatieafvoer dient minimaal 300 mm boven het dak uit te steken
<i>Plaats van opening</i>	De minimale afstand tussen een toevoer en afvoer voorziening voor ventilatie is 9000 mm
<i>Spuiventilatie</i>	Er zijn voorzieningen getroffen met betrekking tot spuiventilatie met een minimale capaciteit van 3 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte van een ruimte

3 Gebruikerseisen

	Eisen
<i>Gevels</i>	De gevels moeten gerestaureerd worden naar het oorspronkelijke uiterlijk
<i>Woonkamer</i>	Er dient een houtgestookte openhaard (sfeerhaard) in de zitkamer te worden aangebracht Het plafond dient glad gestukt te worden en kooflijsten dienen te worden aangebracht
<i>Slaapkamer</i>	Het plafond dient glad gestukt te worden en kooflijsten dienen te worden aangebracht
<i>Verwarming</i>	De temperatuur van de volgende ruimten dienen individueel regelbaar te zijn: ▪ Woonkamer ▪ Kinderkamer/ studeerkamer ▪ Slaapkamers
<i>Verlichting</i>	Er wordt uitsluitend LED-verlichting toegepast

Onderdeel	Materiaal	Kleur
<i>Voorgevel</i> <i>Linkerzijgevel</i> <i>Rechterzijgevel</i>	Metselwerk	Rood genuanceerd
<i>Achtergevel</i>	Pleisterwerk	Terracotta
<i>Voegwerk</i>	Kalk gebonden mortel	Lichtgrijs – RAL 7035
<i>Speklagen</i> <i>Waterlijsten</i> <i>Aanzet-/ sluitstenen</i>	Cement	Wit – RAL 9010
<i>Plint</i>	Cement	Antraciet – RAL 7016
<i>Kap</i>	Natuurleien	Grijs genuanceerd
<i>Persiennes</i>	Hout (Western Red Cedar No 2)	Zwartgroen – RAL 6012
<i>Gevels aanbouw</i>	Pleisterwerk	Wit – RAL 9010
<i>Kozijnen</i>	Hout	Zwartgroen – RAL 6012
<i>Latei</i>	Prefab beton	Betonkleur – standaard grijs
<i>Constructiehout</i>	Hout (Europees vuren)	
<i>Spanten</i>	Hout (Europees vuren)	Afwerking: Dekkende grondlaag
<i>Kolommen</i>	Hout (Europees grenen) afm. 195x195	Afwerking: Dekkende grondlaag
<i>Stijl- en regelwerk</i>	Hout (Europees vuren)	
<i>Trappen (hoofdttrap, zoldertrap en</i>	Hout (Europees grenen)	

<i>keldertrap)</i>		
<i>Dakterrastegel</i>	Arduin Belgische blauwe hardsteen	Blauwgrijs
<i>Leien</i>	Penrhyn leien maasdekking	Paarsachtig
<i>Binnenwanden</i>	Pleisterwerk (glad)	Wit
<i>Badkamer vloer en wand</i>	UONUON Keramische vloertegel	N.t.b. i.o.m binnen architect
<i>Vloer</i>	UONUON Keramische vloertegel	N.t.b. i.o.m binnen architect
<i>Boeidelen terras</i>	Hout	Lichtgrijs – RAL 7035
<i>Plafondafwerking terras</i>	Hout	Wit – RAL 9010

2 - Vooronderzoek

Inhoudsopgave

Inleiding	2
1 Monumenten.....	3
1.1 Wat is een monument?	3
1.2 Monumentaal probleem.....	3
1.2.1 Leegstand	3
1.2.2 Energieverbruik en CO ₂ -uitstoot	4
1.3 Regelgeving.....	4
1.3.1 Bouwbesluit eisen	5
2 Energie-nul concept	6
2.1 Definitie van energie-nul	6
2.2 Gebouw-, en gebruikersgebonden energieverbruik.....	6
2.3 Waarom energie-nul?	6
3 Concepten	7
3.1 Passief bouwen	7
3.2 WarmBouwen	8
3.3 Urgenda	9
3.4 Comfort +	10
3.5 Conceptkeuze	11
4 Trias Energetica	12
4.1 Wat is Trias Energetica?.....	12
4.2 Waarom Trias Energetica?.....	12
4.3 De Nieuwe Stappenstrategie	12
4.3.1 1. Beperk de energievraag.....	12
4.3.2 2a. Gebruik energie uit reststromen	13
4.3.3 2b. Gebruik duurzame energiebronnen	13
4.3.4 3. Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk en compenseer het op jaarbasis met 100% duurzame energie	13
4.4 De Nieuwe Stappenstrategie +	14

5 Duurzaamheid	15
5.1 Wat is duurzaamheid voor K&E projecten.....	15
6 NIBE.....	16
6.1 Wat is NIBE?.....	16
6.2 LCA-methode	16
6.3 DUBOkeur	16
6.4 Waarom kiezen wij voor NIBE?.....	16
6.5 Materialen die niet beoordeeld zijn door NIBE	17
7 Referentieprojecten	18
7.1 Project 1: Monumentale villa	18
7.1.1 Monumentale aspecten	18
7.1.2 Energie-nul concept.....	18
7.2 Project 2: Renovatiewoning als energiecentrale	19
7.2.1 Energie-nul concept.....	19
7.3 Project 3: Vrijstaand huis uit 1905.....	20
7.3.1 Energie-nul concept.....	20
7.4 Project 4: Energie +++ levert 14000 kWh	20
7.4.1 Energie-nul concept.....	21
7.5 Project 5: Vrijstaande woning uit 1911.....	21
7.5.1 Energie-nul concept.....	21
7.6 Vergelijking van energie-nul woningen	22
7.7 Energie-nul technieken	22
Bronvermelding	23

Inleiding

In dit document worden alle onderzoeken die door K&E pr0jecten zijn verricht voor het project 'Het nieuwe leven van Huize Parklust' opgenomen.

K&E pr0jecten neemt als uitgangspunt het verlagen van de CO₂- uitstoot van gebouwen. Omdat de leegloopt van monumenten steeds verder oploopt biedt dit kansen. Hierdoor werken we aan een energieneutraal monument Huize Parklust.

Allereerst gaan we in op de huidige problemen rondom monumenten en hoe we dit wensen op te lossen. Daarin vertellen we ook wat monumenten zijn en geven we achtergrondinformatie over het monumentale gebouw Huize Parklust. Bij de restauratie van Huize Parklust spelen de monumentale waarden een grote rol. Deze dienen behouden te worden.

Om Huize Parklust op de beste manier te restaureren nemen we een aantal concepten onder de loep. Op deze manier kunnen we een bewuste keuze maken.

Verder lichten we onze kijk op duurzaamheid toe en wat we willen bereiken met het energie neutrale Huize Parklust. Maar er is meer dan dat. We ontwikkelen onze eigen duurzaamheidsstrategie en e materialen worden volgens een criteria gekozen waarbij K&E pr0jecten achter staat en kenmerkend is bij ons onderzoek.

Het laatste deel van dit document bestaat uit verschillende energie-nul projecten. Daarin worden de bouwkundige ingrepen en installatie keuzes benoemd.

1 Monumenten

1.1 Wat is een monument?

Artikel 1, lid b van de Monumentenwet 1988 schrijft:

Artikel 1	
In deze wet en de daarop berustende bepalingen wordt verstaan onder:	
a.	Onze minister: Onze Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap;
b.	monumenten:
1.	vervaardigde zaken welke van algemeen belang zijn wegens hun schoonheid, hun betekenis voor de wetenschap of hun cultuurhistorische waarde;
2.	terreinen welke van algemeen belang zijn wegens daar aanwezige zaken als bedoeld onder 1;

Figuur 1. Beschrijving monumentenwet

In de Monumentenwet is de bescherming van de cultuurhistorische erfgoederen in Nederland vastgelegd. Er zijn drie soorten monumenten in Nederland, namelijk rijks-, provinciale en gemeentelijke monumenten.

- Rijksmonument: wordt aangewezen door de rijksoverheid. Het monument heeft nationale betekenis.
- Provinciaal monument: enkele provincies kennen ook provinciale monumenten. Dit zijn monumenten die provinciaal bekend en waardevol zijn.
- Gemeentelijk monument: het monument is aangewezen door de gemeente en heeft een plaatselijke of regionale waarde en geen nationale betekenis.

1.2 Monumentaal probleem

Monumenten zijn van algemeen belang vanwege de cultuurhistorische waarden voor Nederland. In Nederland zijn er circa 62.000 rijksmonumenten, 400 provinciale monumenten en 40.000 gemeentelijke monumenten. Dit is ongeveer 1,5 % van alle gebouwen in Nederland.

1.2.1 Leegstand

De leegstand van monumenten is groot. Naar verwachting staat er 2.000.000 m² aan monumentale ruimte leeg¹. Dit getal zal in de komende jaren alsmar stijgen, indien er geen oplossing wordt gevonden voor de oorzaken die leiden tot leegstand. De leegstand van monumenten leidt tot verwaarlozing, verval en vandalisme.

Er zijn diverse redenen waarom monumentale gebouwen leeg komen te staan. Belangrijke oorzaken hiervan zijn de economische crisis, ontkerkelijking, krimp en de komst van internetwinkels¹. Naast leegstand is de hoge CO₂-uitstoot die samenhangt met het gebruik van monumenten, ook een belangrijk probleem.

¹ Verla van het Nationaal Programma Herbestemming, voorjaar 2012

1.2.2 Energieverbruik en CO₂-uitstoot

Monumentale gebouwen uit de 19^e eeuw zijn nauwelijks of niet geïsoleerd en hebben veel kieren en naden. Het warmteverlies is enorm en er is veel energie nodig om het gebouw warm te houden. Dit zorgt voor hoge kosten en CO₂- uitstoot. Om deze redenen zijn monumenten niet duurzaam volgens de huidige regelgeving. Echter blijft dit discutabel, want sommige monumenten bestaan al honderden jaren, terwijl nieuwbouw een levensduur van 50 tot 75 jaar heeft. Daarnaast spelen comforteisen een grote rol. Door onvoldoende isolatie is het binnenklimaat minder constant en leidt dit vaak tot klachten.

Met het oog op duurzaamheid is het van belang dat elke leegstaande ruimte benut wordt, in plaats van het bouwen van nieuwe gebouwen. Uit onderzoeken is gebleken dat men bereid is om tot 20%² meer te willen investeren om in een monument te kunnen wonen.

1.3 Regelgeving

In het Bouwbesluit zijn voorschriften opgenomen. Deze voorschriften zijn gericht op de veiligheid en gezondheid van mensen, bruikbaarheid, energiezuinigheid van het gebouw en haar invloed op het milieu. Alle gebouwen in Nederland dienen hier aan te voldoen. Voor monumenten gelden er andere regels.

Vaak worden er uitzonderingen gemaakt voor monumenten. Indien er niet aan de bestaande eisen kan worden voldaan, neemt men genoegen met lagere eisen. Bijvoorbeeld wanneer een trap niet voldoet (op- of aantrede) aan de bestaande bouweisen. Indien deze een monumentale waarde heeft, dan neemt men genoegen met de bestaande situatie en hoeft de trap niet te worden aangepast. De veiligheid van gebouwen is het belangrijkste uitgangspunt. Het gebouw mag geen gevaar opleveren voor mensen alsmede haar omgeving. De bescherming van monumenten is in het volgende artikel van het Bouwbesluit opgenomen.

Artikel 1.13 Monumenten

Indien aan een omgevingsvergunning voor een activiteit als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, onder f, dan wel artikel 2.2, eerste lid, onder b, van de Wabo een voorschrift is verbonden dat afwijkt van een bij of krachtens dit besluit vastgesteld voorschrift voor het geheel of gedeeltelijk vernieuwen of veranderen of het vergroten van een bouwwerk, is uitsluitend het aan die vergunning verbonden voorschrift van toepassing.

Figuur 2. Bouwbesluit

² Onderzoek van de Vrije Universiteit en de Universiteit Twente, Cultureel erfgoed op waarde geschat

Hoofdstuk 2. De omgevingsvergunning

§ 2.1. Verbodsbepalingen, bevoegd gezag, gefaseerde vergunning, deelvergunning en revisievergunning

Artikel 2.1

1. Het is verboden zonder omgevingsvergunning een project uit te voeren, voor zover dat geheel of gedeeltelijk bestaat uit:

- a. het bouwen van een bouwwerk,
 - b. het uitvoeren van een werk, geen bouwwerk zijnde, of van werkzaamheden, in gevallen waarin dat bij een bestemmingsplan, beheersverordening, exploitatieplan of voorbereidingsbesluit is bepaald,
 - c. het gebruiken van gronden of bouwwerken in strijd met een bestemmingsplan, een beheersverordening, een exploitatieplan, de regels gesteld krachtens artikel 4.1, derde lid, of 4.3, derde lid, van de Wet ruimtelijke ordening of een voorbereidingsbesluit voor zover toepassing is gegeven aan artikel 3.7, vierde lid, tweede volzin, van die wet,
 - d. het in gebruik nemen of gebruiken van een bouwwerk in met het oog op de brandveiligheid bij algemene maatregel van bestuur aangewezen categorieën gevallen,
 - e.
 - 1°. het oprichten,
 - 2°. het veranderen of veranderen van de werking of
 - 3°. het in werking hebben van een inrichting of mijnbouwwerk,
 - f. het slopen, verstoren, verplaatsen of in enig opzicht wijzigen van een beschermd monument of het herstellen, gebruiken of laten gebruiken van een beschermd monument op een wijze waardoor het wordt ontsierd of in gevaar gebracht,
 - g. het slopen van een bouwwerk in gevallen waarin dat in een bestemmingsplan, beheersverordening of voorbereidingsbesluit is bepaald,
 - h. het slopen van een bouwwerk in een beschermd stads- of dorpsgezicht of
 - i. het verrichten van een andere activiteit die behoort tot een bij algemene maatregel van bestuur aangewezen categorie activiteiten die van invloed kunnen zijn op de fysieke leefomgeving.
2. Bij algemene maatregel van bestuur kunnen nadere regels worden gesteld met betrekking tot hetgeen wordt verstaan onder de in het eerste lid bedoelde activiteiten.
3. Bij algemene maatregel van bestuur kan worden bepaald dat met betrekking tot daarbij aangewezen activiteiten als bedoeld in het eerste lid in daarbij aangegeven categorieën gevallen, het in dat lid gestelde verbod niet geldt.

Figuur 3.

Artikel 2.2

1. Voor zover ingevolge een bepaling in een provinciale of gemeentelijke verordening een vergunning of ontheffing is vereist om:

- a. [vervallen]
 - b. een monument als bedoeld in een zodanige verordening:
 - 1°. te slopen, te verstoren, te verplaatsen of in enig opzicht te wijzigen of
 - 2°. te herstellen, te gebruiken of te laten gebruiken op een wijze waardoor het wordt ontsierd of in gevaar gebracht,
 - c. een bouwwerk te slopen in een krachtens een zodanige verordening aangewezen stads- of dorpsgezicht,
 - d. een weg aan te leggen of verandering te brengen in de wijze van aanleg van een weg, voor zover daarvoor tevens een verbod geldt als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, onder b,
 - e. een uitweg te maken, te hebben of te veranderen of het gebruik daarvan te veranderen,
 - f. in, op of aan een onroerende zaak een alarminstallatie te hebben die een voor de omgeving opvallend geluid of lichtsignaal kan produceren,
 - g. houtopstand te vellen of te doen vellen,
 - h. op of aan een onroerende zaak handelsreclame te maken of te voeren met behulp van een opschrift, aankondiging of afbeelding in welke vorm dan ook, die zichtbaar is vanaf een voor het publiek toegankelijke plaats,
 - i. als eigenaar, beperkt zakelijk gerechtigde of gebruiker van een onroerende zaak toe te staan of te gedogen dat op of aan die onroerende zaak handelsreclame wordt gemaakt of gevoerd met behulp van een opschrift, aankondiging of afbeelding in welke vorm dan ook, die zichtbaar is vanaf een voor het publiek toegankelijke plaats,
 - j. in een daarbij aangewezen gedeelte van de provincie of de gemeente roerende zaken op te slaan of te gedogen dat op of aan die onroerende zaak handelsreclame wordt gemaakt of gevoerd met behulp van een opschrift, aankondiging of afbeelding in welke vorm dan ook, die zichtbaar is vanaf een voor het publiek toegankelijke plaats,
 - k. als eigenaar, beperkt zakelijk gerechtigde of gebruiker van een onroerende zaak in een daarbij aangewezen gedeelte van de provincie of de gemeente toe te staan of te gedogen dat daar roerende zaken worden opgeslagen, geldt een zodanige bepaling als een verbod om een project voor zover dat geheel of gedeeltelijk uit die activiteiten bestaat, uit te voeren zonder omgevingsvergunning.
2. Bij provinciale, gemeentelijke of waterschapsverordening kan worden bepaald dat het in daarbij aangewezen categorieën gevallen verboden is projecten die geheel of gedeeltelijk bestaan uit andere activiteiten die behoren tot een daarbij aangewezen categorie activiteiten die van invloed kunnen zijn op de fysieke leefomgeving, uit te voeren zonder omgevingsvergunning.

Figuur 4.

1.3.1 Bouwbesluit eisen

Wanneer een monument opnieuw in gebruik wordt genomen dient deze aan de veiligheidseisen van bestaande bouw te voldoen. De Bouwbesluit eisen die betrekking hebben op de veiligheid en gezondheid van de gebruikers zijn opgenomen in het Programma van Eisen (Bijlagen 1 - Programma van Eisen, hoofdstuk 3)

2 Energie-nul concept

2.1 Definitie van energie-nul

Er bestaan verschillende definities van energie-nul. Om aan de huidige regelgeving te voldoen is door het Agentschap NL een rapport uitgebracht waarin de definitie van energie-nul is vastgelegd. Deze is als volgt geformuleerd:

Agentschap NL (2013, p. 4-5) “In het Nationaal Plan Bijna-Energie Neutrale Gebouwen (BENG) is bepaald dat een volledig energieneutraal gebouw een EPC = 0 heeft. De energieprestatiecoëfficiënt EPC wordt bepaald aan de hand van de norm NEN 7120: Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode (EPG), waarbij gebruik gemaakt kan worden van de voornorm NVN 7125 Energieprestatienorm Maatregelen op Gebiedsniveau (EMG). Kenmerken van deze bepalingmethoden zijn:

- het energiegebruik wordt bepaald onder standaard gebruik- en klimaatcondities;
- alleen het gebouwgebonden energiegebruik wordt gewaardeerd in de energieprestatie;
- gebiedsgebonden maatregelen kunnen - indien aan de orde - met de EMG worden gewaardeerd;
- de opwekking van energie kan in en buiten het gebouw plaatsvinden;
- hernieuwbare energiebronnen worden gewaardeerd; - het netto energiegebruik wordt bepaald over een jaar.”

Zoals het Agentschap NL in de definitie voor energie-nul gebouwen aangeeft, wordt enkel het gebouwgebonden energieverbruik in de EPC meegenomen. Wij gaan een stap verder, namelijk **nul-op-de-meter**. Bij nul-op-de-meter maakt ook het energieverbruik van de gebruikers deel uit van de energieprestatie.

2.2 Gebouw-, en gebruikersgebonden energieverbruik

- Gebouwgebonden: al het energie dat nodig is voor het verwarmen, koelen, ventileren en de verlichting van een gebouw. Al het energie die nodig is om het gebouw haar functies te laten vervullen.
- Gebruikersgebonden: al het energie dat nodig voor de gebruikers om te kunnen functioneren in een gebouw, het energie dat nodig is voor apparatuur.

2.3 Waarom energie-nul?

Energie-nul bouwen richt zich op de toekomst en kent veel voordelen.

- Minder klachten en gezondheidsproblemen door kwalitatief beter binnenklimaat
- Een vermindering van de energiebehoefte en CO₂- uitstoot
- Een lage energierekening die de extra investeringen op de langere termijn terugverdienen
- Energiekosten zijn constant en externe invloeden zijn er nauwelijks (prijsstijging energie ect.)

Zoals we al eerder hebben aangekaart is CO₂-uitstoot een belangrijk probleem in Nederland. Volgens de Europese wetgeving moet er in 2020 energieneutraal gebouwd worden (EPC=0).³ Met oog op duurzaamheid, de vele voordelen en de EPC-eis in 2020 hebben we ervoor gekozen om een monument energie neutraal te restaureren.

³ Op weg naar minimum energiewoningen met EPC ≤ 0, ir. F.W. den Dulk, 2012, p. 7

3 Concepten

Er zijn diverse concepten om een gebouw te kunnen renoveren of restaureren. Om Huize Parklust op de juiste manier te kunnen restaureren tot een energie-nul villa hebben, zetten we een aantal concepten naast elkaar; Passief bouwen, WarmBouwen, Urgenda en Comfort+ (Doos-in-doos)

3.1 Passief bouwen

Bij passief bouwen draait het om het beperken van het energieverbruik door goed te isoleren en het vasthouden van de warmte, zodat een behaaglijk binnenklimaat gehandhaafd blijft.

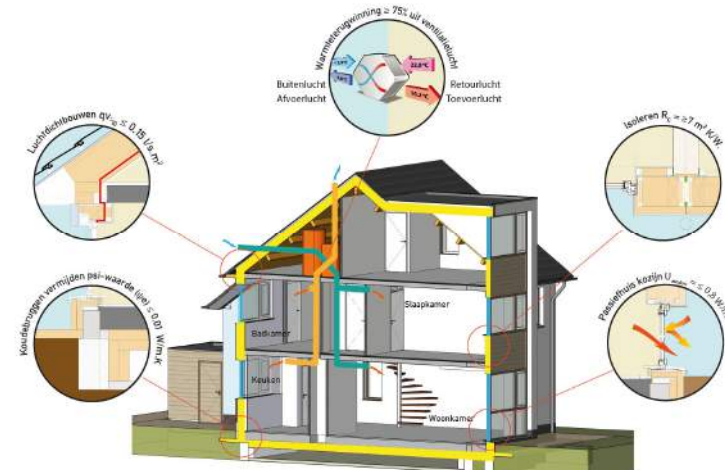
De buitenschil wordt zeer goed geïsoleerd en kierdicht uitgevoerd. Hierdoor blijft de warmte binnen en hoeft er nauwelijks te worden verwarmd. Daarnaast speelt oriëntatie een grote rol. Ramen dienen zoveel mogelijk op het zuiden te worden georiënteerd om het zonlicht te kunnen benutten dat in warmte wordt omgezet. De noordgevel bevat nauwelijks gevelopeningen. Er wordt gebalanceerde ventilatie toegepast met een warmteterugwinningssysteem. Op deze manier wordt de warmte van de afvoerlucht optimaal benut om de toevoerlucht te verwarmen.

Voordelen

- Een zeer laag energieverbruik en CO₂- uitstoot
- Constant verse luchttoevoer die voor een aangenaam binnenklimaat zorgt
- Goede geluidsisolatie door thermische schil

Nadelen

- Bij bestaande gebouwen is de oriëntatie in de meeste gevallen niet optimaal waardoor de zon minder kan worden benut
- Zeer dikke isolatie elementen die tot ruimteverlies leiden
- Balansventilatie is lastig te realiseren in een bestaand gebouw
- Hoge bouwkosten bij bestaande bouw omdat er meer ingrepen nodig zijn om het gebouw dicht te krijgen
- Monumenten dienen zorgvuldig te worden uitgevoerd, onvoldoende ventilatie kan tot aantasting leiden
- Er is veel materiaalgebruik



Figuur 5. Passief huis

3.2 WarmBouwen

WarmBouwen is een nieuw principe waarbij gebouwen zonder gebruik te maken van fossiele brandstoffen verwarmd en gekoeld kunnen worden. Dit wordt voornamelijk in monumentale gebouwen toegepast waarbij de monumentale waarden aan de binnenkant voor een groot deel en de buitenkant behouden dienen te blijven.

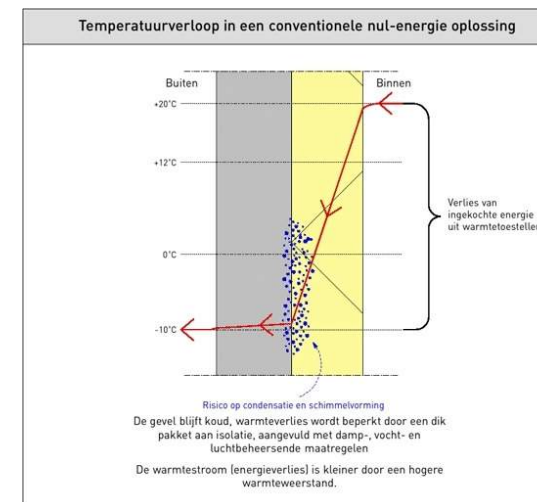
Er wordt gebruik gemaakt van een aquifer in diepe bodem. Een aquifer is een watervoerende bodemlaag van zand of poreus gesteente die als bron of opslagplaats van warme of koude kan dienen. Het water wordt met een constante temperatuur van 12 graden in de winter en zomer naar boven gepompt. Aan de binnenkant van de buitenwanden, daken en vloeren worden kunststof buizen aangelegd waar het water van ongeveer 12 graden doorheen stroomt. Hierdoor zal de buitenconstructie altijd een constante temperatuur hebben. Om te voorkomen dat de warmte ontsnapt, wordt aan de binnenkant een laag isolatie aangebracht van enkele centimeters.

Voordelen

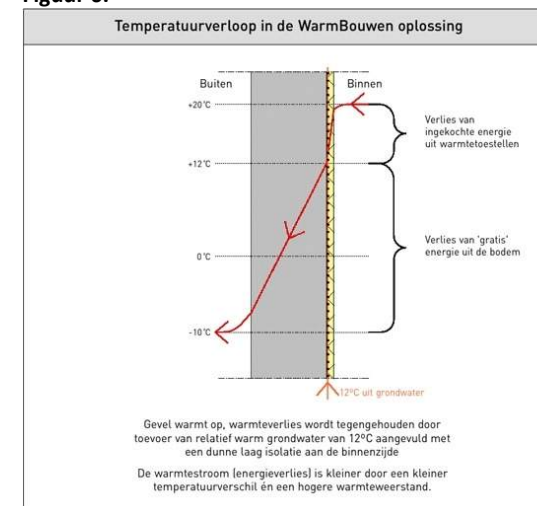
- De kans op het ontstaan van condens wordt klein omdat de buitenschil een constante temperatuur heeft (afbeelding 2)
- De gevels kunnen dampopen worden uitgevoerd
- Er vindt geen recirculatie plaats van vervuilde lucht in het gebouw
- Hoge mate van behaaglijkheid door constante temperatuur in de ruimte. Daarnaast is individuele regeling door gebruikers mogelijk
- Het systeem kan worden toegepast zonder dat er gebruik wordt gemaakt van fossiele brandstoffen. Hierdoor kan de CO₂-uitstoot sterk terug worden gebracht
- Beperkte verlies van de gebruiksoppervlakte

Nadelen

- Zeer kostbaar systeem dat alleen rendabel is bij monumentale gebouwen van voldoende omvang (bijv. De Tempel in Den Haag) en waarvan de buiten- en binnenkant beschermd zijn
- Het systeem bestaat volledig uit installatietechniek en vergt hierdoor veel onderhoud
- Het kan niet overal toegepast worden vanwege de capaciteit van de bodem. Bij onvoldoende capaciteit zal het rendement snel teruglopen



Figuur 6.



Figuur 7.

3.3 Urgenda

Het doel is om duurzame energie op te wekken zodat de CO₂- uitstoot verminderd wordt. Bij Urgenda maken gebouwen geen gebruik van fossiele brandstoffen en wekken voldoende energie op om zichzelf te voorzien van warmte in de winter en koeling in de zomer.

Het uitgangspunt bij dit concept is dat er geen gebruik gemaakt mag worden van fossiele brandstoffen. Hierbij maakt Urgenda gebruik van haar 'vijf keer anders' principe.

1. Anders wonen
2. Anders van A naar B
3. Anders eten
4. Anders consumeren en produceren
5. Anders energie produceren

Hierbij hebben alleen punt 1 en 5 invloed op het verlagen van de CO₂- uitstoot van gebouwen. 'Anders wonen' bestaat uit de volgende punten:

- De energievraag omlaag halen (energiezuinige materialen en beperken van warmteverliezen)
- De resterende energievraag zelf duurzaam opwekken
- Indien er geen mogelijkheden zijn om de resterende energievraag zelf op te wekken dient men collectieve oplossingen te overwegen

Bij 'Anders energie opwekken' gaat het vooral om grotere projecten die energie opwekken voor de maatschappij zoals een zonnepanelen- of windmolenpark.

Voordelen

- Verlaging van de CO₂- uitstoot
- Geen fossiele brandstoffen gebruiken, maar duurzame energie opwekken
- Weinig veranderingen aan het gebouw en energieneutraal is eenvoudig te realiseren

Nadelen

- Minder aandacht voor het verlagen van het energieverbruik dan bij andere concepten
- Veel installaties in het gebouw die onderhoud vergen
- De installaties dienen een aantal keren te worden vervangen gedurende de levensduur van het gebouw
- Indien het gebouw zelf geen energie kan opwekken dan is het probleem niet opgelost en is de CO₂- uitstoot alsnog hoog



Figuur 8.

3.4 Comfort +

Dit bouwconcept wordt vaak toegepast bij monumentale gebouwen waarbij de buitenschil intact dient te blijven. Het monument wordt vanuit de binnenkant geïsoleerd. Dit concept heeft als uitgangspunt het energieverbruik te verlagen en het comfort voor de gebruikers te verhogen.

Het bestaande gebouw wordt tot het casco gestript en aan de binnenkant als een geïsoleerde doos uitgevoerd. Voor de bestaande gevel worden voorzetwanden geplaatst. De vloer en dak worden ook geïsoleerd om een geïsoleerd geheel te krijgen. Comfort+ bestaat uit een doos-in-does constructie die tegenwoordig op het CARE- principe is gebaseerd. Het CARE- principe bestaat uit:

- Comfort: door duurzame verwarmings- en koelingsinstallatie
- Akoestiek: betere geluidsisolatie tussen binnen- en buitenruimten
- Reductie afval: er wordt minder gesloopt
- Energiebesparing

Voordelen

- Een vermindering van het energieverbruik waardoor ook de CO₂- uitstoot omlaag gaat
- Constante temperatuur en het binnenklimaat is eenvoudig te beïnvloeden
- Monumentale waarden van de buitenschil kunnen behouden blijven
- Goedkope bouwmethode
- Snelle uitvoering

Nadelen

- Er kunnen vochtproblemen ontstaan als er geen rekening wordt gehouden met ventilatie
- Veel installatie indien er gebruik wordt gemaakt van plafond-, wand- en vloerverwarming
- Er gaat gebruiksoppervlakte verloren



Figuur 9.

3.5 Conceptkeuze

Concepten	Voordelen	Nadelen
<i>Passief bouwen</i>	▪ Een zeer laag energieverbruik en CO₂- uitstoot ▪ Constant verse luchttoevoer die voor een aangenaam binnenklimaat leidt ▪ Goede geluidsisolatie door thermische schil	▪ Bij bestaande gebouwen is de oriëntatie vaak niet optimaal ▪ Zeer dikke isolatie elementen die tot ruimteverlies leiden ▪ Balansventilatie is lastig te realiseren in een bestaand gebouw ▪ Hoge bouwkosten bij bestaande bouw ▪ Onvoldoende ventilatie kan tot aantasting leiden bij monumenten ▪ Er is veel materiaalgebruik
<i>WarmBouwen</i>	▪ De kans op het ontstaan van condens is klein ▪ De gevels kunnen damp open worden uitgevoerd ▪ Er vindt geen recirculatie plaats van vervuilde lucht in het gebouw ▪ Hoge mate van behaaglijkheid door constante temperatuur. Daarnaast is individuele regeling mogelijk ▪ Geen gebruik van fossiele brandstoffen, dus laag CO₂- uitstoot ▪ Beperkte verlies van de gebruiksoppervlakte	▪ Zeer kostbaar systeem dat alleen rendabel is bij monumentale gebouwen van voldoende omvang ▪ Het systeem bestaat volledig uit installatietechniek en vergt hierdoor veel onderhoud ▪ Het kan niet overal toegepast worden vanwege de capaciteit van de bodem. Bij onvoldoende capaciteit zal het rendement snel teruglopen
<i>Urgenda</i>	▪ Verlaging van de CO₂- uitstoot ▪ Geen fossiele brandstoffen gebruiken, maar duurzame energie opwekken ▪ Weinig veranderingen aan het gebouw en energieneutraal is eenvoudig te realiseren	▪ Minder/geen aandacht voor het verlagen van het energieverbruik ▪ Veel installaties in het gebouw die onderhoud vergen ▪ Onderhoud installaties ▪ Indien het gebouw zelf geen energie kan opwekken dan is het probleem niet opgelost en is de CO₂- uitstoot alsnog hoog
<i>Comfort+</i>	▪ Een vermindering van het energieverbruik waardoor ook de CO₂- uitstoot omlaag gaat ▪ Constante temperatuur en het binnenklimaat is eenvoudig te beïnvloeden ▪ Monumentale waarden van de buitenschil kunnen behouden blijven ▪ Goedkope bouwmethode ▪ Snelle uitvoering	▪ Er kunnen vochtproblemen ontstaan als er geen rekening wordt gehouden met ventilatie ▪ Veel installatie indien er gebruik wordt gemaakt van plafond-, wand- en vloerverwarming ▪ Er gaat gebruiksoppervlakte verloren

WarmBouwen is zeer geschikt is voor monumenten die een beschermde buiten- en binnenkant hebben. Huize Parklust heeft enkel een beschermd buitengevel. Gezien de investeringskosten en onderhoud is WarmBouwen niet het meest geschikte concept voor Huize Parklust.

Om Huize Parklust energieneutraal te maken zullen we een aantal concepten combineren. Het isoleren gaat op basis van een doos-in-doos constructie. Hierbij is het belangrijk om de energieverliezen te beperken door goed te isoleren en kierdicht te bouwen volgens het passief bouwen concept. Daarnaast speelt ventilatie van de buitenwanden en houten vloeren een grote rol bij monumenten. Om een energie neutraal villa (nul op de meter) te kunnen maken zullen we energie opwekken zonder gebruik te maken van fossiele brandstoffen volgens het Urgenda concept.

We gebruiken het model van Trias Energetica als basis voor ons project. We lichten dit toe in het volgende deel van dit document.

4 Trias Energetica

4.1 Wat is Trias Energetica?

Trias Energetica is een model voor energiezuinig bouwen, dat uit drie richtlijnen bestaat. Deze richtlijnen vormen de basis uitgangspunten om energie-efficiënt te bouwen. Het model bestaat uit de volgende drie richtlijnen (figuur 10):

1. Beperkt de energievraag: alle mogelijke verspillingen aanpakken
2. Gebruik duurzame energiebrokken: maak gebruik van zonne-, wind- en/of waterenergie
3. Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk

4.2 Waarom Trias Energetica?

De stappen die bij Trias Energetica gemaakt worden, moet leiden tot energiezuinig gebouwen. De drie stappen dienen zorgvuldig en in samenhang te worden uitgevoerd. Hiermee behaald men het beste energetische resultaat. Allereerst zal de energievraag tot het minimum worden beperkt, waarna men overgaat naar duurzame energie. Uiteindelijk zullen de eerste twee stappen ertoe leiden dat de inbreng van fossiele brandstoffen worden beperkt.

4.3 De Nieuwe Stappenstrategie

Om de stap te maken naar energie neutrale gebouwen is het Trias Energetica model verder uitgewerkt. De 'nieuwe stappenstrategie' is ontwikkeld door prof. dr. van den Dobbelsteen en bestaat uit de volgende richtlijnen:

1. Beperk de energievraag
- 2a. Gebruik energie uit reststromen
- 2b. Gebruik duurzame energiebronnen
3. Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk en compenseer het op jaarbasis met 100% duurzame energie

4.3.1 1. Beperk de energievraag

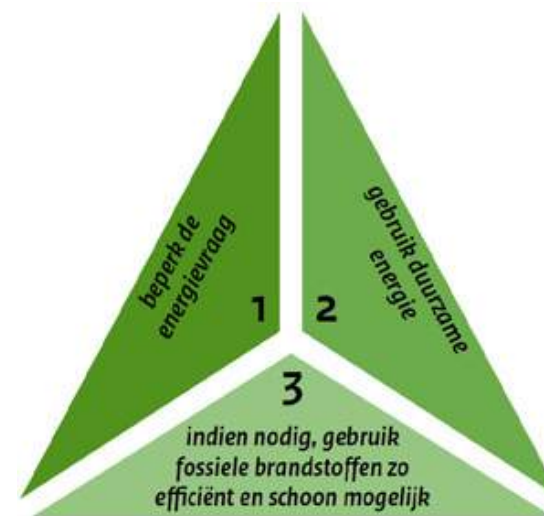
De eerste stap is het beperken van de energievraag. Dit kan door stedenbouwkundige en bouwkundige maatregelen te treffen. Door deze stap zorgvuldig uit te voeren zal er minder energie nodig zijn, die invloed heeft op stap 2 en 3.

Stedenbouwkundige maatregelen:

- Oriëntatie op de zon
- Stedenbouwkundige compactheid

Bouwkundige maatregelen:

- Thermische isolatie
- Luchtdichtheid



Figuur 10. Trias Energetica

- Daglicht
- Indeling van ruimtes
- Gebouwmassa
- Gebouwworm

Bij bestaande gebouwen zijn een aantal maatregelen erg moeilijk of niet te realiseren, zoals het wijzigen van de oriëntatie van de gevels en gebouwworm. Daarnaast kan daglicht of thermische isolatie een probleem bieden bij monumentale gebouwen wanneer de maatregelen tegenstrijdig zijn met de monumentale waarden.

4.3.2 2a. Gebruik energie uit reststromen

Bij het benutten van energie uit reststromen kan men denken aan:

- Warmteterugwinning
- Restwarmte

4.3.3 2b. Gebruik duurzame energiebronnen

De toepassing van duurzame energiebronnen kan bestaan uit:

- Zonne-energie (zon-thermische energie en zonnepanelen)
- Windenergie (windturbines of –molens)
- Warmtepomp met bodem, water of lucht als bron
- Warmte-koude opslag (WKO)

4.3.4 3. Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk en compenseer het op jaarbasis met 100% duurzame energie

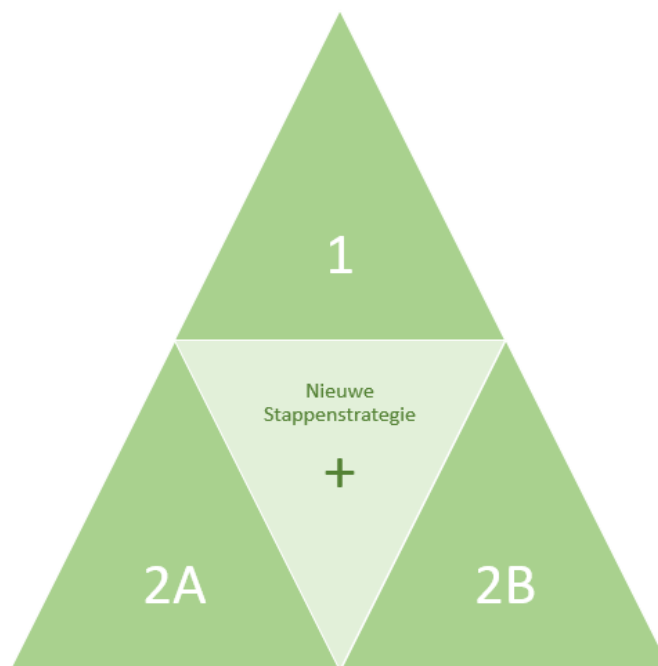
Door de voorgaande stappen goed uit te voeren, wordt het gebruik van fossiele brandstoffen, indien nodig, tot het minimum beperkt. Het beperken van de hoeveelheden fossiele brandstoffen is nodig om compensatie met duurzame energiebronnen op jaarbasis te behalen. De volgende maatregelen kunnen er worden getroffen om fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk in te zetten:

- Toepassen van installaties en apparatuur met een hoog rendement
- Duurzame verlichting
- Beperken van de warmteproductie
- Beperken van het verbruik van warm tapwater
- Geschikte ventilatiesysteem

4.4 De Nieuwe Stappenstrategie +

De 'Nieuwe stappenstrategie' heeft als doel minder gebruik te maken van fossiele brandstoffen. In ons onderzoek gaan wij een stap verder. Wij sluiten stap 3 van de Nieuwe Stappenstrategie uit en maken geen gebruik van fossiele brandstoffen. Dit noemen wij de Nieuwe Stappenstrategie +.

We kiezen ervoor om Huize Parklust te restaureren naar een energieneutraal monument. Door stap 1, beperken van de energievraag, goed uit te voeren streven we naar een zo laag mogelijk energiebehoefte. Het toepassen van duurzame energiebronnen zal Huize Parklust onafhankelijk maken van uitputbare fossiele energiebronnen. Hierdoor laten we stap 3 buiten beschouwing.



Figuur 10. Nieuwe Stappenstrategie +

5 Duurzaamheid

Op dit moment zijn de gebouwen in de EU goed voor 40%⁴ van het totale energieverbruik. Hierdoor is het tijd om een nieuwe weg in te slaan en gebouwen milieuvriendelijker te maken. Er komen grote hoeveelheden CO₂ vrij in de atmosfeer die tot klimaatveranderingen leiden. Daarnaast blijven we nieuwe gebouwen bouwen, terwijl het aantal leegstaande monumenten en kantoren jaarlijks toeneemt⁵.

5.1 Wat is duurzaamheid voor K&E prOjecten

Voor ons draait duurzaamheid om het milieu en de gezondheid van mensen in gebouwen. De eisen van het Trias Energetica model vormt enkel de basis voor ons onderzoek, waarbij we het monumentale gebouw energie-nul gaan restaureren.

In onze visie komt het gebruik van fossiele brandstoffen niet voor. Hiermee willen we monumenten onafhankelijk maken van deze (uitputbare) energiebronnen waarvan het gebruik tevens grote hoeveelheden CO₂ uitstoot. Hiermee willen we bijdragen aan een gezonde binnen- en buitenklimaat. Deze aspecten komen terug in het energie-nul concept. Ons streven is het realiseren van een energie-nul monument. Op deze manier willen we aantonen dat monumenten, die gezien worden als 'lastige' gebouwen, ook duurzaam gemaakt kunnen zijn en hun al reeds lange levensduur nog verder kunnen verleggen.

Ook de gezondheid van mensen in gebouwen valt voor ons binnen het kader van duurzaamheid. Wij vinden het belangrijk dat mensen goed kunnen verblijven en functioneren in gebouwen. Maar hoe bereiken we dit met monumenten? Als eerst dient de thermische schil goed te worden aangepakt. De thermische schil heeft een groot invloed heeft op de behaaglijkheid⁶. Daarnaast leidt een goede thermische schil tot een vermindering van het energieverbruik.

Bij duurzaamheid hoort ook het materiaalgebruik. Om een goede keuze te maken hebben we een criteria opgesteld die kijkt naar de CO₂- uitstoot, levensduur, brandwerendheid en afvalscenario. Hiervoor gebruiken we het NIBE's Basiswerk Milieuclassificaties bouwproducten. Dit vinden we een geschikt beoordelingsrichtlijn, vanwege het feit dat de materialen op dezelfde categorieën worden beoordeeld en kosten geen invloed hebben op de ranglijst. *Hoewel de kosten vaak bepalend zijn, vinden wij alsnog dat het milieu niet hieronder hoeft te leiden.*

Het verduurzamen van monumenten moet niet ten kostte gaan van de monumentale waarden. Ook dit aspect hoort bij duurzaamheid en wordt er veel aandacht aan besteedt. De materialen en bestaande constructie moeten zoveel mogelijk origineel blijven.

⁴ Infoblad Energieneutraal bouwen: Definitie & Ambitie, Agentschap NL

⁵ Onderzoek van Compendium voor de Leefomgeving: Leegstand van kantoren, 17% van de totale ruimte staat leeg

⁶ Lenteakkoord: Bouwen aan een goede schil

6 NIBE

6.1 Wat is NIBE?

Het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) maakt sinds 1992 milieuclassificaties. Het NIBE doet onderzoek in drie verschillende gebieden: milieu, gezondheid en bouwen/beheren. Het NIBE's basiswerk milieuclassificaties bouwproducten is een nationaal en internationaal bekend en gewaardeerd werk. Aan de hand van een wetenschappelijk onderbouwde methode, de LCA-methode, worden vergelijkende onderzoeken gedaan en beoordeeld op 18 milieueffecten van producten, waaronder de effecten van CO₂ op het broeikaseffect. Deze worden onderverdeeld in de volgende categorieën; emissies, uitputting grondstoffen, landgebruik en hinder. De milieueffecten worden vertaald in schaduw prijzen en met elkaar vergeleken.

6.2 LCA-methode

Levenscyclusanalyse (LCA) wordt ook wel 'wieg tot graf analyse' genoemd. Van wieg tot graf worden de vier fases bedoeld, productiefase, constructiefase, gebruiks- en onderhoudsfase en einde levensduurfase. Dit is een methode waarbij de totale milieubelasting van een product wordt bepaald gedurende de hele levenscyclus. De producten worden beoordeeld op de volgende onderdelen:

- Winning van de benodigde grondstoffen
- Productie
- Transport
- Gebruik
- Afvalverwerking

6.3 DUBOkeur

Het DUBOkeur is een keurmerk wat aantoont dat een bouwproduct tot de meest milieuvriendelijke product behoort. Het meest duurzame product krijg milieuklasse 1a. Andere producten binnen dezelfde productgroep worden geclassificeerd aan de hand van de schaduwkosten en de product met klasse 1a. Enkel de producten tot milieuklasse 2c komen in aanmerking voor het DUBOkeur. Wanneer er alleen producten met een milieuklasse van maximaal 2 zijn, komen alleen producten tot klasse 1c in aanmerking. Indien 1c de maximale milieuklasse is, komt alleen klasse 1a in aanmerking met een DUBOkeur. Op deze manier komen alleen de milieutechnisch beste producten in een productgroep in aanmerking voor het DUBOkeur.

6.4 Waarom kiezen wij voor NIBE?

Het NIBE beoordeelt materialen om bewustwording te krijgen van duurzame materialen en de meest duurzame keuzen kunnen maken. Het NIBE doet dit door de milieubelasting gedurende de hele levensloop

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

Figuur 12. Milieuclassificatie DUBOkeur

van materialen onder de loep te nemen. Hierbij is de CO₂ een belangrijke weegfactor. Ook spelen aspecten als hinder en uitputting van grondstoffen een rol.

In de 18 onderdelen waar het NIBE producten op beoordeeld komen geen financiële afwegingen in terug. Het NIBE classificeert enkel op milieuaspecten. Hoewel de kosten vaak bepalend zijn, vinden wij dat het milieu niet hieronder hoeft te leiden. Kosten spelen ook bij ons geen rol bij het maken van keuzen.

De eisen die het NIBE stelt aan materialen komen overeen met onze duurzaamheidsvisie.

6.5 Materialen die niet beoordeeld zijn door NIBE

Het is mogelijk dat we te maken krijgen met materialen die niet beoordeeld zijn door het NIBE. In dit geval zullen we in de eerste instantie kijken of het materiaal een DUBOkeur of een andere duurzaamheidscertificaat bevat, zoals Cradle-to-Cradle, FSC en PEFC. De milieubelasting en/of milieu classificatie zullen we bepalen aan de hand van de toegepaste materialen. Vervolgens zullen we naar eigen overwegingen de juiste keuze maken.

7 Referentieprojecten

7.1 Project 1: Monumentale villa

Bouwjaar: 1926
Revonatie: 2009/ 2010
Locatie: Diederichslaan 12, Driebergen-Rijsenburg
Type monument: Gemeentelijk monument

Nadat de monumentale villa ver achter op de tijd is geraakt, namen de bewoners het initiatief om de villa tot een energie-nul woning te restaureren.

7.1.1 Monumentale aspecten

- Voorgevel doet de villa groter lijken dan het werkelijk is
- Zo veel mogelijk van de bestaande metselwerkgevel behouden
- De traditionele uiterlijk van de kozijnen en ramen (dunne verflaag)
- Oude glazen lamellen zorgen voor de natuurlijke toevoerlucht

7.1.2 Energie-nul concept

	Oorspronkelijke situatie	Nieuwe situatie
<i>Thermische isolatie</i>	Niet geïsoleerd	Dak-, vloer- en gevelisolatie aangebracht.
<i>Kozijnen en ramen</i>	Houten kozijnen met enkelglas	Voorzet- of achterzetramen, HR++
<i>Verwarming</i>	Radiatoren, met gasketel	Wand- en vloerverwarming, leidingen in wanden en vloeren
		Een warmtepomp met buffervat en grondcollectoren
<i>Koeling en ventilatie</i>	Glazen lamellen	Natuurlijk toevoer (zoals oorspronkelijk door de glazen lamellen) en mechanisch afvoer
<i>Warmtapwater</i>	Gasketel	Warmtepompboiler

De villa is energieneutraal. De energie wordt opgewekt door de aanwezige zonnepanelen op het dak van de villa en uitbouw. Ondanks de bezwaren van de monumentencommissie, is er vrijstelling verleend voor het plaatsen van de zonnepanelen.



Figuur 13.

7.2 Project 2: Renovatiewoning als energiecentrale

Bouwjaar: 1949
Revonatie: 2011
Locatie: Veerweg 141, Wageningen
Type monument: Geen monument

Hoge energierekeningen en een slechte binnenklimaat was de aanleiding tot het renoveren van de bovenstaande villa tot een energie-nul woning. Echter moest het niet alleen bij energieneutraal blijven.

De villa is gevestigd op de Wageningse berg. Om aan de bewonerswensen te voldoen moest de villa zo veel mogelijk aan de omgeving passen. Hierdoor is er onder andere gekozen voor een groen dak en het niet egaliseren van het terrein. Daarnaast moest de villa maximaal energie opwekken.

7.2.1 Energie-nul concept

	Oorspronkelijke situatie	Nieuwe situatie
<i>Thermische isolatie</i>	Slecht geïsoleerd, spouwmuur en dakpannen dak	Dak-, vloer- en gevelisolatie met vegetatiedak
<i>Kozijnen en ramen</i>	Houten kozijnen met enkel- en dubbelglas	HR ++ dubbelglas
<i>Verwarming</i>	Radiatoren, met gasketel	Wand- en vloerverwarming, leidingen in wanden en vloeren
		Een warmtepomp met buffervat en grondcollectoren
<i>Koeling en ventilatie</i>	Ventilatioeroosters	CO ₂ gestuurd systeem met ventilatioeroosters
<i>Warmtapwater</i>	Gasketel	Warmtepompboiler
<i>Energieopwekking</i>	Geen	Zonnepanelen Zonnecollector



Figuur 14.



Figuur 15.

7.3 Project 3: Vrijstaand huis uit 1905

Bouwjaar: 1905
Revonatie: 2012
Locatie: Zuidwending 293, Veendam
Type monument: Geen monument

De woning is in stappen naar energie-nul gegaan. In 2010 is het huis geïsoleerd en voorzien van zonnepanelen en een palletkachel. Later werd een zonneboiler hier aan toegevoegd. De laatste wijzigingen hebben in 2014 plaatsgevonden. Alle oude lampen werden vervangen door LED en spaarlampen.

7.3.1 Energie-nul concept

	Oorspronkelijke situatie	Nieuwe situatie
<i>Thermische isolatie</i>	Slecht geïsoleerd, spouwmuur en dakpannen dak	Dak-, vloer- en gevelisolatie met vegetatiedak
<i>Kozijnen en ramen</i>	Houten kozijnen, op enkele plaatsen dubbelglas	HR ++ dubbelglas
<i>Verwarming</i>	Radiatoren, met gasketel	Biomassa kachel en CV installatie
<i>Koeling en ventilatie</i>	Natuurlijke ventilatie	Natuurlijke ventilatie
<i>Warmtapwater</i>	Gasketel	Warmtepompboiler Helofytenfilter
<i>Energieopwekking</i>	Geen	Zonnepanelen Zonnecollector



Figuur 16.

7.4 Project 4: Energie +++ levert 14000 kWh

Bouwjaar: Niet bekend
Revonatie: 1998
Locatie: Ringdijk bovenkerker polder 10, Amstelveen
Type monument: Geen monument

De oude boerderij werd deels gesloopt en volledig opgeknapt. Het doel was om zoveel mogelijk energie op te wekken om geen gebruik meer van gas te hoeven maken. Bij de renovatie heeft men gestreefd naar de beste oplossing.

7.4.1 Energie-nul concept

	Oorspronkelijke situatie	Nieuwe situatie
<i>Thermische isolatie</i>	Slecht geïsoleerd, spouwmuur en dakpannen dak	Dak-, gevel- en kruipruimte isolatie
<i>Kozijnen en ramen</i>	Houten kozijnen met enkel- en dubbelglas	HR ++ dubbelglas
<i>Verwarming</i>	Radiatoren, met gasketel	Warmtepomp met bodembron Warmtepomp lucht (vloer- en wandverwarming)
<i>Koeling en ventilatie</i>	Natuurlijke ventilatie	Natuurlijke ventilatie
<i>Warmtapwater</i>	Gasketel	Warmtepompboiler
<i>Energieopwekking</i>	Geen	Zonnepanelen, zonnecollector, windmolen



Figuur 17.

7.5 Project 5: Vrijstaande woning uit 1911

Bouwjaar: 1911
Renovatie: 2014
Locatie: Westerstraat 11, Alkmaar
Type gebouw Woning

De woning is in stappen naar energie-nul gegaan. In 2010 is het huis geïsoleerd en voorzien van zonnepanelen en een palletkachel. Later werd een zonneboiler hier aan toegevoegd. De laatste wijzigingen hebben in 2014 plaatsgevonden. Alle oude lampen werden vervangen door LED en spaarlampen.

7.5.1 Energie-nul concept

	Oorspronkelijke situatie	Nieuwe situatie
<i>Thermische isolatie</i>	Slecht geïsoleerd, spouwmuur en dakpannen dak	Dak-, vloer- en gevelisolatie
<i>Kozijnen en ramen</i>	Houten kozijnen met enkel- en dubbelglas	HR ++ dubbelglas
<i>Verwarming</i>	Radiatoren, met gasketel	Biomassa kachel en CV installatie
<i>Koeling en ventilatie</i>	Natuurlijke ventilatie	Natuurlijke ventilatie
<i>Warmtapwater</i>	Gasketel	Warmtepompboiler
<i>Energieopwekking</i>	Geen	Zonnepanelen, Zonnecollector



Figuur 18.

7.6 Vergelijking van energie-nul woningen

Tabel 1. Verschillende energie-nul woningen

Naam project	Bouwjaar	Opp. woning [m ²]	Aantal huishouden	Energie verbruik [kWh p.j.]	Water verbruik [m ³ p.j.]	Gas verbruik [m ³ p.j.]	Duurzame energie [kWh p.j.]
<i>Energiecentrale</i>	1940 – 1950	200	2	3368	52	0	12000
<i>Vrijstaand huis uit 1905</i>	1900 – 1910	200	3	3500	n.b.	1300	5300
<i>Energie +++ levert 14000 kwh</i>	1990 – 2000	700	2	4800	220	100	18800
<i>Vrijstaande woning uit 1911</i>	1900 – 1910	140	2	3480	50	30	4480

Bron: huisvolenergie.nl

Er zijn geen gegevens beschikbaar over project 1: monumentale villa.

7.7 Energie-nul technieken

Uit de bovenstaande projecten kunnen we de volgende conclusies trekken:

- Het goed isoleren van de thermische schil is een vereiste
- De meest gangbare manier om energie op te wekken is met behulp van zonnepanelen in combinatie met zonnecollectoren
- Om naar energie-nul te gaan is balansventilatie niet nodig
- Het is mogelijk om geen fossiele brandstoffen te gebruiken
- Er wordt gebruikt gemaakt van een warmtepomp of biomassa kachel voor de verwarming

Bronvermelding

- Clubgreen. (z.d.). Geraadpleegd op 15 maart 2015 <http://www.clubgreen.nl/vraag/Het-energie-nul-concept.html>
 - RVO. (z.d.). Geraadpleegd op 15 maart 2015 van, <http://www.rvo.nl/sites/default/files/Infoblad%20Energie neutraal%20bouwen%20Definitie%20en%20ambitie%20april%202013.pdf>
 - Venema Restauratie. (z.d.). Geraadpleegd op 12 maart 2015, van <http://www.venemarestauratie.nl/venema-restauratie/wilhelminapark7-apeldoorn>
 - Digitale plannen Apeldoorn. (z.d.). Geraadpleegd op 12 maart 2015, van http://digitaleplannen.apeldoorn.nl/plannen/NL.IMRO.0200.ov1023-/NL.IMRO.0200.ov1023-vas1/t_NL.IMRO.0200.ov1023-vas1.html
 - Duurzame huizen routine. (z.d.). Geraadpleegd op 15 maart 2015, van <http://www.duurzamehuizenroute.nl/locatie/energie neutraal-monument>
 - Zecc Architecten. (z.d.). Gedownload op 22 maart 2015, van Zecc Architecten NL boekje_Driebergen_E-nul%20(1).pdf
 - Huis vol energie. (z.d.). Geraadpleegd op 20 maart 2015, van <https://www.huisvolenergie.nl/woningen/renovatie woning-energiecentrale>
 - Trias Energetica. (z.d.). Geraadpleegd op 20 maart 2015, van <http://www.triasenergetica.com/nederlands.html>
 - Energie leverend. (z.d.). Geraadpleegd op 20 maart 2015, van <http://www.energieleverend.nl/index.php?page=Ontwerp>
 - Energie sprong. (z.d.). Geraadpleegd op 20 maart 2015, van <http://energiesprong.nl/wp-content/uploads/2011/05/PeGO-Conceptlijn-Passiefhuis.pdf>
 - Nibe. (z.d.). Geraadpleegd op 23 maart 2015, van <http://www.nibe.org/nl/over-nibe/onze-missie>
 - DUBOkeur. (z.d.). Geraadpleegd op 23 maart 2015, van <http://www.dubokeur.nl>
 - Bestaande woningbouw. (z.d.). Geraadpleegd op 23 maart 2015, van http://www.bestaandewoningbouw.nl/wp-content/uploads/2008/10/SER026-01_boosten_binnenwerk04_LR.pdf
 - Warmbouwen. (z.d.). Geraadpleegd op 24 maart 2015, van <http://www.warmbouwen.nl/home/warmbouwen>
 - Passief bouwen. (z.d.). Geraadpleegd op 24 maart 2015, van <http://www.passiefbouwen.nl/>
 - Urgenda. (z.d.). Geraadpleegd op 23 maart 2015, van <http://www.urgenda.nl/>
-
- [1] Wetten overheid. (z.d.). Gedownload op 15 maart 2015, van http://wetten.overheid.nl/BWBR0004471/geldigheidsdatum_20-06-2014
 - [2] Bouwbesluit 2012. (2012).
 - [3] Omgevingsrecht. (z.d.). Gedownload op 15 maart 2015, van <http://maxius.nl/wet-algemene-bepalingen-omgevingsrecht/artikel2.1/>
 - [4] Omgevingsrecht. (z.d.) Gedownload op 15 maart 2015, van <http://maxius.nl/wet-algemene-bepalingen-omgevingsrecht/artikel2.2>
 - [5] Bouwquest. (z.d.). Gedownload op 20 maart 2015, van <http://www.bouwquest.nl/>
 - [6] Warmbouwen. (z.d.). Gedownload op 24 maart 2015, <http://www.warmbouwen.nl/home/warmbouwen>
 - [7] Warmbouwen. (z.d.). Gedownload op 24 maart 2015, <http://www.warmbouwen.nl/home/warmbouwen>
 - [8] Urgenda. (z.d.). Gedownload op 24 maart 2015, van <http://www.urgenda.nl/>
 - [9] Doos in doos renovatie. (z.d.). Gedownload op 24 maart 2015, van <http://www.doosindoosrenovatie.nl/>
 - [10] Trias Energetica. (z.d.). Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.energieleverend.nl/index.php?page=Ontwerp>
 - [11] K&E pr0jecten. (2015). Eigen bron
 - [12] DUBOkeur. (z.d.). Gedownload op 24 maart 2015, van <http://www.dubokeur.nl/files/DUBOkeurproductuitleg.html>
 - [13] Zecc Architecten. (z.d.). Gedownload op 22 maart 2015, van Zecc Architecten NL boekje_Driebergen_E-nul%20(1).pdf
 - [14] Huis vol energie. (z.d.). Gedownload op 24 maart, van <https://www.huisvolenergie.nl/woningen/renovatie woning-energiecentrale>
 - [15] Huis vol energie. (z.d.). Gedownload op 24 maart, van <https://www.huisvolenergie.nl/woningen/bj-1905-buitengebied-veendam/>
 - [16] Huis vol energie. (z.d.). Gedownload op 24 maart, van <https://www.huisvolenergie.nl/woningen/woning-met-kantoor/>
 - [17] Huis vol energie. (z.d.). Gedownload op 24 maart, van <https://www.huisvolenergie.nl/woningen/vrijstaande-woning-uit-1911/>
 - [18] Huis vol energie. (z.d.). Gedownload op 24 maart, van <https://www.huisvolenergie.nl/woningen/vrijstaande-woning-uit-1911/>

3. Monument Huize Parklust

Inhoudsopgave

Inleiding	2
1 Huize Parklust	4
1.1 Architectuur in de 19 ^e eeuw	4
1.2 Huize Parklust van 1897 tot 2013.....	5
2 Monumentale waarden	7
3 Bouwkundige opname 09.03.2015	9
3.1 Gevels	9
3.2 Vloeren	10
3.3 Plafond.....	10
3.4 Binnenwanden	10
3.5 Kozijnen en ramen	10
3.6 Dak.....	10
4 Terug naar 1897	11
4.1 Gevels	13
4.2 Buiten- en binnenwanden	15
4.3 Vloeren	15
Bronvermelding	16

Inleiding

In dit document gaan we in op het Rijksmonument Huize Parklust. We gaan terug in de tijd en beschrijven welke veranderingen Huize Parklust met de jaren door heeft moeten doorstaan. Vervolgens beschrijven we de kenmerkende eigenschappen van de villa waarbij we de nadruk leggen op de monumentale waarden.

Aan de hand van de bouwkundige opname die we hebben gedaan beschrijven we de huidige staat van het verwaarloosde gebouw en lichten toe wat er veranderd moet worden om Huize Parklust te restaureren tot de oorspronkelijke staat.

1 Huize Parklust

Cornelis Marinus Gardenier, een van de eerste afgestudeerde architecten aan de Polytechnische school in Delft, is in de 19^e eeuw erg bekend in zijn geboorteplaats Apeldoorn en bouwt hier veel villa's. Hij is niet alleen bekend vanwege het feit dat hij een van de eerste afgestudeerden is van de Polytechnische school, maar ook vanwege zijn vele patenten. In Apeldoorn wordt de laan van Sprengenweg tot Soerenseweg genoemd naar Cornelis Marinus Gardenier, Gardenierslaan.

C. M. Gardenier ontwerpt Huize Parklust voor de burgemeester van Apeldoorn, Tutein Nolthenius. In 1897 wordt Huize Parklust gebouwd aan de Parkenbuurt in Apeldoorn, waar meerdere ontwerpen van C. M. Gardenier zijn gebouwd. De Parken is sinds 2005 een rijks beschermend stadsgezicht.

1.1 Architectuur in de 19^e eeuw

Na 1880 is er een economische bloei in Nederland. Dit heeft ook zijn gevolgen voor de architectuur en de bouw. Er is veel interesse en belangstelling naar bouwstijlen uit de vorige eeuwen. Dit heeft als gevolg, dat er neostijlen ontstaan zoals, neoclassicisme, neogotiek, neorenaissance en neobarok. Neorenaissance is erg populair en het 'oud Hollandse stijl' wordt herboren.

Gardenier heeft kenmerkende eigenschappen van de neorenaissance toegepast in zijn ontwerp. Zoals de tuitgevel met een tuitstuk, speklagen en waterlijsten, natuurstenen gevels, pilasters en rondbogen. Ook zie je de strenge karakter van het gebouw terug wat een kenmerkend eigenschap is van de architect Gardenier. Hieronder zijn een aantal ontwerpen van Gardenier in de Parkenbuurt te zien.



Figuur 1. C.M. Gardenier



Figuur 2. Wilhelminapark 1



Figuur 3. Wilhelminapark 3



Figuur 4. Wilhelminapark 7

1.2 Huize Parklust van 1897 tot 2013

Huize Parklust dat gebouwd is voor de burgemeester Tutein Nolthenius doet in de begin jaren dienst als woonhuis. De tijden veranderen echter. Een grote villa als Huize Parklust is financieel niet meer te bekostigen als woonhuis en krijgt de functie van meisjesinternaat. Huize Parklust was tot de jaren '80 van de vorige eeuw een thuis voor tientallen meisjes. Vervolgens werd het COA (Centraal Orgaan opvang Asielzoekers) de nieuwe eigenaar van Huize Parklust. Huize Parklust werd nu een thuis voor asielzoekers. Tot 2013 behield Huize Parklust deze functie en kwam vervolgens leeg te staan.

In 2014 trekt Huize Parklust de aandacht van een gezin uit Apeldoorn. Het gezin van vijf is op zoek naar een ruime, bijzondere woning in de buurt van hun toenmalige woonlocatie, de Parkenbuurt. Ruim is Huize Parklust absoluut. Inclusief alle aanbouwen die in de loop der jaren zijn toegevoegd heeft Huize Parklust een bruto vloeroppervlakte van 897 m². Tot de conclusie dat Huize Parklust een bijzonder gebouw is, komt het gezin na het zien van de historische foto (figuur 5). Door de jaren heen is er echter veel veranderd aan Huize Parklust. Het Apeldoornse gezin besluit om het gemeentelijke monument te restaureren en de verloren monumentale waarden terug te winnen.

Huize Parklust heeft door de jaren heen veel verschillende bewoners gehad en veranderingen doorgemaakt. Er zijn geen oorspronkelijke tekeningen en foto's beschikbaar uit 1897. Dit komt doordat er tot 1901 geen eisen waren voor het inleveren van tekeningen van een te bouwen bouwwerk bij de gemeente. Er werd enkel een tekening ingeleverd waar de rooilijnen op waren aangegeven. Er zijn wel tekeningen gevonden uit 1955, echter was er toen al veel gewijzigd.

Uit de tekeningen uit 1955 kan opgemaakt worden dat er een aanbouw is gebouwd aan de linkerzijgevel en een serre aan de rechterzijgevel. Ook zijn er voorzieningen zoals brandtrappen toegevoegd. Er is niet alleen aangebouwd, ook zijn er veel waardevolle aspecten gesloopt, zoals de beeldbepalende dakkapellen aan de voorgevel, het tuitstuk met pinakel die de voorgevel bekroonden en de vele persiënnes.

Het metselwerk is door de jaren heen meerdere malen overgesausd waardoor veel karakteristieke eigenschappen, zoals de mozaïektegels in de boogvelden boven de vensters van de villa, verloren zijn gegaan. Het glas is op veel plekken dicht geschilderd ten behoeve van een verlaagd plafond.

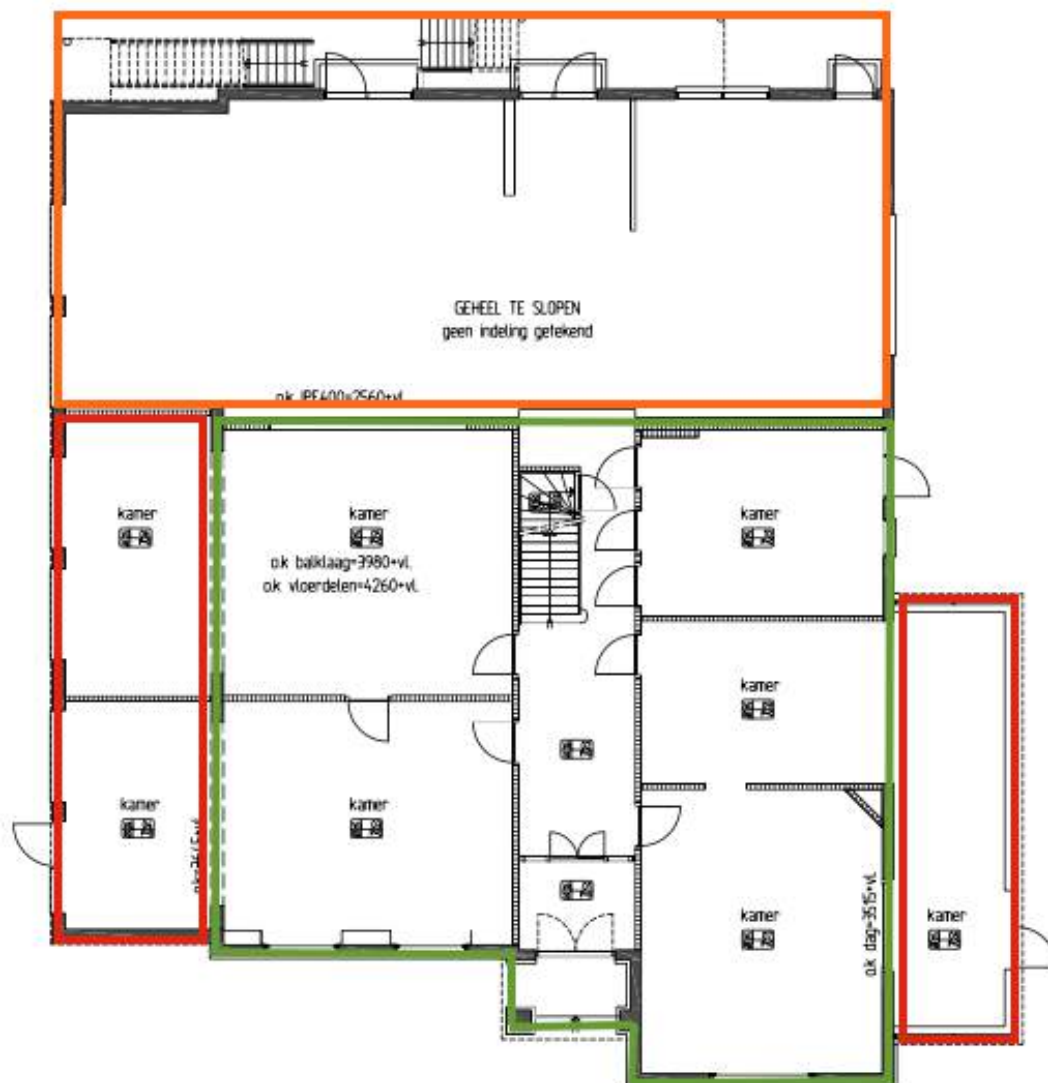
Het dak is aan de achterzijde ongeveer acht meter verlengd na alle verbouwingen. De originele kap bestaat uit Penrhyn leien uit Wales en is gedekt in Maasdekking. Bij het aanbouwen van het verlengde deel van de kap is gebruikgemaakt van een andere kleur leien die bovendien in contrasterende Rijndekking zijn aangebracht.



Figuur 5. Huize Parklust 1946



Figuur 6. Huize Parklust 2014



- Oorspronkelijke pand
- Aanbouw rond 1955
- Aanbouw asielzoekers -centrum

Figuur 7. Plattegrond Huize Parklust, verdieping 1 (bestaande situatie)

2 Monumentale waarden

Een woonhuis voor een burgemeester mocht in de jaren '90 van de negentiende eeuw iets uitbundiger zijn dan een normale villa. Gardenier heeft dit ook gedaan bij Huize Parklust. Huize Parklust is voorzien van een betonnen vloerafsluiting. Dit werd destijds slechts toegepast bij bijzondere gebouwen die wat meer mochten kosten dan normaal.

Gardenier heeft kenmerkende eigenschappen van de neorenaissance toegepast in zijn ontwerp. Voorbeelden hiervan zijn de tuitgevel met een tuitstuk, speklagen en waterlijsten, natuurstenen gevelstenen, pilasters en bogen boven vensters.

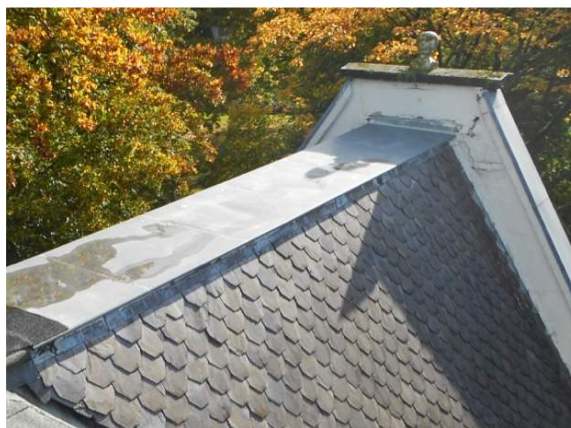
Huize Parklust bevatte diverse monumentale waarden die verloren zijn gegaan en gerestaureerd moeten worden naar de oorspronkelijke staat.

Er mogen geen ingrepen gedaan worden die negatief beeldbepalende gevolgen hebben voor de gevels. Van de bestaande achtergevel zijn geen gegevens beschikbaar. Daarom gelden er geen eisen voor de achtergevel. Wel dient deze uitgevoerd te worden in harmonie met de rest van de villa.

Huize Parklust bevat indrukwekkende grote ramen op de begane grond. Op de eerste verdieping zijn er kleinere glasoppervlakten en zijn er verticale roeden toegepast. De kozijnen van de contragewicht schuiframen in de voorgevel moeten worden behouden. De kozijnen die vervangen worden vanwege de bouwkundige staat, dienen uitgevoerd te worden in dezelfde detaillering en materialisering. De kozijnen in de voorgevel zijn voorzien van enkelbladig getrokken glas. Deze zijn van monumentaal belang. Dit geldt ook voor de dakleien. Het dak is gedekt met grijs-paarse Penrhyn leien uit Wales. Deze zijn van monumentaal belang en moeten worden behouden. Huize Parklust bevat terugliggend tegelmozaïek onder de segmentbogen boven de ramen. Deze moeten hersteld worden. De beschadigde tegels moeten vervangen worden in dezelfde detaillering, materialisering en kleur. Het metselwerk moet gerepareerd worden in dezelfde kleur en materialisatie. Er is sprake van een snijvoeg. Ook is de kleur van de voegen van belang. Ter plaatse van de segmentbogen, onder de waterlijsten en gootsteen hebben de voegen een rode kleur. Het overige voegwerk is grijs. De aanzet- en sluitstenen, waterlijsten, lateien en frieslijsten zijn van wit gepleisterd.



Figuur 8. Kozijnen voorgevel



Figuur 9. Leien schuine dakdeel



Figuur 10. Tegelmozaïek

Het tuitstuk met pinakel dient hersteld te worden in de oorspronkelijke vormgeving. De persiënnes op de begane grond en op de verdieping dienen hersteld te worden in de oorspronkelijke kleur en vormgeving. De bijzondere dakkapellen aan de voorzijde van het dak dienen teruggeplaatst te worden in het oorspronkelijke uiterlijk. Deze kenmerken zijn te zien op de historische foto's (figuur 5).

De indrukwekkende grote voordeur en de vestibule van Huize Parklust dienen behouden te worden. Behalve de vestibule in de entree en het trappenhuis is er binnen het gebouw bijna niets meer terug te vinden van de oorspronkelijk indeling van de villa. Hierdoor kunnen er geen eisen worden gesteld aan de indeling. De kern van het gebouw, de entree en trap moeten intact blijven. In de voorkamer zijn er resten van een kooflijst gevonden. Deze dient gerestaureerd te worden.

De beschadigde spanten op zolder dienen hersteld te worden met hetzelfde uiterlijk en materiaal.



Figuur 11. en 12. Voordeur met pilaster



Figuur 13. Spanten

3 Bouwkundige opname 09.03.2015

3.1 Gevels

Het eerst wat je opvalt wanneer je het Wilhelminapark benaderd is dat er een enorme, dicht gesausde, witte villa staat, Huize Parklust. De nieuwe eigenaars van Huize Parklust hebben ervoor gekozen om de villa volledig te restaureren naar de oorspronkelijke staat. Hierbij is het metselwerk de grootse opgave.

Er zijn kleine gedeeltes opengezet om te kunnen zien wat er onder de vele lagen metselwerk zit. Bij het reinigen van deze stukken, zijn er bijzondere eigenschappen tevoorschijn gekomen. De speklagen, waterlijsten, aanzet- en sluitstenen, wat kenmerkende eigenschappen zijn voor gebouwen uit de 19^e eeuw, zijn van wit cement. Het voegwerk is van kalkgebonden mortel en er is een snijvoeg toegepast. Het voegwerk ter plaatse van de segmentbogen, onder de waterlijsten en gootsteen heeft een rode kleur voeg. De meest bijzondere ontdekking is toch wel dat het boogveld van de segmentbogen is opgevuld met natuurstenen.



Figuur 14. en 15. Gevel Huize Parklust

De voor-, achter- en rechterzijgevel zijn steens gemetseld zonder isolatie en spouw. De dikte van deze muren zijn 210 mm. De linkerzijgevel bestaat uit een spouwmuur met een spouw van ± 40 mm. Op de achtergevel na, verkeerd het metselwerk is in goede staat.

Op enkele plaatsen zullen de beschadigde bakstenen hersteld moeten worden. De achtergevel is er slechter aan toe. Van de oorspronkelijke achtergevel is er niet veel meer over. De aanbouw op de achtergevel zal gesloopt worden. Het metselwerk van de oorspronkelijke achtergevel zal hierdoor aangetast worden. Deze heeft grote ingrepen nodig om het esthetisch in orde te maken.

3.2 Vloeren

Zowel de begane grondvloer als de tussenvloeren zijn van hout. Er is geen kruipruimte aanwezig. Er is een betonnen grondkering waar een laag zand overheen is gelegd. De begane grondvloer wordt ondersteund door houten balken. Het kelderdek is van beton, deze verkeerd in goede staat.

De houten tussenvloeren rusten op een houten balklaag, die hart op hart 600 mm van elkaar af liggen. De balken hebben twee verschillende afmetingen, namelijk 70x290mm en 70x170 mm.

3.3 Plafond

Huize Parklust heeft een vrije hoogte van 4 meter. Echter is er in vrijwel iedere ruimte een verlaagd plafond van ongeveer een meter toegepast. Enkel in de rechter voorkamer is de originele plafond met perklijst intact gebleven.

3.4 Binnenwanden

De binnenwanden bestaan voor een groot deel uit metselwerk. De constructieve binnenwanden, die ook zijn opgebouwd uit bakstenen, lopen door tot het dak. Deze verkeren in goede staat.

3.5 Kozijnen en ramen

De villa heeft contragewicht schuiframen met enkelglas. De kozijnen zijn in goede staat. Echter zijn de bovenlichten van veel ramen dicht geverfd vanwege het verlaagd plafond. De persiënes zijn verwijderd en er zijn screens aan de buitenzijde toegepast als zonwering.

3.6 Dak

De kap is bedekt met Penrhyn leien uitgevoerd in Maasdekking, echter zijn deze leien verouderd. Normaliter hebben Penrhyn leien een dikte van circa 5 mm, wat is overgebleven zijn leien van 1 à 2 mm. De leien op de aanbouw hebben een andere kleur en vorm en is uitgevoerd in Rijndekking. Deze verschil is te zien in figuur 19. Ook is hier een dakkapel te zien die niet bij het oorspronkelijke gebouw hoort. Het dak is opgebouwd uit een houten constructie. Uit de vlekken op de houten balken is op te maken dat er meerdere malen brand is geweest in het gebouw. Er zijn ook enkele spanten verwijderd. Het dak inclusief constructie en kap moet in zijn geheel worden aangepakt.



Figuur 16. Verlaagd plafond, Figuur 17. Binnen aanzicht voorgevel, Figuur 18. Buitenaanzicht rechtergevel



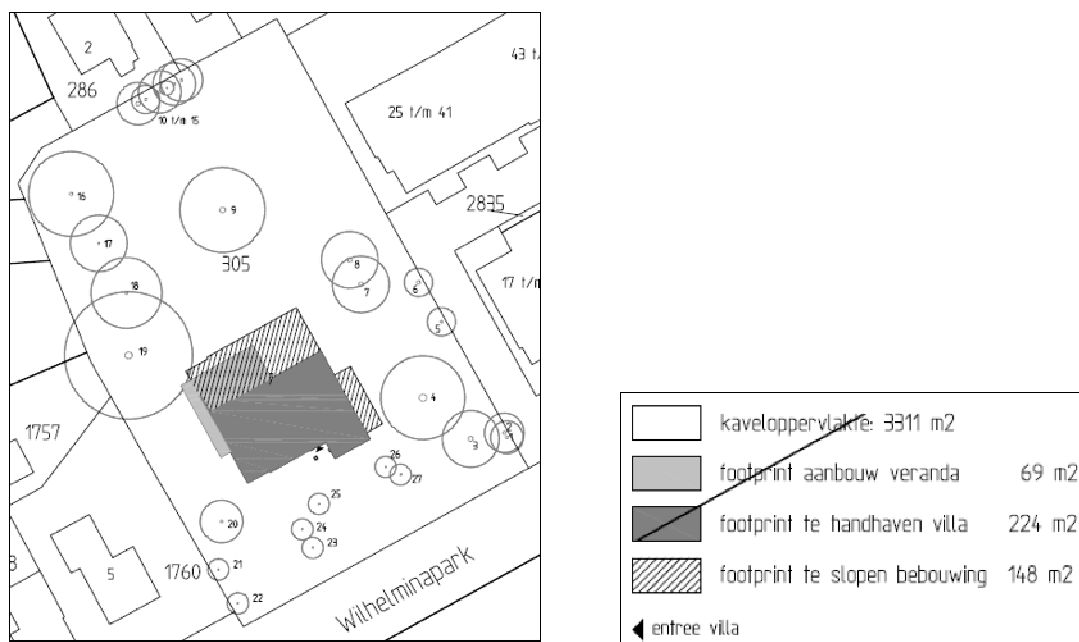
Figuur 19. Dak bestaand en aanbouw

4 Terug naar 1897

Huize Parklust is diverse keren verbouwd. Deze verbouwingen hebben tot een sterk gewijzigd uiterlijk geleid. Op verzoek van de opdrachtgever zal Huize Parklust worden gerestaureerd. Hiervoor worden er verschillende ingrepen gedaan.

Bestaand ontwerp	
Bruto vloeroppervlakte	897 m ²
Bruto inhoud	3450 m ³
Oppervlakte bebouwd terrein	372 m ²

Nieuw ontwerp	
Bruto vloeroppervlakte	555 m ²
Bruto inhoud	2133 m ³
Oppervlakte bebouwd terrein	293 m ²
Gebruiksoppervlakte	502 m ²
Verblijfsgebied	289 m ²



Figuur 20. Situatietekening Huize Parklust

De aanbouw aan de achtergevel en de rechterzijgevels worden geheel gesloopt. Ter plaatse van de aanbouw aan de achtergevel en een deel van linkerzijgevel wordt een veranda verwezenlijkt.

4.1 Gevels

De gevels ondergaan grote veranderingen om het oorspronkelijke ontwerp terug te krijgen. De aanbouw aan de achtergevel wordt volledig gesloopt en er wordt een nieuwe achtergevel gerealiseerd. De nieuwe grens van de villa is te zien op de rechter- en linkerzijgevel.



Figuur 22. Gevelaanzichten Huize Parklust (bestaande situatie)

Te verwijderen gevelelementen



Nieuwe gebouwgrens



Om terug te kunnen keren naar de oorspronkelijke gevels van Huize Parklust is er gekeken naar de monumentale warden. De volgende ingrepen waren hiervoor nodig:

Voorgevel

- Het sauswerkwerk op de gevels wordt verwijderd
- De bestaande dakkapellen worden vervangen naar de oorspronkelijke stijl
- Alle ramen worden voorzien van persiënnes
- Op de tuitgevel wordt opnieuw een tuitstuk en pinakel aangebracht

Rechterzijgevel

- Het sauswerk op de gevels wordt verwijderd
- Er wordt een gevelopening dichtgemetseld
- De dakkapellen worden vervangen door dakramen
- Er worden extra dakramen geplaatst

Linkerzijgevel

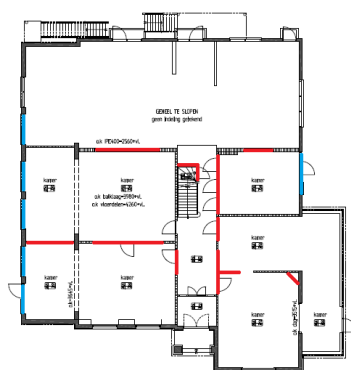
- Het sauswerk op de gevels wordt verwijderd
- De gevelopeningen op de eerste verdieping worden verplaatst om gelijke tussenafstanden te creëren
- Er worden extra dakramen geplaatst

Achtergevel

- De bestaande gevel wordt geheel gesloopt samen met het bijbehorende dak gedeelte
- Er wordt een nieuwe (metselwerk) gevel gerealiseerd
- Het dak wordt in de vorm van een schilddak uitgevoerd
- Alle rondbogen op de achtergevel worden verwijderd
- Er worden nieuwe gevelopeningen gemaakt en gestructureerd over de gevel verdeeld
- Er worden extra dakramen gemaakt

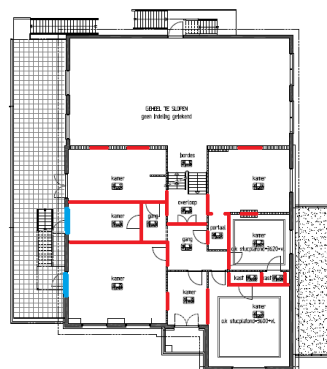
4.2 Buiten- en binnenwanden

Alle veranderingen van de gevels kunnen van de onderstaande plattegronden worden afgeleid. Daarnaast is er aangegeven welke binnenwanden gesloopt dienen te worden.

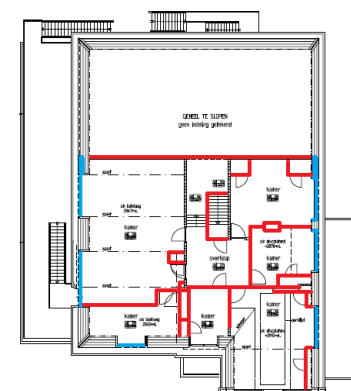


Begane grond

Te verwijderen binnenwanden
Wijzigingen buitenwanden



Eerste verdieping



Tweede verdieping

Figuur 23. Plattegronden Huize Parklust (bestaande situatie)

4.3 Vloeren

De ongeïsoleerde houten begane grondvloer wordt in zijn geheel vervangen, enkel het kelderdek blijft intact, net als de houten verdiepingvloeren. De onderstaande plattegronden geven de verandering van de begane grondvloer weer.



Begane grond



Eerste verdieping

Te verwijderen houten vloer
Nieuwe vloer



Figuur 24. Plattegronden Huize Parklust (bestaande situatie)

Bronvermelding

- Blogspot. (z.d.). Geraadpleegd op 12 maart 2015, van <http://kunst-19e-eeuw.blogspot.nl/p/bouwkunst-in-de-19de-eeuw.html>
- Bouwkundige termen, Dr. E. J. Haslinghuis
- Fotoarchief Apeldoorn. (z.d.). Geraadpleegd op 11 maart 2015, van <http://fotoarchiefapeldoorn.nl/indische-buurt/straten-f-tm-j/gardenierslaan/index.html>
- TU Delft. (z.d.). Geraadpleegd op 12 maart 2015, van <http://www.tudelft.nl/over-tu-delft/geschiedenis/>
- Parkenbuurt. (z.d.). Geraadpleegd op 10 maart 2015, van <http://www.parkenbuurt.nl/stratenvtmz/wilhelminapark/index.html>

- [1] Fotoarchief Apeldoorn. (z.d.). Gedownload op 10 maart 2015, van <http://fotoarchiefapeldoorn.nl/images/c.m.-gardenier-portret.jpg>
- [2] Parkenbuurt. (z.d.). Gedownload op 10 maart 2015, van <http://www.parkenbuurt.nl/stratenvtmz/wilhelminapark/index.html>
- [3] Parkenbuurt. (z.d.). Gedownload op 10 maart 2015, van <http://www.parkenbuurt.nl/stratenvtmz/wilhelminapark/index.html>
- [4] Parkenbuurt. (z.d.). Gedownload op 10 maart 2015, van <http://www.parkenbuurt.nl/stratenvtmz/wilhelminapark/index.html>
- [5] Parkenbuurt. (z.d.). Gedownload op 10 maart 2015, van <http://www.parkenbuurt.nl/stratenvtmz/wilhelminapark/index.html>
- [6] Harmonische Architectuur. (2013, 10 juli) Opname 2013-07-10
- [7] Harmonische Architectuur (2014) Bouwkundig tekenwerk Huize Parklust
- [8] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [9] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [10] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [11] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [12] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [13] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [14] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [15] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [16] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [17] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-08-20
- [18] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [19] Harmonische Architectuur. (2013, 8 juli). Opname 2013-07-08
- [20] Harmonische Architectuur. (2014). Bouwkundig tekenwerk Huize Parklust
- [21] Harmonische Architectuur. (2014). Bouwkundig tekenwerk Huize Parklust
- [22] Harmonische Architectuur. (2014). Bouwkundig tekenwerk Huize Parklust
- [23] Harmonische Architectuur. (2014). Bouwkundig tekenwerk Huize Parklust
- [24] Harmonische Architectuur. (2014). Bouwkundig tekenwerk Huize Parklust

4 - Bouwtechniek

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Aandachtspunten van monumenten	4
1.1 Metselwerkconstructie	4
1.2 Lucht- en kierdicht isoleren	4
1.3 Spouwmuren	4
1.4 Daken	5
1.5 Isolatiematerialen en folies	5
1.6 Ramen en kozijnen	5
1.7 Leidingen en doorvoeren	5
2 Isoleren van Huize Parklust	6
2.1 Waarom isoleren?	6
2.1.1 Financieel	6
2.1.2 Strategisch	6
2.1.3 Ecologisch	6
2.1.4 Comfort	6
2.2 Vochtproductie en gevolgen	6
2.3 Damp-dicht bouwen	7
2.4 Damp-open bouwen	7
2.5 Isoleren van monumenten	7
2.6 Kenmerken Huize Parklust	8
2.7 Keuze damp-open of damp-dicht isoleren	9
3 Begane grondvloer	10
3.1 Typen vloeren	10
3.2 Vloerisolatie	12
3.3 Vloerverwarming; nat of droog	13
3.4 Dekvloer begane grond	13
3.4.1 Fermacell vloerelementen	13
3.4.2 Qualitherm EPS elementen	14

3.4.3	Keuze dekvloer	14
3.5	Definitieve vloeropbouw	14
4	Dakopbouw	16
4.1	Isolatiemethoden	16
4.1.1	Isoleren aan de buitenkant (warm dak)	16
4.1.2	Isoleren van de binnenkant (koud dak)	16
4.1.3	Isoleren van de vlivering	17
4.1.4	Keuze isolatiemethode	17
4.2	Isolatiematerialen	19
4.3	Dakbedekking	21
4.4	Definitieve dakopbouw	22
5	Buitenwanden	23
5.1	Alternatieven	23
5.2	Verschillende isolatiesystemen	24
5.2.1	Isolatiesysteem 1: Kalkpleister en Calsitherm	24
5.2.2	Isolatiesysteem 2: Cellulose isolatie en houtvezel	25
5.2.3	Isolatiesysteem 3: Leem en cellulose	26
5.2.4	Isolatiesysteem 4: Cellulose houtskeletbouw element met tussenspouw	26
5.3	Keuze	27
6	Binnenwanden	28
6.1	Keuze	29
7	Ramen	30
7.1	Bestaande schuiframen	30
7.2	Nieuwe kozijnen	31
7.3	Nieuwe glas in nieuwe kozijnen	32
	Bijlagen	34
	Bronnenlijst	35

Inleiding

Het restaureren van een monument is een complexe opgave. In dit document beschrijven we wat de aandachtspunten zijn bij het restaureren van monumenten en wat de gevolgen zijn wanneer dit niet op de juiste wijze gedaan wordt. Een belangrijk onderdeel hiervan is isoleren. We gaan in op het onderdeel damp-open of damp-dicht bouwen om de juiste keuze voor Huize Parklust te maken.

Vervolgens gaan we in op de afwegingen voor materiaalkeuzen. De duurzaamheid van materialen spelen een grote rol bij de uiteindelijke keuze. In het Nibe's basiswerk worden de materialen beoordeeld en onderverdeeld in klassen. In figuur 1 is de rang bepaald op basis van de milieuklasse. Deze zal in de vergelijking van de materialen terugkomen. Zoals we hebben aangegeven in het Programma van Eisen stellen we als uitgangspunt het toepassen van materialen met een milieuklasse van 1. Indien dit niet mogelijk is, zullen we onze keuze onderbouwen. We zullen ook materialen uit andere milieuklassen in onze vergelijking opnemen om een bredere blik te hebben op het onderdeel.



Figuur 1: Nibe

Klasse	Subklasse	Rang	Omschrijving
1	a	1	Beste keuze
	b	2	
	c	3	
2	a	4	Goede keuze
	b	5	
	c	6	
3	a	7	Aanvaardbare keuze
	b	8	
	c	9	
4	a	10	Minder goede keuze
	b	11	
	c	12	
5	a	13	Af te raden keuze
	b	14	
	c	15	
6	a	16	Slechte keuze
	b	17	
	c	18	
7	a	19	Onaanvaardbare keuze
	b	20	
	c	21	
> 7c		22	Onaanvaardbare keuze

Figuur 2. Milieuklasse en ranglijst van materialen

1 Aandachtspunten van monumenten

Het isoleren van monumenten vraagt om een zorgvuldig proces, waarbij de monumentale waarden moeten worden gehandhaafd. Daarnaast dient er rekening te worden gehouden met de bouwfysische gevolgen.

Bij het isoleren van monumenten dient aandacht besteedt te worden aan de volgende onderdelen¹:

- Metselwerkconstructie
- Luchtdicht isoleren
- Spouwmuren
- Daken
- Isolatiematerialen en folies
- Ramen en kozijnen
- Leidingen en doorvoeren



Figuur 3. Energieverliezen

1.1 Metselwerkconstructie

Door binnenisolatie zal het metselwerk grotere temperatuurschommelingen ondergaan, omdat deze minder verwarmd of gekoeld wordt. In de zomer zal het metselwerk warmer en in de winter kouder worden. Er kunnen scheuren ontstaan door krimp of uitzetting. Daarnaast dient men rekening te houden met de regenbelasting. Het metselwerk zal langer vochtig blijven wanneer de droging naar binnen wordt belemmerd.

1.2 Lucht- en kierdicht isoleren

Wanneer de warme binnenlucht achter de isolatie kan dringen leidt dit tot condensatie. Om dit te voorkomen dient de kierdichting van de isolatie zeer goed te worden uitgevoerd. Het is niet eenvoudig om kierdichting rondom kozijnen te realiseren. Daar wordt de isolatielaag doorbroken. Daarnaast dient men rekening te houden met de houten verdiepingsvloeren.

1.3 Spouwmuren

Het isoleren van de spouw is een risicovolle ingreep. In de spouw kunnen materialen aanwezig zijn (bijv. specieresten of bouwpuin) die koudebruggen kunnen veroorzaken. Spouwisolatie mag uitsluitend worden toegepast als er aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Het metselwerk verkeert in goede staat
- Geen dampremming aan de buitenzijde
- De spouw dient goed opgevuld te worden met het isolatiemateriaal
- Het isolatiemateriaal dient geschikt (de spouw dient volledig te worden opgevuld, hierbij kan men denken aan schuimisolatiematerialen) te zijn

¹ Stappers, Marc, & Schellen, Henk. (2011). Na-isoleren van historische gebouwen. In H. van de Ven (Red.), *Duurzaam erfgoed* (pp. 109-117). Trento: Printer Trento.

1.4 Daken

Het isoleren van daken aan de buitenkant heeft als gevolg dat de panenlijn hoger komt te liggen. Dit heeft zijn gevolgen voor schoorstenen, dakdoorvoeren (leidingen), dakkapellen, goten en dakranden. Deze wijzigingen zijn beeldbepalend voor een monument. Hierdoor is isoleren aan de binnenkant het meest geschikt. Echter dient er rekening te worden gehouden met de bestaande (houten) constructie.

1.5 Isolatiematerialen en folies

Damp-open isoleren kan in sommige situaties een oplossing bieden voor condensatieproblemen van buitenwanden, (houten) verdienpingsvloeren of daken. Het isolatiemateriaal is in staat om vocht op nemen en af te staan wanneer het vochtgehalte in de ruimte lager is.

Er dient rekening te worden gehouden met het toepassen van folies. De folie aan de buitenzijde van de constructie dient damp-open te zijn om het vocht af te kunnen staan. Voor een betere vochtregeling kan men gebruikmaken van 'slimme folies'. De dampdoorlatende eigenschappen van dit type folie verandert naarmate de condities in een ruimte wijzigen. Bij een hoge luchtvochtigheid binnen (zomersituatie) zal de S_d -waarde² kleiner worden, waardoor er meer vocht kan worden afgestaan. In de winter heeft een binnenruimte vaak een lage luchtvochtigheid. Hierdoor zal de S_d -waarde zo hoog mogelijk zijn. Dit is gewenst om condensatie in de constructie te voorkomen.

1.6 Ramen en kozijnen

Enkelglas zorgt voor een groot warmteverlies. Daarnaast wordt het binnenklimaat nadelig beïnvloed door koude val bij ramen. Historische vensters hebben een monumentale waarde. De te nemen energetische maatregelen mogen de monumentale waarden niet aantasten. Tijdens het ontwerpen dient dit in evenwicht te zijn.

1.7 Leidingen en doorvoeren

Grote leidingen kunnen moeilijk in de bestaande constructie worden verwerkt. Het detailleren van doorvoeren moet hierdoor zorgvuldig worden gedaan. Daarnaast kan het isoleren van leidingen een oplossing bieden wanneer deze in koude of ongeïsoleerde delen van het gebouw lopen.

² De S_d -waarde geeft de relatieve dampweerstand aan. Deze waarde bepaald hoe damp-open of damp-dicht een materiaal is.

2 Isoleren van Huize Parklust

2.1 Waarom isoleren?

Het nut van gebouwen isoleren kunnen we indelen in vier categorieën: financieel, strategisch, ecologisch en comfort.

2.1.1 Financieel

Het isoleren van gebouwen zorgt voor een verlaging van het gebouwgebonden energieverbruik. Een gebouw heeft minder energie nodig om verwarmd te worden en warm te blijven. Hierdoor kunnen de energiekosten omlaag worden gedrukt.

2.1.2 Strategisch

Vanwege de lagere behoefte aan energie is het gebouw minder afhankelijk van energieleveranciers. Daarnaast wordt het gebruik van fossiele brandstoffen verminderd of zelfs vermeden, waardoor deze energiebronnen minder snel uitgeput raken.

2.1.3 Ecologisch

Het goed isoleren van gebouwen zorgt er direct voor dat een gebouw minder energie nodig heeft om verwarmd te worden. Meer informatie hierover is te vinden in het Bijlage 5 – Installatietechniek. Een andere positieve gevolg is dat de CO₂-uitstoot wordt verlaagd, waardoor ook het leefklimaat op vooruit gaat.

2.1.4 Comfort

Door te isoleren kan de warmte beter binnen worden gehouden, waardoor afkoeling minder snel gaat. In de zomer wordt de kans op oververhitting beperkt. Daarnaast hebben de bewoners minder klachten, zoals koudeval of te droge lucht.

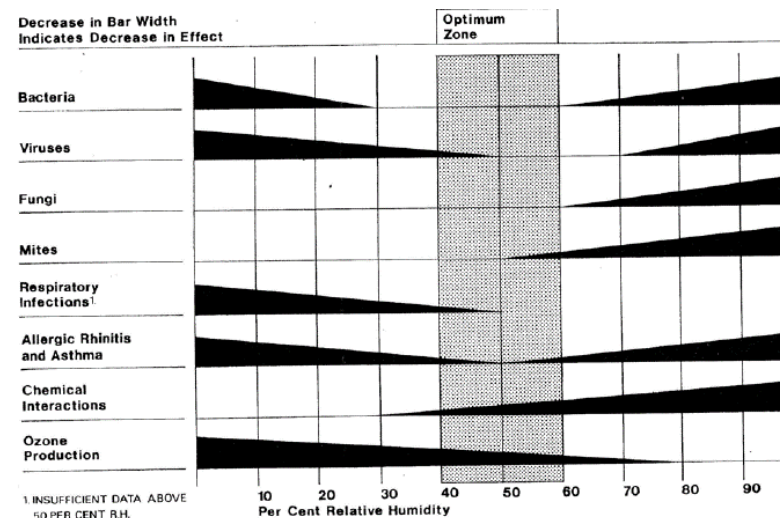
2.2 Vochtproductie en gevolgen

Bij de dagelijkse activiteiten wordt er ongeveer 10 tot 15 liter aan vocht per dag in een woning geproduceerd. Een groot deel hiervan komt door het ademen van bewoners, ongeveer 2 tot 3 liter per persoon. Verder wordt er vocht geproduceerd bij het douchen en koken. Om dit vocht kwijt te raken dient er geventileerd te worden. De ventilatie van een gebouw is erg belangrijk en in te delen in twee categorieën: het ventileren van ruimten en van de constructie. In dit document gaan we niet in op de ventilatie van ruimten. Dit wordt in Bijlage 5 – Installatietechniek toegelicht.

Het ventileren van de constructie is nodig om aantasting of gezondheidsproblemen (figuur 5) te voorkomen. Een oplossing kan het ventileren via de constructie zelf zijn. Echter kan dit tot problemen leiden wanneer de warme vochtige binnenlucht in de constructie condenseert. Het is in figuur 5 af te lezen dat een luchtvochtigheid van 40 tot 60% de minste negatieve gevolgen met zich meebrengen.



Figuur 4. Isoleren van gebouwen



Figuur 5. Gevolgen van de luchtvochtigheid in gebouwen

2.3 Damp-dicht bouwen

Bij damp-dicht bouwen wordt voorkomen dat waterdamp in de constructie kan dringen en condenseren. Aan de warme zijde van de constructie wordt een dampremmende folie toegepast. Deze houdt vocht van binnen tegen. Echter kan dit tot vochtophoping leiden, waardoor de relatieve vochtigheid binnen stijgt, met alle gevolgen van dien. Een hoge luchtvochtigheid binnen de woning kan tot gezondheidsproblemen leiden. Ventilatie is hierdoor extra nodig om het vocht naar buiten af te voeren. In sommige gevallen dringt er vocht de constructie binnen. Houten constructies zijn gevoelig voor vocht en zullen in de loop van de jaren worden aangetast als gevolg van onder anderen houtrot.

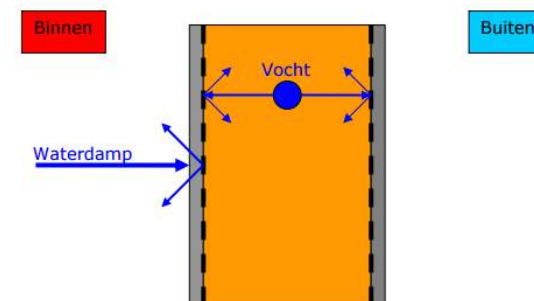
Damp-dicht bouwen is moeilijk te realiseren vanwege de leidingen en bevestigingen die tegen of in het isolatie element worden aangebracht. De dampremmende folie wordt doorbroken. Vocht dat door een doorbroken folie in de isolatie kan trekken, dient afgevoerd te worden om schade aan de constructie te voorkomen. Hierdoor wordt er aan de buitenzijde van de isolatie een dampdoorlatende folie toegepast die waterdicht is. Het vocht van binnen kan op deze manier de constructie uit, mits er voldoende geventileerd wordt. De folie houdt (regen)water en wind van buiten tegen.

2.4 Damp-open bouwen

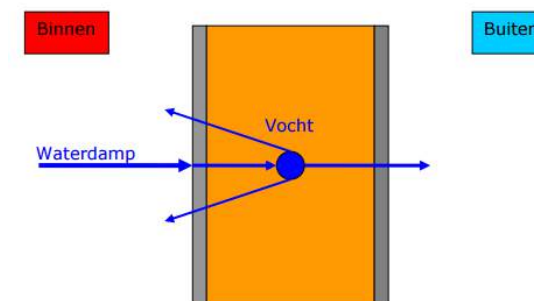
Het doel van damp-open bouwen is het reguleren van de luchtvochtigheid binnen gebouwen. Het vocht kan door de constructie verplaatsen. Er dient een isolatiemateriaal te worden toegepast die voldoende damp-open is. De damp-open eigenschap van materialen wordt uitgedrukt in μ (mu). Damp-open isolatiematerialen hebben een μ -waarde van 1 tot 10. Het is ook van belang dat de overige materialen die deel uitmaken van de constructie ook voldoende damp-open zijn, om het transport van waterdamp niet te belemmeren.

2.5 Isoleren van monumenten

De meeste monumenten uit de jaren '90 van de 19^e eeuw hebben een massieve buitengevel van metselwerk of natuursteen. Deze zijn aan de binnenkant voorzien van een relatief damp-open materiaal in de vorm van kalk- of leem pleisterwerk. Het vocht van binnen kan door de constructie naar buiten verplaatsen en andersom. Dit is een eigenschap die bij het aanbrengen van damp-dichte materialen in gevaar komt. De droging van de constructie naar binnen wordt belemmerd waardoor deze langer vochtig blijft, zoals beschreven in hoofdstuk 1. Houten elementen die vaak in aanraking komen met vocht zullen worden aangetast. In de praktijk zien we vaak dat de dampremmende folie wordt doorbroken bij het aanbrengen van installatie of het boren van een gaatje. Het vocht dringt door de dampremmende folie. Om het monument te beschermen dient deze damp-open te blijven. Omdat niet alle isolatiematerialen het vochttransport door de constructie bevorderen, is dit een punt van aandacht.



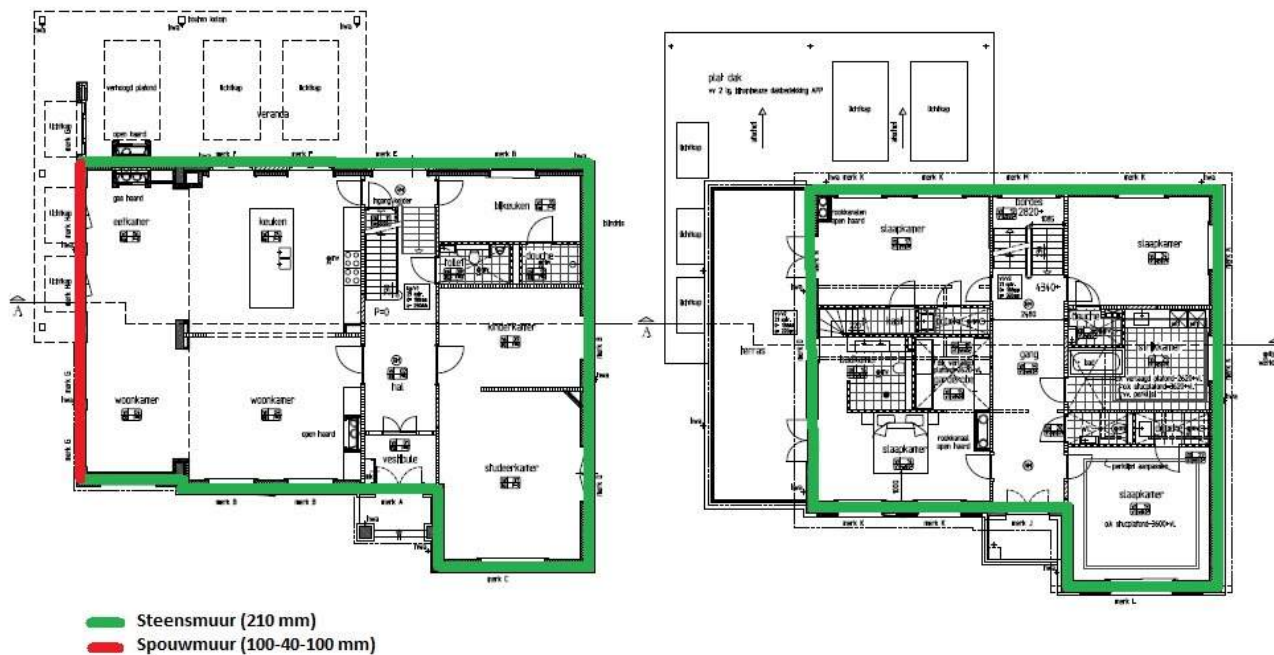
Figuur 6. Principe van damp-dicht bouwen



Figuur 7. Principe van damp-open bouwen

2.6 Kenmerken Huize Parklust

Huize Parklust heeft twee verschillende typen buitenwanden. Het grootste deel van de buitengevel is uitgevoerd als steensmuur met een dikte van 210 mm. Enkel de linkergevel op de begane grond is uitgevoerd als spouwmuur. De spouwmuur is zwak geventileerd en voorzien van open stootvoegen. Het buiten- en binnenspouwblad is 100 mm dik en de spouw 40 mm. Onder het maaiveld zijn een aantal ventilatioeroosters aangebracht ter bevordering van de ventilatie. De verdieplingsvloeren bestaan uit houten balken die door het metselwerk worden gedragen. Hierdoor zijn de balkknopen een punt van aandacht.



Figuur 8. Plattegrond begane grond (links), 1^e verdieping (rechts)



Figuur 9. Metselwerk buitenwand Huize Parklust

2.7 Keuze damp-open of damp-dicht isoleren

De buitenwanden van Huize Parklust zullen damp-open worden na-geïsoleerd. Door damp-open te bouwen blijven de bouwfysische eigenschappen van de buitengevel behouden. De vochtige metselwerk buitenwanden kunnen hun vocht naar binnen afstaan waardoor er een snellere drogingsproces optreedt. Dit effect is in figuur 7 afgebeeld. Hierdoor is in de winter de kans op schade aan het metselwerk kleiner en wordt het monument niet aangetast. Wel dienen er voorzieningen te worden getroffen t.b.v. ventilatie, zodat het vocht uit de constructie kan treden. De constructie moet in staat zijn om het vocht te kunnen reguleren. Metselwerk stenen zijn poreus en nemen vocht op. Door het toepassen van een folie aan de buitenzijde wordt de droging van het metselwerk naar binnen belemmerd. Het metselwerk blijft langer vochtig en in sommige gevallen vochtiger dan in het verleden. Vocht in metselwerk zet uit wanneer het bevriest. In de winter kan dit tot vorstschade leiden en aantasting van de monumentale waarden. De folie aan de binnenkant van de constructie kan leiden tot verstikking van de constructie. De houten verdiepingsvloeren rusten op het metselwerk. Wanneer het metselwerk lang nat blijft kunnen de balkknopen gaan rotten en wordt de constructie aangetast. Om deze redenen is damp-open isoleren van Huize Parklust een betere keuze dan damp-dicht. De bouwfysische eigenschappen en monumentale waarden van Huize Parklust gaan samen met damp-open bouwen. De vergelijking tussen dampdicht en damp-open is in tabel 1 benoemd.

Het dak wordt damp-dicht uitgevoerd. Door de houten dakconstructie is het dak van Huize Parklust kwetsbaar voor condensatie. Het hout kan beschadigd worden als gevolg van houtrot, met alle gevolgen van dien. Door damp-dicht te bouwen voorkomen we schade en aantasting aan het monument. Om een damp-dichte dakconstructie te kunnen uitvoeren zal er goed geventileerd moeten worden. Het warme en vochtige lucht dient naar buiten te worden afgevoerd zodat er een hoge luchtvochtigheid en de kans op condensatie wordt beperkt. Meer over de ventilatie van Huize Parklust is te vinden in Bijlage 5 – Installatietechniek.

De bestaande houten vloeren zijn beschadigd door houtrot. Om dit in de toekomst te voorkomen zal de vloer damp-dicht worden uitgevoerd. Dit kan bereikt worden door damp-dichte of een dampremmende folie toe te passen. Omdat Huize Parklust een zeer lage kruipruimte heeft is de ventilatie erg beperkt. Bij het ontstaan van condensatie zal de vloer vochtig blijven. Wanneer de constructie langdurig vochtig blijft kan dit leiden tot schade, en dit dient te allen tijde voorkomen te worden.

Tabel 1. Vergelijking damp-dicht en damp-open bouwen

	Damp-dicht	Damp-open
<i>Ventilatie spouw</i>	Zwak geventileerd	Meer dan damp-dicht
<i>Vocht van buiten</i>	Geen	Vochtregulering, tijdelijk opnemen en afstaan naar buiten of binnen
<i>Vocht van binnen</i>	Geen / minimaal	Vochtregulering, tijdelijk opnemen en afstaan naar buiten of binnen
<i>Condensatie</i>	Geen, door waterremmende folie	Grote kans op condensatie
<i>Metselwerk</i>	Droging naar buiten	Droging naar buiten en binnen
<i>Houten vloeren</i>	Geen vocht, kans op verstikking	Geen/ beperkt vocht naar balken
<i>Luchtvochtigheid</i>	Kans op hoge vochtophoping	Bij hoge luchtvochtigheid wordt het vocht tijdelijk opgenomen
<i>Ventilatie</i>	Veel lucht afvoeren bij hoge luchtvochtigheid	Regulatie van luchtvochtigheid, hierdoor minder lucht afvoeren
<i>Verwarmen</i>	Vochtige lucht verwarmen kost meer energie	Regulatie van vochtigheid, minder energie nodig

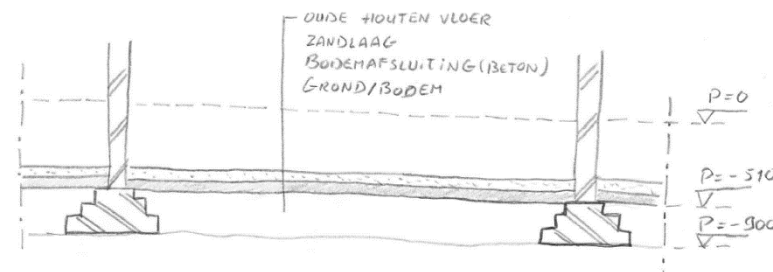
3 Begane grondvloer

Huidige situatie

De kruipruimte van Huize Parklust is afgesloten met een betonlaag van 50 mm dik. Hierover is een laag zand van 50 mm aangebracht. Wegens aantasting zal de bestaande houten vloer worden vervangen door een nieuwe vloer. De kelderdek is van beton en zal worden gehandhaafd.

Nieuwe situatie

De zandlaag dient goed verdicht en geëgaliseerd te worden. Hierop zal een vochtwerende folie worden aangebracht. Om optrekkend vocht te voorkomen. De keuze voor de nieuwe vloer volgt hieronder.



Figuur 10. Bestaande begane grondvloer

3.1 Typen vloeren

Een houten vloer is gevoelig voor vocht en wordt hierdoor niet in de vergelijking meegenomen. De volgende typen vloeren worden met elkaar vergeleken:

Geïsoleerde In situ betonvloer

Op de vochtwerende folie wordt een betonvloer gestort. Deze dient aan de boven- of onderkant te worden geïsoleerd.

Schuimbetonvloer

Op de vochtwerende folie wordt een schuimbetonvloer gestort. Vanwege de goede isolerende eigenschappen is de isolatielaag beperkt aan de boven- of onderkant.

PS renovatievloer - droog

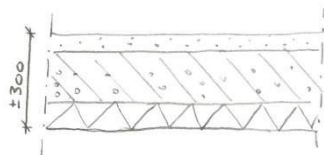
De PS renovatievloer bestaat uit EPS-vulelementen die op stalen IPE liggers rusten. Dit systeem kan zowel droog als nat worden uitgevoerd. Voor een lichte constructie, past men het droge systeem toe waarbij een plaatmateriaal op de liggers wordt aangebracht.

PS renovatievloer - nat

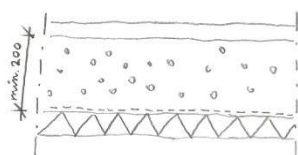
Bij de traditionele natte methode wordt er een staalnet op de EPS-vulelementen aangebracht. Hierop wordt vervolgens een druklaag van 40 mm gestort. Na het uitharden, zal de druklaag met een cementdekvloer worden afgewerkt.

Reno Duro vloer

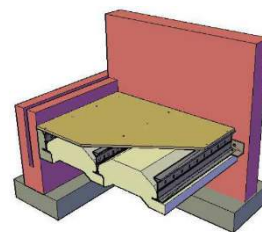
Dit droge systeem is vergelijkbaar met de PS-renovatievloer. Het verschil zit in de toe te passen liggers, deze zijn van gerecycled kunststof. Dit verschil maakt de Reno Duro een duurzaam product. De liggers komen aan hun sterkte door wapening. Ook bij de Reno Duro worden er EPS-elementen toegepast met daarop een houten plaat van 22 mm.



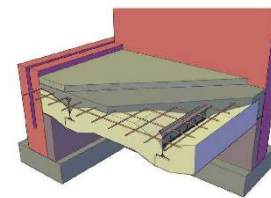
Figuur 11.



Figuur 12.



Figuur 13.



Figuur 14.



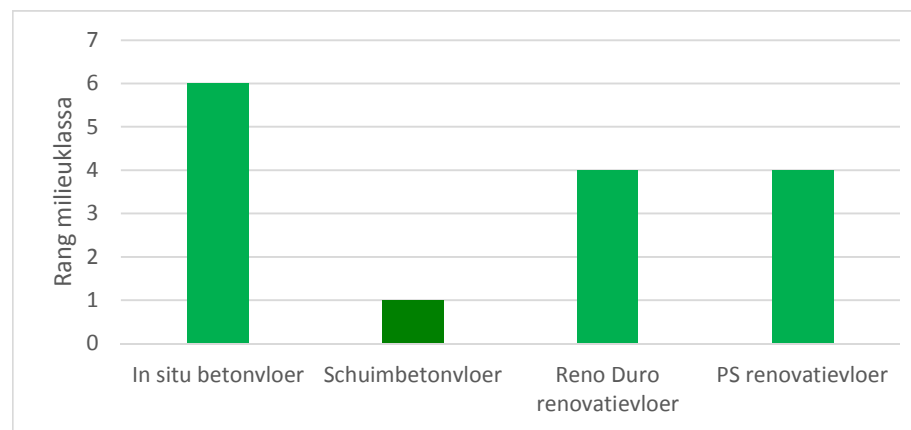
Figuur 15.

Tabel 1. Verschillende vloeren

	In situ betonvloer	Schuimbetonvloer	PS renovatievloer	Reno Duro renovatievloer
Milieuklasse (Nibe)	2c	1a	2a	2a
Levensduur (in jaren)	50-100	50-100	50	50
Gewicht (kg/m ²)	375 - 500	75 - 150	39,0	30,0
RC- waarde	3,5 – 5,0	3,5 – 5,0	3,5 – 5,2	3,5 – 5,0
Dikte (mm)	150 - 300	150 - 300	276	300
Type systeem	Nat	Nat	Droog	Droog

Als we de verschillende typen vloeren naast elkaar leggen komt een schuimbetonvloer als de beste optie naar voren bij Huize Parklust. Bij de vergelijking is de draagkracht buiten beschouwing gelaten doordat er geen extreme belastingen op de vloer zullen optreden.

Na het verwijderen van de vloer blijft er een ruimte van 410 mm over, dit is de totale hoogte die beschikbaar is voor de nieuwe vloer, isolatie en dekvloer met vloerafwerking. De RC- waarde van de vloer dient minimaal 3,5 te zijn (Bijlage 1 – Programma van Eisen). Aan deze eis dienen alle vloeren te voldoen. Omdat we bij Huize Parklust te maken hebben met een bestaande fundering is een betonvloer in vergelijking met een schuimbetonvloer een minder geschikte optie. Een betonvloer heeft een veel groter eigen gewicht waardoor de bestaande fundering meer wordt belast. Verder isoleert het minder goed dan schuimbeton, waardoor er meer isolatie nodig is om de benodigde RC- waarde behalen. Daarnaast is een betonvloer schadelijker voor het milieu.

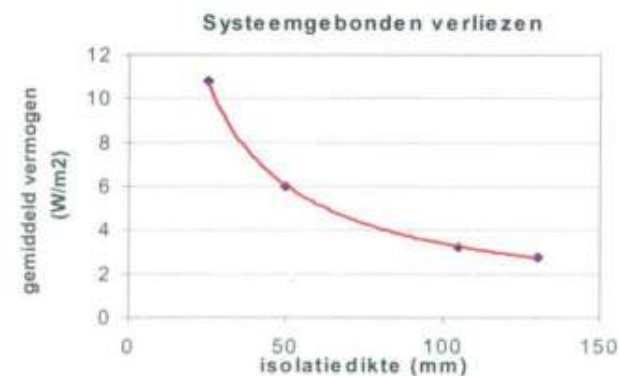


Figuur 16. Milieuklasse begane grondvloeren

De renovatievloeren zijn goede opties voor bestaande gebouwen vanwege hun lage eigen gewicht en goede isolerende eigenschappen. Daarnaast blijven de leidingen onder de vloer toegankelijk. Dit is zeker een nadeel bij een schuimbetonvloer, waar de leidingen voor een groot deel worden weggewerkt en niet toegankelijk blijven voor onderhoud of reparatie. Echter scoren de renovatievloeren slechter dan een schuimbetonvloer op milieuprestatie. Bij de bepaling van de milieuklasse is dezelfde RC- waarde als uitgangspunt genomen met hetzelfde isolatiemateriaal, namelijk EPS. EPS staat niet bekend als een duurzaam isolatiemateriaal. Hier komen we bij vloerisolatie (paragraaf 3.2) op terug. Door een duurzamer isolatiemateriaal te kiezen kan de milieubelasting nog verder worden beperkt. Het kiezen voor een schuimbetonvloer heeft nog een aantal andere voordelen. Schuimbeton houdt vocht tegen uit de fundering, waardoor optrekkend vocht wordt voorkomen. Zelf is schuimbeton vochtbestendig. Verder heeft schuimbeton een lange levensduur die samengaat met die van monumenten.

3.2 Vloerisolatie

Huize Parklust krijgt een schuimbetonvloer. De schuimbetonvloer draagt bij aan de isolatiewaarde van de totale constructie. Hoeveel dit invloed is komen we later op terug. Om koude bruggen te voorkomen dient de vloer geïsoleerd te worden. Dit kan aan de boven- of onderkant. Omdat Huize Parklust wordt verwarmd door middel van vloerverwarming (Bijlage 1 – Programma van Eisen) zal er tussen de vloer en dekvloer isolatie worden aangebracht. Hierdoor zal er minder warmte naar beneden ontsnappen. Dit kunnen we verklaren met figuur 17. Hierin is het systeemgebonden energieverlies uitgezet tegen de isolatiewaarde. Bij de berekening is er vanuit gegaan dat er met een isolatiedikte van 100 mm een RC- waarde van 2,5 tot 3,0 wordt behaald, wat op een lambda- waarde brengt van rond de 0,33 tot 0,4 W/(m·K) voor het isolatiemateriaal. Het systeemgebonden energieverlies neemt in het begin erg snel af naarmate de isolatiedikte groter wordt. Verder is te zien dat vanaf een isolatiedikte van 100 mm het systeemgebonden energieverlies constant blijft en dat een dikkere isolatiepakket nauwelijks meer invloed heeft.



Figuur 17. Invloed van isolatiewaarde op het systeemgebonden energieverlies

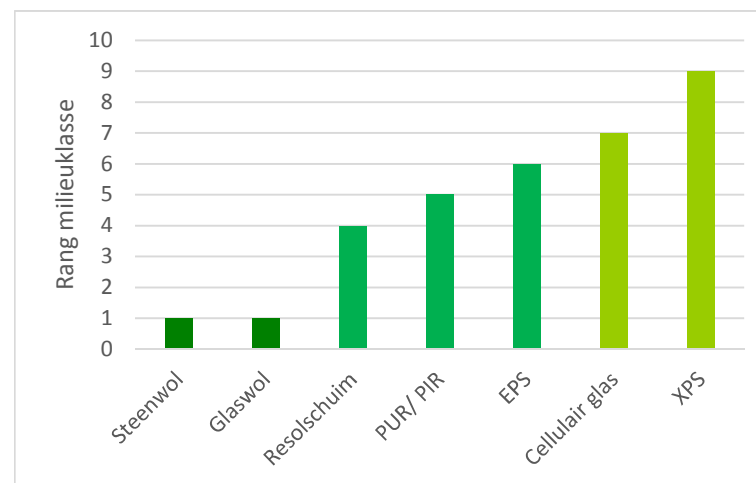
Er dient een drukvaste isolatiemateriaal gekozen te worden voor beloopbare vloeren. In de vergelijking wordt hierdoor uitsluitend isolatiematerialen opgenomen die tot de categorie 'drukvaste isolatiematerialen' behoren (tabel 2).

Tabel 2. Vergelijking drukvaste vloerisolatie

	Steenwol	Resolschuim	PUR/PIR	EPS
Milieuklasse	1a	2a	2b	2c
DUBOkeur	Ja	Ja	Nee	Ja
Lambda (in W/mK)	0,035	0,021	0,023	0,029
Gewicht (in kg/m³)	30	35	30	25

Uit de bovenstaande vergelijking komt steenwol als het beste drukvaste isolatiemateriaal naar voren. Bij de bepaling van de milieuklasse is een RC- waarde van 3,5 m²K/W het uitgangspunt geweest. Ondanks dat resolschuim de beste isolerende eigenschappen heeft en hierdoor met minder materiaal aan de benodigde RC- waarde kan volstaan, is het minder duurzaam dan steenwol. Van de vergeleken isolatiematerialen scoren PUR en EPS het slechtst. Beiden hebben een betere isolatiewaarde. De overige isolatiematerialen die niet in de vergelijking zijn opgenomen scoren slechter of zijn niet als drukvaste isolatie verkrijgbaar.

De nieuwe begane grondvloer, kelderdek en verdiepingsvloeren zal met drukvaste steenwol worden geïsoleerd. Dit is de meeste milieubewuste keuze.



Figuur 18. Milieuklasse drukvaste vloerisolatie

3.3 Vloerverwarming; nat of droog

Huize Parklust dient voorzien te worden van vloerverwarming. Dit geldt zowel voor de begane grond als voor de eerste verdieping. Op de tweede verdieping worden er radiatoren geplaatst. Vloerverwarming kan in twee systemen worden uitgevoerd, namelijk een droog en nat systeem. Om een goede keus te maken vergelijken we beide systemen bij Huize Parklust.

Een droog verwarmingssysteem kent vele voordelen. In tegenstelling tot het natte systeem kan het aanleggen van een droog vloerverwarmingssysteem in een zeer korte periode worden gedaan. Dit komt door de benodigde droogtijd, dat bij nat bouw een aantal weken duurt, afhankelijk van de totale dikte. Een droog systeem heeft geen droogtijd nodig waardoor de vloer direct afgewerkt kan worden. Hoewel tijd en uitvoering in het voordeel zijn van het droge vloerverwarmingssysteem is de mogelijkheid om een duidelijke keuze te maken nog niet aanwezig. Wanneer we de opwarmtijd van beide systemen bekijken komen we verder in onze keuze. De opwarmtijd van een droog vloerverwarmingssysteem met gipsplaten is bijna twee keer korter dan bij een zandcementdekvloer. Een droog systeem heeft dus een positieve inbreng op de invloedbaarheid van de gebruiker. In figuur 19 is de opwarmtoeslag en – tijd van 1 en 2 Kelvin bepaald voor beide systemen. Door de lange opwarmtijd van een zware dekvloer dient er dus overwogen te worden of nachtverlaging effect zal hebben. Deze kwestie is bij een droog systeem minder van belang. Op basis van deze bevinding krijgt een droog vloerverwarmingssysteem de voorkeur.



Figuur 19. Opwarmtijd droog- en natsysteem

3.4 Dekvloer begane grond

Er is gekozen om een droog vloerverwarmingssysteem toe te passen. Een droog systeem kan met verschillende materialen worden uitgevoerd. Hiervan worden er twee met elkaar vergeleken.

3.4.1 Fermacell vloerelementen

Op de begane grond vloer wordt een isolatielaag aangebracht van 20 tot 60 mm. Hierop worden 2 lagen Fermacell gipsvezelplaten van elk 12,5 mm aangebracht. De bovenste plaat wordt voorzien van de verwarmingsbuizen met diameter van circa 9 mm. Hierop wordt nog een gipsvezelplaat aangebracht van 10 mm. Vervolgens komt de vloerafwerking naar wens van de opdrachtgever.

- Referentieprojecten: *Restauratie NH Kerk, Den Hoorn*
COP-renovatieproject, Amsterdam



Figuur 20. Fermacell vloerelement

3.4.2 Qualitherm EPS elementen

Bij een Qualitherm element zijn de vloerverwarmingsbuizen in het EPS element verwerkt. Voor een betere warmteoverdracht zijn de elementen voorzien van een aluminium folie. De elementen hebben een afmeting van 500 x 1000 mm. De gangbare dikte is 30 of 40 mm.



Figuur 21. Qualitherm EPS element

Tabel 3. Vergelijking dekvloeren

	Gipsvezelvloer Fermacell	EPS elementen
Milieuklasse (Nibe)	n.b.	n.b.
Levensduur (in jaren)	50	50
Dikte (mm)	25 - 65	30 - 40
Type systeem	Droog	Droog

3.4.3 Keuze dekvloer

Als dekvloer kiezen we voor Fermacell vloerelementen. Gipsvezelplaten hebben een zeer goede geluiddempende eigenschappen. Met de totale vloerelement kan een geluidsdemping van 52 dB worden behaald. Daarnaast zorgen de gipsvezelplaten voor een brandwerendheid van 60 minuten. Brandwerendheid is een belangrijk aandachtspunt, wanneer we het hebben over het beschermen van monumenten. Daarnaast zijn de platen druk- en stootvast. Iedere gipsvezelplaat van 12,5 mm heeft een hardheid van 30 N/mm².

Omdat beide materialen niet door het NIBE zijn beoordeeld als vloerelement kunnen we geen duidelijk vergelijking maken. Naar verwachting zal een gipsvezelplaat een betere milieuscore behalen dan EPS, omdat ze uit de materialen gips en papiervezels bestaan.

3.5 Definitieve vloeropbouw

De nieuwe vloeropbouw bij Huize Parklust bestaat uit een schuimbetonvloer van circa 280 mm waarop 60 mm steenwol isolatie wordt aangebracht. De steenwol isolatie dient voldoende drukkracht te kunnen hebben. Om te voorkomen dat er vocht in de isolatie kan treden wordt er aan de bovenkant een dampremmende folie toegepast. Hierdoor wordt voorkomen dat er vocht in de steenwol isolatie kan komen. Tegelijkertijd zorgt de folie ervoor dat ongewenste vocht weer uit kan treden om schade te voorkomen. Op de isolatie wordt een droge Fermacell vloerverwarmingssysteem gelegd. Deze bestaat uit drie lagen gipsvezelplaten die voor een goede warmteleiding zorgen. Daarnaast zijn de platen zeer drukvast. De vloerafwerking die is gekozen door de gebruiker bestaat uit keramische tegels van 20 mm dikte met een lijmlaag van 6mm. Het toepassen van keramische tegels zorgt voor een optimale warmteoverdracht.

De bestaande betonnen kelderdek zal dezelfde vloeropbouw krijgen als de nieuwe vloer. Het hoogteverschil tussen beide vloeren wordt opgelost door de schuimbetonvloer op te dikken. Op deze manier zijn er geen niveauverschillen aanwezig bij Huize Parklust en kan de steenwolisolatie beter worden aangebracht. De isolatie op het kelderdek is niet voldoende om aan de RC- waarde van 3,5 m²·K/W te voldoen. Hierdoor wordt het plafond van de kelderdek voorzien van Multipor isolatieplaten van 50 mm. Dit is een minerale isolatieplaat die ongevoelig is voor vocht. Daarnaast heeft het zeer goede brandwerende eigenschappen. Met een dikte van 50 mm wordt een minimale brandwerendheid van 60 mm behaald. De isolatieplaten zullen tegen het plafond van de vloer worden verlijmd.

Het toepassen van schuimbeton heeft positieve gevolgen op de totale warmteweerstand van de vloer. Schuimbeton heeft een λ -waarde van $0,12 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ bij een eigen gewicht van 500 kg/m^3 . Hierdoor bedraagt de R_d -waarde van schuimbeton $2,36 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$. Met betonvloer zou dit slechts $0,12 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ zijn. De isolerende eigenschap van schuimbeton draagt ook bij aan het beperken van koude bruggen met de bestaande constructie. De totale warmteweerstand van de nieuwe vloer is $4,77 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$. Voor het kelderdek is dit $3,66 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$. Hiermee wordt aan de minimale eis voldaan, zoals in het Programma van eisen is opgenomen.

De uitgebreide berekening van de warmteweerstand van de begane grondvloer is te vinden in Bijlage 4A – RC waarden. De detail is te vinden in Bijlage 4D – Bouwkundig tekenwerk, DT-01.

4 Dakopbouw

Uit figuur 3 kunnen we afleiden dat ongeveer 30% van de warmte via het dak naar buiten ontsnapt. Door het dak goed te isoleren kan er dus veel energie worden bespaard en bovendien een beter binnenklimaat worden gerealiseerd.

4.1 Isolatiemethoden

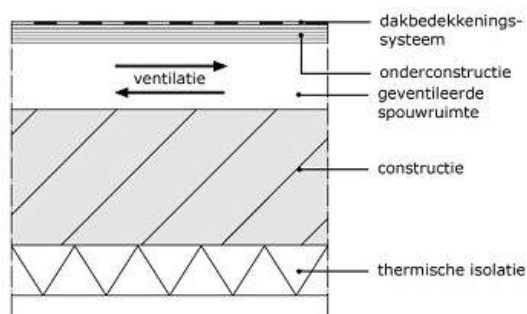
Het isoleren van het dak van Huize Parklust kan op drie manieren worden gedaan. Allereerst wordt er een korte toelichting bij iedere toepassing gegeven. Vervolgens zullen de mogelijkheden met elkaar worden vergeleken, waaruit een definitieve keuze volgt.

4.1.1 Isoleren aan de buitenkant (warm dak)

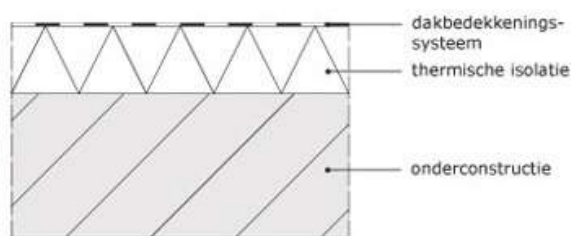
Dit is de meest ingrijpende manier van isoleren. Alle dakpannen, dakkapellen en dakramen moeten vooraf worden verwijderd. De isolatie wordt op het dakbeschot bevestigd en afgewerkt met plaatmateriaal. Bij grote daken worden er kant-en-klare elementen toegepast, waardoor de bouwtijd kan worden verkort. Hierbij wordt ook het dakbeschot verwijderd. Bouwfysisch is dit de beste manier om te isoleren, omdat de kans op condensatie vrijwel uitgesloten wordt. Echter kent deze manier van isoleren ook grote gevolgen voor monumenten. Het uiterlijk van het monument wordt aangetast. Dit komt omdat de pannenlijn hoger komt te liggen. Dit heeft ook zijn gevolgen voor de dakdoorvoeren. Kortom, deze manier van isoleren wordt sterk afgeraden bij monumenten omdat de monumentale waarden in gevaar komen. Daarnaast valt deze manier van isoleren buiten ons isolatieconcept doos-in-doos. Hierdoor zullen we deze manier van isoleren niet in de vergelijking opnemen.

4.1.2 Isoleren van de binnenkant (koud dak)

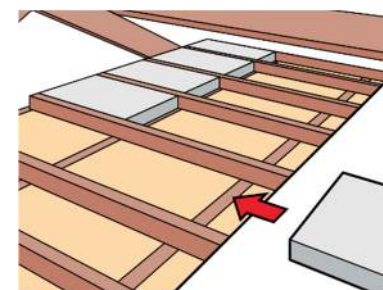
Het isolatiemateriaal wordt tegen het dakbeschot, tussen de balken, aangebracht. Vervolgens wordt dit geheel met een gipsplaat afgewerkt. Bouwfysisch is dit de optie die het minst wordt aangeraden van de alternatieven. Dit komt omdat Huize Parklust een houten dakconstructie heeft die gevoelig is voor vocht. Er dient goed te worden geventileerd om schade aan de constructie te kunnen voorkomen.



Figuur 22. Warmdak constructie



Figuur 23. kouddak constructie



Figuur 24. Vliering isolatie

4.1.3 Isoleren van de vliering

Er wordt isolatie tussen de balken of direct onder de vliering toegepast. Dit is een goede manier van isoleren. De ruimte erboven kan als 'spouw' fungeren. Hierdoor kan de constructie goed ventileren. Het dak van Huize Parklust heeft een hoogte van ongeveer 4,0 meter. Omdat deze hoogte weinig toevoegt in het dagelijks gebruik van de bewoners, kan er overwogen worden om vliering isolatie toe te passen. Hierdoor neemt de totale inhoud van de Huize Parklust af. Door de afname in volume hoeft er per definitie minder te worden verwarmd.

4.1.4 Keuze isolatiemethode

In tabel 4 is een vergelijking gemaakt tussen het isoleren van de dakvoet en vliering.

Tabel 4. Mogelijkheden van isoleren bestaand dak

	Binnen isoleren	Vliering
<i>Monumentale waarde</i>	Geen invloed	Oorspronkelijke plafondhoogte verloren
<i>Rc- waarde</i>	Geen beperking	Geen beperking
<i>Condensatie</i>	Er kan vocht ophopen op de houten constructie	Geen, ventilatie door de ruimte boven het plafond
<i>Constructie</i>	Nauwelijks invloed	Beperkte invloed, indien lichte panelen worden toegepast
<i>Hemelwaterafvoer, schoorstenen en doorvoeren</i>	Geen wijziging	Geen wijziging
<i>Detailering</i>	Nauwelijks tot geen veranderingen (doos-in-doos constructie)	Nauwelijks tot geen veranderingen (doos-in-doos constructie)

Er wordt gekozen om de vliering te isoleren. Naar verwachting is de kans op inwendige condensatie kleiner, waardoor aantasting van de houten constructie wordt uitgesloten. De vliering wordt damp-dicht gebouwd en voorzien van een dampremmende en dampdoorlatende folie. Ook deze maatregel is genomen om de houten constructie van Huize Parklust in bescherming te nemen. Op deze manier zal er geen vocht in de houten constructie kunnen komen. Indien er toch vocht door de constructie dringt, dan zal deze snel weer uit kunnen treden door de geventileerde ruimte erboven die circa 1030 mm hoog is. De dampdoorlatende folie zorgt ervoor dat het vocht uit de isolatie kan. Deze folie voorkomt ook dat er water (regenbelasting) van buiten, als gevolg van lekkage van het dak, niet in de isolatie kan dringen.

Het isoleren van het dakvoet brengt als risico met zich mee dat de constructie kan worden aangetast door de onderbrekingen van de isolatie. Dit komt omdat de balken h.o.h. 600 mm liggen. Om de constructie van Huize Parklust te versterken, zijn er extra balken aangebracht conform de constructeur. Daarnaast verwachten we dat de kans op luchtlekken relatief groter is, wat zeer ongunstige gevolgen zou kunnen hebben op de warmteweerstand en luchtdichtheid. Verder is het aanbrengen van de folie een gecompliceerde maatregel om condensatie in de constructie te voorkomen.



Figuur 25. Houten dakconstructie (spant)

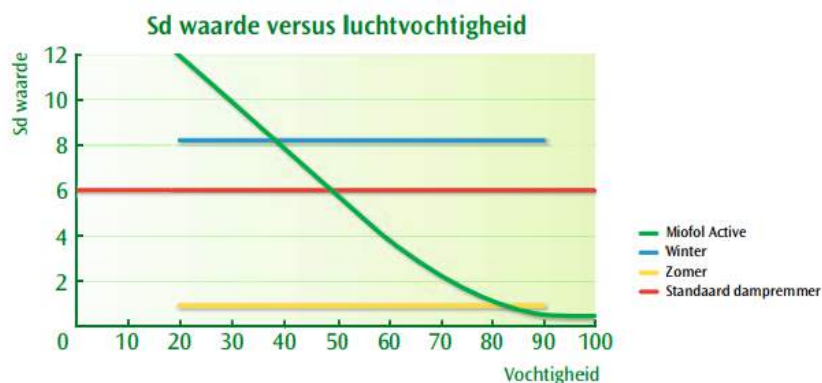
Om het geproduceerde vocht af te voeren op de tweede verdieping, wordt hier extra geventileerd dan de norm voorschrijft. Deze berekening is opgenomen in de Bijlage 5B – Luchtventilatiehoeveelheid. Door het warme en vochtige lucht af te voeren en lucht met een lagere luchtvochtigheid in de ruimten toe te voeren, wordt vochtophoping voorkomen. Deze maatregelen dienen ervoor te zorgen dat er geen condensatie in de constructie kan optreden.

Een andere afweging die we hebben gemaakt is het toepassen van een ‘slimme folie’. Deze folie reageert op het binnenklimaat. Bij een hoge luchtvochtigheid binnen, wat is in de zomer ongeveer op 60% ligt, zal de S_d -waarde laag zijn waardoor de folie vocht doorlaat. Het tegenovergestelde effect wordt in de winter bereikt. Het binnenklimaat is dan relatief droog, waardoor de S_d waarde hoog is. De folie zal dan damp-dicht zijn en geen vocht doorlaten. Hierdoor wordt condensatie voorkomen. Een uitgangspunt is dat de toe te passen isolatiemateriaal voldoende damp-open is en vocht kan opnemen. In eerste instantie leek dit een oplossing te zijn bij Huize Parklust. Echter zijn we van dit idee afgestapt door onder anderen de houten constructie. Daarnaast zou bij een hoge luchtvochtigheid in de winter, de folie vocht door laten, wat leidt tot condensatie. Hierbij komt ook dat er een spa op de tweede verdieping aanwezig is. Hier wordt veel vocht geproduceerd waardoor de luchtvochtigheid hoog is bij gebruik. Beide invloeden hebben ons van dit idee laten afzien.

Het toepassen van een vliering heeft ook andere voordelen wat betreft de installaties. De luchtkanalen kunnen onzichtbaar worden weggewerkt en boven de vliering langs naar de schachten lopen. Omdat dit een onverwarmde ruimte is, dienen de leidingen geïsoleerd te worden.



Figuur 26. Vliering Huize Parklust



Figuur 27. Slimme folie

4.2 Isolatiematerialen

Isolatiematerialen kunnen worden onderverdeeld in natuurlijke en traditionele. Glaswol, steenwol en EPS staan bekend als de traditionele isolatiematerialen. De natuurlijke isolatiematerialen beschikken over damp-open eigenschappen en kunnen vocht opnemen en afstaan. Hieronder worden een aantal natuurlijke materialen nader toegelicht:

- **Houtvezel:** Dit materiaal bestaat uit vezels van naaldhout. Houtvezel heeft goede thermische en geluidsisolerende eigenschappen.
- **Vlas:** Vlas is een restmateriaal van linnen. Het kan een grote hoeveelheid aan vocht opnemen en naar buiten transporteren. Vlas is een duurzaam product dat alleen verkrijgbaar is in vorm van isolatiedekens.
- **Cellulose:** Cellulose is opgebouwd uit vlokken van (oud) papier. Er wordt een zeer hoge luchtdichting bereikt wanneer dit materiaal in holle ruimtes wordt ingeblazen. Het materiaal kan goed vocht opnemen en afstaan. Er kan schade aan het materiaal optreden indien deze langdurig vocht opneemt.
- **Schapenwol:** De isolatiemateriaal bestaat 100% uit keratine, de dierlijke vezel. Het materiaal kan tot 30% van zijn eigen gewicht aan water opnemen en heeft goede brandwerende eigenschappen.
- **Steenwol:** Steenwol is een natuurlijke product dat afkomstig is uit vulkanisch gesteente. Steenwol heeft thermische, akoestische en brandwerende eigenschappen.
- **Kurk:** Kurk is een 100% natuurlijk materiaal die bestaat uit geëxpandeerde isolatieplaten.
- **Gerecyclede kleding (katoen):** Dit isolatiemateriaal bestaat uit gerecycled kleding. Het materiaal is erg duurzaam en licht van gewicht.
- **Neptutherm:** Neptutherm bestaat uit het natuurlijk product zeegrasbollen. Dit materiaal werd als afval afgevoerd. Het is een duurzaam materiaal met goede isolerende eigenschappen. Een nadeel is de slechte brandwerende eigenschappen.

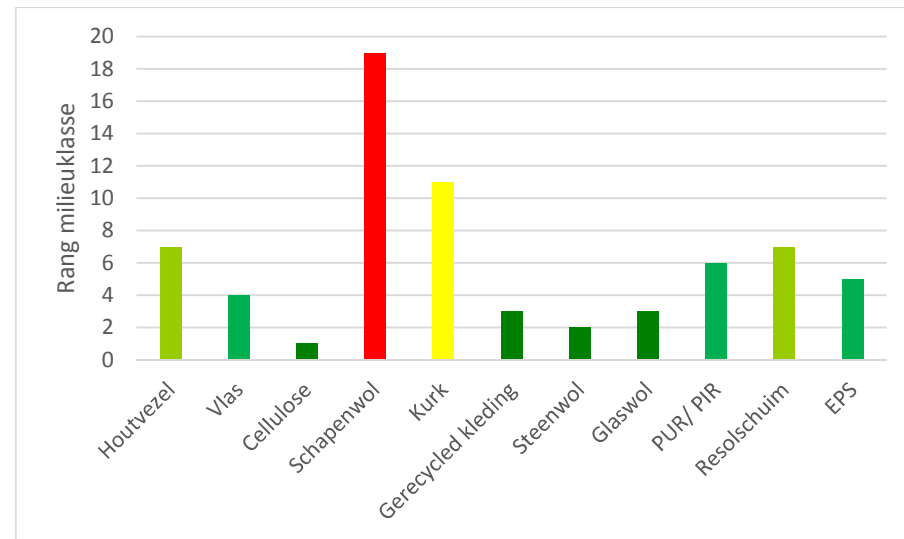
Tabel 5. Verschillende damp-open isolatiematerialen

	Houtvezel	Vlas	Cellulose	Schapenwol	Steenwol	Kurk	Gerecycled kleding	NeptuTherm (Zeegras)
Milieuklasse ³	3a	2a	1a	7a	1b	4b	1b	n.b.
DUBOkeur	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee
Lambda (in W/mK)	0,039	0,035	0,039	0,035	0,035	0,040	0,040	0,39
Dampdiffusie weerstand (μ)	2	2	2 – 3	1	1	5	2 – 3	1 – 2
Gewicht (in kg/m ³)	50	60	70	25	30	120	20	75
Verkrijgbaarheid*	P, D	D	P, D, V	D	P	P	P, D	P, D, V

P = isolatieplaat / D = isolatiedeken / V = isolatievlokken

³ Gegevens uit het Nibe's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten: Classificatietabel 41.04

Op duurzaamheid scoren cellulose en steenwol isolatie het beste van alle vergeleken isolatiematerialen. Voor het isoleren van het dak zal er cellulose en steenwol toegepast worden. De vloering zal samengesteld worden uit HSB-elementen met houten I-liggers. Deze HSB-elementen zullen gevuld worden met cellulosevlokken. Ook worden deze elementen gebruikt om het schuine dakdeel te isoleren. Tussen de balken van de vloering wordt steenwol toegepast om de warmteweerstand te verhogen en te voldoen aan de RC-waarde van $6,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. De holle ruimtes bij de spanten zullen worden opgevuld met steenwol.



Figuur 28. Milieuklasse dak isolatiematerialen



Figuur 29. Aanbrengen van cellulose isolatie



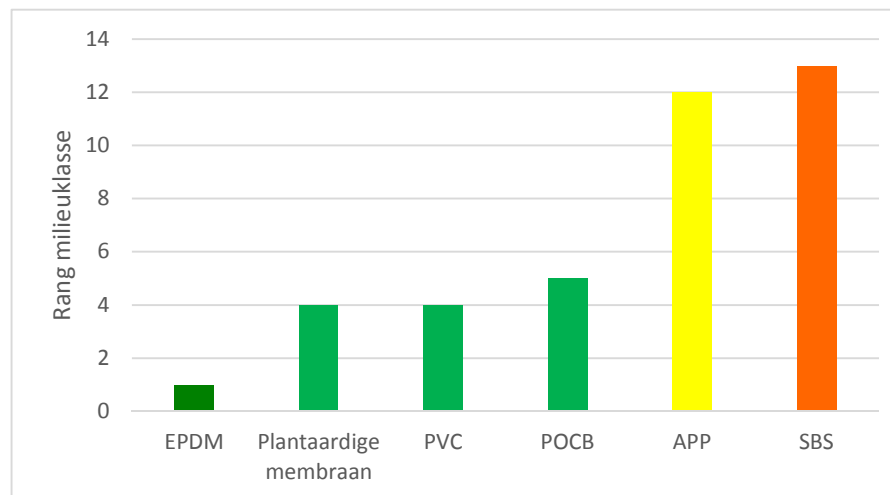
Figuur 30. Houten I- liggers

4.3 Dakbedekking

Het schuine dak deel van Huize Parklust is afgewerkt met grijs-paarse Penrhyn leien uit Wales. Omdat de leien in slechte staat verkeren, zullen ze vervangen moeten worden. De leien hebben een monumentale waarde en zullen hierdoor door hetzelfde type en uiterlijk vervangen worden. Het dak van Huize Parklust is voor een deel plat. Er is ook een terras aan de linkergevel. Een keuze voor dakbedekking volgt uit tabel 6.



Figuur 31. Dakbedekking –leien Huize Parklust



Figuur 32. Milieuklasse dakbedekking

Tabel 6. Vergelijking dakbedekkingen (koud verlijmd)

	EPDM membraan	Plantaardige membraan	PVC	POCB	APP gemodificeerd bitumen	SBS gemodificeerd bitumen
Milieuklasse ⁴	1a	2a	2a	2b	4c	5a
DUBOkeur	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Levensduur	50	25	30	30	30 (toplaag 20)	30 (toplaag 20)

Het dakbedekking van de platte delen zullen we uitvoeren in EPDM (koud verlijmd). Uit onze afwegingen komt naar voren dat EPDM de beste keuze is volgens NIBE. Bovendien heeft EPDM de langste levensduur, namelijk 50 jaar. Dit is een groot verschil vergeleken met de overige dakbedekkingen.

⁴ Gegevens uit het Nibe's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten: Classificatietabel 47.04

4.4 Definitieve dakopbouw

Bij Huize Parklust zal er vliering isolatie worden toegepast. Er is gekozen om de HSB- elementen met I-liggers uit te voeren, omdat er op gewicht en materiaal wordt bespaard. De HSB elementen met een dikte van 160 mm worden gevuld met cellulose. Omdat de cellulose goed en verdicht kan worden aangebracht, zullen luchtlekken hiermee voorkomen worden en bovendien is dit milieutechnisch de beste keuze. Tussen de balken van de vliering wordt 120 mm steenwol isolatie toegepast om de RC-waarde te verhogen. De R_d - waarde die hiermee wordt bereikt bedraagt $2,08 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Voor de HSB elementen met cellulose is dit $4,26 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. In totaal is de RC- waarde van het dak $6,33 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Hiermee wordt er aan de eis van $6,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ voldaan.

De uitgebreide berekening van de warmteweerstand van het dak is te vinden in Bijlage 4A – RC waarde. De detail zijn te vinden in Bijlage 4D – Bouwkundig tekenwerk, DT-09.

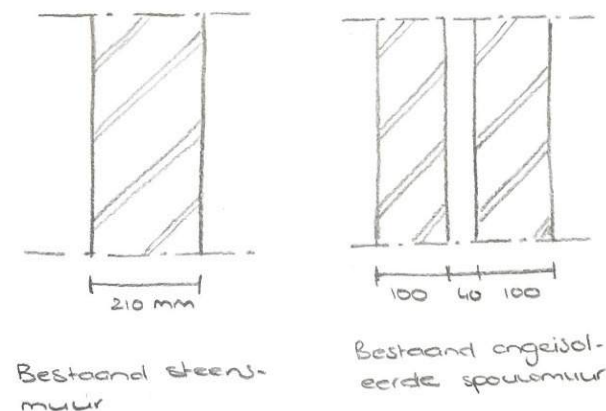
5 Buitenwanden

In paragraaf 2.7 is beschreven dat de buitenwanden damp-open dienen te worden uitgevoerd vanwege de bouwfysische eigenschappen. Vanwege de monumentale waarden is het niet mogelijk om buitenisolatie toe te passen. Daarnaast valt dit buiten ons isolatieconcept 'doos-in-doos'. Huize Parklust heeft twee verschillende buitenwanden: steensmuur en een ongeïsoleerde spouwmuur (figuur 33).

De voor-, rechter- en achtergevel van Huize Parklust bestaat uit steens metselwerk. Aan de linkergevel is in de jaren '50 een aanbouw gebouwd met een ongeïsoleerde spouwmuur (figuur 8). De spouw van de bestaande spouwmuur is 40 mm. Hierdoor kan de minimale RC- eis van 4,5 niet worden behaald. Daarnaast is de risico op koudebruggen groot bij de aanwezigheid van materialen in de spouw, zoals speciebaarden of bouwpuin. Hierdoor zal er uitsluitend op het binnen isoleren worden ingegaan.

5.1 Alternatieven

Er zijn verschillende isolatie alternatieven gemaakt voor de bestaande metselwerk buitenwanden. De alternatieven zijn bepaald aan de hand referentieprojecten en materiaaleigenschappen. Eerder in dit document hebben we bepaald dat cellulose de duurzaamste isolatiemateriaal is (paragraaf 4.2). Hierdoor nemen we deze in onze alternatieven. Een ander isolatiemateriaal die we als alternatief meenemen is Calsitherm. Dit is een na-isolatiemateriaal dat voornamelijk bij historische gebouwen in Duitsland en Verenigde Koninkrijk bij steenachtige buitenwanden wordt toegepast. Het element bestaat uit calciumsilicaat en heeft bijzondere eigenschappen (tabel 7). Schimmels en bacteriën hebben een pH- waarde tussen de 4 en 8 nodig om te kunnen groeien⁵. Calciumsilicaat heeft een pH-waarde van >10. Hierdoor wordt de kans op schimmelvorming bij dit materiaal minimaal. Met de Calsitherm is het mogelijk om damp-open te bouwen. Dit draagt bij aan de droging van de metselwerk buitenschil.



Figuur 33. Wandopbouw Huize Parklust

Tabel 7. Eigenschappen Calsitherm

	Calsitherm Climate Board	Calsitherm pleister (KP-Kleber)
Lambda (W/mK)	0,059	0,8
Dampdiffusie weerstand (μ)	6	10
Gewicht (in kg/m ³)	200 – 240	1600
Brandwerendheid (klasse)	A1 (onbrandbaar)	
Druksterkte (N/mm ²)	1 – 5	

⁵ Bron: <http://www.microbiologie.info/Kweekomstandigheden.html>

5.2 Verschillende isolatiesystemen

De volgende isolatiesystemen zullen worden vergeleken en op dampdiffusie worden berekend. De berekeningen zijn te vinden in Bijlage 4B – Dampdiffusie. Verder zal er bepaald worden hoeveel condens er ontstaat en wat de toelaatbare hoeveelheid is. Deze berekeningen zijn in Bijlage 4C – Toelaatbaar vocht, te vinden. De volgende wandopbouwten zullen in de vergelijking opgenomen worden.

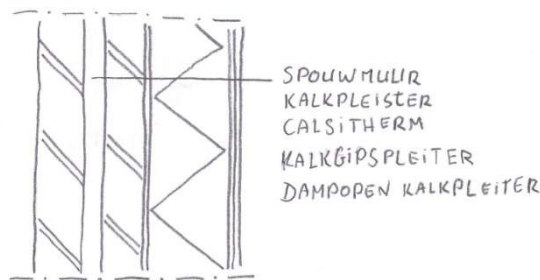
1. Kalkpleister en Calsitherm
2. Cellulose en houtvezelement
3. Leemlaag en cellulose houtskeletbouw element
4. Cellulose houtskeletbouw element met tussen spouw

Alle isolatiesystemen worden aan de binnenkant voorzien van pleisterwerk. Dit is een gebruikerseis die in het Programma van Eisen is opgenomen. Er zal damp-open pleisterwerk toegepast worden doordat we damp-open bouwen.

5.2.1 Isolatiesysteem 1: Kalkpleister en Calsitherm



Figuur 34. Opbouw steensmuur



Figuur 35. Opbouw spouwmuur

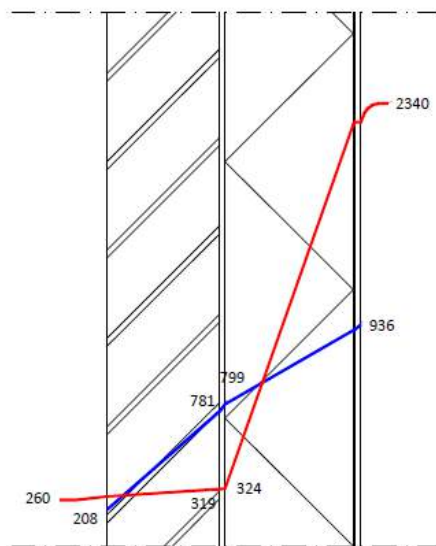


Figuur 36. Principe van calsitherm

Er wordt een kalkpleisterlaag op het metselwerk aangebracht om een vlak ondergrond te krijgen. Hierop worden de calciumsilicaat isolatieplaten aanbracht. Op de isolatieplaten komt een laag kalkgipspleister en vervolgens de wandafwerking.

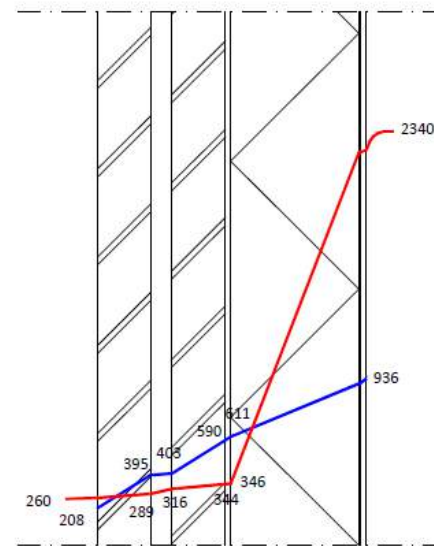
De Calsitherm isolatieplaten en kalkpleisters zorgen voor een damp-open constructie die vocht goed kan reguleren. Omdat er geen folies worden toegepast treedt er condensatie op in de winter periode. Dit is te zien in figuur 37 en 38. De rode lijn kruist de blauwe lijn voor het eerst in de isolatie (Calsitherm). Op deze plek zal er condens ontstaan. Uit de berekeningen volgt dat dit geen probleem is. Als uitgangspunt bij de berekening is de extreme situatie van -10°C als buitentemperatuur aangenomen met een binnentemperatuur van 20°C . De hoeveelheid condens die onder deze omstandigheden ontstaat, bedraagt 155 g/m^2 voor de ongeïsoleerde spouwmuur en 284 g/m^2 bij de steensmuur. De maximale toelaatbare vochthoeveelheid bedraagt echter 1440 g/m^2 , waardoor er ruim aan die voorwaarde wordt voldaan.

Extreme situatie: Steensmuur
Winter (-10,0°C)



Figuur 37. Dampdiffusie steensmuur

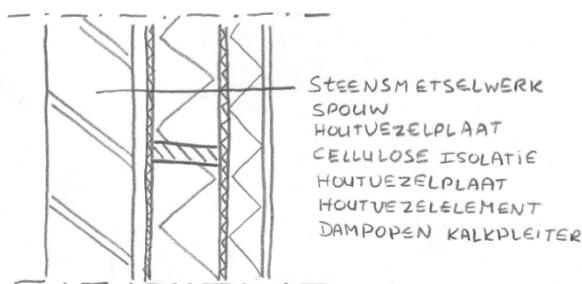
Extreme situatie: Ongeïsoleerde spouwmuur
Winter (-10,0°C)



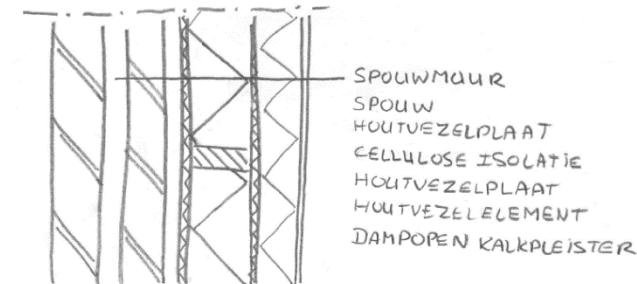
Figuur 38. Dampdiffusie spouwmuur

5.2.2 Isolatiesysteem 2: Cellulose isolatie en houtvezel

De condensatie bij de spouwmuur vindt plaats bij de cellulose isolatie. Bij de steensmuur is dit bij het houtvezelement het geval. De hoeveelheid condensatie die bij de spouwmuur optreedt, is erg hoog doordat de R_d -waarde zeer laag is. Hierdoor is de ingaande vochtstroom zeer hoog. Bovendien heeft houtvezel en cellulose (gemiddeld) een lagere dichtheid waardoor de toelaatbare hoeveelheid condens is dan bij Calsitherm.

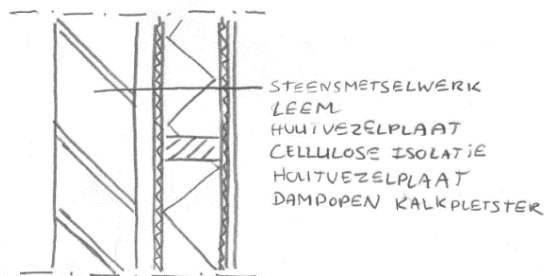


Figuur 39. Opbouw steensmuur

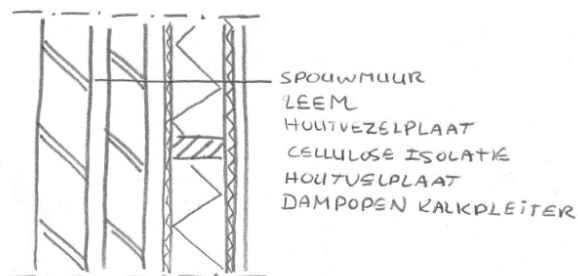


Figuur 40. Opbouw spouwmuur

5.2.3 Isolatiesysteem 3: Leem en cellulose



Figuur 41. Opbouw steensmuur

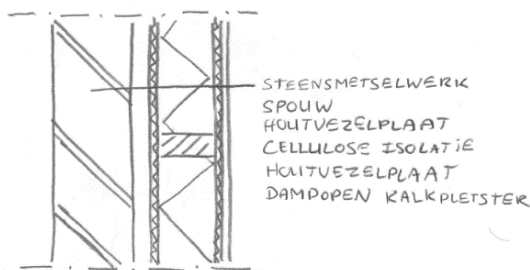


Figuur 42. Opbouw spouwmuur

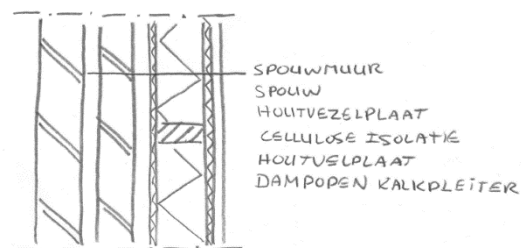
De binnenkant van de metselwerk buitenwanden worden voorzien van een leemlaag. Leem is een damp-open natuurlijk materiaal. Hierdoor wordt de damp-openheid van de constructie niet belemmerd. Tegen het leem komt het houtskeletbouw element met cellulose isolatie. Wederom wordt het HSB element voorzien van een drukvaste houtvezelplaat t.b.v. de afwerking.

Door de open constructie die met cellulose wordt bereikt is de ingaande vochtstroom zeer hoog, zelfs 4 keer groter dan bij Calsitherm. Hoewel de uitgaande luchtstroom niet erg verschilt met de overige varianten. De toelaatbare vochthoeveelheid wordt met 6 keer overschreden. Deze wandopbouw is hierdoor niet geschikt voor Huize Parklust.

5.2.4 Isolatiesysteem 4: Cellulose houtskeletbouw element met tussenspouw



Figuur 43. Opbouw steensmuur



Figuur 44. Opbouw spouwmuur

*Referentieproject: Restauratie Huis Trompenburg, 's-Graveland
 Restauratie Monumentale villa, Utrecht*

Er wordt een spouw tussen de bestaande metselwerk buitenwanden en cellulose HSB element toegepast. Het HSB element wordt van een drukvaste houtvezelplaat voorzien, waardoor er direct met een damp-open kalkgebonden pleister afgewerkt kan worden.

De resultaten zijn vergelijkbaar met de vorige opbouw en voldoet hierdoor niet aan de toelaatbare hoeveelheid. Door het toepassen van leem wordt de ingaande luchtstroom verlaagd, waardoor er een positievere resultaat wordt bereikt.

5.3 Keuze

Calsitherm is een zeer geschikt isolatiemateriaal om monumenten te isoleren. Het materiaal heeft een pH- waarde van 10, waardoor schimmels weinig kans hebben om zich te vestigen. Zoals eerder in dit document (Figuur 5), zagen we dat een luchtvochtigheid van 40 tot 60% de minste negatieve gevolgen met zich meebrengen voor de constructie en bewoners. Calsitherm is in staat om vocht te reguleren van de buitenschil en het binnenklimaat. Op momenten waar binnen een hoge relatieve luchtigheid heerst, zal het isolatiemateriaal vocht opnemen, bufferen en afstaan wanneer de luchtvochtigheid in de ruimte(n) is verlaagd. Hiermee wordt de kans op onder anderen schimmelvorming beperkt. In de winter zal er condensatie optreden door de hoge warmteweerstand, echter valt deze hoeveelheid binnen de toelaatbare hoeveelheid, zie: Bijlage 4C – Toelaatbaar vocht. Het metselwerk zal zijn vocht naar binnen kunnen afstaan die door Calsitherm kan worden opgenomen. Hierdoor kan het metselwerk sneller drogen, hiermee wordt schade bij zeer lage temperaturen voorkomen. Met Calsitherm blijven de bouwfysische eigenschappen behouden: een damp-open buitenschil.

De meest gangbare druksterkte voor Calsitherm is 1 N/mm^2 . Dit is voldoende om horizontale drukkrachten als gevolg van gebruik op te kunnen nemen. Bovendien kan de kalkpleister direct op worden aangebracht. Waar nodig zal de Calsitherm isolatieplaten worden versterkt om ook verticale krachten te kunnen opnemen, te denken aan vensterbanken. Huize Parklust heeft brede en diepe vensterbanken waardoor deze draagkrachtig dienen te zijn. Om veiligheidsrekeningen worden de vensterbanken voorzien van een roestvrij stalen hulpconstructie.

Om aan de minimale RC- waarde van $4,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ te voldoen wordt Bij Huize Parklust een isolatiedikte van 240 mm Calsitherm toegepast. Bij de spouwmuur wordt een RC- waarde van $4,74 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ behaald. Bij de steensmuur is dit $4,59 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$. Hiermee wordt er aan de eis voldaan.

De uitgebreide berekening van de warmteweerstand van de buitenwanden is te vinden in Bijlage 4A – RC waarde. De detail zijn te vinden in Bijlage 4D – Bouwkundig tekenwerk, DT-02.



Figuur 45. Vensterbank

6 Binnenwanden

De bestaande binnenwanden van Huize Parklust zijn constructief en bestaan uit metselwerk. Deze lopen zonder onderbroken te worden vanaf de fundering tot de dakconstructie. De nieuw te plaatsen scheidingswanden hebben geen dragende functie. De volgende systeem- en massieve wanden worden met elkaar vergeleken.

- Gipsblokken
- Kalkzandsteen lijmblokken
- Cellenbeton
- Houten elementwand FAAY binnenklimaatwand (HV70)
- BIA systeemwand
- Metal Stud systeemwand

Gipsblokken

Binnenwanden uit gipsblokken hebben een zeer goede brandwerendheid. Daarnaast bieden ze een goede thermische isolatie. Door hun relatief gewicht en zijn ze minder geschikt voor renovatie en bovendien zijn ze gevoelig voor vocht.

Kalkzandsteen lijmblokken

Kalkzandsteen is een zeer duurzaam product met goede brandwerend en geluidsisolerende de eigenschappen. Het draagt bij aan aangename binnenklimaat. In de zomer voelt het binnen koeler en in de winter wordt er warmte opgeslagen. Het gewicht is een groot nadeel.

Cellenbeton

Cellenbeton is massief maar erg licht van gewicht. Het materiaal is ongevoelig voor vocht en hierdoor geschikt voor natte ruimtes.

Houten elementenwand (FAAY Binnenklimaatwand HV70)

De wand bestaat uit de duurzame materialen houtvezel en vlas. Het draagt bij aan een gezond binnenklimaat en is erg licht. Ondanks dat, kan de wand zware voorwerpen dragen.

BIA systeemwand

Het systeem is zeer snel op te bouwen en heeft goede geluidsisolerende en brandwerende eigenschappen. De kern van de wand bestaat uit verticale driehoekige kanalen van gerecycled karton. Dit wordt afgewerkt met een Fermacell gipsvezelplaten. De wand kan geen zware voorwerpen dragen zonder aanvullende maatregelen te treffen.

Metal stud systeemwand

Een eenvoudig en licht systeem met goede brandwerende en geluidsisolerende eigenschappen. In natte ruimtes dient het element met een ander plaatmateriaal afgewerkt.



Figuur 46: Gipsblokken



hoge

Figuur 47: FAAY binnenklimaatwand



Figuur 48: BIA systeemwand

Tabel 8. Vergelijking binnenwanden

	Gipsblokken⁶	Kalkzandsteen lijmblokken⁷	Cellenbeton⁸	FAAY Binnenklimaatwand⁹	BIA systeemwand¹⁰	Metal Stud wand¹¹
<i>Milieuklasse¹²</i>	1a	1a	1c	n.b.	n.b.	3b
<i>DUBOkeur</i>	Ja	Ja	Ja	n.v.t.	n.v.t.	Ja
<i>Dikte (mm)</i>	70 – 100	67 – 100	70 – 100	70	70	70
<i>Gewicht (kg/m²)</i>	59 – 92	167,2	35 – 42	19	16	22
<i>Brandwerendheid (min)</i>	180	90	180	30	30	30
<i>Geluidsisolatie (R_w in dB)</i>	34 – 39	44	31	35	32	41

6.1 Keuze

Voor de binnenwanden van Huize Parklust kiezen we FAAY binnenklimaatwanden. NIBE heeft geen gegevens over dit product gepubliceerd. Echter staan houtvezel en vlas bekend als duurzame materialen. Deze materialen zijn in staat om vocht op te nemen. Met deze keuze wordt er een behaaglijker binnenklimaat gecreëerd. Bij een hoge vochtigheid in de ruimte, zal de wand een deel opnemen en weer afstaan wanneer de luchtvochtigheid laag is. Dit heeft ook een positief energetisch effect. De wand kan met verschillende materialen worden afgewerkt. Het beste resultaat wordt behaald met pleisterwerk. In natte ruimten wordt de wand voorzien van een Fermacell H₂O Powerpanel. Dit is een gipsvezelplaat die vochtbestendig is. Daarnaast draagt deze door de dikte van 25 mm bij aan de geluiddemping en brandwerendheid.

De kelder zal dienen als installatieruimte voor de pelletkachel en opslag voor de pellets. Om een opslagruimte te creëren voor de pellets wordt er een scheidingswand in de ruimte geplaatst. Deze zal met uit gipsblokken bestaan. Gipsblokken zijn erg duurzaam, licht van gewicht en hebben bovendien goede geluidsisolerende eigenschappen. Hiermee wordt er voorkomen dat er geluidsoverlast optreedt.

⁶ Productinformatie van leverancier Knauf (product: Isomur)

⁷ Productinformatie van leverancier Xella (product: Silka lijmblokken L67)

⁸ Productinformatie van leverancier Xella (product: Ytong blokken)

⁹ Productinformatie van leverancier FAAY (product: BinnenKlimaatwand HV70)

¹⁰ Productinformatie van leverancier Bia Systeemwanden (product: Bia Systeemwand SG70)

¹¹ Productinformatie van leverancier Gyproc (product: MS 100/2.50.2(A))

¹² Gegevens uit het Nibe's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten: Classificatietabel 22.11

7 Ramen

Huize Parklust heeft houten contragewicht schuiframen. Alleen de kozijnen op de voorgevel zullen behouden blijven. Deze hebben een sponning van 9 mm met enkel getrokken glas. Alle overige kozijnen worden vervangen, omdat ze in slechte staat verkeren. Echter dienen de nieuwe kozijnen hetzelfde uiterlijk te hebben als de bestaande kozijnen op de voorgevel.

7.1 Bestaande schuiframen

De bestaande schuiframen hebben een monumentale waarde. De U- waarde van het kozijn is 2,4 en glas 5,8 W/m²·K. Dit leidt tot een hoog energieverbruik. Om het energieverbruik te verslagen hebben we twee mogelijkheden:

- Het glas vervangen door monumentenglas
- Plaatsen van een achterzetraam

Monumentenglas

Dit is een dun isolerend glas die verkrijgbaar is in de diktes 3 mm tot 10 mm. Monumentglas heeft hetzelfde uiterlijk als de getrokken enkel glas, wat Huize Parklust bevat. De U-waarde varieert tussen de 3,7 en 0,5 W/m²·K, afhankelijk van de dikte. Met monumentenglas worden de monumentale waarden niet aangetast.

Achterzetraam

Er wordt een extra raam aan de binnenzijde geplaatst om de buitengevel van het gebouw niet te verstoren. Achterzetramen bieden verschillende mogelijkheden wat betreft de vormgeving.

Tabel 9. Verschillende oplossingen voor bestaande schuiframen

	Monumentglas	Achterzetraam
U-waarde (in W/m ² ·K)	0,5 - 3,7	0,5 – 2,7 (afhankelijk van kwaliteit achterzetraam)
Monumentale waarde	Geen wijzigingen	Buitenkant: geen wijzigingen Binnenkant: uiterlijk aangetast
Duurzaamheid	Nieuw glasplaat	Gehele raam, meer materiaalgebruik
Levensduur (in jaren)	30	50
Onderhoud	Weinig	Meer dan bij monumentenglas
Condensatie	Geen kans op condensvorming	Kans op condensvorming

Het glas van de bestaande kozijnen aan de voorgevel wordt vervangen door monumentenglas. Met deze keuze sluiten we de kans op condensvorming uit. Bovendien kunnen de esthetische, diepe vensterbanken intact blijven.

7.2 Nieuwe kozijnen

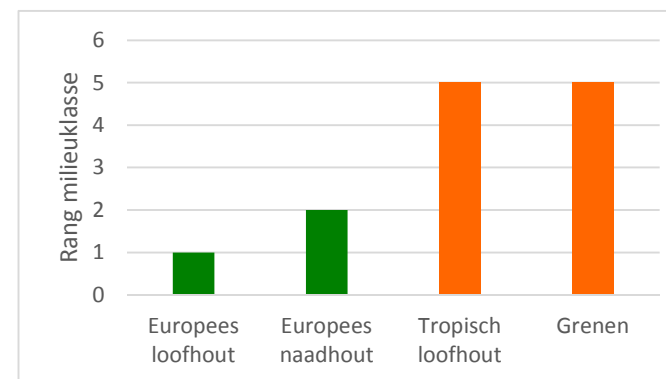
De kozijnen aan de twee zijgevels en achtergevel zullen vervangen worden naar de oorspronkelijke uiterlijk. Deze dient uitgevoerd te worden in hout. De keuze van de kozijnen baseren we op de duurzaamheid van het hout. De volgende houtsoorten worden met elkaar vergeleken.

- Europees loofhout
- Europees naaldhout
- Tropische loofhout
- Grenen

Tabel 10. Verschillende houtsoorten

	Europees loofhout	Europees naaldhout	Tropisch loofhout	Grenen
<i>Milieuklasse¹³</i>	1a	1b	2b	2b
<i>DUBOkeur</i>	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>U-waarde (W/m²·K)</i>	2,4	2,4	2,4	2,4
<i>Levensduur (jaren)</i>	50	35	50	50
<i>Onderhoudscyclus (jaren)</i>	8	8	8	8

Uit de vergelijking (tabel 10) is op te merken dat het belangrijkste verschil tussen de vier houtsoorten de levensduur en de milieuklasse is. Hieruit concluderen we dat de nieuwe kozijnen van Europees loofhout gemaakt dienen te worden.



Figuur 49: Milieuklasse kozijnhout

¹³ Gegevens uit het Nibe's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten: Classificatietabel 31.02

7.3 Nieuwe glas in nieuwe kozijnen

Er worden geen esthetische eisen gesteld aan het glas van de nieuwe kozijnen. De gemiddelde U-waarde dient 1,65 W/m²K te zijn. Deze eis komt voor uit het Programma van Eisen (Bijlage 1 – Programma van Eisen). Naast de U-waarde is de oriëntatie van belang om het energieverlies of winst te bepalen. Hierdoor is het interessant om te kijken hoe de gevels zijn gesitueerd (tabel 11).

Tabel 11. Situatie gevels¹⁴

	Situatie	Bijzonderheden
<i>Voorgevel</i>	Zuidoosten	Geen nieuwe kozijnen
<i>Rechterzijgevel</i>	Noordoosten	Nieuwe kozijnen
<i>Linkerzijgevel</i>	Zuidwest	Nieuwe kozijnen
<i>Achtergevel</i>	Noordwest	Nieuwe kozijnen

Om te bepalen welke type glas het beste toegepast kan worden bij Huize Parklust gaan we na wat het energieverlies is. Als eerst lichten we de verschillende glastypen toe die we in de vergelijking zullen opnemen:

HR+ glas

HR+ glas bestaat uit dubbel glas van 4 mm dikte met coating en argon- of kryptonvulling. De spouw is 9 tot 12 mm en geeft een U- waarde van ongeveer 1,2 W/m²K.

HR++ glas

HR++ glas bestaat uit dubbel glas van 4mm dik met coating en argon- of kryptonvulling. De spouw is 16 mm. De U-waarde van HR++ glas is tussen de 1,0 en 1,2 W/m²K.

Triple glas (HR+++)

Triple glas is opgebouwd uit glas-spouw-glas-spouw-glas. De spouw is gevuld met argon- of kryptonvulling. De diktes van het glas en spouw kunnen afwisselen. Triple glas met de afmetingen 4-12-4-12-4 heeft een U-waarde van 0,5 tot 0,8 W/m²K.

In een onderzoek (Bergensbos, 2014) is het energieverlies van glas bepaald. In de onderstaande tabel kunnen we de resultaten zien.

¹⁴ Bepaald volgens Situatietekening Huize Parklust

Tabel 12. Energieverlies/winst van verschillende typen glazen

	HR+ glas	HR++ glas	Triple glas (HR+++)
<i>U-waarde (W/m·K)</i>	1,2	1,1	0,5
<i>Gewicht glas (kg/ m²)¹⁵</i>	20	20	30
<i>Netto energiewinst per m² (in kWh/ jaar)¹⁶</i>			
<i>Noord</i>	-33	-26	15
<i>Noordoost</i>	-27	-20	21
<i>Oost</i>	-5	2	41
<i>Zuidoost</i>	25	33	69
<i>Zuid</i>	40	48	83
<i>Zuidwest</i>	26	34	70
<i>West</i>	-4	4	43
<i>Noordwest</i>	-26	-18	22

Op de voorgevel na krijgt Huize Parklust nieuwe kozijnen. Deze heeft een zuidoost oriëntatie. Deze gevel wordt voorzien van monumentale glas om het energieverlies te beperken. Om een energiewinst te behalen op de linkergevel (noordoost) en achtergevel (noordwest) dient er triple glas te worden toegepast. Bij Huize Parklust hebben we onderzocht wat de invloed is van triple en HR++ glas is. Uit de resultaten blijkt dat er 4% meer energie kan worden bespaart met triple glas ten opzichte van HR++ glas. Meer informatie over dit resultaat is te vinden in Bijlage 5 – Installatietechniek, 5.1.9. Ondanks dat triple glas 50% zwaarder is dan HR++, levert dit geen problemen op. De metselwerk buitenwanden hebben een dragende functie.

Om de bovenstaande redenen zullen de nieuwe kozijnen van triple glas worden voorzien. Op deze manier zal het energieverlies van Huize Parklust worden beperkt.

¹⁵ Bron: Glassolutions / 1 m² glas = 2,5 kg/mm, hierdoor geldt: Gewicht (mm) = opp. (m²) x dikte glas (mm)

¹⁶ Bron: Lente-Akkoord, Factsheet drievoudig glas, november 2014

Bijlagen

- 4A – RC-waarde
- 4B – Dampdiffusie
- 4C – Toelaatbare vocht
- 4D – Bouwtechnisch tekenwerk

Bronnenlijst

- Stappers, Marc, & Schellen, Henk. (2011). Na-isoleren van historische gebouwen. In H. van de Ven (Red.), *Duurzaam erfgoed* (pp. 108-118). Trento: Printer Trento.
- Moses, Jenkins. (2011). Binnenisolatie van traditionele gebouwen. In H. van de Ven (Red.), *Duurzaam erfgoed* (pp. 196-203). Trento: Printer Trento.
- Lente-akkoord. (2014). *Drievoudig glas en bijpassende kozijnen*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2014/11/Lente-akkoord-factsheet-drievoudig-glas-november-2014.pdf>
- Spanotech. (z.d.). *Spanotech SpanoFlex 50*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van http://www.barkmeijerbv.nl/uploads/pdf_file/49-19%20NL-SPANOTECH%20SpanoFlex%2050.pdf
- Isovlas. (z.d.). *Isovlas PN*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://www.isovlas.nl/producten-toepassingen/gevels/binnenwanden-pl-pn/>
- Homatherm. (z.d.). *Homatherm FlexCL*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://www.homatherm.com/wp-content/uploads/downloads/de/flexCL.pdf>
- Groenebouwmaterialen. (z.d.). *Doscha schapenwol isolatie*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://www.groenebouwmaterialen.nl/a-26837172/doscha-rp-schapenwol-isolatie/doscha-schapenwol-isolatie-drp-8-circa-80mm-rc-2-29-rol-van-3-6-m2/>
- Rockwool. (z.d.). *Zwevende vloerplaat 501*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van http://rwiumbracobn.inforce.dk/media/282989/tp_zwevende_vloerplaat_501_nl.pdf
- Hou het warm. (z.d.). *Kurk*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://houhetwarm.nl/isolatiematerialen/kurk/>
- VRK Isolatie. (z.d.). *Metisse isolatie*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://www.vrk-acoustics.nl/#!leveringsoverzicht/c22ke>
- Eco scala. (z.d.). *Nethutherm S*. Geraadpleegd op 4 april 2015, van <http://www.ecoscala.eu/product/neptutherm-s-isolatie/>
- Faber Schuimbeton. (z.d.). *Celbeton*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.fabercelbeton.nl/celbeton-eigenschappen.html>
- ClubGreen. (z.d.). *Dam-open isoleren*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.clubgreen.nl/vraag/Damp-open-isoleren.html>
- Milieucentraal. (z.d.). *Dubbel glas en HR glas*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/dubbel-glas-en-hr-glas/>
- Monumenten. (z.d.). *Monumentale ramen*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.monumenten.nl/kennisbank/duurzaamheid-en-energiebesparing/monumentale-ramen>
- Monumenten. (z.d.). *Monumentale ramen*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.monumenten.nl/kennisbank/onderhoud/duurzaamheid-en-energiebesparing/isoleren-van-historische-panden>
- Ekbouwadvies. (z.d.). *Lambda waarden*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambda.asp>
- NIBE. (z.d.). Geraadpleegd op 18 mei 2014, van <http://www.nibe.info/nl/members#group-103-28>
- VBI-techniek (z.d.). *Vloeren*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van http://www.vbi-techniek.nl/Product_Selector/Vloeren_selector#/filter/NDAwMEAwJDAqdHJ1ZSM4fFNFTDR8/product/3147
- Metaglas. (z.d.). *Achterzetramen*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.metaglas.nl/producten/achterzetramen/geisoleerde-draaiende-achterzetramen/>
- Monumentenglas. (z.d.). Geraadpleegd op 18 mei 2014, van <http://www.monumentenglas.nl/samenstelling.html>
- Thijssen. (z.d.). *HR-glas*. Geraadpleegd op 18 mei 2014, van <http://www.thijssenbv.com/glaszetter/vragen-glas/hr-glas>
- Joost de vree. (z.d.). *Renovatievloeren*. Geraadpleegd op 19 mei 2014, van <http://www.joostdevree.nl/shtmls/renovatievloer.shtml>
- Online bouwmaterialen. (z.d.). *Renovatievloer*. Geraadpleegd op 18 mei 2014, van <http://www.online-bouwmaterialen.nl/pdf/VBI%20PS%20Renovatievloer.pdf>
- VBI-techniek. (z.d.). Geraadpleegd op 18 mei 2014, van http://www.vbi-techniek.nl/Product_Selector/Vloeren_selector#/filter/NDAwMEAwJDAqdHJ1ZSM4fA==/product/3147
- VBI-techniek. (z.d.). Geraadpleegd op 18 mei 2014, van http://www.vbi-techniek.nl/Product_Selector/Vloeren_selector#/filter/NDAwMEAwJDAqdHJ1ZSM4fA==/product/3148
- Jupiter. (z.d.). *Vloerverwarming*. Geraadpleegd op 18 mei 2014, van <http://www.jupiter-vloerverwarming.nl/droogbouw-techniek/snelle-opwarmtijd/index.php>
- Praktisch duurzaam. (z.d.). *Dakisolatatie*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.praktischduurzaam.nl/dakisolatatie/>
- Verbouwkosten. (z.d.). *Van binnenuit isoleren*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.verbouwkosten.com/nieuwe-dakplaten-of-van-binnenuit-isoleren/>
- Knauf. (z.d.). *Isomur*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.knauf.nl/show/nl/product/item/652,660,769/Isomur?details>
- Xella. (z.d.). *Lijmblokken*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van http://www.xella.nl/nl/docs/S_-_Lijmblokken_0208.pdf

- Xella. (z.d.). *Binnenwanden*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.xella.nl/nl/docs/Y - Binnenwanden%281%29.pdf>
 - Gyproc. (z.d.). *Wandsystemen*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.gyproc.nl/producten/wanden/scheidingswanden/classic-wandsystemen/gyproc-classic-81-gf-1002502a?pageNumber=3&sortBy=5>
 - Gyproc. (z.d.). *Wandsystemen*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.gyproc.be/webobijbpb/PDF/Scheidingswanden/houtenframeNL.pdf>
 - Kingspaninsulation. (z.d.). *Binnenisolatatie element*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.kingspaninsulation.nl/producten/kingspan-kooltherm/k17-binnenisolatatie-element.aspx>
 - Weber. (z.d.). *Isolatieplaten*. Geraadpleegd op 12 mei 2014, van <http://www.weber-beamix.nl/buitengevelisolatie/producten/isolatie-en-wapeningnet/eps-gi-040-isolatieplaat.html>
 - Ekbouwadvies. (z.d.). *Lambda waarden*. Geraadpleegd op 15 mei 2015, van <http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambda.asp>
 - Isolatiehandel. (z.d.). *Glaswol*. Geraadpleegd op 12 mei 2015, van <http://www.isolatiehandel.nl/aanbod-isolatiematerialen/wandisolatie/houtskeletbouw/glaswol/>
 - Isolatiehandel. (z.d.). *Steenwol*. Geraadpleegd op 12 mei 2015, van <http://www.isolatiehandel.nl/aanbod-isolatiematerialen/wandisolatie/houtskeletbouw/steenwol/>
 - Duurzaamthuis. (z.d.). *Kruipruimte*. Geraadpleegd op 12 mei 2015, van <http://www.duurzaamthuis.nl/duurzaam-wonen/kruipruimte>
 - Duurzaamthuis. (z.d.). *Isolatiemateriaal*. Geraadpleegd op 12 mei 2015, van <http://www.duurzaamthuis.nl/duurzaam-wonen/isolatiemateriaal>
 - Meuwissen. (z.d.). *Vocht*. Geraadpleegd op 18 mei 2015, van http://www.meuwissen.nl/productinfo/Brochure_vocht.pdf
 - Duurzaamthuis. (z.d.). *Vlas*. Geraadpleegd op 12 mei 2015, van <http://www.duurzaamthuis.nl/duurzaam-wonen/isolatiemateriaal/vlas>
 - Duurzaamthuis. (z.d.). *Houtvezel*. Geraadpleegd op 12 mei 2015, van <http://www.duurzaamthuis.nl/duurzaam-wonen/isolatiemateriaal/houtvezel>
 - Spanotech. (z.d.). Geraadpleegd op 18 mei 2015, van http://www.spanotech.be/sites/default/files/editorinchief/user-3/19%20NL%20SpanoFlex%2050_0.pdf
 - Innovatiematerialen. (z.d.). *Neputherm*. Geraadpleegd op 18 mei 2015, van <http://www.innovatievematerialen.nl/index.php/Neputherm?id=218>
 - Spanell. (z.d.). *Scheidingswanden*. Geraadpleegd op 18 mei 2015, van <http://www.spanell.nl/wp-content/uploads/2013/09/Prijzen-Scheidingswanden-Bron-Casadata-2013.pdf>
 - Spanell. (z.d.). *Fermacell*. Geraadpleegd op 18 mei 2015, van <http://www.spanell.nl/producten/fermacell-70sg>
 - Glasdiscount. (z.d.). *Triple glas*. Geraadpleegd op 22 mei 2015, van <http://www.glasdiscount.nl/isolatieglas/driedubbel-glas/driedubbel-isolatieglas>
 - Monumenten. (z.d.). Geraadpleegd op 18 mei 2015, van <http://www.monumenten.nl/files/duerf-stappers.pdf>
 - Groen ontwerpen en bouwen. (z.d.). *Damp-open bouwen*. Geraadpleegd op 18 mei 2015, van <http://www.groenontwerpenenbouwen.nl/Portals/GroenOntwerpen/images/documenten/kennisdokument%20damp-openbouwen.pdf>
-
- [1] Nibe. (z.d.). *Afbeelding nibe* [online afbeelding]. Gedownload op 17 april 2015, van <http://www.nibe.org/nl>
 - [2] Nibe. (z.d.). *Handleiding voor gebruik*. Gedownload op 17 april 2015, van http://www.nibe.info/nl/handleiding_voor_gebruik
 - [3] Stappers, Marc. (2011). Na-isoleren van historische gebouwen. In H. van de Ven (Red.), *Duurzaam erfgoed* (p. 109). Trento: Printer Trento.
 - [4] Ben Bronsema. (2003). Vocht – Waar maken we ons druk om?. *Bronsema Consult – TU Delft*. Gedownload op 3 maart 2015 van http://homepage.tudelft.nl/f2n51/01_VochtVolgensBronsema.pdf
 - [5] D.E.O. Advies. (z.d.). *Isolatie*. Gedownload op 17 april 2015, van <http://www.deo-advies.nl/wp-content/uploads/2014/05/Isolerensite-150x150.jpg>
 - [6] Werkgroep VerantwoordBouwen. (z.d.). Damp-dicht, open en volledig dampdoorlatend. *Werkgroep VerantwoordBouwen*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.doscha.nl/wp-content/uploads/2015/02/Damp-dichtopendoorlatend.pdf>
 - [7] Werkgroep VerantwoordBouwen. (z.d.). Damp-dicht, open en volledig dampdoorlatend. *Werkgroep VerantwoordBouwen*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.doscha.nl/wp-content/uploads/2015/02/Damp-dichtopendoorlatend.pdf>
 - [8] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Tekening BA-01. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
 - [9] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
 - [10] K&E prOjecten. (2015). *Eigen bron*
 - [11] K&E prOjecten. (2015). *Eigen bron*
 - [12] K&E prOjecten. (2015). *Eigen bron*

- [13] VBI. (z.d.). *PS renovatievloer*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.vbi-techniek.nl>
- [14] VBI. (z.d.). *PS renovatievloer*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.vbi-techniek.nl>
- [15] De Hoop Pesko. (z.d.). *Reno Duro*. Gedownload op 30 maart 2015, van http://www.renomaat.nl/uploads/_images/large/reno%20duro%203d.jpg
- [16] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [17] Willems, Eric M.M. (2004). Duurzaam behaaglijk integratie vloerverwarming in zwevende dekvloeren. *VTM*, (4), 21.
- [18] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [19] Willems, Eric M.M. (2004). Duurzaam behaaglijk integratie vloerverwarming in zwevende dekvloeren. *VTM*, (4), 21.
- [20] Debouwmarktshop.nl. (z.d.). *Fermacell vloerplaat 2E32*. Gedownload op 30 maart 2015, van http://www.debouwmarktshop.eu/WebRoot/StoreLNL/Shops/62433508/4B5E/C461/E487/F14B/C8FD/C0A8/2935/48BE/Fermacell_vloerplaat_2e32.jpg
- [21] Qualitherm. (z.d.). *Qualitherm vloerverwarming element*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.qualitherm.nl/droogbouw102.jpg>
- [22] Architectenweb. (z.d.). *Warm dak (dakopbouw – archipedia*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.architectenweb.nl/aweb/archipedia/archipedia.asp?ID=9672>
- [23] Architectenweb. (z.d.). *Koud dak - archipedia*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.architectenweb.nl/aweb/archipedia/archipedia.asp?ID=9670>
- [24] Klussenvoorbeginners. (z.d.). *Zolder isoleren*. Gedownload op 30 maart 2015, van http://www.klussenvoorbeginners.be/upload/Image/Zolderisoleren_8.png
- [25] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [26] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [27] Miofol. (z.d.). *Miofol Active*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.miofol.nl/images/85/745.pdf>
- [28] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [29] Dakisolatie-expert. (z.d.). *Cellulose isolatie voor dak en zoldervloer*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.dakisolatie-expert.be/wp-content/uploads/2015/03/cellulosevlokken-zolder-dakisolatie.jpg>
- [30] Houthandel Looijmans. (z.d.). *Finnjoist I-liggers*. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.onthoutons.nl/Hout/finnjoist-I-liggers-balklaag-houtskeletbouw>
- [31] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [32] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [33] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [34] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [35] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [36] Building center. (z.d.). *Calsitherm climate board*. Gedownload op 14 april 2015, van <http://www.buildingcentre.co.uk/system/images/images/000/038/540/big/Calsitherm-Climate-Board-Product-Images.png?1417427788>
- [37] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [38] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [39] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [40] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [41] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [42] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [43] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [44] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [45] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [46] Raab Karcher. (z.d.). *Gipsblokken*. Gedownload op 15 mei 2015, van <http://raabkarcher.nl/getattachment/9823e997-daa0-459b-999b-c73df86a3ebc/Gipsblokken>
- [47] FAAY. (z.d.). *Acoustic plasterboard*. Gedownload op 15 mei 2015, van http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-mg/acoustic-plasterboard-69881-1635277.jpg

4A – Warmteweerstanden

Warmteweerstanden Huize Parklust

Alle bouwdelen (Definitief)

Voldoet

Toelichting

De warmteweerstand van de constructie is berekend volgens NEN 1068.

Dak

Het dak bestaat uit een samengestelde constructie.

Vanwege de opbouw en manier van thermisch isoleren van het dak is de berekening in twee delen uitgevoerd.

Zie bijlage 1 voor opbouw dak. Voor meer informatie zie tekening: DT-09.

Het dak valt onder de categorie 'inwendige scheidingsconstructies' volgens NEN 1068. Hierdoor gelden de volgende warmteovergangsweerstanden:

$$R_{se} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Deel 1: Houtskeletbouw element met cellulose isolatie

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie	Opp. [m²]
A(a)	= 0,962
A(b)	= 0,038
A(con)	= 1,00

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)					
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]	Type
Houtvezelplaat	18	0,018	0,039	0,46	Homatherm WF-Classic
Cellulose isolatie	160	0,16	0,040	4,00	Homatherm fineFloc
Houtvezelplaat	15	0,015	0,039	0,38	Homatherm WF-Classic
Gipsvezelplaat	12,5	0,0125	0,32	0,04	Fermacell gipsvezelplaat
Stuc laag	10	0,01	0,08	0,13	Technostuc Bio-kalkpleister
Totaal	215,5	0,2155		5,01	

Sectie (b)					
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]	Type
Houtvezelplaat	18	0,018	0,039	0,46	Homatherm WF-Classic
Hout	160	0,16	0,170	0,94	Finnjoist liggers
Houtvezelplaat	15	0,015	0,039	0,38	Homatherm WF-Classic
Gipsvezelplaat	12,5	0,0125	0,32	0,04	Fermacell gipsvezelplaat
Stuc laag	10	0,01	0,08	0,13	Technostuc Bio-kalkpleister
Totaal	215,5	0,2155		1,95	

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m²·K/W]	=	$((R_{m(tot)} + R_{si} + R_{se}) / (1 + \alpha))$
	=	4,91

Uta [W/m²K]	=	$1 / (R_{c;a} + R_{si} + R_{se})$
	=	0,20

Sectie (b)		
Rtb [m²·K/W]	=	$((R_{m(tot)} + R_{si} + R_{se}) / (1 + \alpha))$
	=	1,91

Utb [W/m²K]	=	$1 / (R_{c;b} + R_{si} + R_{se})$
	=	0,47

Stap 4. Bepalen van de bovengrens R_t'

$R_t' [m^2 \cdot K/W]$	=	$A_{wand} / (A_a \cdot U_a + A_b \cdot U_b)$
	=	4,85

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

$\lambda_j [W/m \cdot K]$	=	$\lambda_{a;j} \cdot A_a + \lambda_{b;j} \cdot A_b / \sum A$
	=	0,045

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	R _m [m²·K/W]	
Houtvezelplaat	18	0,018	0,039	0,46	
Cellulose/ hout	160	0,16	0,045	3,56	
Houtvezelplaat	15	0,015	0,039	0,38	
Gipsvezelplaat	12,5	0,0125	0,32	0,04	
Stuc laag	10	0,01	0,08	0,13	
Totaal	215,5	0,2155		4,57	(= d _j /λ _j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

$R_t'' [m^2 \cdot K/W]$	=	$((\sum (d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se}))$
	=	4,77

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068

$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische
	$a' = 0,5$	W/m·K < λ ≤ 0,30 W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder
	$a' = 0,5$	zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte 20 mm <
	$a' = 1$	Overige situaties

$R' [m^2 \cdot K/W]$	≤	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
4,85 ≤		5,22
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ- waarde

0,15 < hout ≤ 0,30

Hout heeft een λ- waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = **0**

Stap 8. Bepaling van de R_t

$R_t [m^2 \cdot K/W]$	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,68

$U_t [W/m^2 \cdot K]$	=	$1 / R_t$
	=	0,21

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$

ΔU_a	=	0		Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0		Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0		Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t	Bouwkwaliteit geldt: in alle andere gevallen
ΔU	=	0,011		

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

R_c [$m^2 \cdot K/W$]	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,26

Totale warmteweerstand DEEL 1

$RC =$	4,26	$m^2 \cdot K/W$
--------	-------------	-----------------

Deel 2: Isolatie tussen de houten balken

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houten balk/constructie	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houten balk/constructie en isolatie	=	A(con)

Sectie	Opp. [m^2]
A(a)	= 0,860
A(b)	= 0,140
A(con)	= 1,00

Stap 2. Bepalen van de R_m per materiaal

Sectie (a)					
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	R_m [$m^2 \cdot K/W$]	Type
Steenwol isolatie	120	0,12	0,039	3,08	Rockwool Bouwplaat 211 (VARIO)
Regel	22	0,022	0,170	0,13	n.v.t.
Totaal	142	0,142		3,21	

Sectie (b)					
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	R_m [$m^2 \cdot K/W$]	Type
Hout	200	0,2	0,170	1,18	Bestaande constructie
Regel	22	0,022	0,170	0,13	n.v.t.
Totaal	222	0,222		1,31	

Stap 3. Bepalen van de R_t en U_t voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
R_{ta} [$m^2 \cdot K/W$]	=	$((R_m(tot) + R_{si} + R_{se}) / (1 + \alpha))$
	=	3,14

U_{ta} [W/ $m^2 \cdot K$]	=	$1 / (R_c; a + R_{si} + R_{se})$
	=	0,30

Sectie (b)		
R_{tb} [$m^2 \cdot K/W$]	=	$((R_m(tot) + R_{si} + R_{se}) / (1 + \alpha))$
	=	1,28

U_{tb} [W/ $m^2 \cdot K$]	=	$1 / (R_c; b + R_{si} + R_{se})$
	=	0,68

Stap 4. Bepalen van de bovengrens R_t'

R_t' [$m^2 \cdot K/W$]	=	$A_{wand} / (A_a \cdot U_a + A_b \cdot U_b)$
	=	2,84

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λ_j [W/m·K]	=	$\lambda_{a;j} \cdot A_a + \lambda_{b;j} \cdot A_b / \sum A$
	=	0,057

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	R_m [m²·K/W]
Steenwol/ hout	120	0,12	0,057	2,09
Regel	22	0,022	0,170	0,13
Totaal	142	0,142		2,22

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum (d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se}))$
	=	2,42

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068

$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische
	$a' = 0,5$	W/m·K $< \lambda \leq 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder
	$a' = 0,5$	zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte 20 mm $<$
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$2,84 \leq$	2,72

Er wordt niet aan deze voorwaarde gedaan.

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = **0,5**

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	2,39
U_t [W/m²K]	=	$1 / R_t$
	=	0,42

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	$0,05 \cdot U_t$	Bouwkwaliteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,021
------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

R_c [m²·K/W]	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	2,08

Totale warmteweerstand DEEL 2

$R_c =$ **2,08** m²·K/W

Overzicht

Totale warmteweerstand Deel 1	RC =	4,26	m ² ·K/W	
Totale warmteweerstand Deel 2	RC =	2,08	m ² ·K/W	+
Totale warmteweerstand Dak	RC =	6,33	m²·K/W	

Buitenwanden

De buitenwanden vallen onder de categorie 'scheidingsconstructies grenzend aan buitenlucht' volgens NEN 1068. Hierdoor gelden de volgende warmteovergangswaarden:

R_{se} = 0,04 m²·K/W

R_{si} = 0,13 m²·K/W

Spouwmuur

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]	Type
Lucht buiten				
re			0,04	
Baksteen	0,10	0,65	0,15	Bestaande constructie
Spouw	0,04		0,16	
Baksteen	0,10	0,65	0,15	Bestaande constructie
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	Calsitherm KP-Kleber
Calsitherm	0,24	0,06	4,07	Calsitherm klimaatplaat
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	KP-Kalkglätte
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	Technostuc Bio-kalkpleister
ri			0,13	
Lucht binnen				

Totaal	0,50	4,74
---------------	-------------	-------------

Totale warmteweerstand Spouwmuur

RC = 4,74 m²·K/W

Steensmuur

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]	Type
Lucht buiten				
re			0,04	
Baksteen	0,21	0,65	0,32	Bestaande constructie
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	Calsitherm KP-Kleber
Calsitherm	0,24	0,06	4,07	Calsitherm klimaatplaat
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	KP-Kalkglätte
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	Technostuc Bio-kalkpleister
ri			0,13	
Lucht binnen				

Totaal	0,47	4,59
---------------	-------------	-------------

Totale warmteweerstand Steensmuur

RC = 4,59 m²·K/W

Vloer

De vloer waar geen kelder onder is valt onder de categorie 'vloeren in contact met de grond' volgens NEN 1068. Hierdoor gelden de volgende warmteovergangswaarden:

R_{se} = 0,04 m²·K/W

R_{si} = 0,17 m²·K/W

De vloer die grenst met de kelder valt onder de categorie 'vloeren boven onverwarmde ruimte' volgens NEN 1068. Hierdoor gelden de volgende warmteovergangswaarden:

$$R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Vloer (excl. kelderdek)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]	Type
Lucht buiten				
re			0,04	
Keramische tegelwerk	0,020	1,20	0,02	UONUON
Tegellijm	0,006	1,00	0,01	Calsitherm KP-Kleber
Gipsvezelplaat	0,025	0,09	0,28	Calsitherm klimaatplaat
Gipsvezelplaat	0,010	0,09	0,11	KP-Kalkglätte
Drukvaste steenwol	0,060	0,04	1,71	Rockwool Vloerplaat 501
Schuimbeton	0,283	0,12	2,36	Faber Schuimbeton (500 kg/m ³)
Zandlaag	0,05	1,00	0,05	Bestaand, geëgaliseerd
Betonafsluiting	0,05	2,20	0,02	Bestaand, verdicht ongewapend
ri			0,17	
Lucht binnen				

Totaal	0,50	4,77
---------------	-------------	-------------

Totale warmteweerstand Vloer (excl. kelderdek)

$RC = 4,77 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

Vloer (kelderdek)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]	Type
Lucht buiten				
re			0,17	
Keramische tegelwerk	0,020	1,20	0,02	UONUON
Tegellijm	0,006	1,00	0,01	Calsitherm KP-Kleber
Gipsvezelplaat	0,025	0,09	0,28	Calsitherm klimaatplaat
Gipsvezelplaat	0,010	0,09	0,11	KP-Kalkglätte
Drukvaste steenwol	0,060	0,04	1,71	Rockwool Vloerplaat 501
Beton (kelderdek)	0,200	2,30	0,09	Bestaand, verdicht gewapend
Minerale isolatieplaat	0,05	0,05	1,11	Yton Multipor
ri			0,17	
Lucht binnen				

Totaal	0,37	3,66
---------------	-------------	-------------

Totale warmteweerstand Vloer (kelderdek)

$RC = 3,66 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

$$U_T = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T' = \frac{A_{con}}{A_a \cdot U_{T;a} + A_b \cdot U_{T;b} + \dots}$$

Waarbij:

R_T' = bovengrens R_T [m^2K/W]

A_{con} = geprojecteerde oppervlak constructie [m^2]

A_a, A_b = geprojecteerde oppervlak sectie a, b, ... [m^2]

$U_{T;a}, U_{T;b}$ = U-waarde sectie a, b, ... [W/m^2K]

$$\lambda_j'' = \frac{\lambda_{a;j} \cdot A_a + \lambda_{b;j} \cdot A_b + \dots}{\Sigma A}$$

Waarbij:

λ_j'' = equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt laag j [W/mK]

$\lambda_{a;j}$ = warmtegeleidingscoëfficiënt sectie a, laag j [W/mK]

$\lambda_{b;j}$ = warmtegeleidingscoëfficiënt sectie b, laag j [W/mK]

R_{si}, R_{se} = overdrachtesweerstand binnen & buiten [m^2K/W]

$$R_T'' = \sum_j \left(\frac{d_j}{\lambda_j''} \right) + R_{se} + R_{si}$$

Waarbij:

R_T'' = ondergrens R_T [m^2K/W]

d_j = dikte laag j [m]

λ_j'' = equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt laag j [W/m^2K]

R_{si}, R_{se} = overdrachtesweerstand binnen & buiten [m^2K/W]

$$R_T = \frac{R_{si} + a' \cdot R_T' + R_T'' + R_{se}}{1 + 1,05 \cdot a'} - R_{si} - R_{se}$$

Waarbij:

R_T = warmteweerstand totale constructie [m^2K/W]

R_T' = bovengrens R_T [m^2K/W]

R_T'' = ondergrens R_T [m^2K/W]

a' = weegfactor (table A.0)

R_{si}, R_{se} = overdrachtesweerstand binnen & buiten [m^2K/W]

$$\beta = R_T \cdot \Delta U$$

$$R_c = \frac{R_T}{(1 + \beta)} - R_{si} - R_{se}$$

Bron:

Vreenegoor, Rona. (2015). Les 5: *Thermische isolatie & koudebruggen*. Powerpoint presentatie. Arnhem: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Warmteweerstand van samengestelde constructie

Variant 2: Cellulose houtskeletbouw en houtvezelement (Spouwmuur)

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie		Opp. [m²]
A(a)	=	8,48
A(b)	=	1,00
A(con)	=	9,48

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Cellulose isolatie	120	0,12	0,04	3,08
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Houtvezelement	60	0,06	0,04	1,54
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	485	0,485		5,91

Sectie (b)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Hout	120	0,12	0,17	0,71
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Houtvezelement	60	0,06	0,04	1,54
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	485	0,485		3,54

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m²·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	5,79

Uta [W/m²K]	=	1 / (Rc;a + Rsi + Rse)
	=	0,17

Sectie (b)		
Rtb [m²·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	3,46

Utb [W/m²K]	=	1 / (Rc;b + Rsi + Rse)
	=	0,28

Stap 4. Bepalen van de bovengrens Rt'

Rt' [m²·K/W]	=	Awand / (Aa · Ua + Ab · Ub)
	=	9,48 / (8,48 · 0,17 + 1,00 · 0,28)
	=	5,58

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λ_j [W/m·K]	=	$\lambda_{a;j} \cdot A_a + \lambda_{b;j} \cdot A_b / \sum A$
	=	0,053

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	R_m [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
HSB- element	120	0,12	0,05	2,27
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Houtvezelelement	60	0,06	0,04	1,54
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	485	0,485		5,10

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se})$
	=	5,27

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068		
$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15$ W/m·K $< \lambda \leq 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte 20 mm $< d \leq 30$ mm
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$5,58 \leq$	5,71
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = **0**

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	5,15
U_t [W/m²K]	=	$1 / R_t$
	=	0,19

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t Bouwqualiteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,010
------------------------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

$R_c [m^2 \cdot K/W]$	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,74

Warmteweerstand van samengestelde constructie

Variant 2: Cellulose houtskeletbouw en houtvezelement (Steensmuur)

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie		Opp. [m²]
A(a)	=	8,48
A(b)	=	1,00
A(con)	=	9,48

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Cellulose isolatie	120	0,12	0,04	3,08
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Houtvezelement	60	0,06	0,04	1,54
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	455	0,455		5,76

Sectie (b)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Hout	120	0,12	0,17	0,71
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Houtvezelement	60	0,06	0,04	1,54
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	455	0,455		3,39

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m²·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	5,65

Uta [W/m²K]	=	1 / (Rc;a + Rsi + Rse)
	=	0,17

Sectie (b)		
Rtb [m²·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	3,32

Utb [W/m²K]	=	1 / (Rc;b + Rsi + Rse)
	=	0,29

Stap 4. Bepalen van de bovengrens Rt'

Rt' [m²·K/W]	=	Awand / (Aa · Ua + Ab · Ub)
	=	9,48 / (8,48 · 0,17 + 1,00 · 0,28)
	=	5,43

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λj [W/m·K]	=	λa;j · Aa + λb;j · Ab / ΣA
	=	0,053

Material	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
HSB- element	120	0,12	0,05	2,27
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Houtvezelement	60	0,06	0,04	1,54
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	455	0,455		4,96

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum(d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se}))$
	=	5,13

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068

$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15$ W/m·K $< \lambda \leq 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $20 \text{ mm} < d \leq 30 \text{ mm}$
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$5,43 \leq$	5,56
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = **0**

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	5,01
U_t [W/m²K]	=	$1/R_t$
	=	0,20

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t Bouwqualiteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,010
------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

Rc [m²·K/W]	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,60

Warmteweerstand van samengestelde constructie

Variant 3: Cellulose houtskeletbouw element (Spouwmuur)

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie		Opp. [m²]
A(a)	=	8,48
A(b)	=	1,00
A(con)	=	9,48

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Cellulose isolatie	200	0,2	0,04	5,13
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	505	0,505		6,42

Sectie (b)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Hout	200	0,2	0,17	1,18
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	505	0,505		2,47

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m²·K/W]	=	$((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + \alpha))$
	=	6,29

Uta [W/m²K]	=	$1 / (Rc;a + Rsi + Rse)$
	=	0,15

Sectie (b)		
Rtb [m²·K/W]	=	$((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + \alpha))$
	=	2,42

Utb [W/m²K]	=	$1 / (Rc;b + Rsi + Rse)$
	=	0,39

Stap 4. Bepalen van de bovengrens Rt'

Rt' [m²·K/W]	=	$A_{wand} / (Aa \cdot Ua + Ab \cdot Ub)$
	=	$9,48 / (8,48 \cdot 0,17 + 1,00 \cdot 0,28)$
	=	5,58

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λ_j [W/m·K]	=	$\lambda_{a,j} \cdot A_a + \lambda_{b,j} \cdot A_b / \sum A$
	=	0,053

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
HSB- element	200	0,2	0,05	3,78
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	505	0,505		5,08

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se})$
	=	5,25

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068		
$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15$ W/m·K $< \lambda \leq 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte 20 mm $< d \leq 30$ mm
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$5,58 \leq$	5,69
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = **0**

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	5,13
U_t [W/m²K]	=	$1 / R_t$
	=	0,19

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t Bouwkwaliiteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,010
------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

$R_c [m^2 \cdot K/W]$	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,72

Warmteweerstand van samengestelde constructie

Variant 3: Cellulose houtskeletbouw element (Steensmuur)

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie		Opp. [m ²]
A(a)	=	8,48
A(b)	=	1,00
A(con)	=	9,48

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m ² ·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Cellulose isolatie	200	0,2	0,04	5,13
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	475	0,475		6,28

Sectie (b)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m ² ·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Hout	200	0,2	0,17	1,18
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	475	0,475		2,32

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m ² ·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	6,15

Uta [W/m ² K]	=	1 / (Rc;a + Rsi + Rse)
	=	0,16

Sectie (b)		
Rtb [m ² ·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	2,28

Utb [W/m ² K]	=	1 / (Rc;b + Rsi + Rse)
	=	0,41

Stap 4. Bepalen van de bovengrens Rt'

Rt' [m ² ·K/W]	=	Awand / (Aa · Ua + Ab · Ub)
	=	9,48 / (8,48 · 0,17 + 1,00 · 0,28)
	=	5,41

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λj [W/m·K]	=	λa;j · Aa + λb;j · Ab / ΣA
	=	0,053

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Spouw	20	0,02		0,15
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
HSB- element	200	0,2	0,05	3,78
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	475	0,475		4,93

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se})$
	=	5,10

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068		
$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15 \text{ W/m·K} < \lambda \leq 0,30 \text{ W/m·K}$ (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $20 \text{ mm} < d \leq 30 \text{ mm}$
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$5,41 \leq$	5,54
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = 0

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,99
U_t [W/m²K]	=	$1/R_t$
	=	0,20

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t Bouwqualiteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,010
------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

Rc [m²·K/W]	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,58

Warmteweerstand van samengestelde constructie

Variant 4: Leemlaag en cellulose houtskeletbouw element (Spouwmuur)

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie		Opp. [m²]
A(a)	=	8,48
A(b)	=	1,00
A(con)	=	9,48

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Leem	20	0,02	0,08	0,25
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Cellulose isolatie	200	0,2	0,04	5,13
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	505	0,505		6,52

Sectie (b)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Leem	20	0,02	0,08	0,25
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Hout	200	0,2	0,17	1,18
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	505	0,505		2,57

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m²·K/W]	=	$((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + \alpha))$
	=	6,39

Uta [W/m²K]	=	$1 / (Rc;a + Rsi + Rse)$
	=	0,15

Sectie (b)		
Rtb [m²·K/W]	=	$((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + \alpha))$
	=	2,52

Utb [W/m²K]	=	$1 / (Rc;b + Rsi + Rse)$
	=	0,37

Stap 4. Bepalen van de bovengrens Rt'

Rt' [m²·K/W]	=	$A_{wand} / (Aa \cdot Ua + Ab \cdot Ub)$
	=	$9,48 / (8,48 \cdot 0,17 + 1,00 \cdot 0,28)$
	=	5,69

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λ_j [W/m·K]	=	$\lambda_{a,j} \cdot A_a + \lambda_{b,j} \cdot A_b / \sum A$
	=	0,053

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	R_m [m²·K/W]
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Spouw	40	0,04		0,16
Baksteen	100	0,1	0,65	0,15
Leem	20	0,02	0,08	0,25
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
HSB- element	200	0,2	0,05	3,78
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	505	0,505		5,18

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se})$
	=	5,35

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068		
$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15$ W/m·K $< \lambda \leq 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte 20 mm $< d \leq 30$ mm
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$5,69 \leq$	5,79
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = **0**

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	5,23
U_t [W/m²K]	=	$1 / R_t$
	=	0,19

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t Bouwqualiteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,010
------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

$R_c \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,81

Warmteweerstand van samengestelde constructie

Variant 4: Leemstuc met cellulose houtskeletbouwelement(Spouwmuur)

Stap 1. Bepalen van de secties en oppervlaktes

Sectie (a)	=	Isolatiemateriaal	=	A(a)
Sectie (b)	=	Houtskeletbouw element (stijl- en regelwerk)	=	A(b)
Sectie (tot)	=	Houtskeletbouw element (incl. isolatie)	=	A(con)

Sectie		Opp. [m²]
A(a)	=	8,48
A(b)	=	1,00
A(con)	=	9,48

Stap 2. Bepalen van de Rm per materiaal

Sectie (a)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Leem	20	0,02	0,08	0,25
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Cellulose isolatie	200	0,2	0,04	5,13
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	475	0,475		6,38

Sectie (b)				
Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Leem	20	0,02	0,08	0,25
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
Hout	200	0,2	0,17	1,18
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	475	0,475		2,42

Stap 3. Bepalen van de Rt en Ut voor sectie (a) en (b)

Sectie (a)		
Rta [m²·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	6,25

Uta [W/m²K]	=	1 / (Rc;a + Rsi + Rse)
	=	0,16

Sectie (b)		
Rtb [m²·K/W]	=	((Rm(tot) + Rsi + Rse) / (1 + α))
	=	2,37

Utb [W/m²K]	=	1 / (Rc;b + Rsi + Rse)
	=	0,39

Stap 4. Bepalen van de bovengrens Rt'

Rt' [m²·K/W]	=	Awand / (Aa · Ua + Ab · Ub)
	=	9,48 / (8,48 · 0,17 + 1,00 · 0,28)
	=	5,53

Stap 5. Bepalen van de λ -waarde

λj [W/m·K]	=	λa;j · Aa + λb;j · Ab / ΣA
	=	0,053

Materiaal	d [mm]	d [m]	λ [W/m·K]	Rm [m²·K/W]
Baksteen	210	0,21	0,65	0,32
Leem	20	0,02	0,08	0,25
Houtvezelplaat	15	0,015	0,10	0,15
HSB- element	200	0,2	0,05	3,78
Houtvezelplaat	20	0,02	0,04	0,51
Kalkpleister	10	0,01	0,80	0,01
Totaal	475	0,475		5,03

(= d_j/λ_j)

Stap 6. Bepalen van de ondergrens R_t''

R'' [m²·K/W]	=	$((\sum d_j/\lambda_j) + R_{si} + R_{se})$
	=	5,20

Stap 7. Bepalen van de weegfactor a'

Tabel A.0 - Bepaling weegfactor NEN 1068		
$R' \leq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	
$R' \geq 1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$	$a' = 0$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15$ W/m·K $< \lambda \leq 0,30$ W/m·K (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20$ mm
	$a' = 0,5$	indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $20 \text{ mm} < d \leq 30 \text{ mm}$
	$a' = 1$	Overige situaties

R' [m²·K/W]	$\leq$	$1,05 \times (R'' + R_{si} + R_{se})$
	$5,53 \leq$	5,64
Er wordt aan deze voorwaarde gedaan.		

λ - waarde

$0,15 < \text{hout} \leq 0,30$

Hout heeft een λ - waarde van 0,17. Er wordt dus aan deze voorwaarde voldaan.

Hierdoor geldt voor weegfactor a' = 0

Stap 8. Bepaling van de R_t

R_t [m²·K/W]	=	$((R_{si} + a' \cdot R_t' + R_t'' + R_{se}) / (1 + 1,05 \cdot a')) - R_{si} - R_{se}$
	=	5,09
U_t [W/m²K]	=	$1 / R_t$
	=	0,20

Stap 9. Bepaling van de ΔU

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$$

ΔU_a	=	0	Geen convectie
ΔU_{fa}	=	0	Geen doorbreking van isolatielaag door bevestigingsmiddelen
ΔU_r	=	0	Geen omgekeerd dak
ΔU_w	=	0,05	· U_t Bouwqualiteit geldt: in alle andere gevallen

ΔU	=	0,010
------------	---	--------------

Stap 10. Bepaling van de β

β	=	$R_t \cdot \Delta U$
	=	0,05

Stap 11. Bepaling van de warmteweerstand

Rc [m²·K/W]	=	$(R_t / (1 + \beta)) - R_{si} - R_{se}$
	=	4,67

4B – Dampdiffusie

Dampdiffusie berekening - Calsitherm

Toelichting

De constructie wordt berekend op inwendige condensatie.

Om de berekening uit te voeren zijn er verschillende uitgangspunten in de seizoen (lente, zomer, herfst en winter).

Temperaturen	Eenheid	Lente	Zomer	Herfst	Winter
		Maart	Juni	September	December
Binnen	[°C]	21,00	20,00	21,00	22,00
(1) Minimale buitentemperatuur	[°C]	-4,08	4,66	4,52	-5,18
(2) Maximale buitentemperatuur	[°C]	18,80	29,58	26,98	11,76
(3) Gemiddelde buitentemperatuur	[°C]	6,32	15,78	14,74	4,22

Relatieve vochtigheid	Eenheid	Lente	Zomer	Herfst	Winter				
		Maart	Juni	September	December				
Binnen	[%]	50,00	0,50	60,00	0,60	50,00	0,50	40,00	0,40
Buiten	[%]	81,00	0,81	76,00	0,76	82,00	0,82	90,00	0,90

Maximale dampspanning	Eenheid	Lente	Zomer	Herfst	Winter
		Maart	Juni	September	December
Binnen	[Pa]	2488,00	2340,00	2488,00	2645,00
(1) Buiten	[Pa]	434,12	424,76	419,72	395,06
(2) Buiten	[Pa]	2171,40	4145,04	3562,92	1381,40
(3) Buiten	[Pa]	956,44	1793,36	1678,18	826,76

Berekende dampspanning	Eenheid	Lente	Zomer	Herfst	Winter
		Maart	Juni	September	December
Binnen	[Pa]	1244,00	1404,00	1244,00	1058,00
(1) Buiten	[Pa]	351,64	322,82	344,17	355,55
(2) Buiten	[Pa]	1758,83	3150,23	2921,59	1243,26
(3) Buiten	[Pa]	774,72	1362,95	1376,11	744,08

Dauwpunt constructie	Eenheid	Lente	Zomer	Herfst	Winter
		Maart	Juni	September	December
Dauwpunt	[°C]	10,18	12,01	10,18	7,80

Opbouw constructie

Huize Parklust heeft twee verschillende typen buitenwanden.

Wandopbouw 1: Ongeïsoleerde spouwmuur	Materiaal	Dikte [mm]
	Laag 1 : Baksteen	100
	Laag 2 : Spouw	40
	Laag 3 : Baksteen	100
	Laag 4 : Kalkpleister	10
	Laag 5 : Calsitherm (calsiumsilicaat)	240
	Laag 6 : Kalkgipspleister	4
	Laag 7 : Kalkpleister	10

Wandopbouw 2: Steensmuur	Materiaal	Dikte [mm]
	Laag 1 : Baksteen	210
	Laag 2 : Kalkpleister	10
	Laag 3 : Calsitherm (calsiumsilicaat)	240
	Laag 4 : Kalkgipspleister	4
	Laag 5 : Kalkpleister	10

Formules

$$r = d / \lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$(\mu \cdot d) \text{ totaal} = \mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 + \mu_3 \cdot d_3$$

$$\Delta P_n = P_{ner} (i) - P_{ber} (e) \text{ [Pa]}$$

$$\Delta T = T_i - T_e \text{ [°C]}$$

Tabel 1. Ongeïsoleerde spouwmuur - Lente (buitentemperatuur -4,08°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-4,08	434,12				351,64
re			0,04	0,21	-3,87	442,14				351,64
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,81	-3,05	473,91	9,00	0,90	228,94	580,58
Spouw	0,04		0,16	0,85	-2,21	508,54	1,00	0,04	10,18	590,75
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,81	-1,39	544,99	9,00	0,90	228,94	819,70
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,07	-1,33	548,03	10,00	0,10	25,44	845,13
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	21,54	20,22	2371,84	6,00	1,44	366,31	1211,44
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,03	20,25	2376,32	7,00	0,03	7,12	1218,56
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,07	20,31	2386,12	10,00	0,10	25,44	1244,00
ri			0,13	0,69	21,00	2488,00				1244,00
Lucht binnen										
Totaal	0,50		4,74	25,08				3,51	892,36	

Tabel 2. Ongeïsoleerde spouwmuur - Lente (buitentemperatuur 18,80°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					18,80	2171,40				1758,83
re			0,04	0,02	18,82	2173,87				1758,83
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,07	18,89	2183,38	9,00	0,90	-132,08	1626,75
Spouw	0,04		0,16	0,07	18,96	2193,26	1,00	0,04	-5,87	1620,88
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,07	19,04	2203,09	9,00	0,90	-132,08	1488,80
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,01	19,04	2203,91	10,00	0,10	-14,68	1474,12
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	1,89	20,93	2477,81	6,00	1,44	-211,33	1262,79
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,00	20,93	2478,20	7,00	0,03	-4,11	1258,68
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,01	20,94	2479,06	10,00	0,10	-14,68	1244,00
ri			0,13	0,06	21,00	2488,00				1244,00
Lucht binnen										
Totaal	0,50		4,74	2,20				3,51	-514,83	

Tabel 3. Ongeïsoleerde spouwmuur - Lente (buitentemperatuur 6,32°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					6,32	956,44				774,72
re			0,04	0,12	6,44	964,75				774,72
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,48	6,92	996,70	9,00	0,90	120,40	895,11
Spouw	0,04		0,16	0,50	7,42	1031,17	1,00	0,04	5,35	900,47
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,48	7,89	1064,55	9,00	0,90	120,40	1020,86
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04	7,93	1067,26	10,00	0,10	13,38	1034,24
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	12,61	20,54	2420,01	6,00	1,44	192,64	1226,88
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02	20,56	2422,63	7,00	0,03	3,75	1230,62
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04	20,60	2428,37	10,00	0,10	13,38	1244,00
ri			0,13	0,40	21,00	2488,00				1244,00
Lucht binnen										
Totaal	0,50		4,74	14,68				3,51	469,28	

Tabel 4. Ongeïsoleerde spouwmuur - Zomer (buitentemperatuur 4,66°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					4,66	424,76				322,82
re			0,04	0,13						
					4,79	859,79				322,82
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,50			9,00	0,90	277,38	
					5,29	890,13				600,20
Spouw	0,04		0,16	0,52			1,00	0,04	12,33	
					5,81	922,78				612,53
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,50			9,00	0,90	277,38	
					6,30	955,39				889,91
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04			10,00	0,10	30,82	
					6,34	958,10				920,73
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	13,18			6,00	1,44	443,81	
					19,52	2271,83				1364,55
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02			7,00	0,03	8,63	
					19,54	2274,46				1373,18
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04			10,00	0,10	30,82	
					19,58	2280,21				1404,00
ri			0,13	0,42						
Lucht binnen					20,00	2340,00				1404,00
Totaal	0,50		4,74	15,34				3,51	1081,18	

Tabel 5. Ongeïsoleerde spouwmuur - Zomer (buitentemperatuur 29,58°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					29,58	4145,04				3150,23
re			0,04	-0,08						
					29,50	4125,78				3150,23
Baksteen	0,10	0,65	0,15	-0,31			9,00	0,90	-448,01	
					29,19	4051,72				2702,22
Spouw	0,04		0,16	-0,32			1,00	0,04	-19,91	
					28,86	3976,46				2682,31
Baksteen	0,10	0,65	0,15	-0,31			9,00	0,90	-448,01	
					28,55	3906,44				2234,31
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	-0,03			10,00	0,10	-49,78	
					28,53	3900,75				2184,53
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	-8,23			6,00	1,44	-716,81	
					20,30	2384,37				1467,72
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	-0,01			7,00	0,03	-13,94	
					20,29	2382,66				1453,78
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	-0,03			10,00	0,10	-49,78	
					20,26	2378,92				1404,00
ri			0,13	-0,26						
Lucht binnen					20,00	2340,00				1404,00
Totaal	0,50		4,74	-9,58				3,51	-1746,23	

Tabel 6. Ongeïsoleerde spouwmuur - Zomer (buitentemperatuur 15,78°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					15,78	1793,36				1362,95
re			0,04	0,04						
					15,82	1742,04				1362,95
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,14			9,00	0,90	10,53	
					15,95	1798,52				1373,48
Spouw	0,04		0,16	0,14			1,00	0,04	0,47	
					16,10	1829,43				1373,95
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,14			9,00	0,90	10,53	
					16,23	1845,88				1384,48
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,01			10,00	0,10	1,17	
					16,24	1847,22				1385,65
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	3,62			6,00	1,44	16,85	
					19,87	2321,25				1402,50
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,01			7,00	0,03	0,33	
					19,87	2321,97				1402,83
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,01			10,00	0,10	1,17	
					19,88	2323,55				1404,00
ri			0,13	0,12						
Lucht binnen					20,00	2340,00				1404,00
Totaal	0,50		4,74	4,22				3,51	41,05	

Tabel 7. Ongeïsoleerde spouwmuur - Herfst (buitentemperatuur 4,52°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					4,52	419,72				344,17
re			0,04	0,14						
					4,66	852,23				344,17
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,54			9,00	0,90	230,86	
					5,19	884,25				575,03
Spouw	0,04		0,16	0,56			1,00	0,04	10,26	
					5,75	919,33				585,29
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,54			9,00	0,90	230,86	
					6,29	954,20				816,14
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04			10,00	0,10	25,65	
					6,33	957,11				841,80
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	14,15			6,00	1,44	369,37	
					20,48	2411,67				1211,17
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02			7,00	0,03	7,18	
					20,50	2414,62				1218,35
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04			10,00	0,10	25,65	
					20,55	2421,05				1244,00
ri			0,13	0,45						
Lucht binnen					21,00	2488,00				1244,00
Totaal	0,50		4,74	16,48				3,51	899,83	

Tabel 8. Ongeïsoleerde spouwmuur - Herfst (buitentemperatuur 26,98°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					26,98	3562,92				2921,59
re			0,04	-0,05						
					26,93	3552,62				2921,59
Baksteen	0,10	0,65	0,15	-0,19			9,00	0,90	-430,40	
					26,74	3512,99				2491,20
Spouw	0,04		0,16	-0,20			1,00	0,04	-19,13	
					26,53	3471,78				2472,07
Baksteen	0,10	0,65	0,15	-0,19			9,00	0,90	-430,40	
					26,34	3432,15				2041,67
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	-0,02			10,00	0,10	-47,82	
					26,32	3428,93				1993,85
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	-5,14			6,00	1,44	-688,64	
					21,19	2517,38				1305,21
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	-0,01			7,00	0,03	-13,39	
					21,18	2516,25				1291,82
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	-0,02			10,00	0,10	-47,82	
					21,16	2513,77				1244,00
ri			0,13	-0,16						
Lucht binnen					21,00	2488,00				1244,00
Totaal	0,50		4,74	-5,98				3,51	-1677,59	

Tabel 9. Ongeïsoleerde spouwmuur - Herfst (buitentemperatuur 14,74°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					14,74	1678,18				1376,11
re			0,04	0,05						
					14,79	1683,84				1376,11
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,20			9,00	0,90	-33,89	
					15,00	1705,59				1342,21
Spouw	0,04		0,16	0,21			1,00	0,04	-1,51	
					15,21	1729,26				1340,71
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,20			9,00	0,90	-33,89	
					15,41	1752,04				1306,82
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,02			10,00	0,10	-3,77	
					15,43	1753,89				1303,05
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	5,38			6,00	1,44	-54,23	
					20,80	2459,01				1248,82
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,01			7,00	0,03	-1,05	
					20,81	2460,12				1247,77
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,02			10,00	0,10	-3,77	
					20,83	2462,57				1244,00
ri			0,13	0,17						
Lucht binnen					21,00	2488,00				1244,00
Totaal	0,50		4,74	6,26				3,51	-132,11	

Tabel 10. Ongeïsoleerde spouwmuur - Winter (buitentemperatuur -5,18°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-5,18	395,06				355,55
re			0,04	0,23						
					-4,95	402,78				355,55
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,88			9,00	0,90	180,22	
					-4,07	434,57				535,77
Spouw	0,04		0,16	0,92			1,00	0,04	8,01	
					-3,15	470,18				543,78
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,88			9,00	0,90	180,22	
					-2,27	506,07				724,00
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,07			10,00	0,10	20,02	
					-2,19	509,02				744,02
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	23,34			6,00	1,44	288,35	
					21,15	2511,46				1032,37
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,03			7,00	0,03	5,61	
					21,18	2516,61				1037,98
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,07			10,00	0,10	20,02	
					21,25	2527,87				1058,00
ri			0,13	0,75						
Lucht binnen					22,00	2645,00				1058,00
Totaal	0,50		4,74	27,18				3,51	702,45	

Tabel 11. Ongeïsoleerde spouwmuur - Winter (buitentemperatuur 11,76°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					11,76	1381,40				1243,26
re			0,04	0,09						
					11,85	1389,18				1243,26
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,33			9,00	0,90	-47,53	
					12,18	1420,02				1195,73
Spouw	0,04		0,16	0,35			1,00	0,04	-2,11	
					12,53	1452,88				1193,62
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,33			9,00	0,90	-47,53	
					12,86	1484,48				1146,09
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,03			10,00	0,10	-5,28	
					12,88	1487,05				1140,81
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	8,79			6,00	1,44	-76,05	
					21,68	2594,69				1064,76
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,01			7,00	0,03	-1,48	
					21,69	2596,63				1063,28
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,03			10,00	0,10	-5,28	
					21,72	2600,87				1058,00
ri			0,13	0,28						
Lucht binnen					22,00	2645,00				1058,00
Totaal	0,50		4,74	10,24				3,51	-185,26	

Tabel 12. Ongeïsoleerde spouwmuur - Winter (buitentemperatuur 4,22°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					4,22	826,76				744,08
re			0,04	0,15						
					4,37	835,47				744,08
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,58			9,00	0,90	80,54	
					4,95	868,97				824,62
Spouw	0,04		0,16	0,60			1,00	0,04	3,58	
					5,55	906,55				828,20
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,58			9,00	0,90	80,54	
					6,13	943,44				908,74
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,05			10,00	0,10	8,95	
					6,17	946,58				917,69
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	15,27			6,00	1,44	128,86	
					21,44	2557,64				1046,55
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02			7,00	0,03	2,51	
					21,47	2561,01				1049,05
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,05			10,00	0,10	8,95	
					21,51	2568,38				1058,00
ri			0,13	0,49						
Lucht binnen					22,00	2645,00				1058,00
Totaal	0,50		4,74	17,78				3,51	313,92	

Tabel 13. Steensmuur - Lente (buitentemperatuur -4,08°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-4,08	434,12				351,64
re			0,04	0,22	-3,86	442,38				351,64
Baksteen	0,21	0,65	0,32	1,76	-2,10	512,81	9,00	1,89	461,06	812,70
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,14	-1,97	518,56	10,00	0,20	48,79	861,49
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	22,16	20,19	2368,51	6,00	1,44	351,29	1212,77
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,03	20,22	2373,12	7,00	0,03	6,83	1219,61
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,07	20,29	2383,19	10,00	0,10	24,39	1244,00
ri			0,13	0,71	21,00	2488,00				1244,00
Lucht binnen										

Totaal	4,60	25,08	3,66	892,36						
---------------	-------------	--------------	-------------	---------------	--	--	--	--	--	--

Tabel 14. Steensmuur - Lente (buitentemperatuur 18,80°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					18,80	2171,40				2171,40
re			0,04	0,02	18,82	2173,94				2171,40
Baksteen	0,21	0,65	0,32	0,15	18,97	2194,47	9,00	1,89	-479,17	1692,23
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,01	18,99	2196,06	10,00	0,20	-50,71	1641,53
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	1,94	20,93	2477,52	6,00	1,44	-365,08	1276,45
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,00	20,93	2477,92	7,00	0,03	-7,10	1269,35
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,01	20,94	2478,81	10,00	0,10	-25,35	1244,00
ri			0,13	0,06	21,00	2488,00				1244,00
Lucht binnen										

Totaal	4,60	2,20	3,66	-927,40						
---------------	-------------	-------------	-------------	----------------	--	--	--	--	--	--

Tabel 15. Steensmuur - Lente (buitentemperatuur 6,32°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					6,32	956,44				774,72
re			0,04	0,13	6,45	964,99				774,72
Baksteen	0,21	0,65	0,32	1,03	7,48	1035,44	9,00	1,89	242,47	1017,18
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,08	7,56	1041,02	10,00	0,20	25,66	1042,84
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	12,97	20,53	2418,06	6,00	1,44	184,74	1227,58
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02	20,55	2420,76	7,00	0,03	3,59	1231,17
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04	20,59	2426,65	10,00	0,10	12,83	1244,00
ri			0,13	0,41	21,00	2488,00				1244,00
Lucht binnen										

Totaal	4,60	14,68	3,66	469,28						
---------------	-------------	--------------	-------------	---------------	--	--	--	--	--	--

Tabel 16. Steensmuur - Zomer (buitentemperatuur 4,66°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					4,66	424,76				322,82
re			0,04	0,13	4,79	860,01				322,82
Baksteen	0,21	0,65	0,32	1,08	5,87	926,79	9,00	1,89	558,62	881,44
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,08	5,95	932,04	10,00	0,20	59,11	940,55
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	13,55	19,51	2269,88	6,00	1,44	425,62	1366,17
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02	19,53	2272,58	7,00	0,03	8,28	1374,44
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04	19,57	2278,49	10,00	0,10	29,56	1404,00
ri			0,13	0,43	20,00	2340,00				1404,00
Lucht binnen										

Totaal	4,60	15,34	3,66	1081,18
---------------	-------------	--------------	-------------	----------------

Tabel 17. Steensmuur - Zomer (buitentemperatuur 29,58°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					29,58	4145,04				3150,23
re			0,04	-0,08	29,50	4125,23				3150,23
Baksteen	0,21	0,65	0,32	-0,67	28,82	3967,52	9,00	1,89	-902,23	2248,00
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	-0,05	28,77	3955,81	10,00	0,20	-95,47	2152,52
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	-8,46	20,31	2385,64	6,00	1,44	-687,42	1465,10
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	-0,01	20,30	2383,88	7,00	0,03	-13,37	1451,74
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	-0,03	20,27	2380,03	10,00	0,10	-47,74	1404,00
ri			0,13	-0,27	20,00	2340,00				1404,00
Lucht binnen										

Totaal	4,60	-9,58	3,66	-1746,23
---------------	-------------	--------------	-------------	-----------------

Tabel 18. Steensmuur - Zomer (buitentemperatuur 15,78°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					15,78	1793,36				1362,95
re			0,04	0,04	15,82	1797,47				1362,95
Baksteen	0,21	0,65	0,32	0,30	16,11	1831,53	9,00	1,89	21,21	1384,16
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,02	16,14	1834,28	10,00	0,20	2,24	1386,41
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	3,73	19,86	2320,71	6,00	1,44	16,16	1402,56
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,01	19,87	2321,45	7,00	0,03	0,31	1402,88
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,01	19,88	2323,08	10,00	0,10	1,12	1404,00
ri			0,13	0,12	20,00	2340,00				1404,00
Lucht binnen										

Totaal	4,60	4,22	3,66	41,05
---------------	-------------	-------------	-------------	--------------

Tabel 19. Steensmuur - Herfst (buitentemperatuur 4,52°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					4,52	419,72				344,17
re			0,04	0,14						
					4,66	852,46				344,17
Baksteen	0,21	0,65	0,32	1,16			9,00	1,89	464,92	
					5,82	923,64				809,09
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,09			10,00	0,20	49,20	
					5,91	929,27				858,29
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	14,56			6,00	1,44	354,22	
					20,47	2409,48				1212,51
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02			7,00	0,03	6,89	
					20,49	2412,51				1219,40
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,04			10,00	0,10	24,60	
					20,53	2419,13				1244,00
ri			0,13	0,47						
Lucht binnen					21,00	2340,00				1244,00

Totaal	4,60	16,48					3,66	899,83		
---------------	-------------	--------------	--	--	--	--	-------------	---------------	--	--

Tabel 20. Steensmuur - Herfst (buitentemperatuur 26,98°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					26,98	3562,92				2921,59
re			0,04	-0,05						
					26,93	3552,32				2921,59
Baksteen	0,21	0,65	0,32	-0,42			9,00	1,89	-866,77	
					26,51	3466,72				2054,82
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	-0,03			10,00	0,20	-91,72	
					26,48	3460,09				1963,10
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	-5,28			6,00	1,44	-660,40	
					21,19	2518,22				1302,70
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	-0,01			7,00	0,03	-12,84	
					21,19	2517,06				1289,86
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	-0,02			10,00	0,10	-45,86	
					21,17	2514,51				1244,00
ri			0,13	-0,17						
Lucht binnen					21,00	2488,00				1244,00

Totaal	4,60	-5,98					3,66	-1677,59		
---------------	-------------	--------------	--	--	--	--	-------------	-----------------	--	--

Tabel 21. Steensmuur - Herfst (buitentemperatuur 14,74°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					14,74	1678,18				1376,11
re			0,04	0,05						
					14,79	1684,00				1376,11
Baksteen	0,21	0,65	0,32	0,44			9,00	1,89	-68,26	
					15,23	1732,17				1307,85
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,03			10,00	0,20	-7,22	
					15,27	1735,98				1300,63
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	5,53			6,00	1,44	-52,01	
					20,80	2458,17				1248,62
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,01			7,00	0,03	-1,01	
					20,81	2459,32				1247,61
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,02			10,00	0,10	-3,61	
					20,82	2461,84				1244,00
ri			0,13	0,18						
Lucht binnen					21,00	2488,00				1244,00

Totaal	4,60	6,26					3,66	-132,11		
---------------	-------------	-------------	--	--	--	--	-------------	----------------	--	--

Tabel 22. Steensmuur - Winter (buitentemperatuur -5,18°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-5,18	395,06				355,55
re			0,04	0,24						
					-4,94	403,02				355,55
Baksteen	0,21	0,65	0,32	1,91			9,00	1,89	362,94	
					-3,04	474,57				718,49
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,15			10,00	0,20	38,41	
					-2,89	480,55				756,90
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	24,01			6,00	1,44	276,52	
					21,13	2507,63				1033,42
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,03			7,00	0,03	5,38	
					21,16	2512,93				1038,80
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,07			10,00	0,10	19,20	
					21,23	2524,51				1058,00
ri			0,13	0,77						
Lucht binnen					22,00	2645,00				1058,00

Totaal	4,60	27,18					3,66	702,45		
---------------	-------------	--------------	--	--	--	--	-------------	---------------	--	--

Tabel 23. Steensmuur - Winter (buitentemperatuur 11,76°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					11,76	1381,40				1243,26
re			0,04	0,09						
					11,85	1389,41				1243,26
Baksteen	0,21	0,65	0,32	0,72			9,00	1,89	-95,72	
					12,57	1456,91				1147,54
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,06			10,00	0,20	-10,13	
					12,62	1462,20				1137,41
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	9,05			6,00	1,44	-72,93	
					21,67	2593,25				1064,48
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,01			7,00	0,03	-1,42	
					21,68	2595,24				1063,06
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,03			10,00	0,10	-5,06	
					21,71	2599,61				1058,00
ri			0,13	0,29						
Lucht binnen					22,00	2645,00				1058,00

Totaal	4,60	10,24					3,66	-185,26		
---------------	-------------	--------------	--	--	--	--	-------------	----------------	--	--

Tabel 24. Steensmuur - Winter (buitentemperatuur 4,22°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	$\mu \cdot d$ [m]	ΔP_n [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					4,22	826,76				744,08
re			0,04	0,15						
					4,37	835,72				744,08
Baksteen	0,21	0,65	0,32	1,25			9,00	1,89	162,19	
					5,62	911,19				906,28
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,10			10,00	0,20	17,16	
					5,72	917,28				923,44
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	15,71			6,00	1,44	123,58	
					21,43	2555,14				1047,02
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,02			7,00	0,03	2,40	
					21,45	2558,60				1049,42
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,05			10,00	0,10	8,58	
					21,50	2566,18				1058,00
ri			0,13	0,50						
Lucht binnen					22,00	2645,00				1058,00

Totaal	4,60	17,78					3,66	313,92		
---------------	-------------	--------------	--	--	--	--	-------------	---------------	--	--

Extreme situaties

Uitgangspunten		
Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25						
					-9,75	265,83				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97			9,00	0,90	186,77	
					-8,77	288,92				394,77
Spouw	0,04		0,16	1,01			1,00	0,04	8,30	
					-7,76	315,76				403,07
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97			9,00	0,90	186,77	
					-6,78	343,69				589,85
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08			10,00	0,10	20,75	
					-6,71	346,14				610,60
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	25,77			6,00	1,44	298,84	
					19,06	2206,69				909,44
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,04			7,00	0,03	5,81	
					19,10	2211,83				915,25
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08			10,00	0,10	20,75	
					19,18	2223,07				936,00
ri			0,13	0,82						
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,50		4,74	30,00				3,51	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26						
					-9,74	265,99				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,11			9,00	1,89	376,14	
					-7,63	319,24				584,14
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,16			10,00	0,20	39,80	
					-7,47	323,80				623,94
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	26,51			6,00	1,44	286,58	
					19,03	2202,86				910,53
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,04			7,00	0,03	5,57	
					19,07	2208,15				916,10
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08			10,00	0,10	19,90	
					19,15	2219,72				936,00
ri			0,13	0,85						
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,48		4,60	30,00				3,66	728,00	

Bronnen

Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

KNMI. (2010-2014). *Gemiddelde temperatuur in Nederland Maand- en seizoensoverzichten*. Geraadpleegd op 13 april 2015, van http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoensoverzichten/#jaar

Bijlage: Buitentemperatuur (Bron: KNMI)

		2010	2011	2012	2013	2014		Gemiddelde	
Gemiddelde minimale buitentemperatuur	Maart	-5,1	-3,7	-1,9	-7,4	-2,3		-4,08	[°C]
	Juni	4,3	4,7	3,3	5,4	5,6		4,66	[°C]
	September	4,3	6,1	2,2	5,6	4,4		4,52	[°C]
	December	-11,1	-0,1	-8,3	-3,1	-3,3		-5,18	[°C]
Gemiddelde maximale buitentemperatuur	Maart	19,7	16,6	19,7	16,8	21,2		18,80	[°C]
	Juni	29,8	32,2	27,9	30,4	27,6		29,58	[°C]
	September	23,3	27,9	28,1	30,3	25,3		26,98	[°C]
	December	8	12,3	13	12,7	12,8		11,76	[°C]
Gemiddelde buitentemperatuur	Maart	6,4	6	8,3	2,5	8,4		6,32	[°C]
	Juni	16,4	16,1	14,9	15,3	16,2		15,78	[°C]
	September	13,6	15,6	14,2	14,4	15,9		14,74	[°C]
	December	-1,1	6,5	5	5,9	4,8		4,22	[°C]

Dampdiffusie berekening - Cellulose en houtvezel

Toelichting

De constructie wordt berekend op inwendige condensatie.

Extreme situaties

Uitgangspunten

Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Dit is een samengestelde constructie. Voor de exacte berekening van de warmteweerstand (RC-waarde), zie berekening 'Bijlage 4A-Variant 2'.

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,82				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97	-8,77	288,21	9,00	0,90	227,11	435,11
Spouw	0,04		0,16	1,01	-7,76	315,21	1,00	0,04	10,09	445,20
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97	-6,79	342,94	9,00	0,90	227,11	672,31
Spouw	0,020		0,15	0,95	-5,84	373,00	10,00	0,20	50,47	722,77
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,95	-4,89	402,42	11,00	0,17	41,64	764,41
Cellulose	0,120	0,039	1,74	11,01	6,12	914,69	1,50	0,18	45,42	809,83
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,24	9,36	1165,79	5,00	0,10	25,23	835,06
Houtvezelement	0,06	0,039	1,54	9,73	19,10	2211,97	5,00	0,30	75,70	910,77
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,18	2223,20	10,00	0,10	25,23	936,00
ri			0,13	0,82	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,485		4,74	30,00				2,89	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	266,00				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,11	-7,63	314,50	9,00	1,89	468,80	676,80
Spouw	0,020		0,15	0,98	-6,65	346,76	10,00	0,20	49,61	726,41
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,98	-5,67	378,15	11,00	0,17	40,93	767,33
Cellulose	0,120	0,039	1,74	11,36	5,68	692,12	1,50	0,18	44,65	811,98
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,35	9,03	1135,67	5,00	0,10	24,80	836,78
Houtvezelement	0,06	0,039	1,54	10,04	19,07	2207,94	5,00	0,30	74,41	911,20
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,15	2219,53	10,00	0,10	24,80	936,00
ri			0,13	0,85	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,46		4,60	30,00				2,94	728,00	

Bronnen

Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

KNMI. (2010-2014). *Gemiddelde temperatuur in Nederland Maand- en seizoenoverzichten*. Geraadpleegd op 13 april 2015, van http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoenoverzichten/#jaar

Dampdiffusie berekening - Cellulose houtskeletbouw element

Toelichting

De constructie wordt berekend op inwendige condensatie.

Extreme situaties

Uitgangspunten

Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Dit is een samengestelde constructie. Voor de exacte berekening van de warmteweerstand (RC-waarde), zie berekening 'Bijlage 4A-Variant 3'.

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,84				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,98	-8,77	289,01	9,00	0,90	253,46	461,46
Spouw	0,04		0,16	1,02	-7,75	315,93	1,00	0,04	11,26	472,73
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,98	-6,78	392,03	9,00	0,90	253,46	726,19
Spouw	0,020		0,15	0,95	-5,82	373,86	10,00	0,20	56,32	782,51
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,95	-4,87	405,69	11,00	0,17	46,47	828,98
Cellulose	0,120	0,039	3,26	20,71	15,84	1799,80	1,50	0,18	50,69	879,68
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,26	19,09	2211,47	5,00	0,10	28,16	907,84
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,17	2222,74	10,00	0,10	28,16	936,00
ri			0,13	0,83	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00

Totaal	0,425		4,72	30,00				2,59	728,00	
---------------	--------------	--	-------------	--------------	--	--	--	-------------	---------------	--

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	266,03				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,12	-7,62	319,61	9,00	1,89	522,17	730,17
Spouw	0,020		0,15	0,98	-6,64	348,22	10,00	0,20	55,26	785,43
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,98	-5,66	379,38	11,00	0,17	45,59	831,01
Cellulose	0,120	0,039	3,26	21,36	15,71	1785,07	1,50	0,18	49,73	880,74
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,36	19,07	2207,41	5,00	0,10	27,63	908,37
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,15	2219,04	10,00	0,10	27,63	936,00
ri			0,13	0,85	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00

Totaal	0,40		4,58	30,00				2,64	728,00	
---------------	-------------	--	-------------	--------------	--	--	--	-------------	---------------	--

Bronnen

Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

KNMI. (2010-2014). *Gemiddelde temperatuur in Nederland Maand- en seizoenoverzichten*. Geraadpleegd op 13 april 2015, van http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoenoverzichten/#jaar

Dampdiffusie berekening - Leem en cellulose

Toelichting

De constructie wordt berekend op inwendige condensatie.

Extreme situaties

Uitgangspunten

Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Dit is een samengestelde constructie. Voor de exacte berekening van de warmteweerstand (RC-waarde), zie berekening 'Bijlage 4A-Variant 4'.

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)

Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,73				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,96	-8,79	288,41	9,00	0,90	253,46	461,46
Spouw	0,04		0,16	1,00	-7,79	314,76	1,00	0,04	11,26	472,73
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,96	-6,84	393,90	9,00	0,90	253,46	726,19
Leem	0,020	0,08	0,25	1,56	-5,28	391,85	10,00	0,20	56,32	782,51
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,93	-4,34	424,68	11,00	0,17	46,47	828,98
Cellulose	0,120	0,039	3,25	20,26	15,92	1808,52	1,50	0,18	50,69	879,68
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,20	19,11	2213,87	5,00	0,10	28,16	907,84
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,19	2224,94	10,00	0,10	28,16	936,00
ri			0,13	0,81	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,425		4,81	30,00				2,59	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)

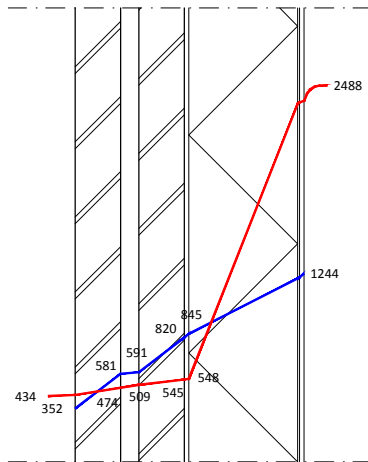
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	265,91				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,08	-7,67	318,33	9,00	1,89	522,17	730,17
Leem	0,020	0,08	0,25	1,61	-6,06	366,13	10,00	0,20	55,26	785,43
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,96	-5,10	397,82	11,00	0,17	45,59	831,01
Cellulose	0,120	0,039	3,25	20,89	15,79	1794,34	1,50	0,18	49,73	880,74
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,30	19,08	2209,97	5,00	0,10	27,63	908,37
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,16	2221,37	10,00	0,10	27,63	936,00
ri			0,13	0,84	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,40		4,67	30,00				2,64	728,00	

Bronnen

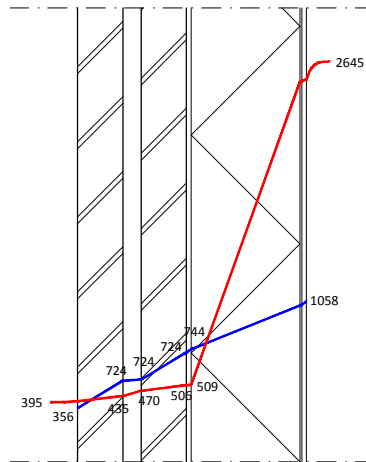
Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

KNMI. (2010-2014). *Gemiddelde temperatuur in Nederland Maand- en seizoenoverzichten*. Geraadpleegd op 13 april 2015, van http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoenoverzichten/#jaar

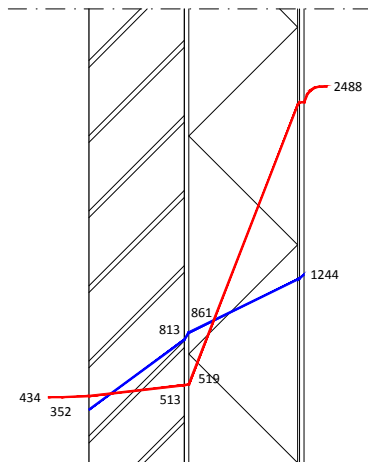
Tabel 1. Ongeïsoleerde spouwmuur
Lente gem. min. temperatuur (-4,08°C)



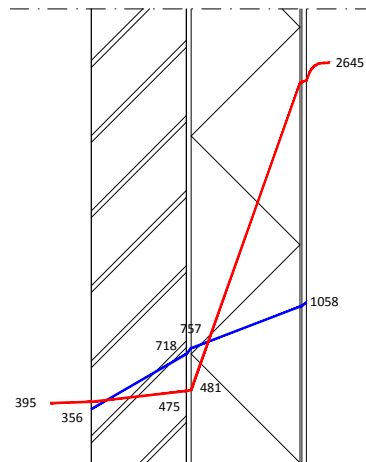
Tabel 10. Ongeïsoleerde spouwmuur
Winter gem. min. temperatuur (-5,18°C)



Tabel 13. Steensmuur
Lente gem. min. temperatuur (-4,08°C)



Tabel 22. Steensmuur
Winter gem. min. temperatuur (-5,18°C)



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Bouwfysica

Dampdiffusie - Inwendige condensatie

K&E
PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

Getekend : EM

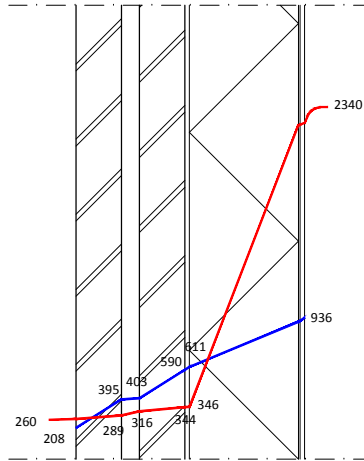
Datum : 01.05.2015

Schaal : nvt

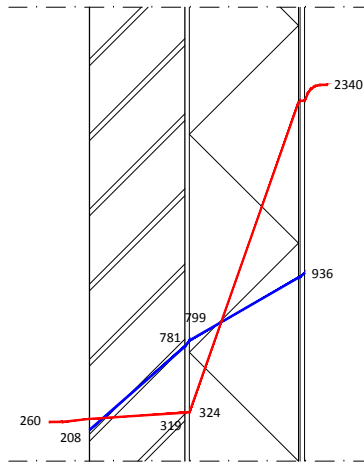
Formaat : A4

Tek. BF-01

Extreme situatie: Ongeïsoleerde spouwmuur
Winter (-10,0°C)



Extreme situatie: Steensmuur
Winter (-10,0°C)



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Bouwfysica

Dampdiffusie - Inwendige condensatie

Getekend : EM

Datum : 01.05.2015

Schaal : nvt

Formaat : A4

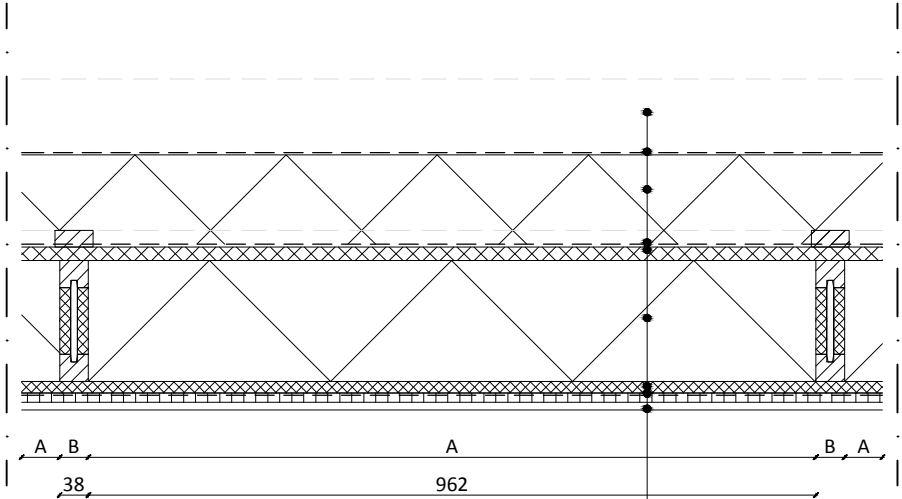
K&E
PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

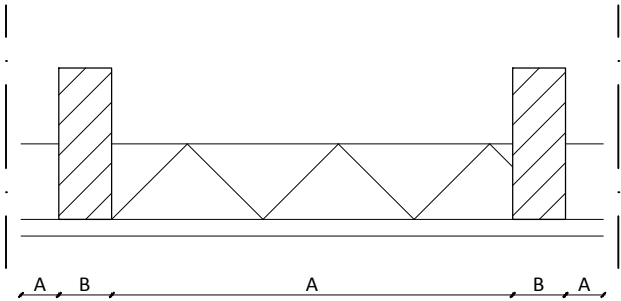
Tek. BF-02

DEEL 1: I-ligger met cellulose isolatie



- Houten balklaag 70x200 mm
- Dampdoorlatende laag
- Steenwol 120 mm (tussen de balken)
- Regel 22x50 mm
- Dampdoorlatende folie
- Houtvezelplaat 18 mm
- Geïsoleerde I-ligger h.o.h 1000 mm met cellulose isolatie
- Houtvezelplaat 15 mm
- Waterkerende folie
- Fermacell gipsvezelplaat 12,5 mm
- Stuc laag 10 mm

DEEL 2: Steenwol isolatie tussen de houten balken



Sectie A = isolatie
Sectie B = hout

'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Berekening warmteweerstand
Samengestelde constructie

Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:10

Formaat : A4

K&E
PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

Tek. BF-03

4C – Toelaatbare vocht

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Variant 1: Calsitherm (calciumsilicaat)

Voldoet

Uitgangspunten		
Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,83				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97	-8,77	288,92	9,00	0,90	186,77	394,77
Spouw	0,04		0,16	1,01	-7,76	315,76	1,00	0,04	8,30	403,07
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97	-6,78	343,69	9,00	0,90	186,77	589,85
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	-6,71	346,14	10,00	0,10	20,75	610,60
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	25,77	19,06	2206,69	6,00	1,44	298,84	909,44
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,04	19,10	2211,83	7,00	0,03	5,81	915,25
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,18	2223,07	10,00	0,10	20,75	936,00
ri			0,13	0,82	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,50		4,74	30,00				3,51	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	265,99				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,11	-7,63	319,24	9,00	1,89	376,14	584,14
Kalkpleister	0,02	0,80	0,03	0,16	-7,47	323,80	10,00	0,20	39,80	623,94
Calsitherm (calciumsilicaat)	0,24	0,06	4,07	26,51	19,03	2202,86	6,00	1,44	286,58	910,53
Kalkgipspleister	0,004	0,70	0,01	0,04	19,07	2208,15	7,00	0,03	5,57	916,10
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,15	2219,72	10,00	0,10	19,90	936,00
ri			0,13	0,85	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,48		4,60	30,00				3,66	728,00	

Hoeveelheid condens bepalen

De hoeveelheid condens wordt voor beide buitenwandopbouw bepaald in de extreme situatie van -10 °C buitentemperatuur.

Er wordt gerekend over een winterperiode van 60 dagen (60 · 24 · 3600) 5184000 seconden.

De maximale toelaatbare hoeveelheid condens mag niet worden overschreden.

Wanneer er aan de voorwaarde wordt voldaan, dan is de constructie bestand tegen vocht.

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
g = gin · guit			Δpin = pber, bi - pmax, con
Rd = 5,9 · 10 ⁻⁹ · Σμ · d			Δpuit = pmax, con - pber, bu

Ongeïsoleerde spouwmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	589,86	[pa]
Σμ · din	=	1,57	[m]
Rd	=	8,31E+09	[m/s]
gin	=	7,1E-08	[g/ m ²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	138,14	[pa]
Σμ · duit	=	1,94	[m]
Rd	=	1,03E+10	[m/s]
guit	=	1,34E-08	[g/ m ²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	-----------------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Spouwmuur

g = 298,30 g/ m²

Steensmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	612,20	[pa]
Σμ · din	=	1,57	[m]
Rd	=	8,31E+09	[m/s]
gin	=	7,37E-08	[g/ m ²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	115,80	[pa]
Σμ · duit	=	2,09	[m]
Rd	=	1,11E+10	[m/s]
guit	=	1,05E-08	[g/ m ²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	-----------------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Steensmuur

g = 327,69 g/ m²

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid [g/m²]	=	30 · p · d
--	----------	-------------------

Materiaal gegevens	Calsitherm (calciumsilicaat) isolatieplaten
Dichtheid	200 [kg/ m ³]
Dikte	0,24 [m]

Max. toelaatbare vochthoeveelheid

= 1440 g/ m²

Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Spouwmuur	1440	≥	298,30
Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Steensmuur	1440	≥	327,69

Conclusie: De constructie met Calsitherm voldoet.

Bronnen

Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Variant 2: Cellulose houtskeletbouw en houtvezel element

Uitgangspunten		
Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Dit is een samengestelde constructie. Voor de exacte berekening van de warmteweerstand (RC-waarde), zie berekening 'Bijlage 4A-Variant 2'.

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,82				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97	-8,77	288,21	9,00	0,90	227,11	435,11
Spouw	0,04		0,16	1,01	-7,76	315,21	1,00	0,04	10,09	445,20
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,97	-6,79	342,94	9,00	0,90	227,11	672,31
Spouw	0,020		0,15	0,95	-5,84	373,00	10,00	0,20	50,47	722,77
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,95	-4,89	402,42	11,00	0,17	41,64	764,41
Cellulose	0,120	0,039	1,74	11,01	6,12	914,69	1,50	0,18	45,42	809,83
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,24	9,36	1165,79	5,00	0,10	25,23	835,06
Houtvezelement	0,06	0,039	1,54	9,73	19,10	2211,97	5,00	0,30	75,70	910,77
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,18	2223,20	10,00	0,10	25,23	936,00
ri			0,13	0,82	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,485		4,74	30,00				2,89	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	266,00				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,11	-7,63	314,50	9,00	1,89	468,80	676,80
Spouw	0,020		0,15	0,98	-6,65	0,00	10,00	0,20	49,61	726,41
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,98	-5,67	378,15	11,00	0,17	40,93	767,33
Cellulose	0,120	0,039	1,74	11,36	5,68	692,12	1,50	0,18	44,65	811,98
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,35	9,03	1135,67	5,00	0,10	24,80	836,78
Houtvezelement	0,06	0,039	1,54	10,04	19,07	2207,94	5,00	0,30	74,41	911,20
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,15	2219,53	10,00	0,10	24,80	936,00
ri			0,13	0,85	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,46		4,60	30,00				2,94	728,00	

Hoeveelheid condens bepalen

De hoeveelheid condens wordt voor beide buitenwandopbouw bepaald in de extreme situatie van -10 °C buitentemperatuur.

Er wordt gerekend over een winterperiode van 60 dagen (60 · 24 · 3600) 5184000 seconden.

De maximale toelaatbare hoeveelheid condens mag niet worden overschreden.

Wanneer er aan de voorwaarde wordt voldaan, dan is de constructie bestand tegen vocht.

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
g = gin · guit			Δpin = pber, bi - pmax, con
Rd = 5,9 · 10⁻⁹ · Σμ · d			Δpuit = pmax, con - pber, bu

Ongeïsoleerde spouwmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	533,58	[pa]
Σμ · din	=	0,68	[m]
Rd	=	3,6E+09	[m/s]
gin	=	1,48E-07	[g/ m²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	194,42	[pa]
Σμ · duit	=	2,21	[m]
Rd	=	1,17E+10	[m/s]
guit	=	1,66E-08	[g/ m²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Spouwmuur

g = 681,26 g/ m²

Steensmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	243,88	[pa]
Σμ · din	=	0,50	[m]
Rd	=	2,65E+09	[m/s]
gin	=	9,2E-08	[g/ m²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	484,12	[pa]
Σμ · duit	=	2,44	[m]
Rd	=	1,29E+10	[m/s]
guit	=	3,75E-08	[g/ m²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Steensmuur

g = 282,61 g/ m²

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid [g/m²]	=	$30 \cdot \rho \cdot d$
---	----------	---

Materiaal gegevens

Dichtheid
Dikte

Houtvezelement (bron: Homatherm)

190 [kg/ m³]
0,1 [m]

Cellulose (bron: Isoofloc)

35 [kg/ m³]
0,12 [m]

= 126 g/ m²

Max. toelaatbare vochthoeveelheid Spouwmuur

= 570 g/ m²

Max. toelaatbare vochthoeveelheid Steensmuur

Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Spouwmuur	126	≤	681,26
Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Steensmuur	570	≥	282,61

Conclusie:

De constructie cellulose met houtvezelement voldoet **niet** bij de spouwmuur.

De constructie cellulose met houtvezelement voldoet **wel** bij de steensmuur.

Bronnen

Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Variant 3: Cellulose houtskeletbouw element

Uitgangspunten		
Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Dit is een samengestelde constructie. Voor de exacte berekening van de warmteweerstand (RC-waarde), zie berekening 'Bijlage 4A-Variant 3'.

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,84				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,98	-8,77	289,01	9,00	0,90	253,46	461,46
Spouw	0,04		0,16	1,02	-7,75	315,93	1,00	0,04	11,26	472,73
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,98	-6,78	392,03	9,00	0,90	253,46	726,19
Spouw	0,020		0,15	0,95	-5,82	373,86	10,00	0,20	56,32	782,51
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,95	-4,87	405,69	11,00	0,17	46,47	828,98
Cellulose	0,120	0,039	3,26	20,71	15,84	1799,80	1,50	0,18	50,69	879,68
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,26	19,09	2211,47	5,00	0,10	28,16	907,84
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,17	2222,74	10,00	0,10	28,16	936,00
ri			0,13	0,83	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,425		4,72	30,00				2,59	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	266,03				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,12	-7,62	319,61	9,00	1,89	522,17	730,17
Spouw	0,020		0,15	0,98	-6,64	348,22	10,00	0,20	55,26	785,43
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,98	-5,66	379,38	11,00	0,17	45,59	831,01
Cellulose	0,120	0,039	3,26	21,36	15,71	1785,07	1,50	0,18	49,73	880,74
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,36	19,07	2207,41	5,00	0,10	27,63	908,37
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,15	2219,04	10,00	0,10	27,63	936,00
ri			0,13	0,85	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,40		4,58	30,00				2,64	728,00	

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Variant 4: Leem en cellulose houtskeletbouw element

Uitgangspunten		
Temperatuur buiten	-10	[°C]
Temperatuur binnen	20	[°C]
Relatieve vochtigheid buiten	40	[%]
Relatieve vochtigheid binnen	40	[%]
Maximale dampspanning buiten	260	[Pa]
Maximale dampspanning binnen	2340	[Pa]
Berekende dampspanning buiten	208	[Pa]
Berekende dampspanning binnen	936	[Pa]

Dit is een samengestelde constructie. Voor de exacte berekening van de warmteweerstand (RC-waarde), zie berekening 'Bijlage 4A-Variant 4'.

Ongeïsoleerde spouwmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,25	-9,75	265,73				208,00
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,96	-8,79	288,41	9,00	0,90	253,46	461,46
Spouw	0,04		0,16	1,00	-7,79	314,76	1,00	0,04	11,26	472,73
Baksteen	0,10	0,65	0,15	0,96	-6,84	393,90	9,00	0,90	253,46	726,19
Leem	0,020	0,08	0,25	1,56	-5,28	391,85	10,00	0,20	56,32	782,51
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,93	-4,34	424,68	11,00	0,17	46,47	828,98
Cellulose	0,120	0,039	3,25	20,26	15,92	1808,52	1,50	0,18	50,69	879,68
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,20	19,11	2213,87	5,00	0,10	28,16	907,84
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,19	2224,94	10,00	0,10	28,16	936,00
ri			0,13	0,81	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,425		4,81	30,00				2,59	728,00	

Steensmuur (buitentemperatuur -10,0°)										
Materiaal	d [m]	λ [W/mK]	r [m²K/W]	ΔT [°C]	T [°C]	Pmax [Pa]	μ	μ · d [m]	Δ Pn [Pa]	Pber [Pa]
Lucht buiten					-10,00	260,00				208,00
re			0,04	0,26	-9,74	265,91				208,00
Baksteen	0,21	0,65	0,32	2,08	-7,67	318,33	9,00	1,89	522,17	730,17
Leem	0,020	0,08	0,25	1,61	-6,06	366,13	10,00	0,20	55,26	785,43
Houtvezelplaat	0,015	0,10	0,15	0,96	-5,10	397,82	11,00	0,17	45,59	831,01
Cellulose	0,120	0,039	3,25	20,89	15,79	1794,34	1,50	0,18	49,73	880,74
Houtvezelplaat	0,020	0,039	0,51	3,30	19,08	2209,97	5,00	0,10	27,63	908,37
Kalkpleister	0,01	0,80	0,01	0,08	19,16	2221,37	10,00	0,10	27,63	936,00
ri			0,13	0,84	20,00	2340,00				936,00
Lucht binnen					20,00	2340,00				936,00
Totaal	0,40		4,67	30,00				2,64	728,00	

Hoeveelheid condens bepalen

De hoeveelheid condens wordt voor beide buitenwandopbouw bepaald in de extreme situatie van -10 °C buitentemperatuur.

Er wordt gerekend over een winterperiode van 60 dagen (60 · 24 · 3600) 5184000 seconden.

De maximale toelaatbare hoeveelheid condens mag niet worden overschreden.

Wanneer er aan de voorwaarde wordt voldaan, dan is de constructie bestand tegen vocht.

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
g = gin · guit			Δpin = pber, bi - pmax, con
Rd = 5,9 · 10⁻⁹ · Σμ · d			Δpuit = pmax, con - pber, bu

Ongeïsoleerde spouwmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	511,32	[pa]
Σμ · din	=	0,38	[m]
Rd	=	2,01E+09	[m/s]
gin	=	2,54E-07	[g/ m ²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	216,68	[pa]
Σμ · duit	=	2,21	[m]
Rd	=	1,17E+10	[m/s]
guit	=	1,85E-08	[g/ m ²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	-----------------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Spouwmuur

g = 1220,02 g/ m²

Steensmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	538,18	[pa]
Σμ · din	=	0,38	[m]
Rd	=	2,01E+09	[m/s]
gin	=	2,67E-07	[g/ m ²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	189,82	[pa]
Σμ · duit	=	2,26	[m]
Rd	=	1,2E+10	[m/s]
guit	=	1,59E-08	[g/ m ²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	-----------------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Steensmuur

g = 1302,93 g/ m²

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid [g/m²]	=	30 · ρ · d
--	----------	-------------------

Materiaal gegevens	Cellulose (bron: Isoofloc)
Dichtheid	35 [kg/ m ³]
Dikte	0,2 [m]

Max. toelaatbare vochthoeveelheid

= 210 g/ m²

Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Spouwmuur	210	≤	1220,02
Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Steensmuur	210	≤	1302,93

Conclusie: De constructie met Cellulose voldoet niet.

Bronnen

Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

Hoeveelheid condens bepalen

De hoeveelheid condens wordt voor beide buitenwandopbouw bepaald in de extreme situatie van -10 °C buitentemperatuur.

Er wordt gerekend over een winterperiode van 60 dagen (60 · 24 · 3600) 5184000 seconden.

De maximale toelaatbare hoeveelheid condens mag niet worden overschreden.

Wanneer er aan de voorwaarde wordt voldaan, dan is de constructie bestand tegen vocht.

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
g = gin · guit			Δpin = pber, bi - pmax, con
Rd = 5,9 · 10 ⁻⁹ · Σμ · d			Δpuit = pmax, con - pber, bu

Ongeïsoleerde spouwmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	530,31	[pa]
Σμ · din	=	0,38	[m]
Rd	=	2,01E+09	[m/s]
gin	=	2,63E-07	[g/ m ²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	197,69	[pa]
Σμ · duit	=	2,21	[m]
Rd	=	1,17E+10	[m/s]
guit	=	1,69E-08	[g/ m ²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	-----------------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Spouwmuur

g = 1277,31 g/ m²

Steensmuur			
Ingaande vochtstroom	gin [g/ m²]	=	Δpin / (Rd · Σμ · din)
Δpin	=	556,62	[pa]
Σμ · din	=	0,38	[m]
Rd	=	2,01E+09	[m/s]
gin	=	2,76E-07	[g/ m ²]

Uitgaande vochtstroom	guit [g/ m²]	=	Δpuit / (Rd · Σμ · duit)
Δpuit	=	171,38	[pa]
Σμ · duit	=	2,26	[m]
Rd	=	1,2E+10	[m/s]
guit	=	1,43E-08	[g/ m ²]

Totale condens	g [g/ m²]	=	60 · 24 · 3600 · (Δpin / (Rd · Σμ · din) · 1000) - (Δpuit / (Rd · Σμ · duit) · 1000)
-----------------------	-----------------------------	----------	---

Hoeveelheid condens Steensmuur

g = 1358,40 g/ m²

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid

Maximale toelaatbare vochthoeveelheid [g/m²]	=	30 · p · d
--	----------	-------------------

Materiaal gegevens	Cellulose (bron: Isoofloc)
Dichtheid	35 [kg/ m ³]
Dikte	0,2 [m]

Max. toelaatbare vochthoeveelheid

= 210 g/ m²

Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Spouwmuur	210	≤	1277,31
Max. toelaatbare vochthoeveelheid ≥ vochthoeveelheid Steensmuur	210	≤	1358,40

Conclusie: De constructie met Cellulose voldoet niet.

Bronnen

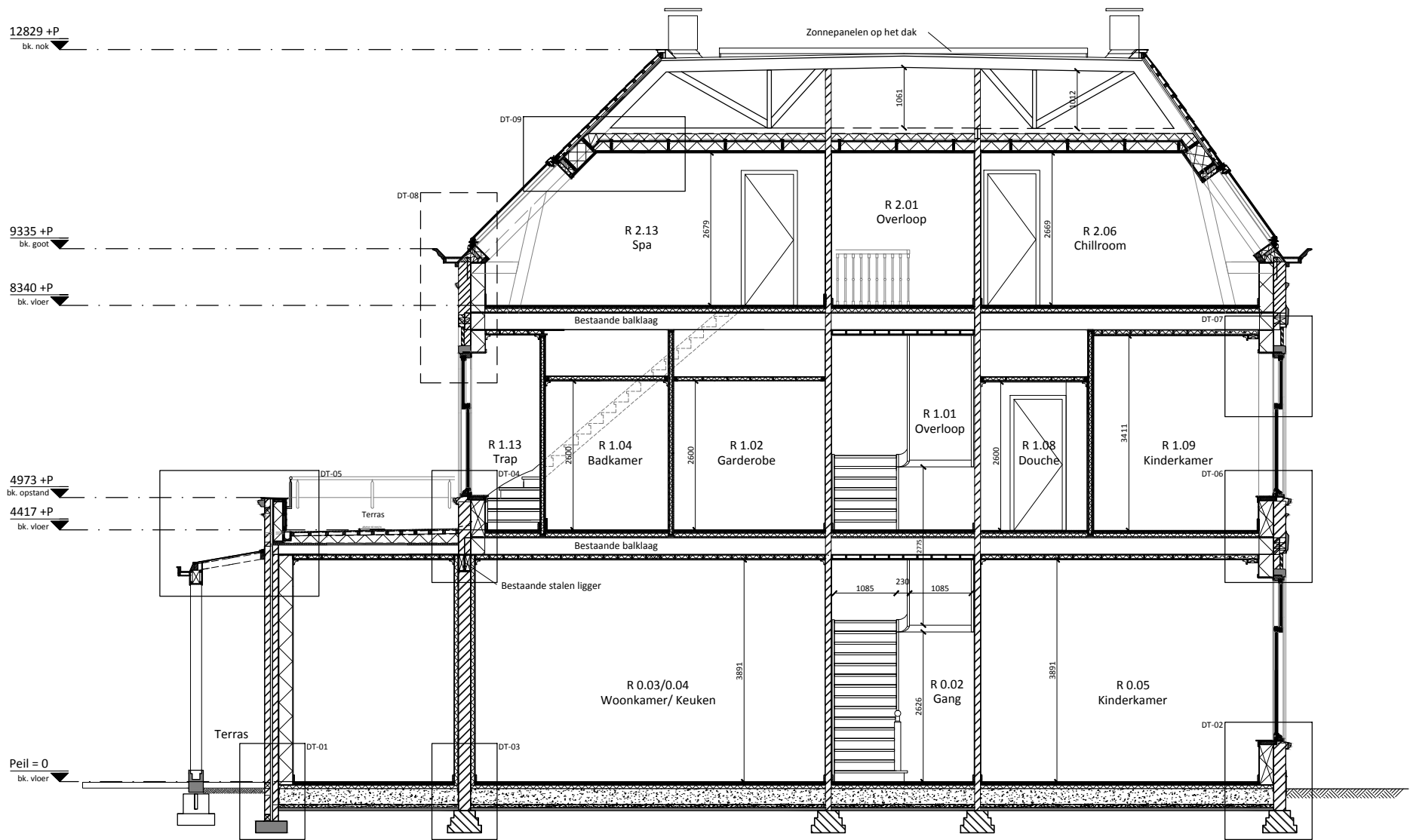
Linden. A.C., van der. (2010). *Bouwfysica* (7e druk). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff

4D – Bouwtechnisch tekenwerk

Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira
465230 – 488557
Het nieuwe leven van Huize Parklust
juni 2015

Tekeningenlijst

Bladnr.	Omschrijving	Schaal	Formaat	Door	Datum
DRS-AA	Doorsnede AA	1:100	A3	KP/EM	20-05-2015
DRS-BB	Doorsnede BB - Kelder installatie pelletkachel en opslag	1:50	A3	EM	20-05-2015
GA-01	Gevelaanzicht voorgevel	1:100	A3	KP	20-05-2015
GA-02	Gevelaanzicht rechtergevel	1:100	A3	KP	20-05-2015
GA-03	Gevelaanzicht linkergevel	1:100	A3	KP	20-05-2015
GA-04	Gevelaanzicht achtergevel	1:100	A3	KP	20-05-2015
PT-KL	Plattegrond kelder – Installatie pelletkachel en opslag	1:50	A3	EM	20-05-2015
PT-BG	Plattegrond begane grond	1:100	A3	EM	20-05-2015
PT-1V	Plattegrond verdieping 1	1:100	A3	EM	20-05-2015
PT-2V	Plattegrond verdieping 2	1:100	A3	EM	20-05-2015
PT-V3	Plattegrond dak – Overzicht zonnepanelen en -collectoren	1:100	A3	EM	20-05-2015
DT-01	Vloeropbouw begane grond	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-02	Onder aansluiting raam	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-03	Steensmuur in woonkamer	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-04	Terras boven woonkamer	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-05	Aansluiting veranda linkergevel	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-06	Aansluiting nieuw kozijn en sleufrooster Kinderkamer	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-07	Aansluiting nieuw kozijn en sleufrooster Strijkkamer	1:10	A3	KP	20-05-2015
DT-08	Onderaansluiting dakraam	1:10	A3	EM	20-05-2015
DT-09	Bovenaansluiting dakraam	1:10	A3	EM	20-05-2015
DT-10	Onderaansluiting dakkapel	1:10	A3	EM	20-05-2015
DT-11	Bestaande schuifraam met persiennes Woonkamer	1:10	A3	EM	20-05-2015
DT-12	Bestaande schuifraam met persiennes Slaapkamer IV	1:10	A3	EM	20-05-2015
DT-13	Nieuwe koekoek t.b.v. ventilatie kelder	1:10	A3	EM	20-05-2015



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Doorsnede A-A

Getekend : KP/EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

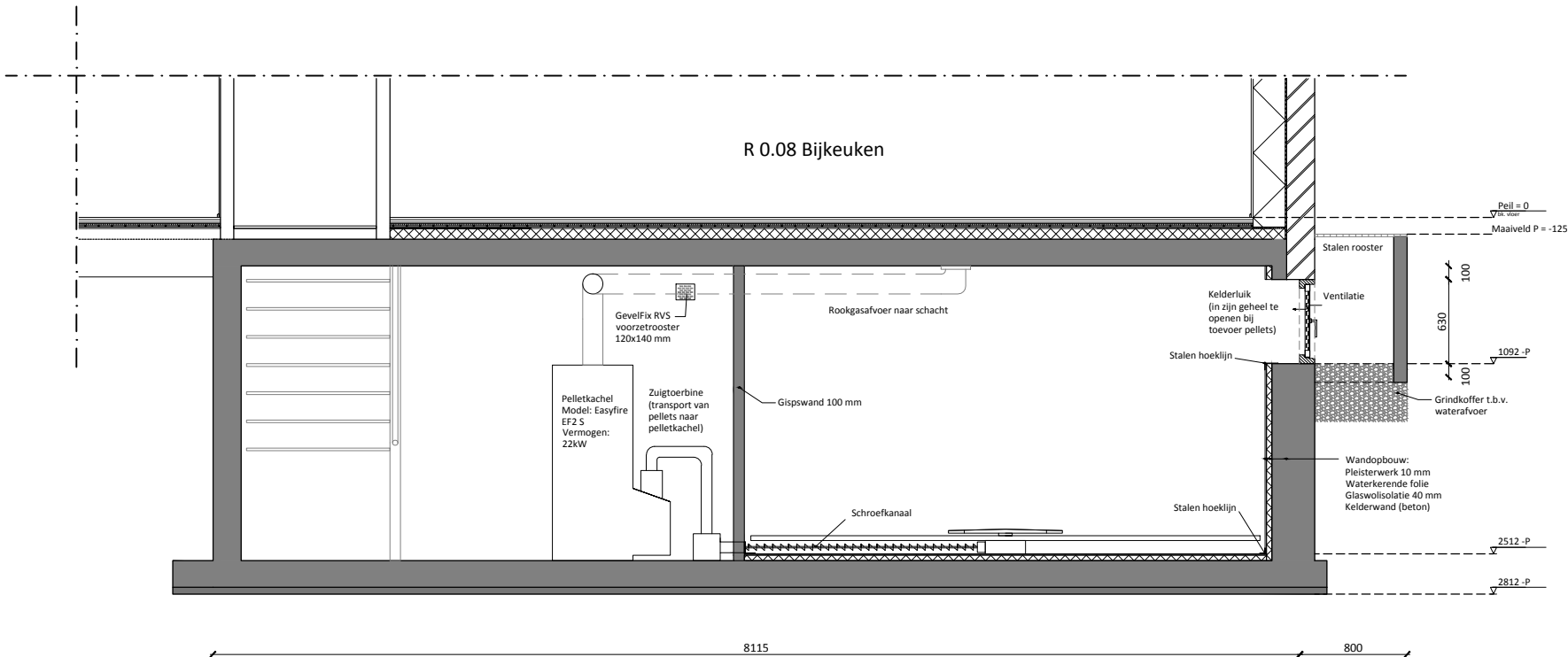
Formaat : A3

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

Tek. DRS-AA

K&E
PROJECTEN



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'			
Onderdeel: Doorsnede B-B Kelder installatie pelletkachel en opslag		Getekend : EM	
		Datum : 20.05.2015	
	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn		Schaal : 1:50
	Definitief		Formaat : A3
			Tek. DRS-BB



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'		
Onderdeel: Gevelaanzicht Voorgevel	Getekend : KP	
	Datum : 20.05.2015	
	Schaal : 1:100	
K&E PROJECTEN	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn	
	Definitief	Tek. GA-01



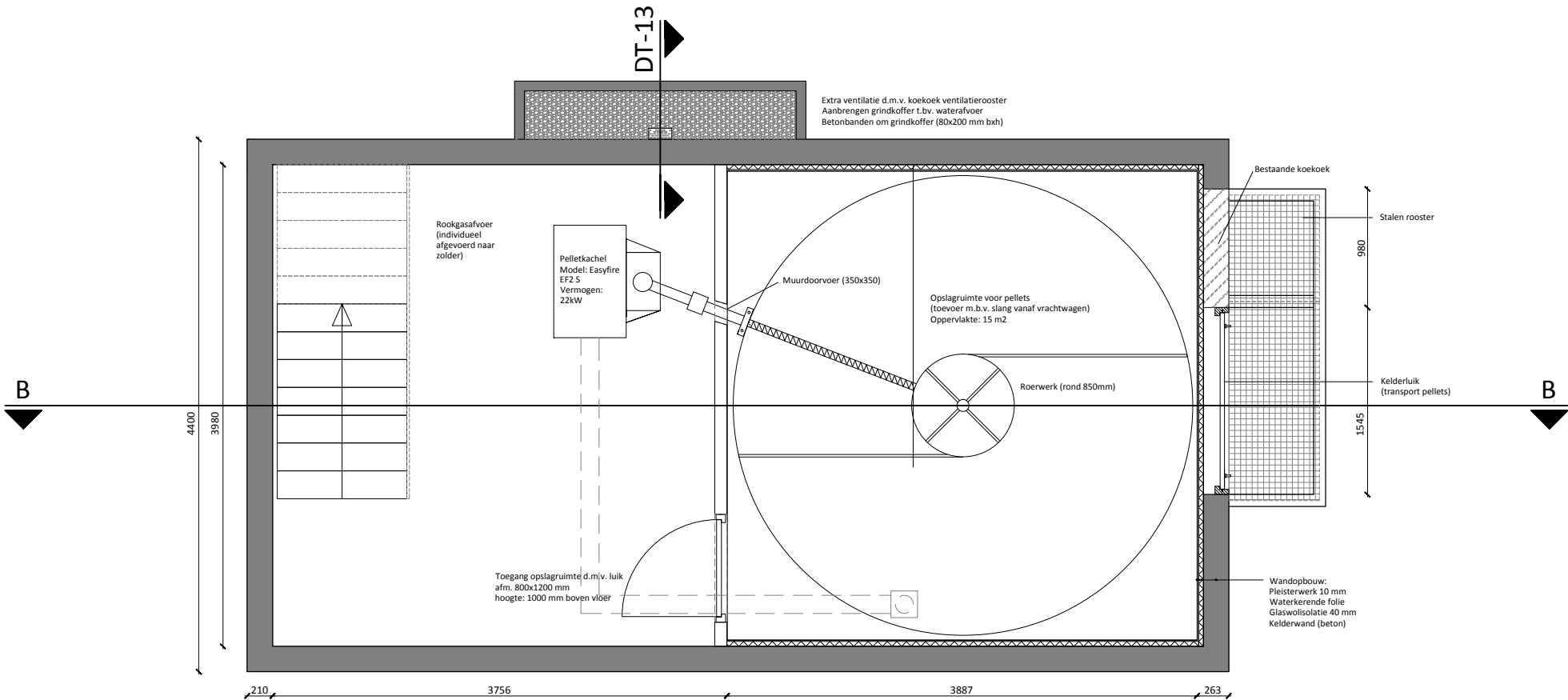
'Het nieuwe leven van Huize Parklust'			
Onderdeel: Gevelaanzicht Rechtergevel		Getekend : KP	
		Datum : 20.05.2015	
		Schaal : 1:100	
	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn		Formaat : A3
	Definitief		Tek. GA-02



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'			
Onderdeel: Gevelaanzicht Linkergevel		Getekend : KP	
		Datum : 20.05.2015	
		Schaal : 1:100	
	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn		Formaat : A3
	Definitief		Tek. GA-03



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'	
Onderdeel: Gevelaanzicht Achtergevel	Getekend : KP
	Datum : 20.05.2015
	Schaal : 1:100
K&E PROJECTEN	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn
	Definitief
Tek. GA-04	



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Kelder
Installatie pelletkachel en opslag



Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

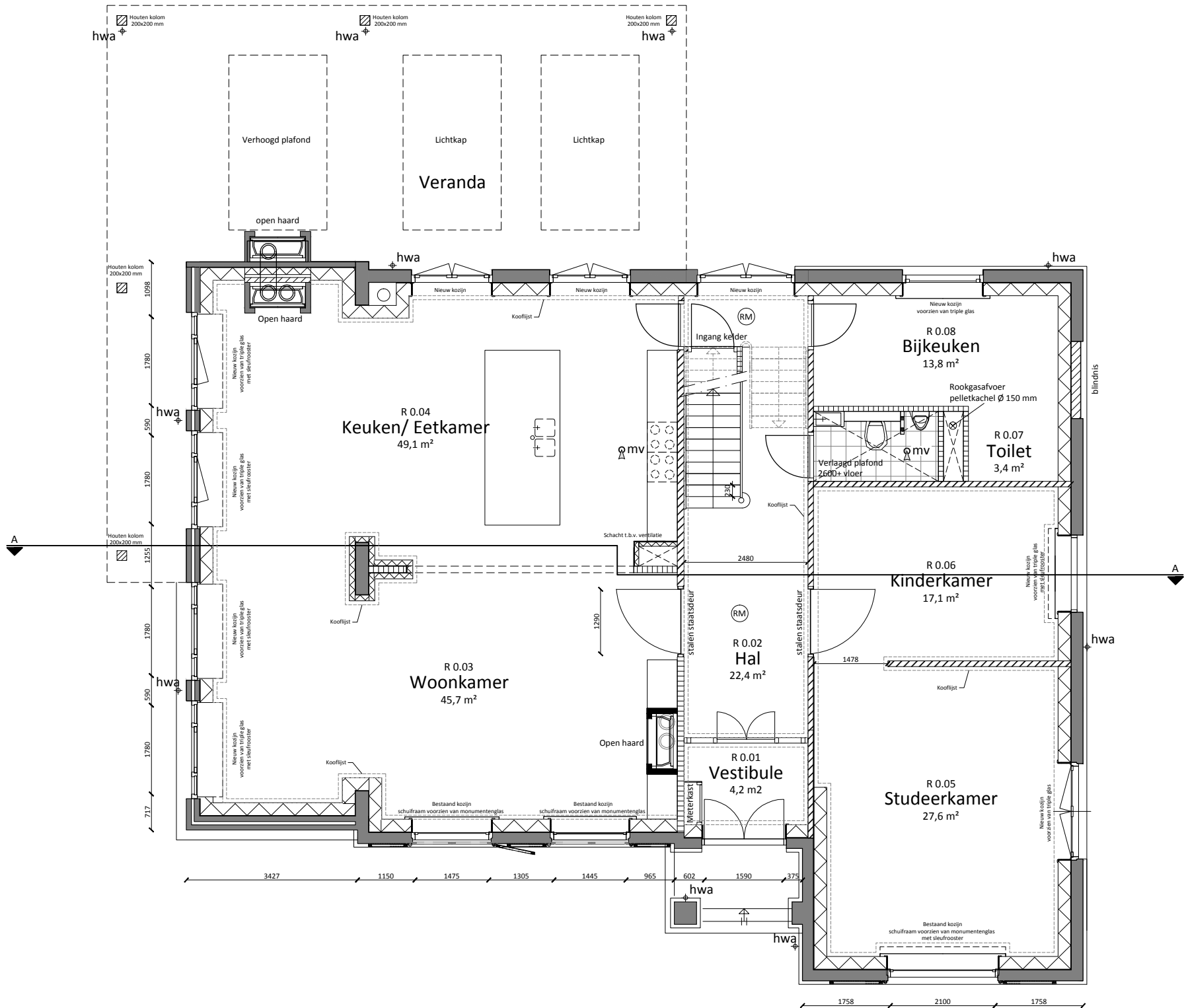
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:50

Formaat : A3

Tek. PT-KL



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Plattegrond

Begane grond

Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

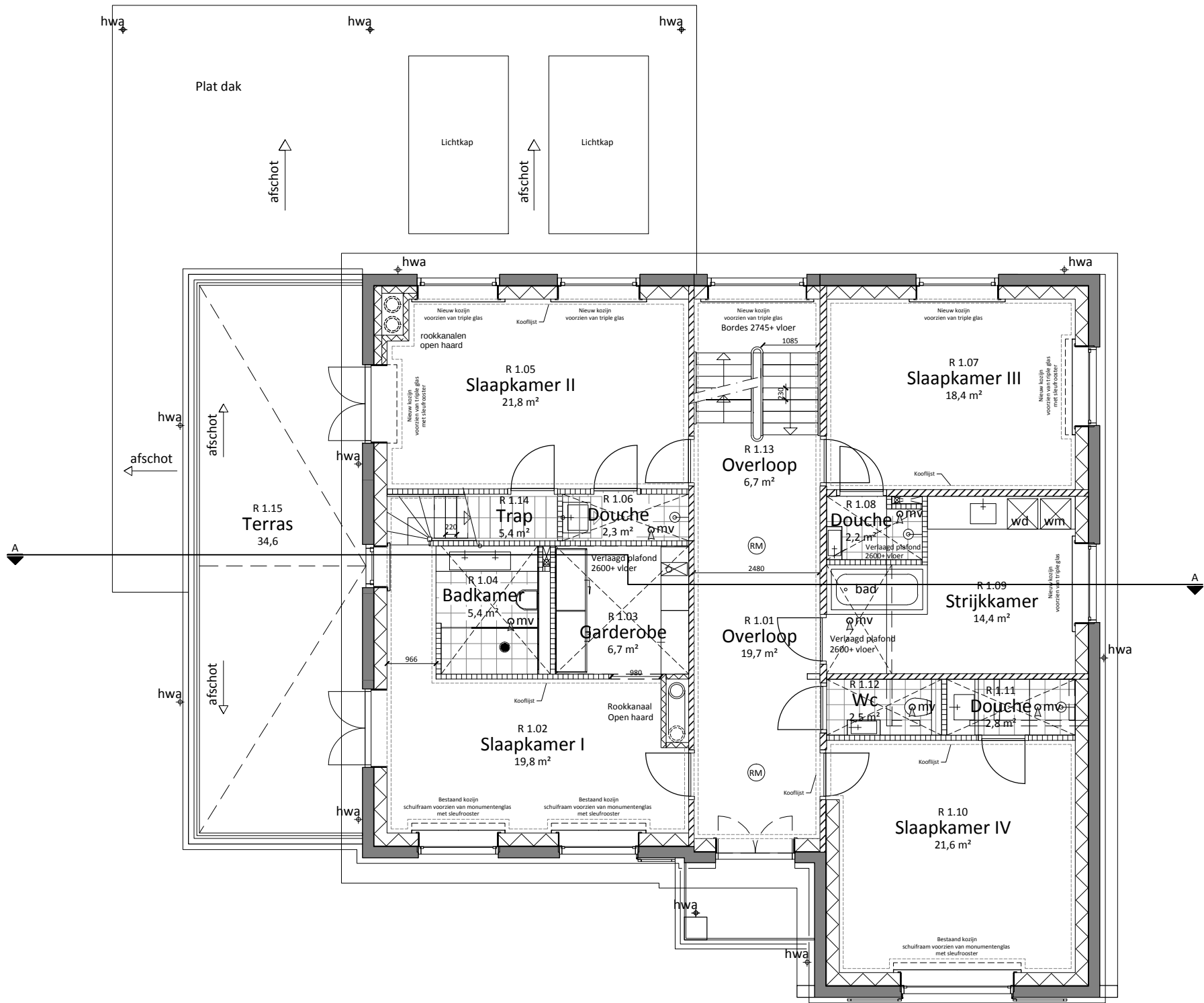
K&E

PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

Tek. PT-BG



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Plattegrond

Eerste verdieping

K&E

PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

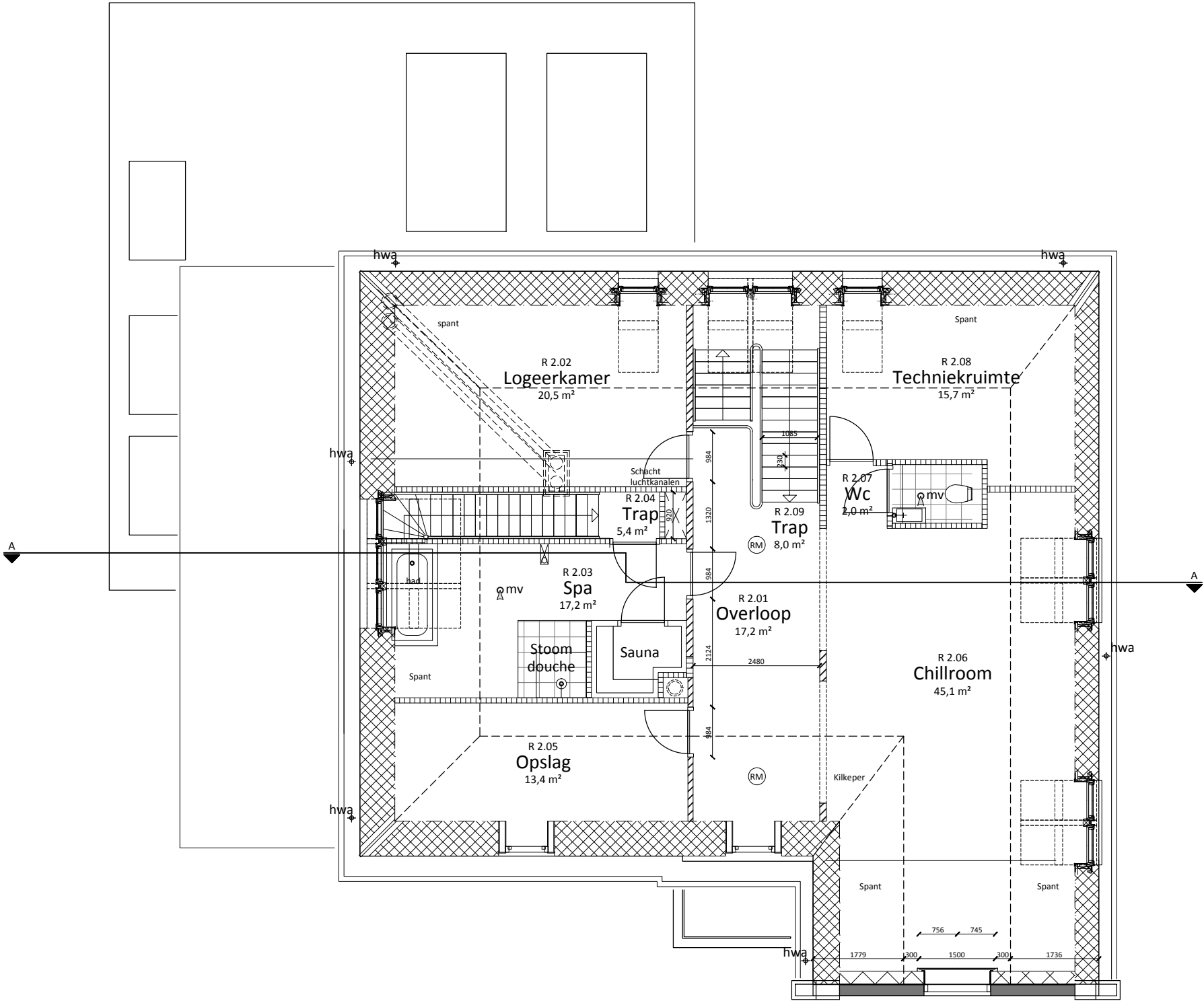
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

Tek. PT-1V



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Plattegrond
Tweede verdieping



Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

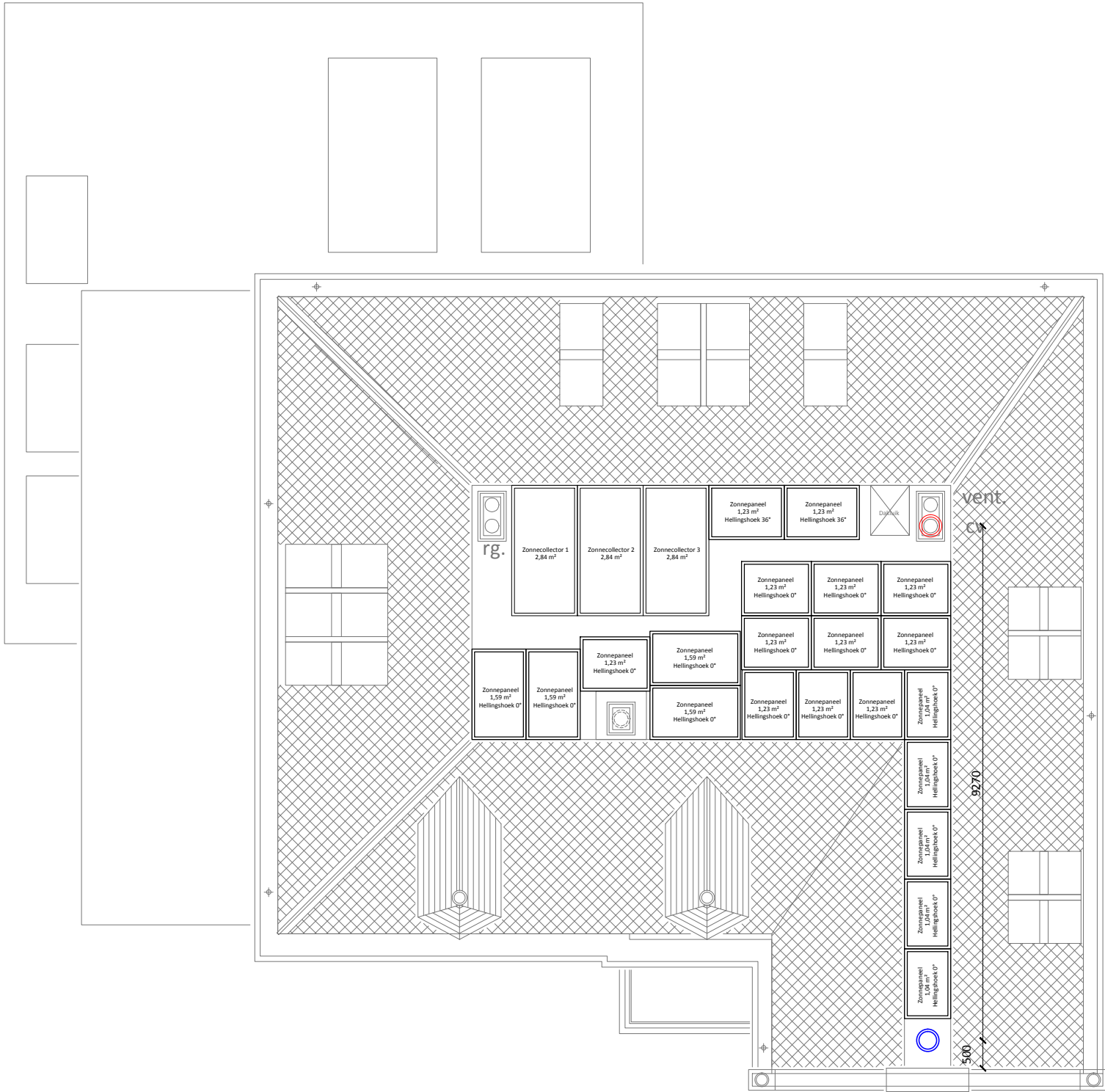
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

Tek. PT-2V



Totale oppervlakte zonnepanelen:
Hellingshoek 36° = 2,46 m²
Hellingshoek 0° = 22,86 m²

Zonnecollectoren = 8,52 m²
(rekenwaarde 7,5 m²) conform EPG berekening

'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Dakoverzicht

Overzicht zonnepanelen en -collectoren

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

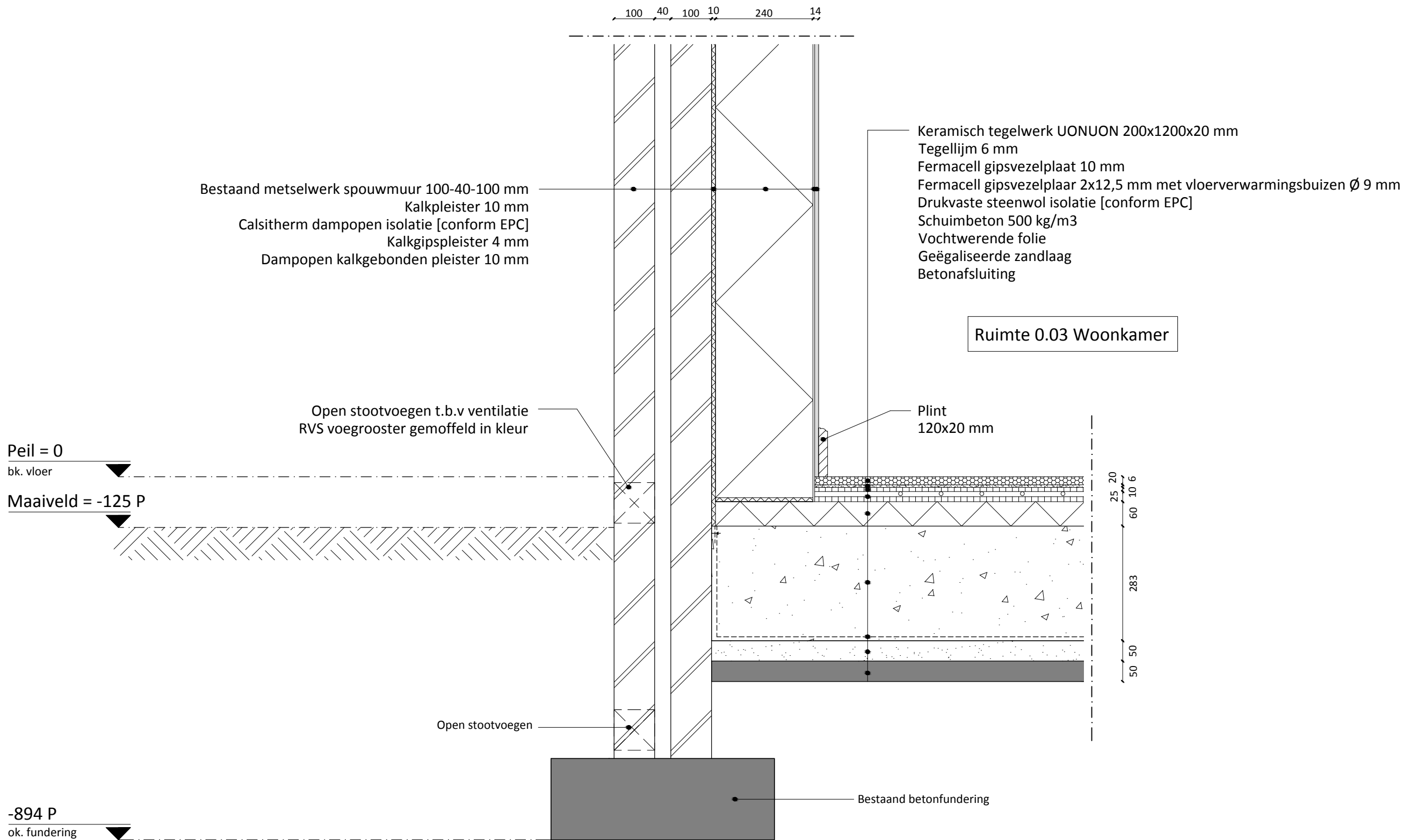
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

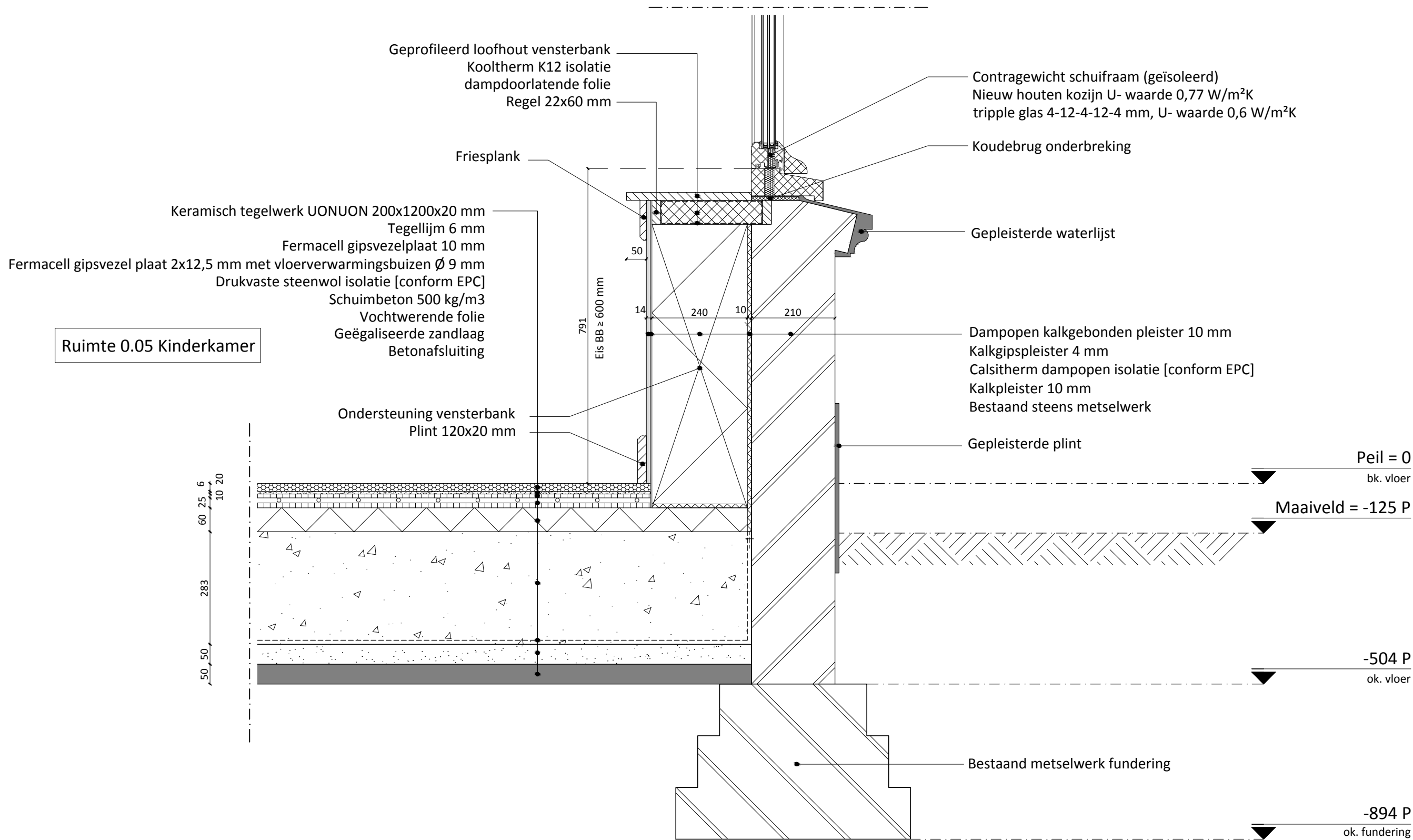
Formaat : A3

Tek. PT-DAK

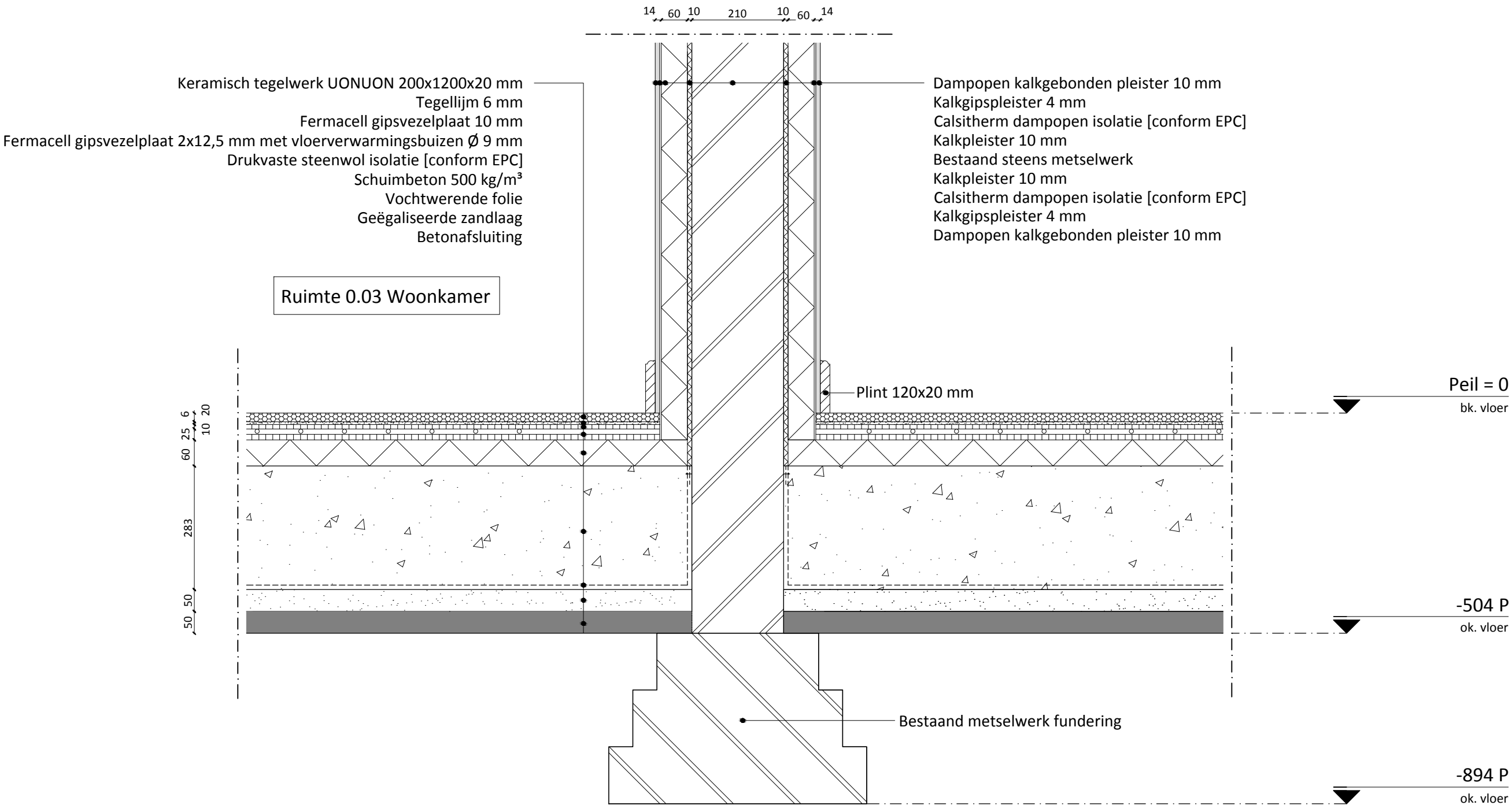


'Het nieuwe leven van Huize Parklust'	
Onderdeel: Begane grond	Getekend : KP
Vloeropbouw begane grond	Datum : 20.05.2015
	Schaal : 1:10
	Formaat : A3
	Tek. DT-01
Definitief	

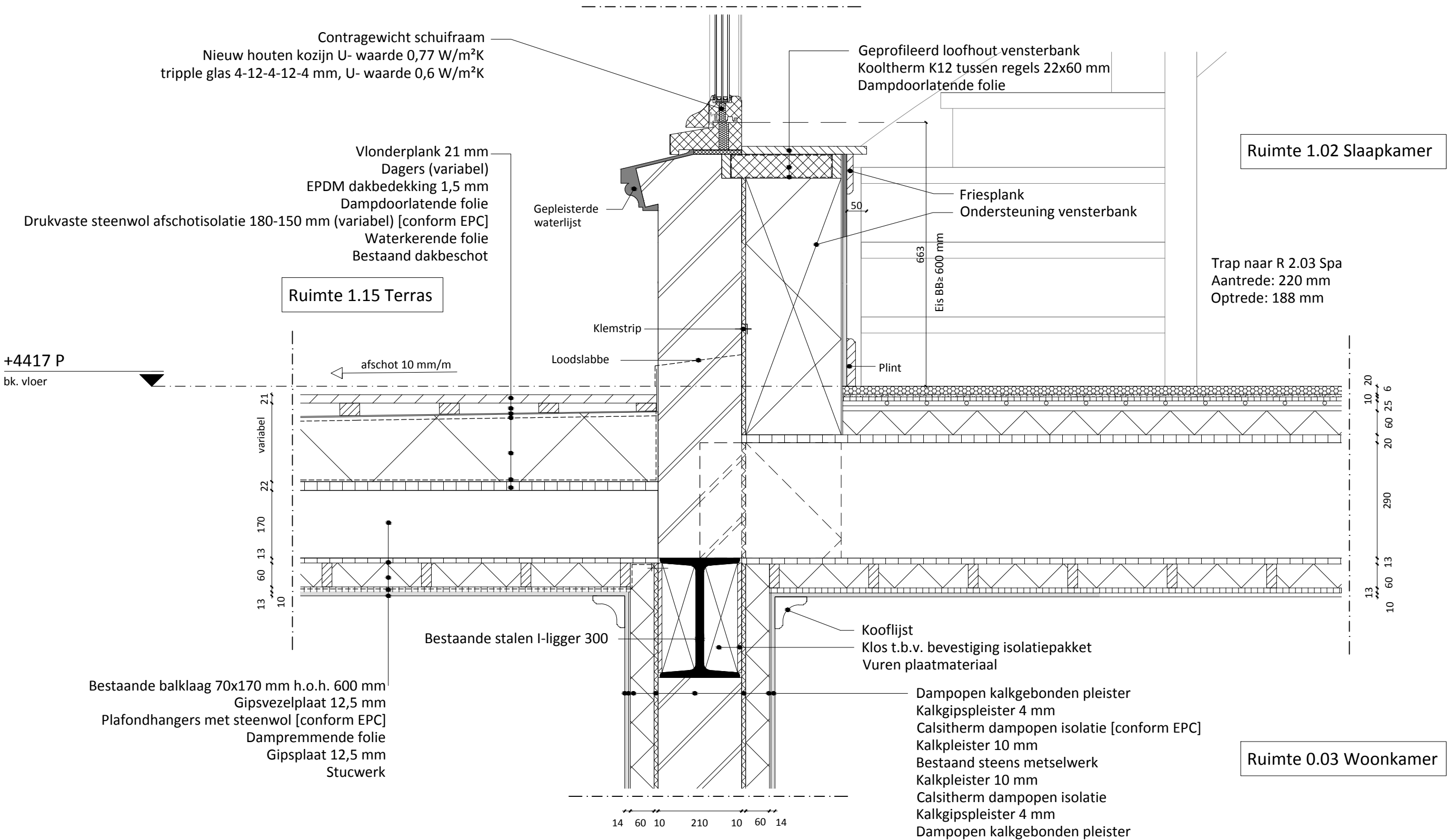
Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn



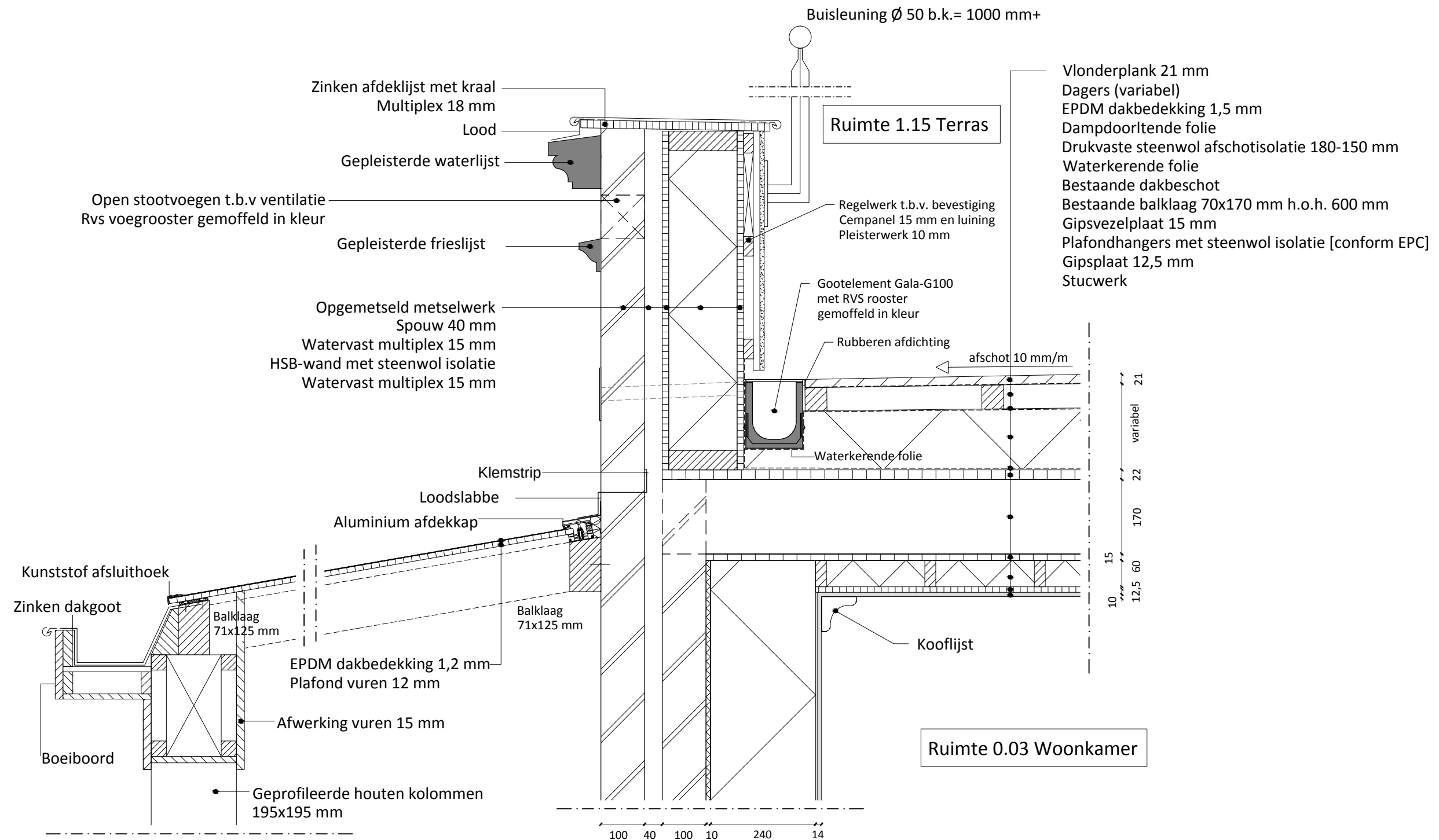
'Het nieuwe leven van Huize Parklust'			
Onderdeel: Begane grond Onderaansluiting raam		Getekend : KP	
		Datum : 20.05.2015	
		Schaal : 1:10	
	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn		Formaat : A3
	Definitief		Tek. DT-02

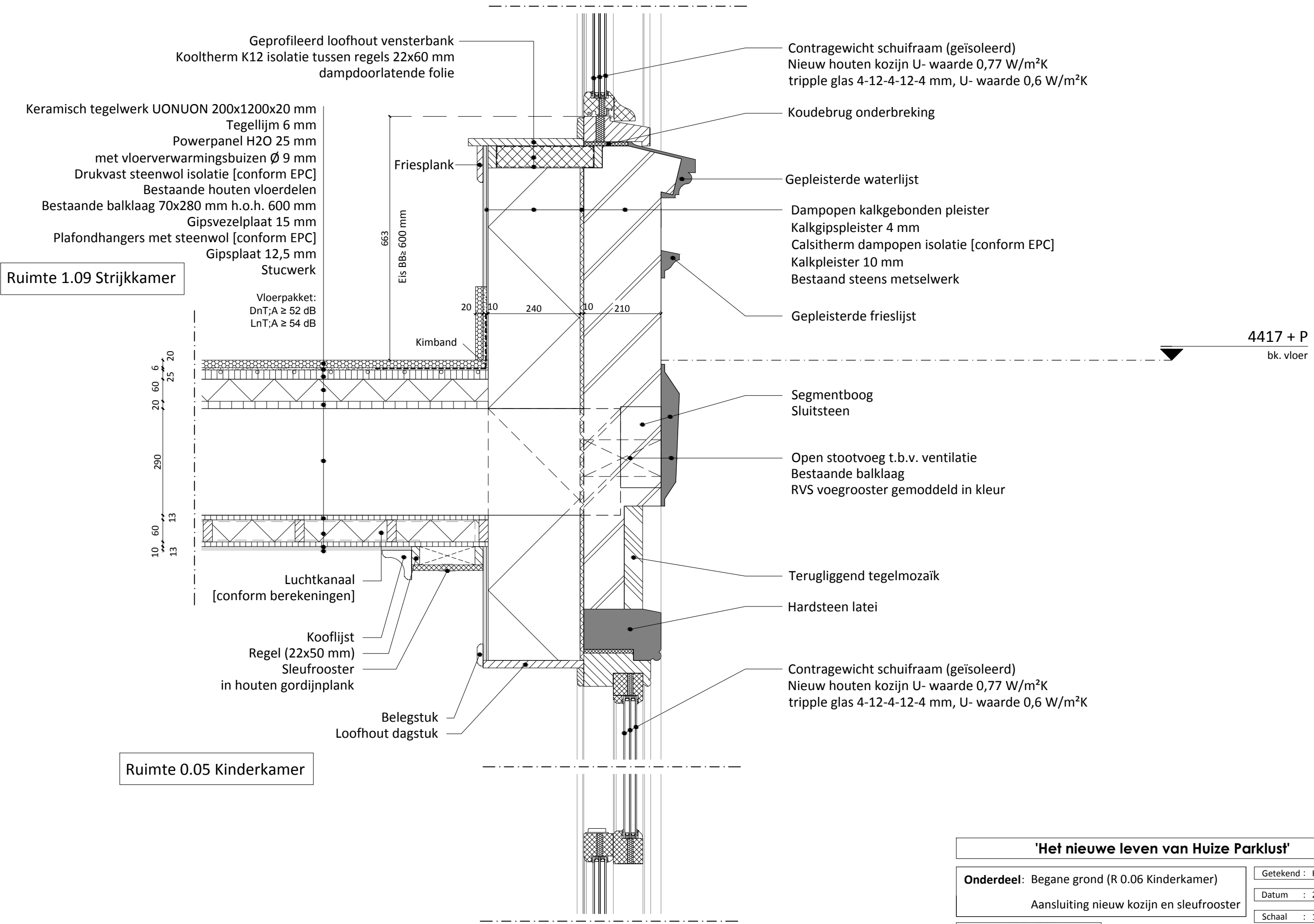


'Het nieuwe leven van Huize Parklust'		
Onderdeel: Begane grond Steensmuur in woonkamer	Getekend : KP	
	Datum : 20.05.2015	
	Schaal : 1:10	
K&E PROJECTEN	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn	Formaat : A3
	Definitief	Tek. DT-03

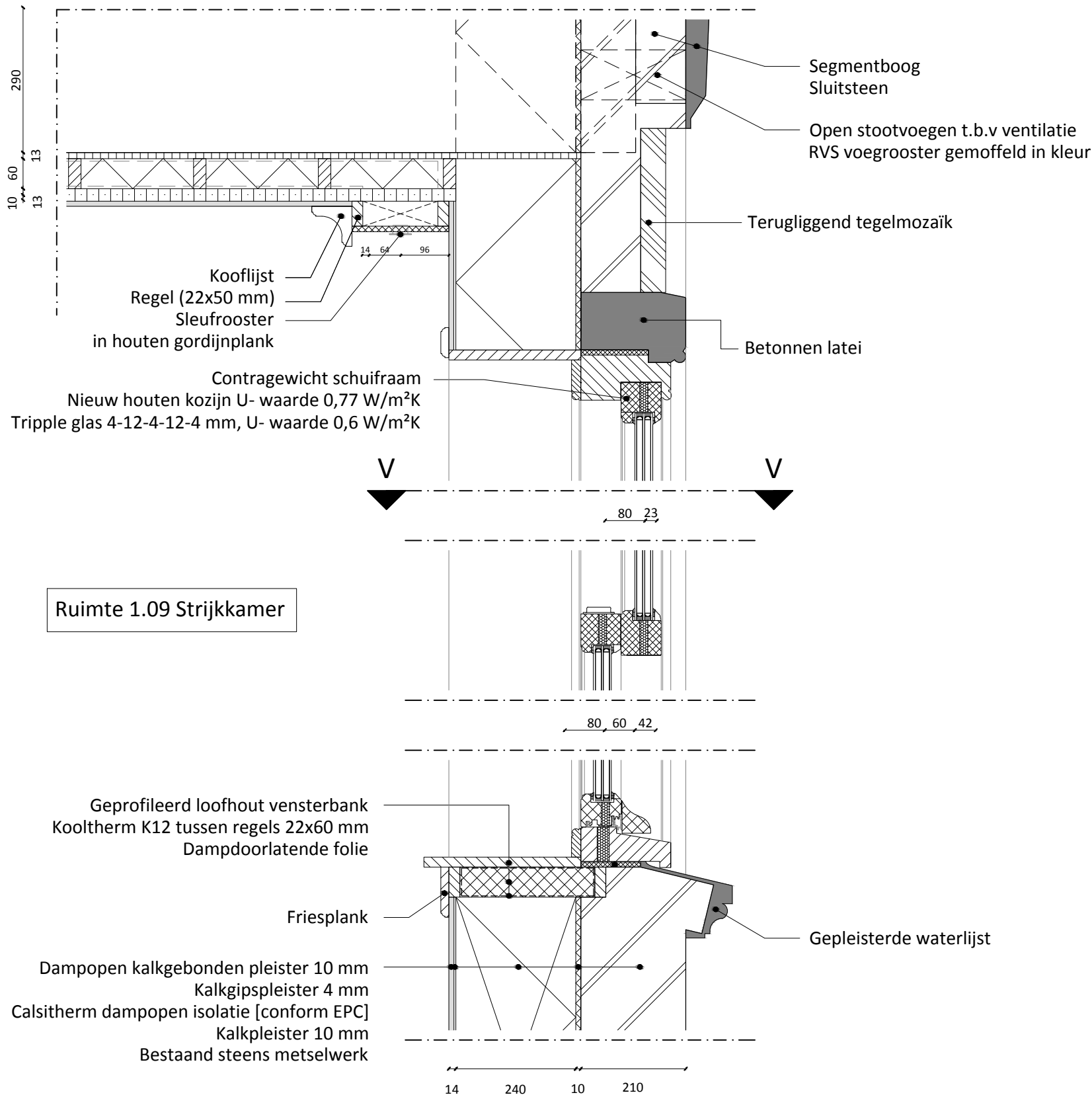


'Het nieuwe leven van Huize Parklust'	
Onderdeel: Eerste verdieping	Getekend : KP
Terras boven woonkamer	Datum : 20.05.2015
	Schaal : 1:10
	Formaat : A3
	Tek. DT-04
Definitief	

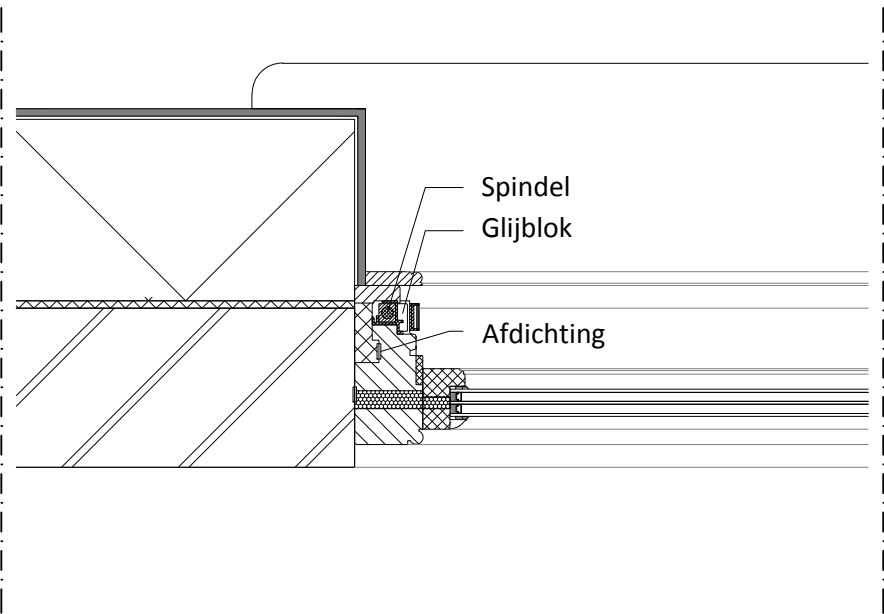




'Het nieuwe leven van Huize Parklust'	
Onderdeel: Begane grond (R 0.06 Kinderkamer)	Getekend : KP
Aansluiting nieuw kozijn en sleufrooster	Datum : 20.05.2015
	Schaal : 1:10
	Formaat : A3
Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn	Tek. DT-06
Definitief	



Doorsnede V-V



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Eerste verdieping (R 1.09 Strijkkamer)

Aansluiting nieuw kozijn en sleufrooster

Getekend : KP

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:10

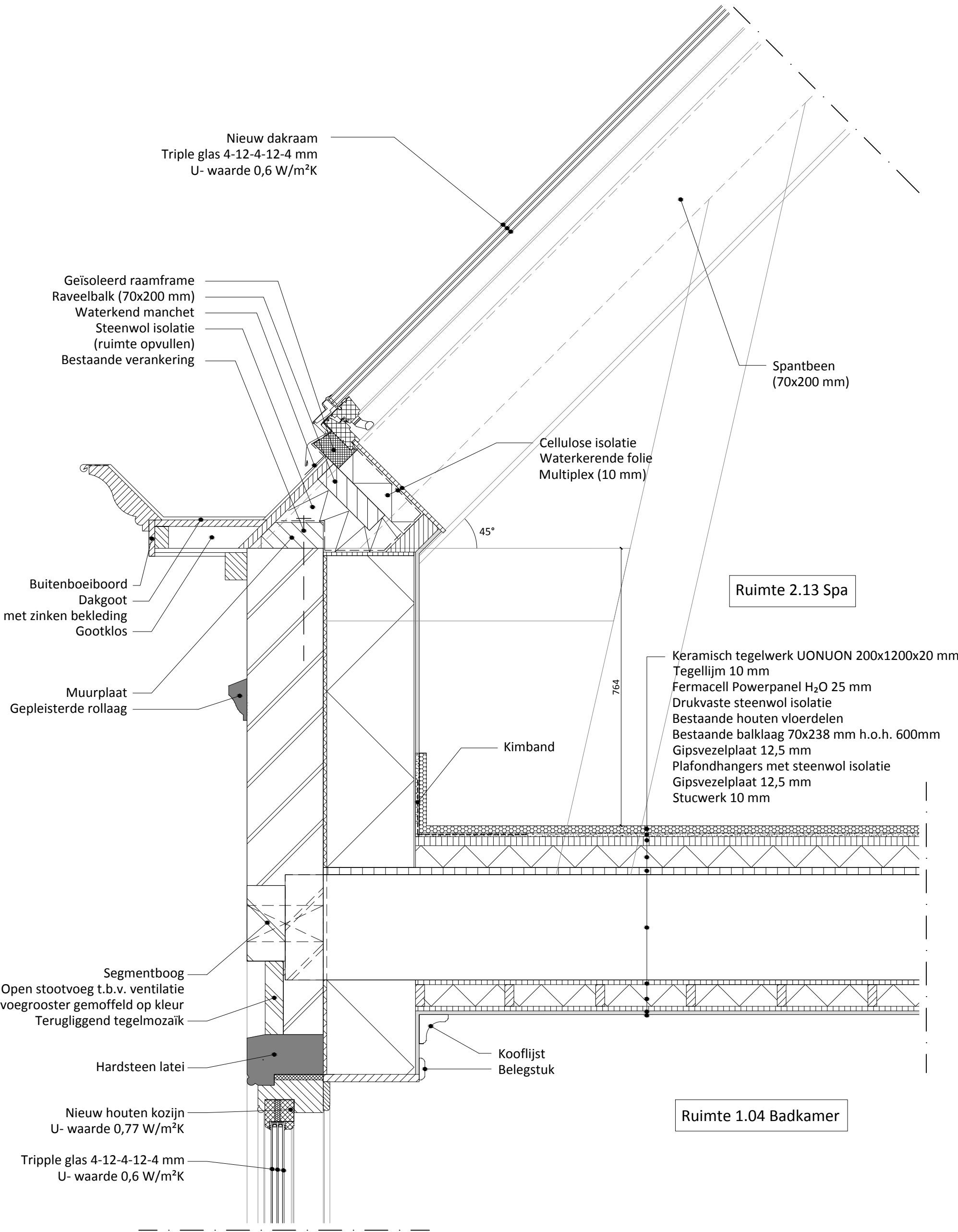
Formaat : A3

K&E
PROJECTEN

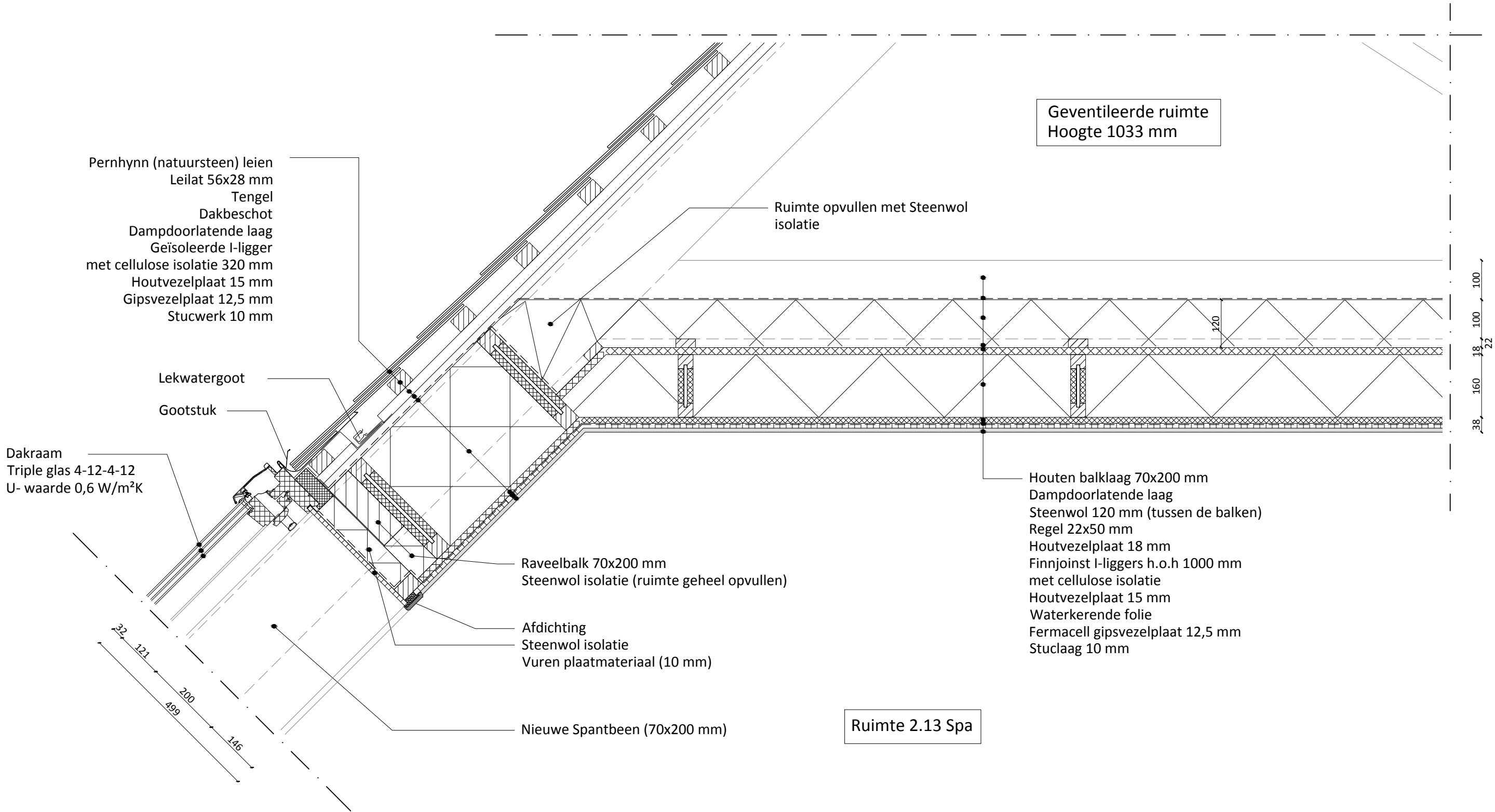
Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

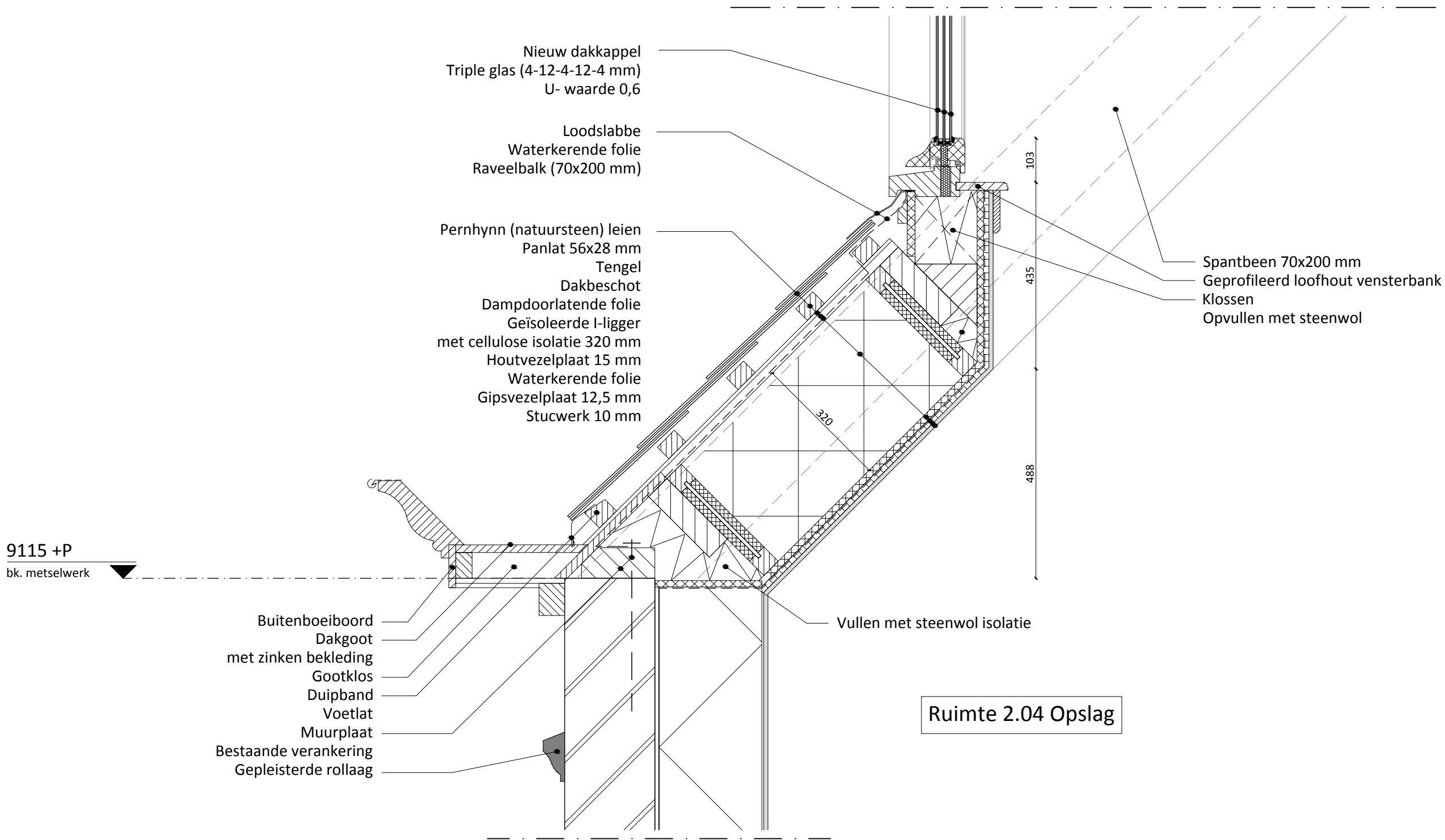
Tek. DT-07



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'			
Onderdeel: Hellend dak		Getekend : EM	
Onderaansluiting dakraam		Datum : 20.05.2015	
		Schaal : 1:10	
		Formaat : A3	
		Tek. DT-08	
Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn		Definitief	

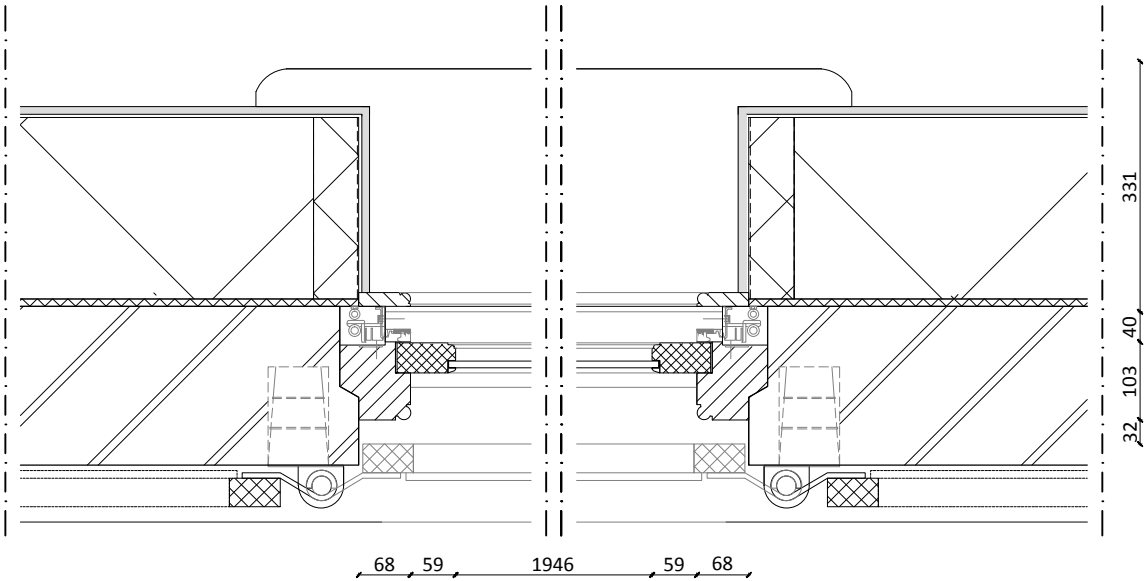


'Het nieuwe leven van Huize Parklust'		
Onderdeel: Hellend dak Bovenaansluiting dakraam	Getekend : EM	
	Datum : 20.05.2015	
	Schaal : 1:10	
	Formaat : A3	
Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn	Definitief	Tek. DT-09

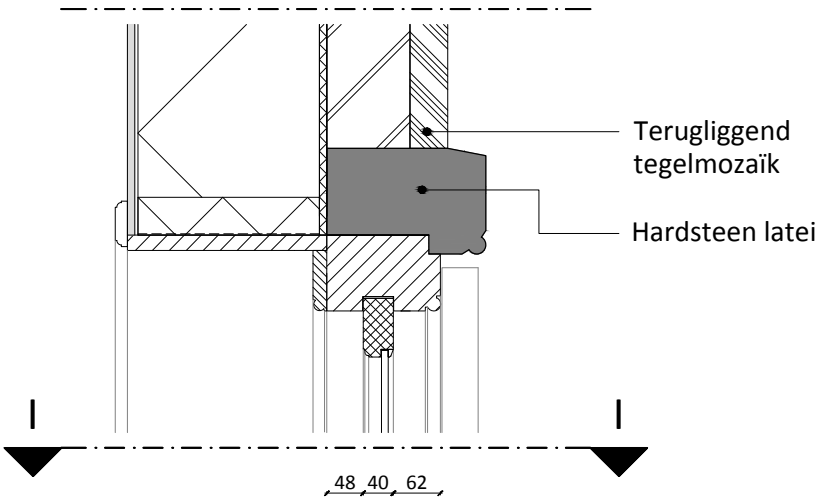
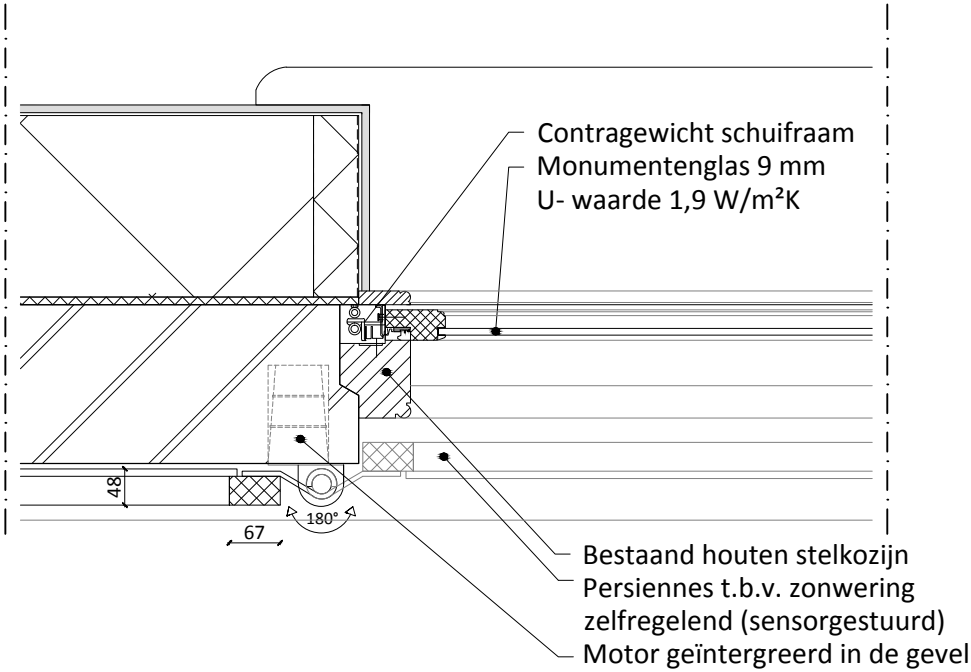


'Het nieuwe leven van Huize Parklust'			
Onderdeel: Hellend dak Onderaansluiting dakkapel		Getekend : EM	
		Datum : 20.05.2015	
		Schaal : 1:10	
	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn		Formaat : A3
	Definitief		Tek. DT-10

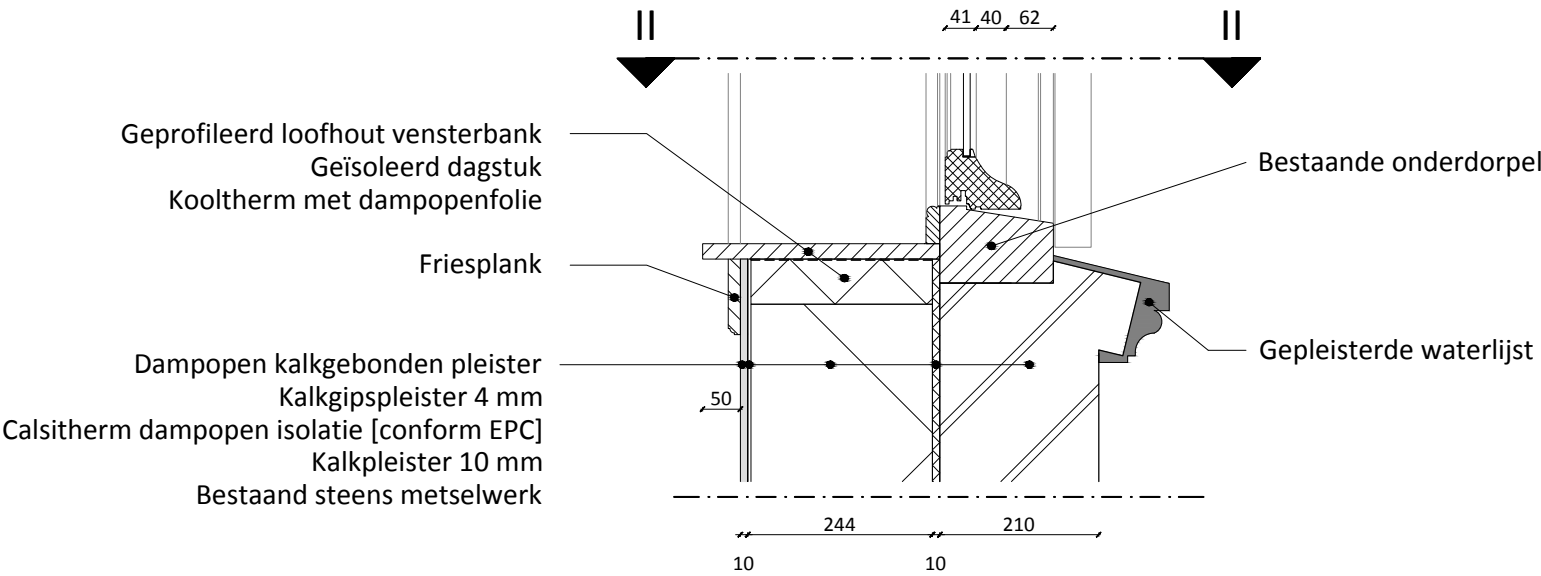
Doorsnede I-I



Doorsnede II-II



Ruimte 0.03 Woonkamer



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Begane grond (R 0.03 Woonkamer)

Bestaande schuifraam met persiennes

Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:10

Formaat : A3

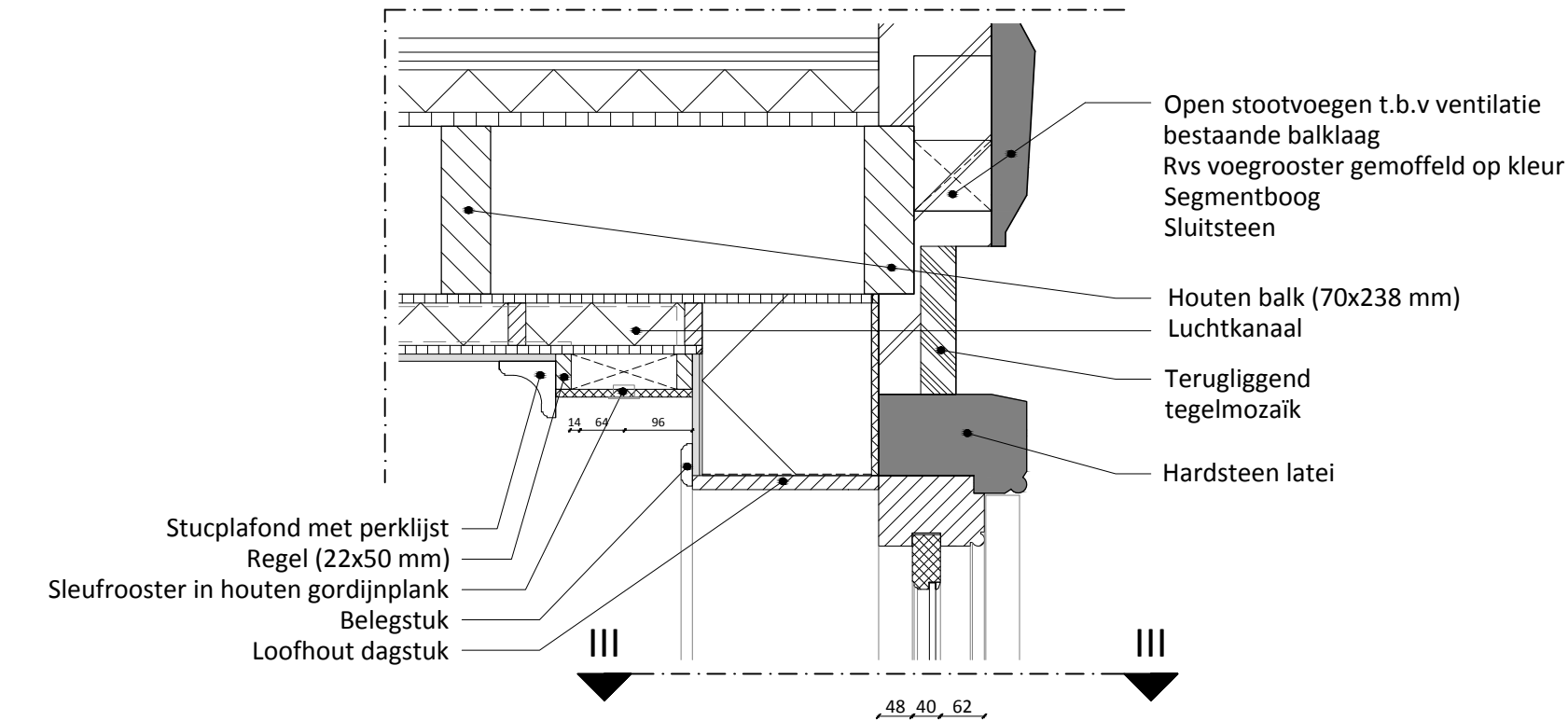
K&E

PROJECTEN

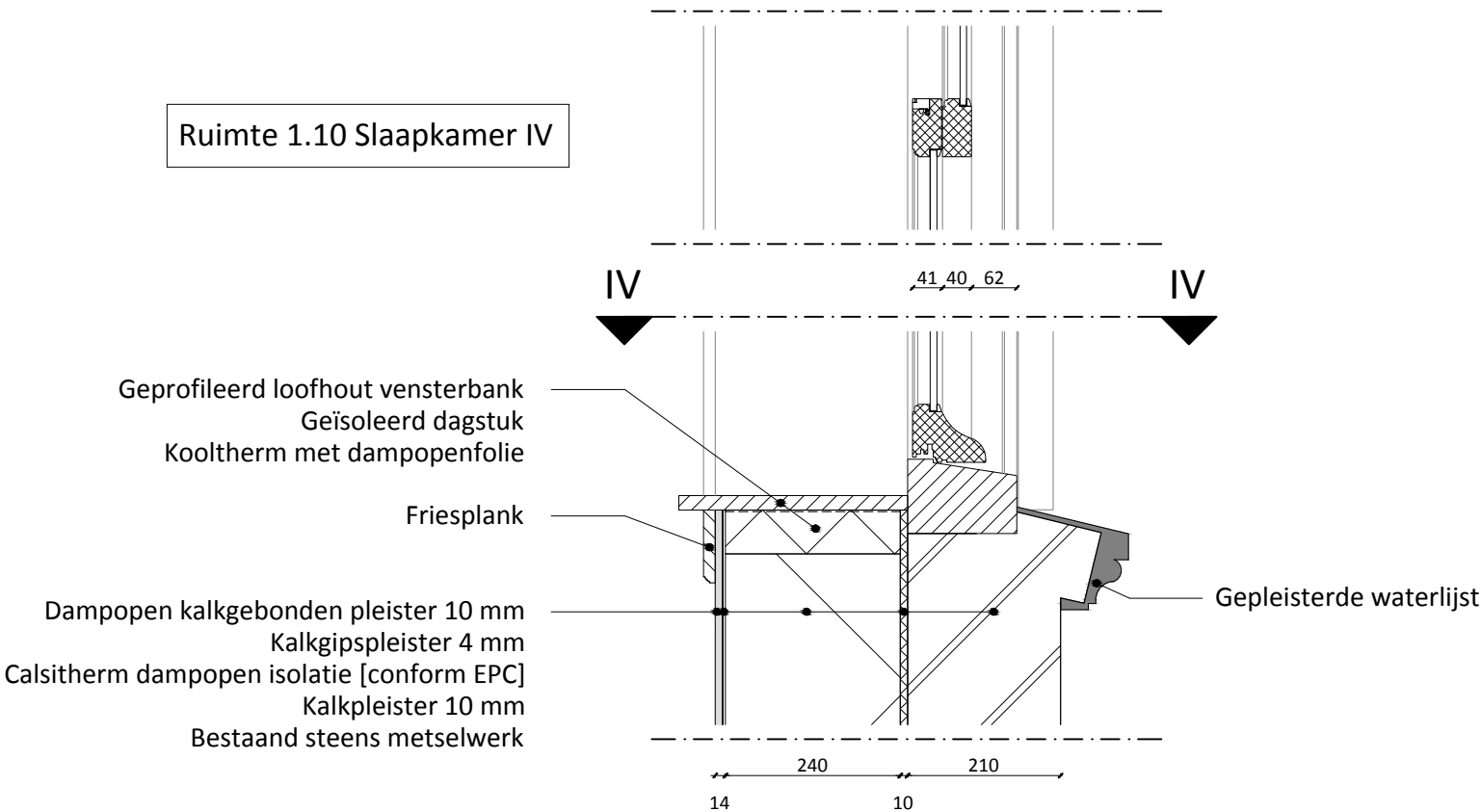
Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

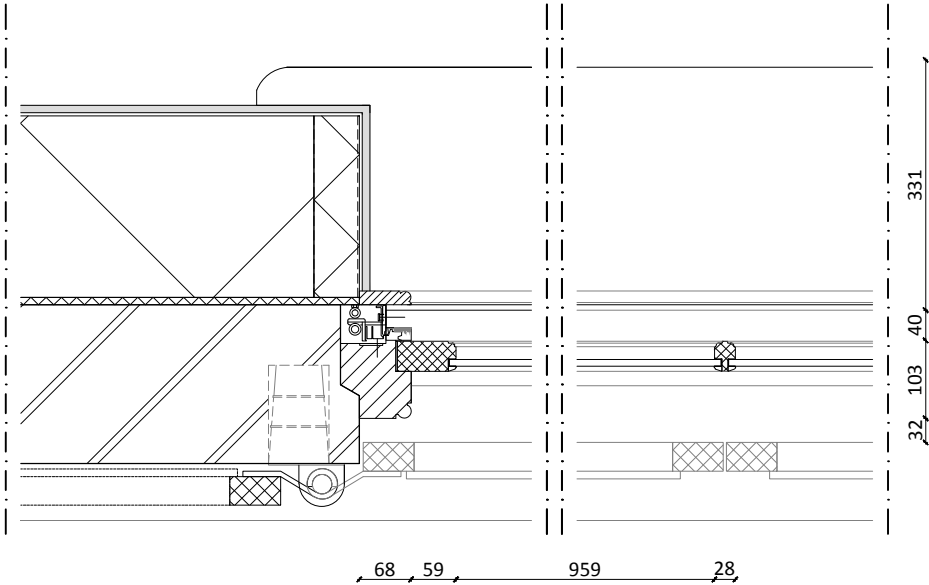
Tek. DT-11



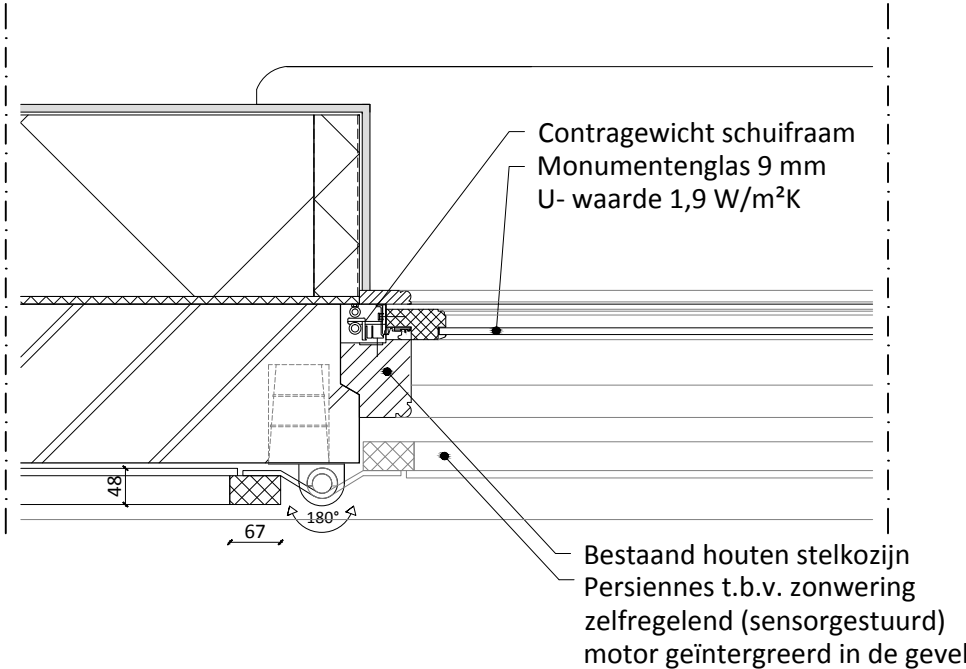
Ruimte 1.10 Slaapkamer IV



Doorsnede III-III



Doorsnede IV-IV



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Eerste verdieping (R 1.10 Slaapkamer IV)

Bestaande schuifraam met persiennes

K&E

PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

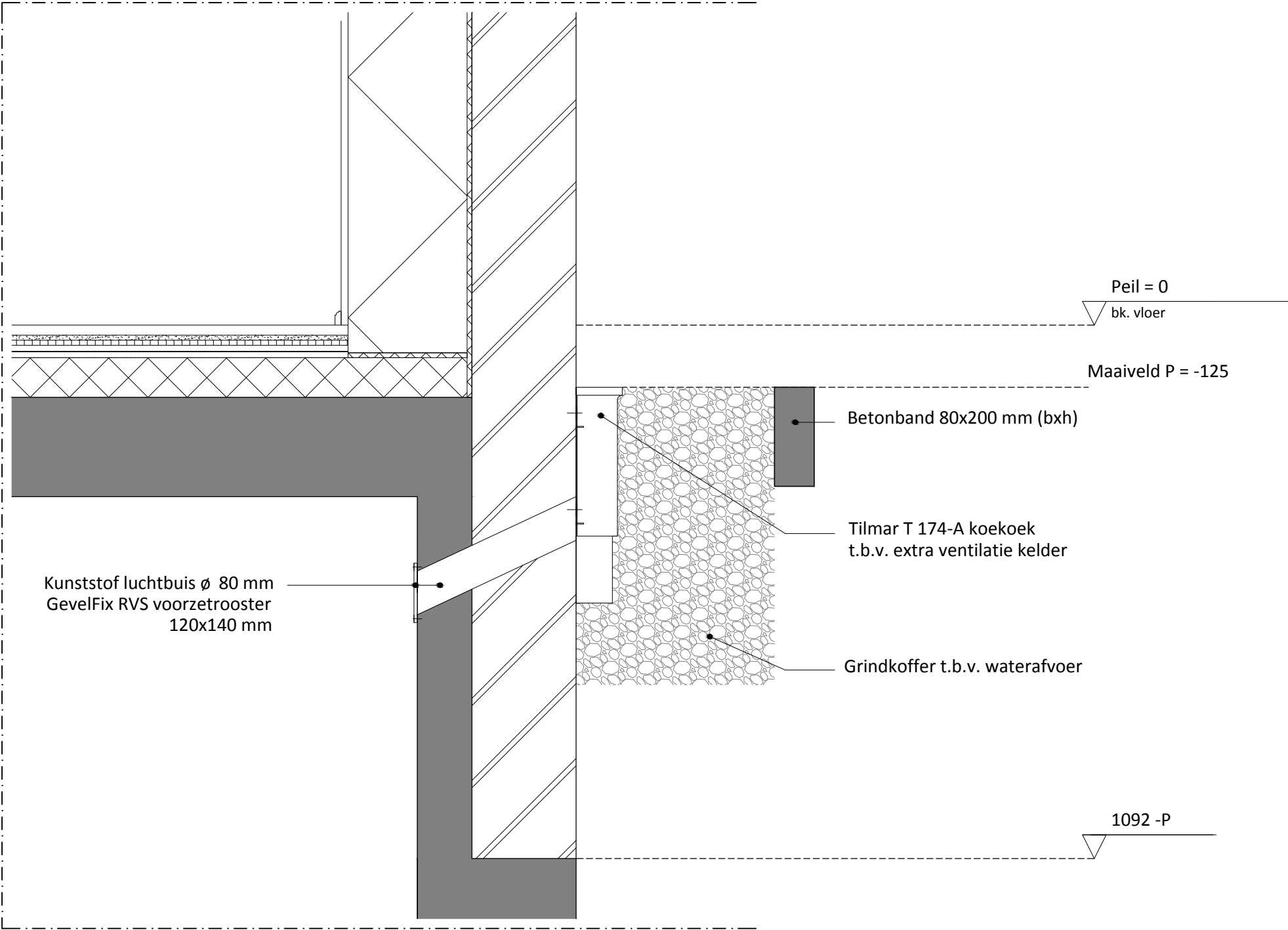
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:10

Formaat : A3

Tek. DT-12



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'		
Onderdeel: Kelder Nieuwe koekoek t.b.v. ventilatie kelder	Getekend : EM	
	Datum : 20.05.2015	
	Schaal : 1:10	
	Restauratie Huize Parklust Wilhelminapark 7, Apeldoorn	
	Definitief	Tek. DT-13

5 - Installatietechniek

Inhoudsopgave

Inleiding	5
1 Verwarming en warm tapwater	6
1.1 Warmtepomp	6
1.1.1 Warmtepompensystemen	6
1.1.2 Rendement van Warmtepomp	8
1.1.3 Conclusie	10
1.2 Pelletkachel	11
1.2.1 Werking van een pelletkachel	11
1.2.2 EPG en pelletkachel	12
1.2.3 TNO gelijkwaardigheidsverklaring en NEN 7120	13
1.3 Afgiftesysteem	13
1.3.1 Comfort	13
1.3.2 Werking van vloerverwarming	14
1.3.3 Keuze vloerverwarmingssysteem	14
1.4 Warmteterugwinning uit douchewater	14
2 Koeling	15
2.1 Oriëntatie	15
2.2 Glasoppervlakte	15
2.3 Thermische isolatie	17
2.4 Conclusie	17
3 Ventilatie	18
3.1 Ventilatiesystemen	18
3.1.1 Ventilatiesysteem A: Natuurlijke toevoer en afvoer	18
3.1.2 Ventilatiesysteem B: Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	18
3.1.3 Ventilatiesysteem C: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	18
3.1.4 Ventilatiesysteem D: Mechanische afvoer en toevoer (balansventilatie)	19
3.2 Ventilatiesysteem keuze	19
4 Energieopwekking	21

4.1	Waterkracht	21
4.2	Windenergie	21
4.2.1	Locatie en omgeving	21
4.2.2	Dakconstructie en vergunning	22
4.2.3	Conclusie	22
4.3	Zonne-energie	22
5	Installatieconcepten	23
5.1	Uitgangspunten	24
5.1.1	Algemene gegevens	24
5.1.2	Thermische isolatie (dichte en open delen)	24
5.1.3	Warmtepompen	24
5.1.4	Ventilatiesystemen	25
5.1.5	Pelletkachel	25
5.2	Energieverbruik concepten	26
5.2.1	Installatieconcept 1. Hybride warmtepomp	26
5.2.2	Installatieconcept 2. Combiwarmtepomp	26
5.2.3	Installatieconcept 3. Pelletkachel	27
5.3	Installatiekeuze	27
6	Nieuwe Stappenstrategie +	28
6.1	Nieuwe Stappenstrategie +	28
6.2	Stap 1 - Beperk de energievraag	29
6.2.2	Installatieconcept 3.1 - Situatie 1	30
6.2.3	Installatieconcept 3.1 - Situatie 2	31
6.2.4	Installatieconcept 3.1 - Situatie 3	32
6.2.5	Installatieconcept 3.2 - Situatie 1	33
6.2.6	Installatieconcept 3.2 - Situatie 2	34
6.2.7	Installatieconcept 3.2 - Situatie 3	35
6.2.8	Bouwbesluit	36
6.2.9	Conclusie thermische schil	37
6.2.10	Zonwering	39
6.2.11	Conclusies	39
6.3	Stap 2 - Duurzame energie	40
6.3.1	Warmteterugwinning uit afvoerlucht	40

6.3.2	Douchewater WTW	41
6.3.3	Pelletkachel	41
6.3.4	Zonnepanelen.....	42
6.3.5	Zonneboiler	42
6.4	Definitieve installatie	43
7	Pelletkachel	44
7.1	Keuze pelletkachel.....	44
7.1.1	Benodigde vermogen (kW).....	44
7.1.2	Installatieruimte	44
7.1.3	Type pelletkachel	45
7.1.4	Hoeveelheid benodigde pellets.....	45
7.2	Bouwkundige aspecten	46
7.2.1	Thermische isolatie	46
7.2.2	Ventilatie	46
7.2.3	Rookgasafvoer	46
7.2.4	Grondwater	46
8	Ventilatiesysteem D.....	47
8.1	Luchtverversing	47
8.2	Installatiekeuze	47
8.3	Luchtkanalen	47
9	Gebruikersgebonden energieverbruik	48
10	Zonne-energie bij Huize Parklust	49
10.1	Zonneboiler	49
10.2	Zonnepanelen op het dak.....	49
10.3	Persiennes.....	50
10.4	Schutting	52
10.5	Carport met zonnepanelen.....	53
10.6	Tuinverlichting.....	53
10.7	Totale energieopwekking	53
11	Energie-nul Huize Parklust	54

Bijlagen	55
Bronvermelding	56

Inleiding

Gebouwen uit de 19^e eeuw zijn vaak ongeïsoleerd en hebben hierdoor een hoog energieverbruik. Het zijn gebouwen die bestaan uit massieve buitenwanden van metselwerk en houten vloeren en daken. Ventilatie vindt voor een groot deel plaats door naden en kieren. Het isoleren van monumentale gebouwen zorgt vaak voor vochtproblemen door condensatie. Om aantasting aan het gebouw te voorkomen, dient dit onderdeel serieus te worden aangepakt.

Verwarmen van monumenten uit deze jaren kost een vermogen. Hierdoor is het niet aantrekkelijk om in monumenten te wonen of werken en is leegloop een kwestie van tijd. Het is van belang dat hier verandering in komt en monumenten energiezuinig worden, want duurzaam zijn ze al. In vergelijking met nieuwe gebouwen, die in het algemeen 50 tot 75 jaar meegaan, bestaan monumenten soms al honderden jaren. Het realiseren van een energie-nul concept bij monumentale gebouwen moet het ambitieniveau zijn.

Als eerst dient de thermische schil van monumenten te worden aangepakt. Het goed isoleren van de bouwdelen leidt tot een forse vermindering van het energieverbruik¹. Het monument zal haar warmte langer kunnen vasthouden en minder warmte nodig hebben om een comfortabel en gezond binnenklimaat te realiseren.

Hoe krijgen we de monumentale villa Huize Parklust energie-nul? Door het toepassen van energiezuinige installatietechnieken zal het monument minimaal energie verbruiken. Daarnaast dient Huize Parklust energie op te wekken. In dit document worden verschillende technieken voor energieopwekking, verwarming, koeling, ventilatie, warmtapwater en verlichting beschreven gevolgd door een keuze.

Alle maatregelen dienen in samenhang te worden ontworpen om maximale milieu- en energiewinst te bereiken.

¹ Bouwtechniek materiaalkeuze: *Aandachtspunten van monumenten*

1 Verwarming en warm tapwater

1.1 Warmtepomp

Er zijn verschillende systemen om een woning op te warmen en te voorzien van warm tapwater. Tijdens de restauratie van Huize Parklust maken we geen gebruik van fossiele brandstoffen. Het installatiesysteem dient hierdoor op elektriciteit of een andere bron te werken. In tabel 1 is een overzicht gemaakt van de verwarmingssystemen. Tijdens ons onderzoek wordt uitsluitend op een hybride en combiwarmtepomp en pelletkachel ingegaan. Dit zijn de enige installatiesystemen die geen fossiele brandstoffen verbruiken.

Tabel 1. Verwarmingssystemen

Systeem	Bron	Toepassing energieconcept	Opmerking
CV- ketel	Gas	Nee	Verbruikt fossiele brandstoffen
Micro- WKK (HRe- ketel)	Gas	Nee	Leverd zowel elektriciteit als warmte, maar heeft fossiele brandstoffen nodig om te functioneren
Gaskachel	Gas	Nee	Verbruikt fossiele brandstoffen
Brandstofcel	Gas	Nee	Verbruikt fossiele brandstoffen
Combiwarmtepomp	Elektriciteit	Ja	De benodigde energie (elektriciteit) kan duurzaam worden opgewekt
Hybride warmtepomp	Elektriciteit	Ja	De benodigde energie (elektriciteit) kan duurzaam worden opgewekt
Pelletkachel	Biomassa	Ja	

1.1.1 Warmtepompensystemen

Een warmtepomp heeft een bron nodig met laagwaardige warmte die omgezet wordt in hoogwaardige warmte. Er zijn vier verschillende bronnen die door een warmtepomp benut konden worden, namelijk: bodemwarmte, grond- of oppervlaktewater, ventilatielucht en buitenlucht. Er zijn twee soorten warmtepompen die toegepast kunnen worden voor zowel verwarming als warm tapwater:

- Combiwarmtepomp
- Hybridewarmtepomp

Bodemwarmte (bodem/ water)

Bodemwarmte kan met twee verschillende systemen worden gewonnen: horizontaal of verticaal. Het verticale systeem (figuur 1) bestaat uit een put die geboord wordt met een diepte van 40 tot 160 meter onder peilniveau. De diepte is afhankelijk van de bodemkwaliteit en vermogen van de warmtepomp. Bij een horizontaal systeem (figuur 2) is dit slechts 1 meter. Echter is veel ruimte nodig om het systeem aan te leggen. Er worden buizen op de gewenste diepte aangebracht die samen een gesloten systeem vormen. Door de buizen circuleert glycol in vloeibare vorm. Dit stof onttrekt de warmte uit de bodem die vervolgens door de warmtepomp naar de gewenste temperatuur wordt gebracht.

Grondwater of oppervlaktewater (water/ water)

Grondwater is een zeer goede bron vanwege haar constante temperatuur van 10 tot 12°C in de bodem. Dit geldt echter alleen voor het verticale systeem (figuur 3). Het grondwater wordt opgepompt en de warmte wordt onttrokken door de (platen)warmtewisselaar. Vervolgens zal de warmtepomp het water naar de gewenste temperatuur brengen voor verwarming of warm tapwater. Vanwege de lage temperaturen in de winter wordt het oppervlaktewater niet voldoende voorverwarmd (figuur 4). Als gevolg moet de warmtepomp veel energie gebruiken om het water verder op te warmen. Hierdoor neemt het rendement af en is een horizontaal oppervlaktewater systeem een mindere keus dan een verticaal systeem.

Ventilatielucht (ventilatielucht/ water)

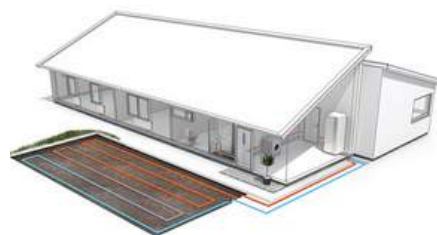
De warmte uit de ventilatielucht is de bron voor warmte (figuur 5). Hierdoor mag er geen ventilatiesysteem worden toegepast met warmteterugwinning. Ook een vraag gestuurd systeem is minder geschikt. Bij een lage ventilatievoud zal het rendement van de warmtepomp afnemen. Een warmtepomp die op ventilatielucht werkt is goed te combineren met natuurlijke of mechanische toevoer- en mechanische afvoerventilatie. Op deze manier kan de warmte van de afvoerlucht worden benut. In een gesloten systeem wordt een koelmiddel gepompt die laagwaardige warmte onttrekt uit de buitenlucht. In de verdamper zal het koelmiddel door de hoge druk verdampen. Het gas komt vervolgens bij de compressor terecht die op zijn beurt het gas naar de condensor vervoert. Hier vindt een faseovergang plaats. Het gas condenseert en wordt weer koelmiddel. De geproduceerde warmte wordt vervolgens afgegeven voor verwarming of warm tapwater.

Buitenlucht (buitenlucht/ water)

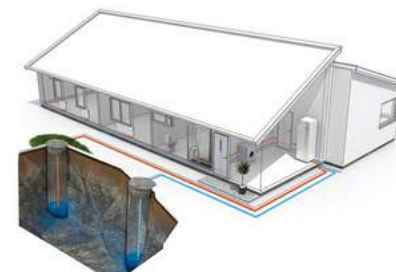
Vanwege de beperkte ruimtebehoefte voor het installeren van de warmtepomp is dit systeem erg geschikt voor bestaande gebouwen. Dit systeem werkt hetzelfde als op ventilatielucht (figuur 6).



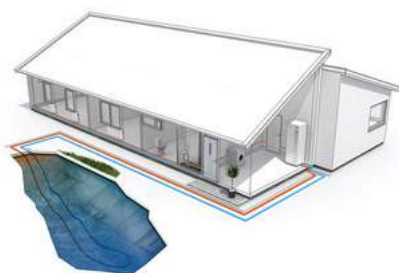
Figuur 1. Horizontaal bodemcollector



Figuur 2. Verticaal bodemcollector



Figuur 3. Verticaal open bron



Figuur 4. Horizontaal oppervlaktewater collector



Figuur 5. Warmte uit ventilatielucht



Figuur 6. Warmte uit buitenlucht

1.1.2 Rendement van Warmtepomp

Coëfficiënt of Performance (COP)

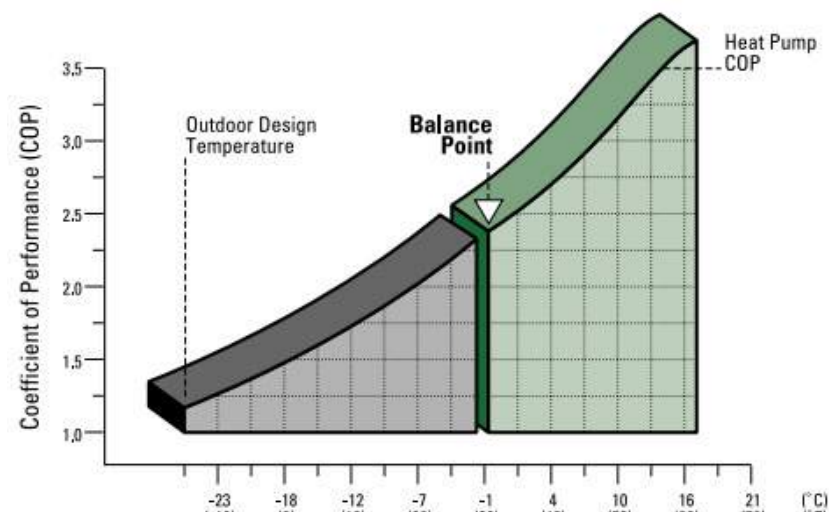
Het rendement van een warmtepomp wordt aangeduid met een COP- waarde (Coëfficiënt of Performance). De COP- waarde geeft aan hoeveel energie (in kWh) wordt opgewekt bij een verbruik van 1 kWh van de warmtepomp. De bron is bepalend voor het rendement van de warmtepomp. Wanneer een bron een hoge (contante) temperatuur heeft, verbruikt de warmtepomp minder energie om het water op te warmen. Dit verband kunnen we in figuur 7 afleiden.

Nu we weten dat de brontemperatuur en het rendement van een warmtepomp een directe verband met elkaar hebben, kunnen we afvragen welke bron het hoogste rendement oplevert.

Buitenlucht en ventilatielucht

Een warmtepomp met buitenlucht als bron heeft als nadeel dat de luchttemperatuur gedurende het jaar erg schommelt. In de winter, wanneer de meeste warmte nodig is voor verwarming, is de buitenlucht het koudst (figuur 8). Dit heeft een lager rendement als gevolg. Duidelijke voordelen aan dit systeem is de beperkte ruimtebehoefte, beschikbaarheid en toepasbaarheid.

De winning van warmte door ventilatielucht lijkt sterk op buitenlucht. Echter is dit systeem minder gevoelig voor temperatuurschommelingen, omdat de warmte uit ventilatielucht wordt onttrokken die vrijwel een constante temperatuur heeft. Dit heeft een nadelig invloed op de keuze van het ventilatiesysteem. Er mag geen warmteterugwinningssysteem worden toegepast op de afvoerlucht.



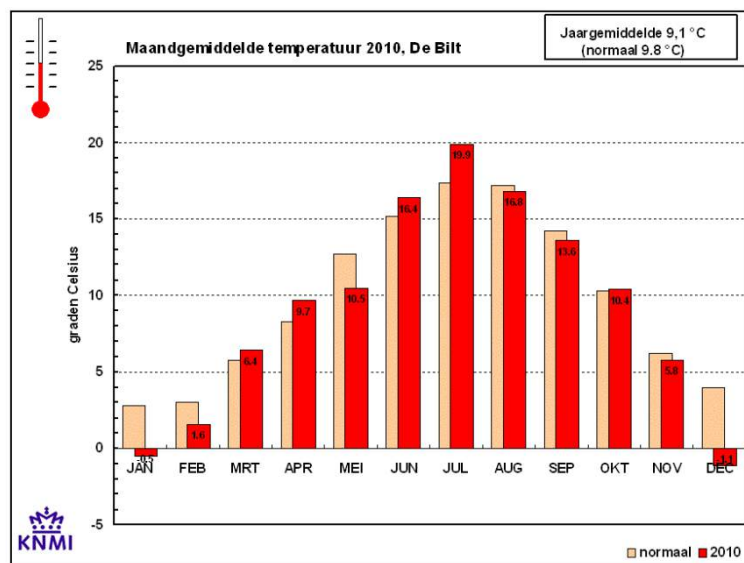
Figuur 7. Verband tussen de temperatuur van de bron en COP (gegevens van een warmtepomp met een luchtbron)

Horizontale en verticale bodembron

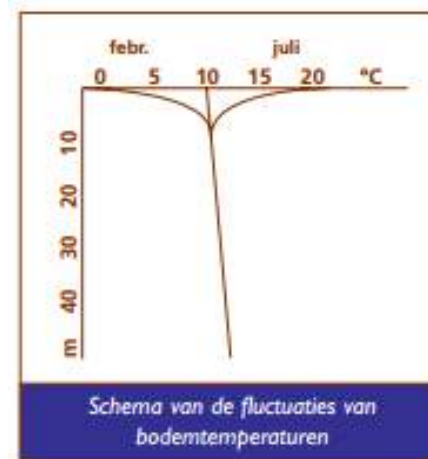
Een horizontale bodembron wordt ongeveer op een diepte van 1 meter geïnstalleerd. Op deze diepte varieert de bodemtemperatuur tussen de 4 en 17 °C (figuur 9). Hierdoor heeft dit systeem een lager rendement in het stookseizoen dan wanneer de bron dieper in de grond wordt geplaatst. Vanaf 7 meter diepte is de bodemtemperatuur vrijwel constant. De temperatuur loopt op naarmate men dieper in de bodem gaat. Zoals eerder beschreven wordt een verticale bodemcollector op een diepte van 40 tot 160 meter geïnstalleerd. De bodemtemperatuur ligt dan tussen de 10 en 14 °C. Een nadeel bij zowel het horizontale als verticale systeem is dat de bodemtemperatuur rondom de warmtewisselaar zal dalen met rendementsverliezen als gevolg. Verder is er veel ruimte nodig voor een horizontaal systeem.

Grondwater

Een grondwaterbron kent weinig temperatuurschommelingen. Het grondwater heeft een constante temperatuur van tussen de 10 en 12 °C. Deze temperatuur wordt ook na het onttrekken van het grondwater gehandhaafd. Dit is een duidelijke voordeel ten opzichte van de verticale bodembron. Hierdoor zal de COP- waarde van de warmtepomp niet afnemen. Er dient rekening te worden gehouden met de waterkwaliteit. Het water dient onder overdruk te worden gepompt om te voorkomen dat het in aanraking komt met zuurstof.



Figuur 8. Maandtemperaturen 2012 in Nederland, De Bilt (Jaaroverzicht)



Figuur 9. Bodemtemperatuur

1.1.3 Conclusie

Uit de bovenstaande informatie over de verschillende bronnen kunnen we uitmaken dat een grondwaterbron een hoger rendement levert dan een bodembron of buitenlucht. Vanwege de constante brontemperatuur. Dit is ook uit figuur 10 af te leiden aan de hand van de COP- en SPF- waarden (Seasonal Performance Factor). Hoewel een warmtepomp die op ventilatielucht werkt ook een hoog rendement kan hebben, is de toepassing ervan afhankelijk van het gekozen ventilatiesysteem.

De COP van de warmtepompen, getest in het De Nayer Instituut			
	WP 1	WP 2	WP 3
COP ₀₋₃₅	4,30	4,50	
COP ₁₀₋₃₅			5,60
SPF _{WP}	3,60	4,40	4,40
SPF _{Systeem}	3,20	3,50	3,60

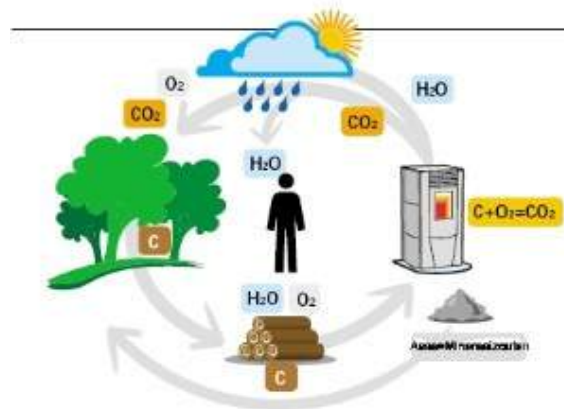
Figuur 10. COP- waarde van verschillende bronnen

Waarbij:

- WP 1: warmtepomp met een verticale bodemcollector
- WP 2: warmtepomp met een horizontale bodemcollector
- WP 3: warmtepomp met een grondwaterbron

1.2 Pelletkachel

Een pelletkachel wordt aangestoken met biomassa. De biomassa kan bestaan uit afvalhout in de vorm van snoeiafval, houtpellets, blokhout, houtsnippers of zaagsel. Hierdoor hoeven er geen nieuwe bomen te worden omgekapt om gebouwen te kunnen verwarmen. Daarnaast is de verkrijgbaarheid groot en soms mogelijk op het eigen terrein. Op deze manier wordt afval optimaal benut en dit is goed voor het milieu. Bomen nemen tijdens hun groei CO_2 op. Dit komt vrij bij de verbranding. Hierdoor kunnen we concluderen dat het verwarmen met hout(afval) CO_2 - neutraal is. Verder is hout een duurzame bron die altijd beschikbaar is.

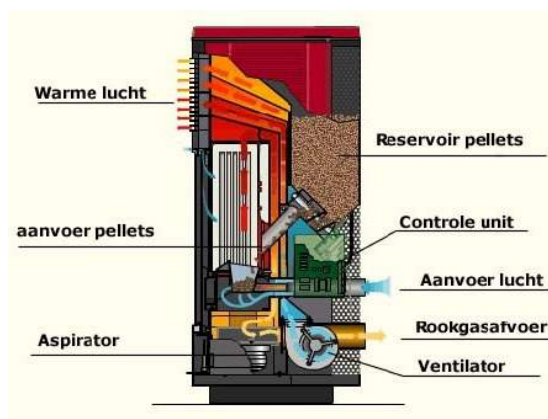


Figuur 11. Hout stoken is CO_2 - neutraal

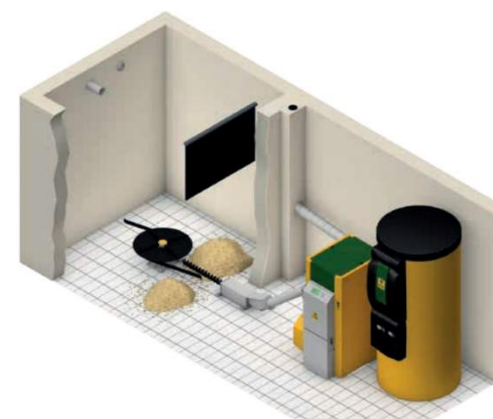
Een pelletkachel kan dienen om een of enkele ruimten te verwarmen, maar ook hele gebouwen. De kleine pelletkachel modellen worden in de ruimten geplaatst en kunnen een bijdrage leveren aan de sfeer. Er dient wel rekening te worden gehouden met de warmtebehoefte door de beperkte opslagruimte in de kachel (figuur 12). Bij een hoge warmtebehoefte wordt de pelletkachel op de CV installatie aangesloten. In de meeste gevallen er is een ook opslag voor het hout nodig (figuur 13).

1.2.1 Werking van een pelletkachel

Een schroefvijzel zorgt ervoor dat de biomassa in de brander komt. Bij de verbranding van biomassa ontstaat warmte die wordt afgegeven aan het water van de CV installatie. De pelletkachel wordt automatisch gestuurd en levert de benodigde warmte op. Bij een hogere behoefte zal er meer biomassa naar de kachel worden vervoerd en meer warmte worden geproduceerd en andersom. Een circulatiepomp transport het warme water naar de verwarmde ruimten. Indien nodig wordt er een boiler toegepast om het water voor te verwarmen die als tapwater gebruikt kan worden.



Figuur 12. Onderdelen pelletkachel



Figuur 13. Pelletkachel met opslagruimte

1.2.2 EPG en pelletkachel

De toepassing pelletskachels in de woningbouw is vrij nieuw in Nederland. Er zijn nog niet veel gegevens over bekend en dit is ook waarneembaar in de norm. In NEN 7120 is het rekenen met biomassa met een pelletkachel niet in opgenomen. Om dit mogelijk te maken is door TNO (Nederlandse organisatie voor toegepast Natuurlijkwetenschappelijk Onderzoek) een gelijkwaardigheidsverklaring² opgesteld. De gelijkwaardigheidsverklaring is geldig voor alle soorten vaste biobrandstoffen (waaronder houtpellets, blokhout, houtsnippers of zaagsel). De berekening van de EPC met een pelletkachel dient in twee stappen te worden uitgevoerd.

Eerste stap:

Bij de eerste berekening dient de pelletkachel of een ander biobrandstofoestel met het opwekkingsrendement te worden gerekend. De EPC- uitkomst van de eerste berekening dient aan de volgende voorwaarde te voldoen:

$$EPC = EPC_{eis} \times 1,33 \text{ (voor nieuwbouw is dit } 0,4 \times 1,33 \leq 0,53)$$

Het totale energieverbruik wordt gecompenseerd door het stoken van biomassa. Op deze manier kan er bepaald worden hoeveel energie er nodig is aan biomassa.

Tweede stap:

Hout is een hernieuwbaar materiaal uit de natuur. Hierdoor is er volgens de norm geen primair energieverbruik. Dit betekent dat alle energie die met biomassa opgewekt wordt, onder duurzame energie valt en hierdoor niet in de EPC wordt meegerekend. In eerste instantie geldt dit voor verwarming. Indien warm tapwater ook met een

² Bron: <http://www.nbkl.nl/NBKL-verklaring.pdf>

pelletkachel wordt geregeld, dan valt ook dit energieverbruik onder duurzame energie. Kortom, het energieverbruik voor verwarming en eventueel voor warm tapwater bedraagt 0 MJ in de EPG berekening door de toepassing van een pelletkachel. De hulpenenergie wordt niet uitgesloten en dient wel te worden bepaald en in de EPG berekening te worden meegenomen.

1.2.3 TNO gelijkwaardigheidsverklaring en NEN 7120

De TNO gelijkwaardigheidsverklaring is in opdracht gemaakt van de NBKL (Nederlandse vereniging van Biomassa Ketel Leveranciers). Zoals in 1.2.2 is er bij de toepassing van een pelletkachel geen primair energieverbruik voor verwarming en eventueel warm tapwater. Dit heeft te maken met de voorschriften die in NEN 7120 zijn opgenomen. Daarin is benoemd dat biomassa onder de categorie duurzame energie valt. Daarnaast wordt het volgende over het karakteristieke energieverbruik gezegd:

NEN (2012, p. 57) NEN 7120+C2 Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode

“Ongeacht de toepassing wordt van het gebouw het karakteristieke energiegebruik, E_{PTot} , bepaald, als de som van het naar primaire energie omgerekende gebruik aan fossiele brandstoffen voor verwarming, bevochtiging, ventilatoren, verlichting, koeling, ontvochtiging, warm tapwater en het totaal aan daarbij gebruikte hulpenergie, verminderd met de naar primaire energie omgerekende eventuele op eigen perceel geproduceerde (gebouwgebonden) energie, bijvoorbeeld zonnestroom en elektriciteitslevering van een gebouwgebonden warmtekrachtinstallatie, zie 5.4.”

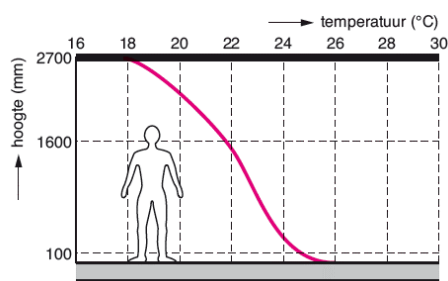
Hieruit kunnen we concluderen dat biomassa niet tot het primair energieverbruik behoort. Om uitsluitend de hulpenenergie over te houden dient er in rekenprogramma's een zo hoog mogelijke waarde voor het opwekkingsrendement in te worden gevuld.

1.3 Afgiftesysteem

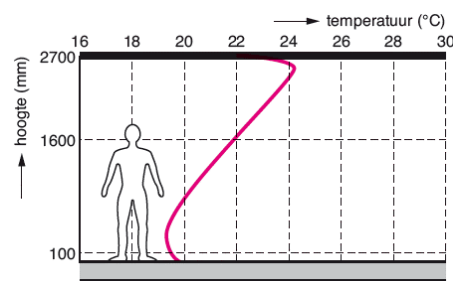
De keuze van vloerverwarming als afgiftesysteem komt voort uit de gebruikerseisen. Dit is opgenomen in Bijlage 1 – Programma van Eisen.

1.3.1 Comfort

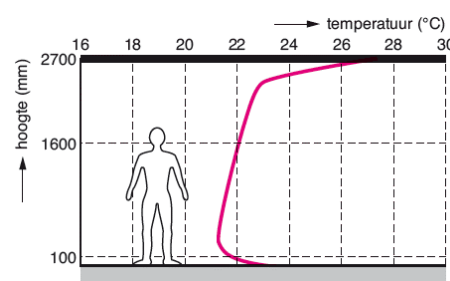
Vloerverwarming draagt bij aan de behaaglijkheid van ruimtes. Ieder installatieconcept kent een temperatuurgradiënt. Dit is het verloop van de temperatuur vanaf de vloer tot aan het plafond. De ideale temperatuurgradiënt, ofwel de mate van verwarming, wordt bereikt wanneer de temperatuur langs de vloer het hoogst en tegen het plafond het laagst is (figuur 14).



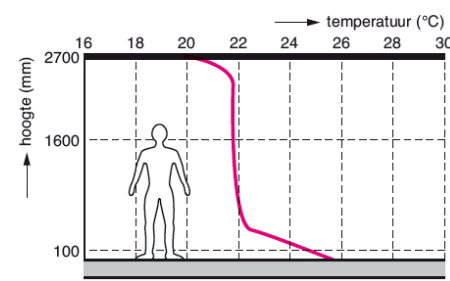
Figuur 14. Ideale verwarming



Figuur 15. Radiatoren langs de gevels



Figuur 16. Plafondverwarming



Figuur 17. Vloerverwarming

Wanneer we kijken naar de temperatuurgradiënt van radiatoren-, plafond en vloerverwarming zien we grote verschillen (figuur 15, 16 en 17). Bij radiatoren stijgt het grootste deel van de warme lucht. Een deel van de warmte zal naar beneden gaan. Het toepassen van radiatoren voorkomt koudeval, mits het onder ramen of openingen wordt geplaatst. De temperatuurgradiënt van radiatoren langs de gevel wijkt sterk af van de ideale situatie. Hetzelfde geldt ook voor plafondverwarming. De temperatuur nabij het plafond is hoger dan langs de vloer.

Bij vloerverwarming ligt dit anders. De vloer warmt de lucht van de ruimte op die vervolgens stijgt. In de zone van 400 mm tot 2400 mm zal de temperatuur vrijwel constant zijn. Dit zorgt voor een comfortabel binnenklimaat. Hierdoor lijkt de temperatuurgradiënt van vloerverwarming het meest op de ideale verwarmingssituatie.

1.3.2 Werking van vloerverwarming

Vloerverwarming is een verwarmingsconcept dat door middel van straling warmte afgeeft. In de vloer worden verwarmingsbuizen aangelegd waar water doorheen stroomt. De verwarming wordt gelijkmatig over de ruimte verdeeld. Hierdoor ontstaat er een aangename binnentemperatuur en vrijwel geen temperatuurverschillen. Een nadelig effect van vloerverwarming is dat het traag opwarmt. Er zijn twee verschillende typen systemen: nat en droog vloerverwarmingssysteem.

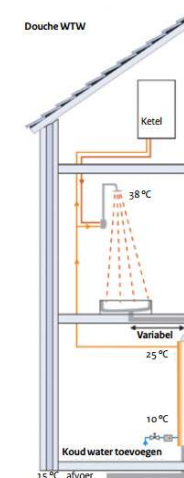
1.3.3 Keuze vloerverwarmingssysteem

Bij Huize Parklust is er gekozen om een droog vloerverwarmingssysteem toe te passen. Een onderbouwing van deze keuze is te vinden in Bijlage 4 – Bouwtechniek.

1.4 Warmteterugwinning uit douchewater

Tijdens het douchen wordt er veel warm water verbruikt. Het verwarmen van water kost veel energie. Deze energie kan opnieuw benut worden door het toepassen van een warmtewinningssysteem. Een douche WTW biedt hiervoor een oplossing. Er kan 65%³ van de totale warmte uit douchewater worden teruggewonnen. De leidingen van het afvoer- en toevoerwater lopen naast elkaar waardoor de warmte van het afvoerwater voor een groot deel aan het koude toevoerwater wordt afgegeven. Hierdoor hoeft het water minder te worden opgewarmd.

Een douche WTW is verkrijgbaar in meerdere varianten in de vorm van een douchebak, -goot of -pijp. In figuur 18 is het principe van een douchebak te zien. De verschillen in prestaties tussen deze drie toepassingen is terug te vinden in paragraaf 5.3.2.



Figuur 18. Douchewater WTW

³ Bron: RVO.nl Agentschap NL, Innovatie in Energie (2009)

2 Koeling

Om oververhitting in de zomer te voorkomen dient er overwogen te worden om een koelingssysteem toe te passen. Op deze manier wordt ook in de zomer een aangenaam binnenklimaat bereikt. De volgende factoren hebben invloed op de overweging om een koelsysteem toe te passen:

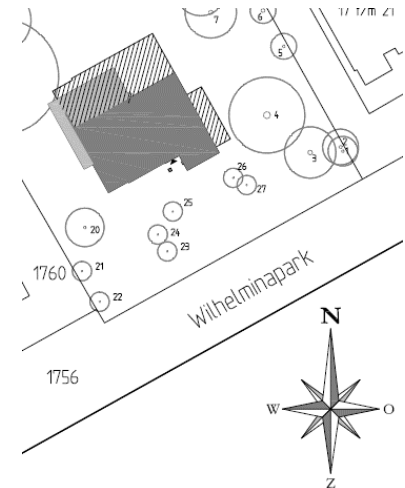
- Oriëntatie
- Glas(oppervlakte)/ zonwering
- Thermische isolatie

2.1 Oriëntatie

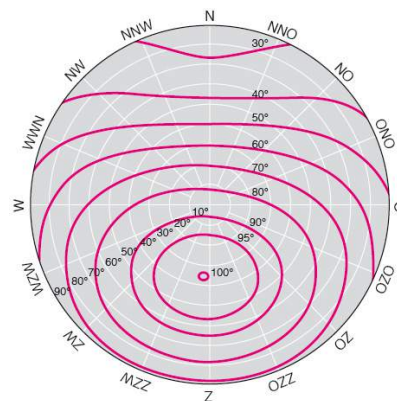
De oriëntatie van Huize Parklust is gunstig om oververhitting in de zomer te voorkomen. De voorgevel is gericht op het zuidoost. Hierdoor is de warmteontwikkeling lager dan wanneer de gevel met een zuidoriëntatie (figuur 19).

2.2 Glasoppervlakte

De voorgevel heeft grote schuiframen en bestaat hierdoor voor een groot deel uit glas (figuur 21). De zon wordt van buiten geweerd met behulp van persiënnes (Louvre luiken). Deze hebben een monumentale waarde en zullen behouden blijven. Hierdoor houdt Huize Parklust een groot deel van de warmte buiten in de zomer. De rechtergevel bevat in vergelijking met de voorgevel veel minder gevelopeningen (figuur 22). Door de lage zonne- intensiteit op deze gevel, is zonwering overbodig (figuur 20). Een deel van de linkergevel wordt beschaduwd door de veranda die voor een koelend effect zorgt. Het resterende deel van de linkergevel zal worden voorzien van persiënnes. Uit berekeningen (paragraaf 6.2.10) volgt dat dit een positieve bijdrage levert aan het comfort van Huize Parklust. De achtergevel bestaat uit grote raampartijen (figuur 24). In de zomer zal deze gevel voor een groot deel van de dag beschaduwd worden en door de lage zonne- intensiteit heeft het een beperkte invloed.



Figuur 19. Oriëntatie Huize Parklust



Figuur 20. Instralingsdiagram Zonne-energie



Figuur 21. Voorgevel Huize Parklust

Rechter zijgevel
DO



Figuur 23. Linkergevel Huize Parklust



Figuur 22. Rechtergevel Huize Parklust



Figuur 24. Achtergevel Huize Parklust

2.3 Thermische isolatie

Bij Huize Parklust worden de minimale nieuwbouw- eisen voor thermische isolatie gehanteerd.

- RC- waarde dak: $6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- RC- waarde gevel: $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
- RC- waarde vloer: $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

Als uitgangspunt zijn de volgende U- waarden genomen.

- U- waarde glas: $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (voor de nieuwe kozijnen)
- U- waarde glas: $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ (voor bestaande kozijnen)

Deze uitgangspunten leiden uiteindelijk dat de warmte in de winter binnen blijft en dat in de zomer oververhitting wordt voorkomen (paragraaf 4.2 en 5.1.10).

2.4 Conclusie

Door de oriëntatie en thermische isolatie van Huize Parklust is de kans op oververhitting in de zomer vrijwel uitgesloten. Daarnaast wordt Huize Parklust voorzien van schuiframen waardoor spuiventilatie mogelijk is. Op de linkergevel zal de zon het meest schijnen. Echter komt hier een veranda die voor beschaduwing zal zorgen. De overige gevelopeningen worden voorzien van zonwering. Hierdoor is koeling niet nodig.

3 Ventilatie

Een goed functionerend ventilatiesysteem draagt bij aan een gezond en comfortabel binnenklimaat. Daarnaast wordt schimmelvorming voorkomen, die tot aantasting van materialen leidt.

De kieren en naden van woningen moeten luchtdicht zijn om warmteverlies te minimaliseren. Hierdoor vinden er geen luchtbewegingen plaats. Stilstaande lucht is ongewenst en raakt vervuild. Door te ventileren wordt deze lucht naar buiten afgevoerd. Hiervoor in de plaats dient schone en verse lucht de woning binnen te komen.

3.1 Ventilatiesystemen

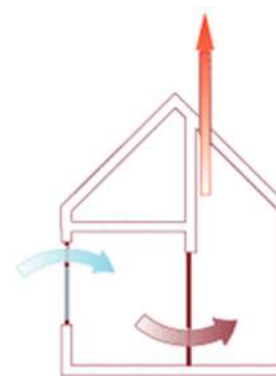
Er bestaan vier verschillende ventilatiesystemen (A, B, C en D). Echter worden er maar twee veelvuldig toegepast. Dit heeft te maken met het comfort en energieverlies. Het is in het algemeen bekend dat ventilatiesystemen met natuurlijke ventilatie vaak tot tochtklacht leiden en dat mechanische systemen bij onvoldoende onderhoud het gezondheid beïnvloeden. Om een keuze te maken tussen de ventilatiesystemen lichten we deze eerst nader toe.

3.1.1 Ventilatiesysteem A: Natuurlijke toevoer en afvoer

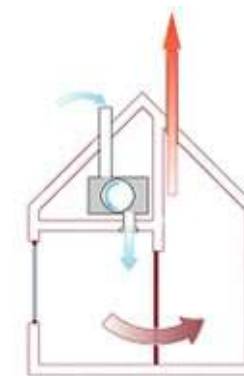
Op natuurlijke wijze wordt de lucht via roosters in de gevel toe- en afgevoerd (figuur 25). Bij natuurlijke ventilatie kan er snel worden ingegrepen wanneer er een tekort is aan verse ventilatielucht. Er wordt geen elektriciteit verbruikt om lucht toe en af te voeren. Echter gaat er hierbij veel warmte verloren en in de winter stroomt er (constant) koude buitenlucht naar binnen waardoor ruimten sneller afkoelen en tot tocht leidt. Om het energieverlies enigszins te beperken kunnen er zelfregelende roosters worden toegepast die op winddruk werken.

3.1.2 Ventilatiesysteem B: Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer

Verse buitenlucht wordt door ventilatoren aangezogen en in de verblijfsruimten toegevoerd (figuur 26). Het voordeel bij dit systeem is dat er altijd voldoende verse lucht aanwezig is. Echter is ook bij dit ventilatiesysteem het energieverbruik erg hoog. Er kan ook overwogen worden om de toevoer zowel op natuurlijke als mechanische wijze te laten plaatsvinden. Koude buitenlucht is direct in contact met de natuurlijke afvoer.



Figuur 25. Ventilatiesysteem A



Figuur 26. Ventilatiesysteem B

3.1.3 Ventilatiesysteem C: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer

Er wordt gebruik gemaakt van een mechanische afvoersysteem die vervuilde lucht naar buiten leidt (figuur 27). Schone lucht komt via roosters de woning binnen. In de ruimten worden ventielen aan de wanden of plafonds bevestigd. De ventilator zuigt de lucht aan die door de kanalen naar de ventilatieunit stroomt en naar buiten afgevoerd kan worden. In de meeste gevallen wordt deze unit op de bovenste verdieping geplaatst. Dit is een zeer geschikte plek, omdat de lucht rechtstreek naar buiten afgevoerd kan worden.

Als een woning een goed geïsoleerde thermische schil heeft, is het toepassen van vraaggestuurde mechanische ventilatie een optie. Hierbij wordt het vocht- of CO₂-gehalte door sensoren bepaald. Vraaggestuurde ventilatie wordt in de meeste gevallen in combinatie met elektrische roosters toegepast. De sensoren sturen de roosters aan.

Hierdoor kan het energieverbruik door het toevoeren van koude buitenlucht worden beperkt. Verder kan er gebruik worden gemaakt van roosters die op winddruk worden geregeld. Wanneer de wind op de roosters blaast zal er minder of geen lucht worden doorgelaten. Op deze manier kan er geluidsoverlast worden voorkomen.

3.1.4 Ventilatiesysteem D: Mechanische afvoer en toevoer (balansventilatie)

Ventilatiesysteem D bestaat uit twee ventilatoren, waarvan één de lucht toevoert en één de lucht afvoert (figuur 28). De ventilatoren worden met de kanalen verbonden. Er wordt (vaak) gebruik gemaakt van een warmtewisselaar die de warmte terugwint door warme afvoerlucht langs koude toevoerlucht te laten stromen. Het rendement die hierbij bereikt kan worden ligt rond de 90%. Echter is het energieverbruik voor het aandrijven van de ventilatoren hoog. Dit wordt gecompenseerd met het warmteverlies die veel lager ligt dan de overige ventilatiesystemen. Dit komt omdat koude lucht niet direct de ruimte in stroomt. Omdat de hoeveelheid toe te voeren lucht gelijk is aan de af te voeren, staat dit systeem ook bekend als balansventilatie. Een balansventilatie systeem filtreert de lucht voordat het in de ruimten wordt toegevoerd. Hierdoor is de lucht schoon en draagt het bij aan een aangenaam binnenklimaat.

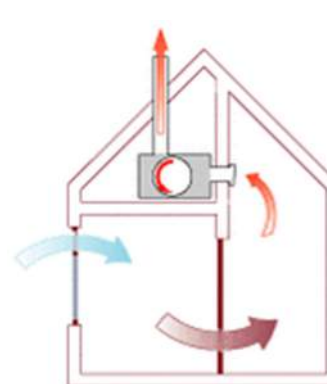
Dit systeem kan in de zomer fungeren als koeling. Het toepassen van een bypass voorkomt oververhitting in de zomer. De toevoerlucht wordt hierdoor niet voorverwarmd. In de avond wordt koude buitenlucht de woning ingeblazen en de warme (vervuilde) lucht afgevoerd. Gedurende de dag zal de koude afvoerlucht worden gebruikt bij de afkoeling van de warme toevoerlucht.

3.2 Ventilatiesysteem keuze

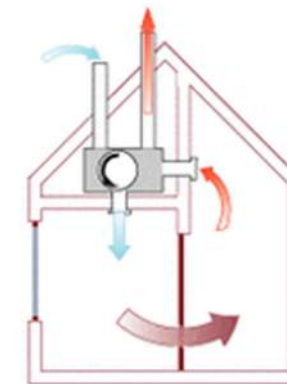
In ons onderzoek worden de ventilatiesystemen A en B niet onderzocht. Beide systemen zorgen voor een hoog energieverlies en hebben een negatief effect op het comfort van de gebruikers. Daarnaast worden deze nauwelijks meer toegepast bij grondige restauraties, zoals bij Huize Parklust het geval is. De ventilatiesystemen C en D worden wel in het onderzoek meegenomen. In tabel 2 worden deze systemen met elkaar vergeleken. Een definitieve keuze van het ventilatiesysteem voor Huize Parklust volgt uit berekeningen (paragraaf 6.4 en 6.5).

Tabel 2. Verschillen ventilatiesystemen

	Ventilatiesysteem C	Ventilatiesysteem D
Luchttoevoer	Direct toevoeren van schone lucht	Constant of naar behoefte toevoeren van lucht
Luchtafvoer	Constant of naar behoefte afvoeren van lucht	Constant of naar behoefte afvoeren van lucht
Geluidsoverlast	Roosters, toepassen van winddrukgerregelde ventilatieroosters of suskasten	Beperkt/ geen, bij geluidsoverlast toepassen van een geluidsdemper
Onderhoud	Regelmatig schoonmaken van roosters, unit, systeem en kanalen	Vaak onderhoud, 4x per jaar onderhoud filters
Vochtige ruimtes	Lucht wordt afgezogen	Lucht wordt afgezogen



Figuur 27. Ventilatiesysteem C



Figuur 28. Ventilatiesysteem A

<i>Gezondheid</i>	Schadelijke gevolgen bij onvoldoende toevoer, lucht uit de kruipruimte wordt aangezogen	Onvoldoende onderhoud leidt tot slechte luchtkwaliteit
<i>Comfort</i>	Onbehaaglijk in de winter, koude lucht dringt de woning binnen (op te lossen met zelfregelende roosters)	Behaaglijk, koude lucht wordt voorverwarmd
<i>Warmteverlies</i>	Grote hoeveelheden warme lucht ontsnapt, veel behoefte aan warme lucht	Nauwelijks, toevoerlucht wordt verwarmd door afvoerlucht
<i>Luchtkwaliteit</i>	Zeer goed, bij voldoende toevoerlucht	Goed, toevoer en afvoer is constant

4 Energieopwekking

Nu we het gebruikers- en gebouwgebonden energieverbruik hebben bepaald. Kunnen we berekenen hoeveel duurzame energie opgewekt dient te worden. Met het uitgangspunt om van Huize Parklust een energie-nul (nul-op-de-meter) monument te maken, gaan we opzoek naar manieren om energie op te wekken. Het opwekken van duurzame energie kan met behulp van de bronnen zon, wind en waterkracht. Deze worden hieronder toegelicht. Vervolgens gaan we over naar de manier van energieopwekking bij Huize Parklust.

4.1 Waterkracht

Waterkracht is een duurzame energieopwekkingsmethode waarbij energie wordt opgewekt met behulp van water. Dit kan op twee manieren: door gebruik te maken van de stroomsnelheid van water en door hoogteverschil (ook wel getijdenenergie genoemd). Vaak wordt stroom opgewekt met water in grote waterkrachtcentrales. Vroeger werd waterkracht ook gebruikt met molens en wielen. Energieopwekking door middel van waterkracht is bij Huize Parklust niet interessant, vanwege het feit dat er geen water stroomt in de omgeving. Ook is er geen ruimte om Huize Parklust te voorzien van de benodigdheden voor waterkracht.

4.2 Windenergie

Het opwekken van energie met behulp van windkracht kan door het toepassen van een windmolen of -turbine. De investering in (kleine) windmolens zijn erg hoog. In de meeste gevallen wordt de investeringen niet binnen 20 jaar terugverdiend. Om te bepalen of windenergie bij Huize Parklust toegepast kan worden, moeten de volgende factoren worden onderzocht:

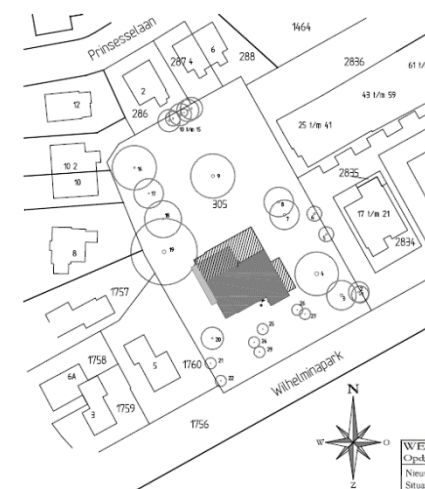
- Locatie
- Omgeving
- Dakconstructie
- Vergunning

4.2.1 Locatie en omgeving

Huize Parklust is gelegen in het Parkenbuurt in Apeldoorn. De villa is omringt door woningen en bomen (figuur 30). In Apeldoorn is de windsnelheid snelheid relatief laag (figuur 31) en bedraagt 3,5 tot 4,5 m/s op een hoogte van 10 meter. Hierdoor zal de energieproductie van een windmolen laag zijn. Daarnaast staan er veel bomen. Dit heeft een negatieve invloed op de windsnelheid, waardoor het rendement nog verder zal afnemen.



Figuur 29. Waterkrachtcentrale



Figuur 30. Situatietekening Huize Parklust

4.2.2 Dakconstructie en vergunning

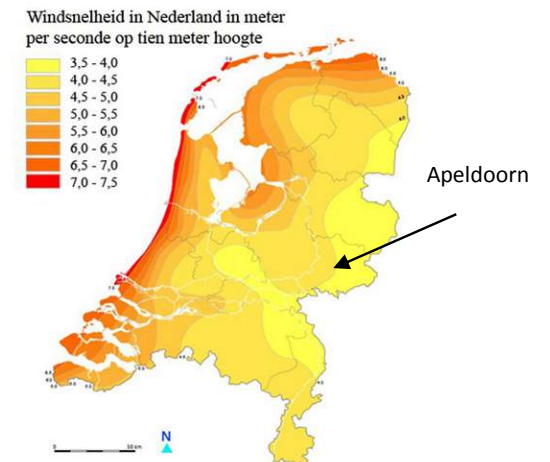
Om een windmolen toe te passen dient de bestaande constructie te worden berekend. Omdat een windmolen van beperkte hoogte weinig rendement zal hebben, dient een grotere windmolen te worden overwogen. Hierdoor wordt de bestaande constructie extra belast, en dient eventueel te worden versterkt. Dit zou het monument niets goeds doen. Daarnaast dient er een vergunning te worden aangevraagd. Het plaatsen van een windmolen is beeldbepalend.

4.2.3 Conclusie

Na een korte analyse te hebben uitgevoerd komen we tot de conclusie dat het plaatsen een windmolen weinig goede resultaten zullen opleveren. Of het een milieubewuste keuze is valt te betwisten. Bij de productie wordt immers CO₂ uitgestoten. Dit dient gedurende de levensduur terug te worden verdiend. Bij een laag rendement, wat bij Huize Parklust wordt verwacht, zal de terugverdientijd worden verlengt. Hierdoor verwachten we dat windenergie geen duurzame overweging is bij Huize Parklust. Hier gaan we in ons onderzoek niet verder op in.

4.3 Zonne-energie

Zonne-energie is een vorm van energie door middel van licht en warmte. Door middel van zonnepanelen kan zonlicht omgezet worden in elektrische energie. Zonne-energie is een geschikte en rendabele manier van duurzaam energie opwekken bij Huize Parklust. Uitgebreide informatie over zonne-energie en zonnepanelen is te vinden in de Bijlage 6 - Literatuurstudie 'Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu'.



Figuur 31: Windsnelheid in Nederland

5 Installatieconcepten

Er kunnen drie installatieconcepten worden opgezet waarbij het gebruik van fossiele brandstoffen wordt uitgesloten (paragraaf 1.1). De installatieconcepten zijn gevormd door de installatiesystemen voor verwarming en warm tapwater te combineren met de ventilatiesystemen C en D (paragraaf 3.1). In tabel 3 is een overzicht van de installatieconcepten gemaakt. Daarbij zijn de hoofdconcepten verder uitgesplitst om meer resultaten te krijgen en een goede vergelijking te kunnen maken. Hierin is koeling ook als optie genomen. Dit komt omdat warmtepompen naast verwarmen ook een koelende functie kunnen hebben. Om het beste energetisch resultaat te behalen wordt ventilatiesysteem D alleen toegepast met een warmteterugwinningssysteem. Hierdoor wordt installatieconcept 1 enkel berekend met ventilatiesysteem C. Dit zou anders het systeem kunnen verstoren met rendementsverliezen tot gevolg. Er zal onderzocht worden welke installatieconcept het laagste energieverbruik heeft. Uit deze resultaten zal er een installatieconcept worden gekozen. Deze zal vervolgens verder worden uitgewerkt volgens de Nieuwe Stappenstrategie (paragraaf 6) die we bij Huize Parklust als ontwerpstrategie hanteren. De berekeningen worden uitgevoerd met de software conform het Plan van Aanpak.

Als eerst richten we ons op het gebouwgebonden energieverbruik. De RVO definieert het gebouwgebonden energieverbruik als volgt:

RVO (z.d.) “Gebouwgebonden energie is alle energie die noodzakelijk is voor het conditioneren en verlichten van een gebouw, onafhankelijk van het gebouwgebruik.”

Op basis van deze definitie kunnen concluderen dat het gebouwgebonden energieverbruik bestaat uit het energieverbruik voor verwarming, warm tapwater, koeling, ventilatie, en verlichting.

Tabel 3. Overzicht installatieconcepten

Concept	Verwarming	Tapwater	Ventilatie	Koeling
1.	Hybride warmtepomp	Hybride warmtepomp	Ventilatiesysteem C	
2.1	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Ventilatiesysteem C	-
2.2	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Ventilatiesysteem D	-
2.3	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Ventilatiesysteem C	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)
2.4	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Ventilatiesysteem D	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)
2.5	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Ventilatiesysteem C	-
2.6	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Ventilatiesysteem D	-
2.7	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Ventilatiesysteem C	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)
2.8	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)	Ventilatiesysteem D	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)
3.1	Pelletkachel	Pelletkachel	Ventilatiesysteem C	-
3.2	Pelletkachel	Pelletkachel	Ventilatiesysteem D	-

5.1 Uitgangspunten

Om de berekeningen goed te laten verlopen en tot goede conclusies te komen worden er uitgangspunten gesteld voor het uitvoeren van de berekeningen.

5.1.1 Algemene gegevens

Bouwjaar	1897
Uitvoering	Vrijstaande monumentale villa
Brutovloeroppervlakte	555 m ²
Gebruiksoppervlakte	502 m ²
Breedte	14227
Hoogte	15230
Lengte	17950
Oriëntatie voorgevel	Zuidoost
Oriëntatie rechtergevel	Noordoost
Oriëntatie linkergevel	Zuidwest
Oriëntatie achtergevel	Noordwest

5.1.2 Thermische isolatie (dichte en open delen)

Voor de dichte delen worden de volgende RC- waarden genomen:

- RC- waarde dak: 6,0 m²K/W
- RC- waarde gevel: 4,5 m²K/W
- RC- waarde vloer: 3,5 m²K/W

Voor de open delen worden de volgende U- waarde genomen:

- U- waarde glas: 0,6 W/m²K (voor de nieuwe kozijnen)
- U- waarde glas: 1,9 W/m²K (voor bestaande kozijnen)

5.1.3 Warmtepompen

	Hybride warmtepomp (lucht/ water)	Combiwarmtepomp (Bodem/ water)	Combiwarmtepomp (Grondwater/ water)
Type	Vaillant geoTherm	Nathan SWC 120 HK	
Temperatuurniveau	35 – 40 °C	35 – 40 °C	35 – 40 °C
Opwekkingsrendement tapwater	(Elektrische ketel)	1,98	2,36
Opwekkingsrendement verwarming	5,14	5,33	6,73

5.1.4 Ventilatiesystemen

	Ventilatiesysteem C	Ventilatiesysteem D
Type	Duco TronicTop 50	Zehnder – WHR 950
Bediening	Winddruk met CO ₂ sturing	CO ₂ sturing in 2 of meer zones
Toevoer	Decentraal	Centraal
Afvoer	Centraal	Centraal met WTW

5.1.5 Pelletkachel

Er wordt gerekend met de forfaitaire waarden. Hiervoor wordt een externe warmtelevering d.m.v. een biomassakachel als uitgangspunt genomen.

5.2 Energieverbruik concepten

Met de vastgestelde uitgangspunten (paragraaf 5.1) is het energieverbruik per installatieconcept bepaald (tabel 4).

Tabel 4. Energieverbruik per installatieconcept

Concept	Verwarming [MJ]	Warm tapwater [MJ]	Koeling [MJ]	Zomer comfort [MJ]	Ventilatoren [MJ]	Verlichting [MJ]	Tot. Energie gebruik [MJ]	Elektriciteit [kWh]	CO ₂ - uitstoot [kg]	EPC- waarde
1.	<i>Geen gegevens*</i>									
2.1	44582	37861	0	13061	8091	23132	126727	13751	7768	0,47
2.2	36715	37861	0	16569	20243	23132	134520	14596	8246	0,50
2.3	43339	37861	7039	0	8090	23132	119462	12962	7323	0,44
2.4	35706	37861	8091	0	20243	23132	125033	13567	7665	0,46
2.5	35928	32100	0	13061	8090	23132	112311	12187	6885	0,42
2.6	29686	32100	0	16569	20243	23132	121730	13209	7462	0,45
2.7	34945	32100	7039	0	8090	23132	105306	11426	6455	0,39
2.8	28888	32100	8091	0	20243	23132	112454	12202	6893	0,42
3.1	86150	28840	0	12965	8090	23132	159177	5051	2854	0,57
3.2	70419	28840	0	16389	20243	23132	159023	6732	3803	0,59

5.2.1 Installatieconcept 1. Hybride warmtepomp

Er kunnen geen gegevens worden verzameld van installatieconcept 1. Een hybride warmtepomp kan niet voldoende warmte uit de buitenlucht onttrekken om aan de verwarmings- en warm tapwater behoefte van Huize Parklust te voldoen. De reden hiervoor is de gebruiksoppervlakte. Een hybride warmtepomp is geschikt voor woningen tot een maximale gebruiksoppervlakte van 300 m². De gebruiksoppervlakte van Huize Parklust bedraagt echter 502 m².

5.2.2 Installatieconcept 2. Combiwarmtepomp

De combiwarmtepomp kan wel aan de verwarmings- en warm tapwater behoefte van Huize Parklust voldoen. Tijdens de berekeningen is er zowel gekeken naar een combiwarmtepomp met bodem- als grondwaterbron. De verschillende situaties zijn gerekend in combinatie met ventilatiesysteem C en D. Op basis van de resultaten (uit tabel 4) die gerekend zijn bij Huize Parklust kunnen we de volgende conclusies trekken:

- Een combiwarmtepomp met een grondwaterbron levert een hoger rendement op dan een combiwarmtepomp die de warmte uit de bodem onttrekt. Door grondwater als warmtebron toe te passen kan er een EPC- verlaging van 0,04 tot 0,05 worden behaald ten opzichte van een bodembron.
- Een combiwarmtepomp die zowel voor verwarming als koeling dient, zorgt voor een verlaging van het totale energieverbruik. Er kan een EPC- verlaging van 0,03 tot 0,04 worden behaald.

- Een combiwarmtepomp met natuurlijke toevoer- en mechanische afvoerventilatie verbruikt minder energie dan een volledig mechanisch systeem. Ondanks dat balansventilatie de verwarmingsbehoefte met 17% verminderd en het zomercomfort met 13%, verbruiken de ventilator(en) 150% meer energie dan bij natuurlijke toevoer- en mechanische afvoerventilatie. Er kan een EPC verlaging van 0,02 tot 0,03 worden behaald.

5.2.3 Installatieconcept 3. Pelletkachel

Om aan de energiebehoefte van Huize Parklust te voldoen heeft een pelletkachel ongeveer 23 tot 29% meer energie nodig ten opzichte van een combiwarmtepomp. In tegendeel tot de combiwarmtepomp kan een pelletkachel worden beschouwd als een CO₂- neutrale installatiesysteem (paragraaf 1.2). Bij de warmteproductie voor verwarming en warm tapwater wordt biomassa gebruikt als brandstof, die de volledige warmtebehoefte levert. Hierdoor bedraagt de primaire energieverbruik voor verwarming en warm tapwater 0. Echter dient de hulpenergie wel te worden meegenomen. Deze gegevens zijn weergegeven in tabel 5. Het energieverbruik door koeling, zomercomfort, ventilatoren en verlichting blijven ongewijzigd.

Tabel 5. Principe van een pelletkachel

Concept	Verwarming (primair) [MJ]	Warm tapwater (primair) [MJ]	Verwarming (hulpenergie) [MJ]	Warm tapwater (hulpenergie) [MJ]	Tot. Energie gebruik (primair) [MJ]	EPC- waarde	Verwarming (biomassa) [MJ]	Warm tapwater (biomassa) [MJ]
3.1	0	0	2364	0	46551	0,18	83786	28840
3.2	0	0	2276	0	62040	0,23	68143	28840

Omdat voor het primaire energieverbruik van verwarming en warm tapwater in de EPG- berekening de waarde 0 aangehouden kan worden, heeft dit een groot invloed op de EPC- waarde. In eerste instantie bedroeg het totale energieverbruik 159177 MJ voor ventilatiesysteem C en 159023 MJ voor ventilatiesysteem D. Na het toepassen van de waardering is het totale energieverbruik slechts 46551 MJ bij ventilatiesysteem C en 62040 MJ bij ventilatiesysteem D. Het verschil kenmerkt zich door het hoge energieverbruik van de ventilatoren bij ventilatiesysteem D.

5.3 Installatiekeuze

Het uitsluiten van fossiele brandstoffen zorgt ervoor dat er maar een beperkt aantal installatieconcepten mogelijk blijven. Daarnaast speelt de capaciteit van installatiesystemen een rol. Bij Huize Parklust is het toepassen van een hybride warmtepomp niet mogelijk door haar gebruiksoppervlakte. Een combiwarmtepomp met grondwater als warmtebron met ventilatiesysteem C vormt in eerste instantie het zuinigste systeem, kenmerkend door het lage energieverbruik voor verwarming. In NEN 7120 is opgenomen dat de energie, die door biomassa wordt opgewekt, niet tot het primair energieverbruik behoort. Hierdoor dient uitsluitend de hulpenergie aan het primair energieverbruik te worden toegekend. Bij Huize Parklust geeft dit een EPC- verlaging van 0,34 tot 0,39. Om deze redenen is er voor een pelletkachel gekozen die Huize Parklust van verwarming en warm tapwater moet voorzien. Verder is een pelletkachel een CO₂- neutrale installatiesysteem, met uitzondering van transport en onderhoud. Op basis van comfort en energieverbruik krijgt ventilatiesysteem D de voorkeur bij Huize Parklust. Daarnaast is dit ventilatiesysteem zeer goed te combineren met vloerverwarming die voorkomt uit de gebruikerseisen (paragraaf 1.3)

6 Nieuwe Stappenstrategie +

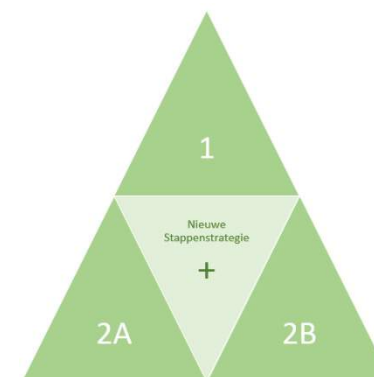
In dit deel van het onderzoek gaan in op onze duurzaamheidsstrategie: Nieuwe Stappenstrategie + (plus). Dit is een nadere uitwerking van het Nieuwe Stappenstrategie van Trias Energetica. Meer informatie hieronder is te vinden in Bijlage 2 – Vooronderzoek.

6.1 Nieuwe Stappenstrategie +

Bij de Nieuwe Stappenstrategie + worden er geen fossiele brandstoffen toegepast. Dit is het verschil met de eerdere versies van Trias Energetica. De overige twee stappen komen terug en worden in ons installatieonderzoek betrokken.

- Stap 1 – Invloed van (steden) bouwkundige aspecten
- Stap 2 – Duurzame maatregelen (onderverdeeld in 2A en 2B)

In het vorige hoofdstuk is het installatieconcept gekozen: een pelletkachel met ventilatiesysteem D. Echter zetten we ons onderzoek voort op zoek naar hoe dit installatieconcept verder geoptimaliseerd kan worden. Daarnaast rekenen we verder met ventilatiesysteem C. Dit is om te bepalen wat de invloed is van de maatregelen op het totale energieverbruik en op deze manier een duidelijk oordeel te kunnen formuleren over beide ventilatiesystemen.



Figuur 32. Nieuwe Stappenstrategie +

Tabel 6. Energieconcepten

Concept	Verwarming	Tapwater	Ventilatie	Koeling
3.1	Pelletkachel	Pelletkachel	Natuurlijk toevoer Mechanisch afvoer	-
3.2	Pelletkachel	Pelletkachel	Mechanisch toevoer Mechanisch afvoer	-

In de berekeningen met de pelletkachel zal de energie die met pellets wordt opgewekt tot het primair energieverbruik worden gerekend. Op deze manier kan het effect op het totale energieverbruik bepaald worden. Verder is het op deze manier mogelijk om na te gaan in hoe verre de inzet van pellets kan worden beperkt.

6.2 Stap 1 - Beperk de energievraag

In stap 1 van de Nieuwe stappenstrategie + dient de energievraag van Huize Parklust te worden beperkt. Omdat we te maken hebben met een bestaande monumentale villa, zijn er veel beperkingen voor onder anderen de oriëntatie, daglicht, gebouwmassa en vorm. Hierdoor zal enkel de invloed van de volgende onderdelen op de EPC worden bepaald:

1. Thermische isolatie
2. Zonwering

6.2.1 Thermische isolatie

Om te bepalen welke bouwdeel (dak, gevel en vloer) de grootste invloed heeft op het totale energieverbruik stellen we verschillende uitgangspunten op voor de bouwdelen. Voor het uitvoeren van de EPG berekening dient er een keuze te worden gemaakt voor de volgende onderdelen:

- RC- waarden (per bouwdeel)
- U- waarden

RC- waarden

- Er zal gerekend worden met een RC- waarde van 3,0 – 5,0 en 7,0 voor iedere bouwdeel, waarbij verschillende combinaties worden gemaakt
- Waarvan telkens twee bouwdelen hetzelfde RC- waarden hebben, de derde bouwdeel heeft een variabele RC- waarde (3,0 – 5,0 of 7,0)

U- waarden

- De rekencombinaties zullen berekend worden met drie verschillende U- waarden (situatie 1, 2 en 3)
 - Situatie 1: Alle gevelopeningen van Huize Parklust wordt voorzien monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor het kozijnprofiel 2,4
 - Situatie 2: De gevelopeningen in de (beschermd) voorgevel van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor kozijn 2,4. Alle overige gevelopeningen hebben een U- waarde van 1,2 voor het glas en 1,2 voor het kozijnprofiel, dit is vergelijkbaar met HR++
 - Situatie 3: De gevelopeningen in de (beschermd) voorgevel van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor kozijn 2,4. Alle overige gevelopeningen hebben een U- waarde van 0,6 voor het glas en 0,86 voor het kozijnprofiel, dit is vergelijkbaar met HR+++

De berekeningen zullen worden uitgevoerd bij installatieconcept 3.1 en 3.2 met de pelletkachel.

6.2.2 Installatieconcept 3.1 - Situatie 1

Uitgangspunten situatie 1: Alle gevelopeningen van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en kozijnprofiel 2,4.

Tabel 7. RC- waarde van 3,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	202256	200974	200136
Dak	Vloer	Gevels	202256	194882	191193
Gevels	Vloer	Dak	202256	198260	196330

In de bovenstaande tabel kan worden uitgemaakt dat door het verhogen van de RC- waarde van de gevels de meeste energie kan worden bespaard (groen).

Tabel 8. RC- waarde van 5,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	190885	189627	188798
Dak	Vloer	Gevels	196985	189627	185948
Gevels	Vloer	Dak	193615	189627	187696

In de bovenstaande tabel kan worden uitgemaakt dat de gevels het grootste invloed hebben op het energieverbruik. Het verhogen van de RC- waarde van de gevels bespaard de meeste energie (groen), terwijl het verlagen van de RC- waarde het negatiefste effect heeft.

Tabel 9. RC- waarde van 7,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	185266	184021	183199
Dak	Vloer	Gevels	194220	186784	183199
Gevels	Vloer	Dak	189113	185125	183199

In de bovenstaande tabel kan worden uitgemaakt dat door het verlagen van de RC- waarde van de gevels het energieverbruik het sterkst toeneemt (rood).

6.2.3 Installatieconcept 3.1 - Situatie 2

Uitgangspunten situatie 2: De gevelopeningen op de (beschermde) voorgevel van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor kozijn 2,4. Alle overige gevelopeningen hebben een U- waarde van 1,2 voor het glas en 1,2 voor het kozijnprofiel.

Tabel 10. RC- waarde van 3,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	182298	181123	180351
Dak	Vloer	Gevels	182298	175009	171369
Gevels	Vloer	Dak	182298	178323	176403

Tabel 11. RC- waarde van 5,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	171036	169889	169142
Dak	Vloer	Gevels	177150	169889	166274
Gevels	Vloer	Dak	173851	169889	167981

Tabel 12. RC- waarde van 7,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	165495	164362	163626
Dak	Vloer	Gevels	174476	167234	163626
Gevels	Vloer	Dak	169485	165532	163626

6.2.4 Installatieconcept 3.1 - Situatie 3

Uitgangspunten situatie 3: De gevelopeningen op de (beschermde) voorgevel van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor kozijn 2,4. Alle overige gevelopeningen hebben een U- waarde van 0,6 voor het glas en 0,86 voor het kozijnprofiel.

Tabel 13. RC- waarde van 3,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	170456	169356	168642
Dak	Vloer	Gevels	170456	163253	159672
Gevels	Vloer	Dak	170456	166505	164602

Tabel 14. RC- waarde van 5,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	159324	158264	157577
Dak	Vloer	Gevels	165416	158264	154706
Gevels	Vloer	Dak	162184	158264	156376

Tabel 15. RC- waarde van 7,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	153862	152822	152149
Dak	Vloer	Gevels	162813	155692	152149
Gevels	Vloer	Dak	157931	154030	152149

6.2.5 Installatieconcept 3.2 - Situatie 1

Uitgangspunten situatie 1: Alle gevelopeningen van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en kozijnprofiel 2,4.

Tabel 16. RC- waarde van 3,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	200040	198896	198154
Dak	Vloer	Gevels	200040	192745	189104
Gevels	Vloer	Dak	200040	196050	194122

In de bovenstaande tabel kan uit worden gemaakt dat door het verhogen van de RC- waarde van de gevels de meeste energie kan worden bespaard (groen).

Tabel 17. RC- waarde van 5,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	188762	187655	186937
Dak	Vloer	Gevels	194915	187655	184032
Gevels	Vloer	Dak	191927	187655	185736

In de bovenstaande tabel kan uit worden gemaakt dat de gevels het grootste invloed hebben op het energieverbruik. Het verhogen van de RC- waarde van de gevels bespaard de meeste energie (groen), terwijl het verlagen van de RC- waarde het negatiefste effect heeft.

Tabel 18. RC- waarde van 7,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m²·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	183211	182117	181412
Dak	Vloer	Gevels	192260	185021	181412
Gevels	Vloer	Dak	187289	183324	181412

In de bovenstaande tabel kan uit worden gemaakt dat door het verlagen van de RC- waarde van de gevels het energieverbruik het sterkst toeneemt (rood).

6.2.6 Installatieconcept 3.2 - Situatie 2

Uitgangspunten situatie 2: De gevelopeningen op de (beschermd) voorgevel van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor kozijn 2,4. Alle overige gevelopeningen hebben een U- waarde van 1,2 voor het glas en 1,2 voor het kozijnprofiel.

Tabel 19. RC- waarde van 3,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	180967	179980	179350
Dak	Vloer	Gevels	180967	173851	170313
Gevels	Vloer	Dak	180967	177033	175137

Tabel 20. RC- waarde van 5,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	169941	169008	168414
Dak	Vloer	Gevels	176063	169008	165503
Gevels	Vloer	Dak	172906	169008	167134

Tabel 21. RC- waarde van 7,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	164539	163636	163062
Dak	Vloer	Gevels	173554	166542	163062
Gevels	Vloer	Dak	168798	164924	163062

6.2.7 Installatieconcept 3.2 - Situatie 3

Uitgangspunten situatie 3: De gevelopeningen op de (beschermd) voorgevel van Huize Parklust worden voorzien van monumentenglas met een U- waarde van 1,9 en voor kozijn 2,4. Alle overige gevelopeningen hebben een U- waarde van 0,6 voor het glas en 0,86 voor het kozijnprofiel.

Tabel 22. RC- waarde van 3,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	169874	169012	168468
Dak	Vloer	Gevels	169874	162938	159502
Gevels	Vloer	Dak	169874	166009	164148

Tabel 23. RC- waarde van 5,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	159109	158317	157817
Dak	Vloer	Gevels	165164	158317	154926
Gevels	Vloer	Dak	162126	158317	156482

Tabel 24. RC- waarde van 7,0 [m²·K/W] voor bouwdeel 1 en 2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	153863	153106	152637
Dak	Vloer	Gevels	162784	155993	152637
Gevels	Vloer	Dak	158223	154451	152637

6.2.8 Bouwbesluit

In het bouwbesluit is de EPC en RC- waarden voor gebouwen per 1 januari 2015 aangescherpt. Nieuwbouw dient aan de EPC van 0,4 te voldoen. Daarbij dienen de volgende RC- waarden te worden behaald:

- RC- waarde dak: 6,0 m²·K/W
- RC- waarde gevel: 4,5 m²·K/W
- RC- waarde vloer: 3,5 m²·K/W

Deze regeling geldt niet voor monumenten. Echter is het uitgangspunt om de energievraag tot het minimum te beperken (stap 1 van Trias Energetica). Dit wordt onder anderen bereikt door goed thermisch te isoleren. Om te bepalen wat de invloed is van de RC- waarde op de EPC van Huize Parklust, nemen we verschillende uitgangspunten voor de RC- waarde (tabel 25 en 26). Er wordt een vaste U- waarde gehanteerd volgens situatie 3 (paragraaf 5.1.1).

Tabel 25. Energieverbruik en EPC- waarde bij installatieconcept 3.1

RC- waarde Gevel [m²K/W]	RC- waarde Dak [m²K/W]								
		3,0		4,5		6,0		8,0	
		Energie [MJ]	EPC	Energie [MJ]	EPC	Energie [MJ]	EPC	Energie [MJ]	EPC
	3,0	170456	0,63	166795	0,62	165151	0,61	163121	0,60
	4,5	164452	0,61	160813	0,60	159177	0,59	157167	0,58
	5,5	161462	0,60	158428	0,59	156795	0,58	154797	0,57
	7,0	159672	0,59	156048	0,58	154420	0,57	152431	0,57
		3,0		3,5		3,5		5,0	
	RC- waarde Vloer [m²K/W]								

Tabel 26. Energieverbruik en EPC- waarde bij installatieconcept 3.2

RC- waarde Vloer [m²K/W]	RC- waarde Dak [m²K/W]								
		3,0		4,5		6,0		8,0	
		Energie [MJ]	EPC	Energie [MJ]	EPC	Energie [MJ]	EPC	Energie [MJ]	EPC
	3,0	169874	0,63	166364	0,62	164760	0,61	162927	0,60
	4,5	164086	0,61	160616	0,60	159023	0,59	157232	0,58
	5,5	161789	0,60	158333	0,59	156747	0,58	154976	0,57
	7,0	159502	0,59	156062	0,58	154482	0,57	152729	0,57
		3,0		3,5		3,5		5,0	
	RC- waarde Vloer [m²K/W]								

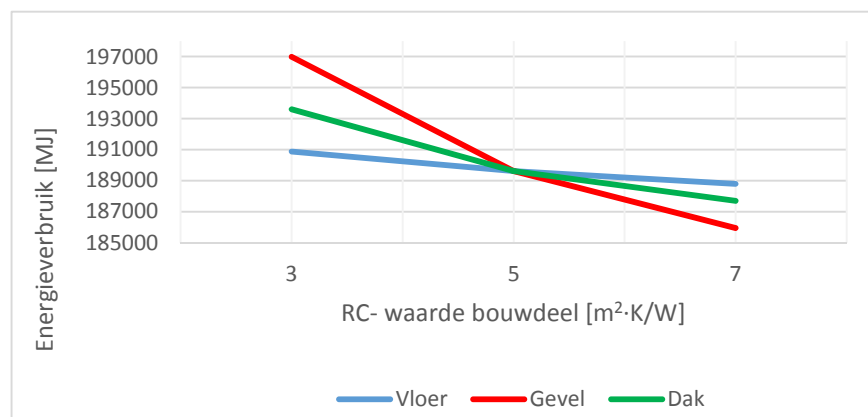
Uit de bovenstaande tabellen kunnen we opmaken dat de thermische isolatie (RC- waarde) van de schil een beperkte rol heeft in de EPC waarde. Het isoleren van gebouwen heeft als doel om het energieverbruik te verlagen. De hoeveelheid energie die kan worden bespaard door extra goed te isoleren is beperkt. De bouwbesluit eisen voor de thermische isolatie zijn goede uitgangspunten voor Huize Parklust.

6.2.9 Conclusie thermische schil

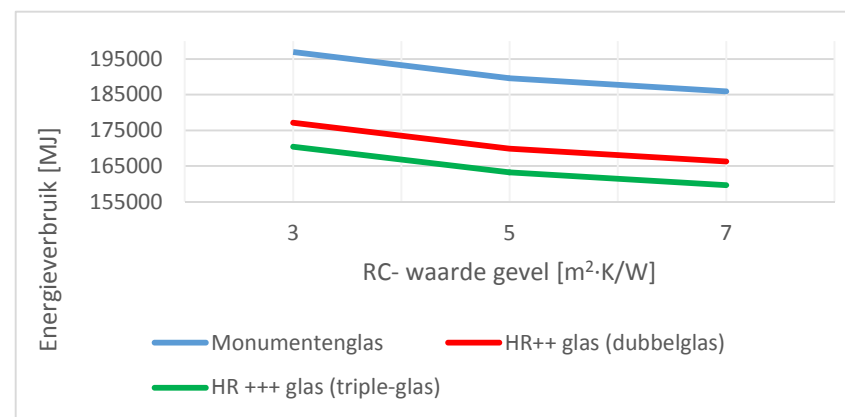
De RC- waarde van de gevels en U- waarde van ramen hebben een groter invloed op het totale energieverbruik dan het dak of vloer. In figuur 33 is dit weergegeven. Hierbij zijn de gegevens van installatieconcept 3.1 van situatie 1 gebruikt. De rode lijn geeft het energieverbruik van de gevel aan bij een RC- waarde van 3, 5 en 7.

Hoewel de RC- waarde van grote rol is, heeft de kwaliteit van de gevelopeningen eveneens een grote rol. In figuur 34 wordt voor het dak en vloer een RC- waarde van 5,0 aangenomen, de RC- waarde van gevel variabel is (3, 5 en 7).

Figuur 33. Invloed van bouwdelen in het totale energieverbruik



Figuur 34. Invloed van gevelopeningen in totale energieverbruik



Uit de bovenstaande figuur blijkt dat het toepassen van HR++ glas (U- waarde 1,2) ten opzichte van monumentenglas (U- waarde 0,6) zorgt voor een verlaging van 10% van het totale energieverbruik. De beste resultaten worden bereikt met HR+++ glas. Dit levert een besparing op van 4% van het totale energieverbruik ten op zichte van HR++ glas.

De bestaande (monumentale) kozijnen van Huize Parklust krijgen monumentaal glas met een U- waarde van 1,9. Alle overige nieuwe ramen krijgen triple glas (HR+++ glas). Op deze manier wordt het energieverbruik verminderd.

Bij de vergelijking van installatieconcept 3.1 en 3.2 komen we nog tot een andere bevinding. Naarmate de gevel beter wordt geïsoleerd (een hogere RC- waarde) in combinatie met betere isolerende beglazing, zal het verschil in energieverbruik tussen ventilatiesysteem C en D afnemen, in het voordeel van ventilatiesysteem C. Bij een lage isolatiewaarde voor de gevel en beglazing zal ventilatiesysteem D een lager energieverbruik hebben dan C. In tabel 27, 28 en 29 kunnen we dit resultaat zien. Hierbij is voor bouwdeel 1 en 2 de RC- waarde van 5,0 m²·K/W aangehouden.

Tabel 27. Verschil in energieverbruik bij situatie 1 tussen installatieconcept 3.1 en 3.2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	-2123	-1972	-1861
Dak	Vloer	Gevels	-2070	-1972	-1916
Gevels	Vloer	Dak	-1688	-1972	-1960

Tabel 28. Verschil in energieverbruik bij situatie 2 tussen installatieconcept 3.1 en 3.2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	-1095	-881	-728
Dak	Vloer	Gevels	-1087	-881	-771
Gevels	Vloer	Dak	-945	-881	-847

Tabel 29. Verschil in energieverbruik bij situatie 3 tussen installatieconcept 3.1 en 3.2

Bouwdeel 1	Bouwdeel 2	Bouwdeel 3 (Variabel)	Variabele RC- waarde [m ² ·K/W]		
			3,0	5,0	7,0
			Totale energieverbruik [MJ]		
Dak	Gevels	Vloer	-215	53	240
Dak	Vloer	Gevels	-262	53	220
Gevels	Vloer	Dak	-58	53	106

6.2.10 Zonwering

Bij monumentale gebouwen met een beschermde buitengevel is het toepassen van zonwering in sommige gevallen niet mogelijk. In dit deel bekijken we de invloed van zonwering bij Huize Parklust.

Uit het oorspronkelijke ontwerp heeft Huize Parklust enkel zonwering op de voorgevel in de vorm van persiënnes (Louvre luiken). Dit uiterlijk is beschermd, wat ten goede komt aan het monument.

Tabel 30. Invloed van zonwering op de voorgevel

	Oppervlakte Glas [m ²]	Zomercomfort [MJ]	Totaal [MJ]	EPC verlaging
Geen zonwering voorgevel	27,0	22876	164939	-
Zonwering voorgevel (ZO)	27,0	16477	158536	0,02

Door het handhaven van de oorspronkelijke uiterlijk (persiënnes op de voorgevel) wordt het energieverbruik voor koeling met 28% verminderd (tabel 30). Voor Huize Parklust wordt er geen verschil gemaakt tussen het toepassen van handmatig of automatisch te bedienen zonwering. De overweging tot het toepassen van automatische zonwering is gebaseerd op gebruiksgemak en comfort.

In tabel 30 is een overzicht gemaakt van de invloed van zonwering op de overige gevels van Huize Parklust. Als uitgangspunt is de voorgevel voorzien van zonwering, omdat dit een beschermd gezicht vormt van het monument. Verder is de glasoppervlakte op de linker- en achtergevel die door de veranda wordt beschaduwde (belemmerd) niet in berekening meegenomen. Hier komen we later op terug.

Tabel 31. Invloed van zonwering op de gevels van Huize Parklust

	Oppervlakte Glas [m ²]	Zomercomfort [MJ]	Totaal [MJ]	EPC verlaging
Zonwering voorgevel (ZO)	27,0	16477	158536	-
Rechtergevel (NO)	13,0	15562	157622	0,00
Linkergevel (ZW)	20,3	12415	154475	0,02
Achtergevel (NW)	23,6	14839	156898	0,01

Uit de bovenstaande tabel kunnen we uitmaken dat het toepassen van zonwering op de rechter- en achtergevel weinig invloed hebben op het zomercomfort. Wel is de linkergevel interessant. Door het toepassen van zonwering kan er 25% aan energie worden bespaard. Dit komt omdat de zuidwest gevel de meeste zonne-energie opvangt (figuur 20).

6.2.11 Conclusies

Het toepassen van zonwering verbeterd het zomercomfort van Huize Parklust. De voorgevel heeft van oorsprong al zonwering die het energieverbruik met 28% verlaagd. Om het zomercomfort verder te verbeteren zal er ook op de linkergevel zonwering worden toegepast. Hiermee wordt het energieverbruik met 25% extra verminderd.

Er is gekozen om zowel bij de voor- als linkergevel automatische zonwering toe te passen. Hierdoor zal het gebruik en comfort voor de gebruikers worden verbeterd. De kans op oververhitting in de zomer is hierdoor kleiner, alhoewel dit niet in de EPC terug te herleiden is.

6.3 Stap 2 - Duurzame energie

Bij stap 2 van de Nieuwe stappenstrategie draait het om het toepassen van duurzame energie en bestaat uit twee onderdelen.

2a. Gebruik energie uit reststromen

We gaan na wat het invloed is van verschillende warmteterugwinningssystemen. Wederom maken we gebruik van de installatieconcepten 3.1 en 3.2 in combinatie met ventilatiesystemen C en D met de uitgangspunten in paragraaf 5.1. De volgende vormen reststromen zijn mogelijk bij Huize Parklust:

1. Warmteterugwinning uit afvoerlucht
2. Douchewater WTW
3. Pelletkachel

2b. Gebruik duurzame energiebronnen

Bij Huize Parklust kunnen de volgende duurzame energiebronnen worden toegepast:

4. Zonnepanelen
5. Zonneboiler

Het toepassen van zonnepanelen of zonneboiler is mogelijk waar de monumentale waarden niet worden aangetast.

6.3.1 Warmteterugwinning uit afvoerlucht

Het terugwinnen van warmte uit afvoerventilatielucht is enkel van toepassing bij ventilatiesysteem D. Bij ventilatiesysteem C wordt de ventilatielucht onverwarmd de ruimte toegevoerd.

Om te bepalen op welke manier de meeste warmte bespaard kan worden vergelijken we twee situaties:

1. Verschil in energieverbruik tussen ventilatiesysteem C en D
2. Verschil in energieverbruik van ventilatiesysteem D met en zonder WTW

Het verschil in energieverbruik tussen ventilatiesysteem C en D kunnen we uit tabel 5 halen (paragraaf 5.2). Door het toepassen van ventilatiesysteem D wordt er energie bespaard op verwarming. Dit komt omdat bij ventilatiesysteem C koude lucht (in de meeste gevallen direct) aan het vertrek binnenstroomt. Het koude lucht mengt zich vervolgens de warme lucht. Dit gaat ten kostte van het comfort, als gevolg van koudeval.

In de onderstaande tabel zijn verschillende uitvoeringen van ventilatiesysteem D opgenomen.

Tabel 32. Verschillende toepassingen van ventilatiesysteem D

Techniek	Aanvullend	Verwarming [MJ]	Zomer comfort [MJ]	Ventilatoren [MJ]	Energie verbruik [MJ]	EPC- verlaging
Zonder WTW	-	110772	13985	33738	193484	-
Met WTW	-	72892	16090	33738	174692	0,13
	CO ₂ sturing	74093	16025	32051	174141	0,13
	Tijdsturing	73800	16063	30362	172199	0,14
	Tijdsturing (meerdere zones)	71016	16306	26991	166287	0,16
	CO ₂ sturing (meerdere zones)	69845	16477	20243	158536	0,19

Uit tabel 32 kunnen we uithalen dat ventilatiesysteem D die door CO₂ sensoren wordt aangestuurd vanuit verschillende vertrekken, het beste energetische resultaat oplevert. Door het terugwinnen van warmte uit afvoerlucht kan er 34% van de energie worden bespaard. Met CO₂ sturing in meerdere vertrekken wordt nog extra bespaard op verwarming en energieverbruik van de ventilatoren. Dit komt omdat de ventilatoren uitsluitend werken wanneer er behoefte is aan luchtverversing.

6.3.2 Douchewater WTW

Warmte terugwinnen uit douchewater is een optie bij Huize Parklust. Het terugwinnen van warmte uit afvoerwater kan op verschillende manieren (tabel 33). Het ventilatiesysteem (C of D) heeft geen invloed op de uitkomsten. Hierdoor geldt de waarden voor beiden installatieconcepten.

Tabel 33. Invloed van een douche WTW

Optie	Techniek	Warm tapwater (zonder douche WTW) [MJ]	Warm tapwater (met douche WTW) [MJ]	Energiebesparing [MJ]	EPC- verlaging
1	Douchebak	28840	20454	8386	0,03
2	Douchegoot	28840	22551	6289	0,02
3	Douchepijp	28840	21153	7687	0,03

Een douchebak zorgt voor de grootste energiebesparing bij Huize Parklust. Door het terugwinnen van warmte uit afvoerwater kan er 29% van het totale energieverbruik worden bespaard.

6.3.3 Pelletkachel

Reststromen bestaat voor ons niet alleen uit hergebruiken van warmte. Het toepassen van een pelletkachel behoort volgens ons strategie ook tot stap 2a van de Nieuwe Stappenstrategie. Een pelletkachel kan Huize Parklust voorzien van warmte voor verwarming en warm tapwater door middel van pellets, hakhout en houtsnippers. De houtpellets worden gemaakt uit snoeihout, zaagsel en overige soorten houtresten die (vaak) van houtverwerkingsbedrijven komen. Hierdoor hoeven er geen bomen te

worden gekapt en wordt restmateriaal, die in de meeste gevallen wordt verbrand, optimaal benut als grondstof. Hierbij komen we bij de gedachte die bij Cradle to Cradle wordt gehanteerd ‘*Waste equals food*’ (William McDonough en Michael Braungart, 2012) ‘Afval is voedsel’.

6.3.4 Zonnepanelen

De invloed van zonnepanelen de EPC waarde van Huize Parklust is terug te vinden in ons literatuurstudie. (Bijlage 6 – Literatuurstudie, 2.4.2).

6.3.5 Zonneboiler

Een zonneboiler wordt toegepast om water voor te verwarmen die bestemd is voor tapwater. De ventilatiesystemen C of D hebben geen invloed op de uitkomsten. Voor de berekeningen maken we gebruik van de volgende zonneboiler:

Tabel 34. Type zonneboiler

Fabrikant	ATAG
Type	CB Solar II
Oppervlakte	7,5 m ²
Breedte [mm]	3549 mm
Lengte [mm]	2119 mm
Oriëntatie	Zuidoost
Hellingshoek	45°

Tabel 35. Invloed van een zonneboiler

Warm tapwater (zonder boiler) [MJ]	Warm tapwater(met zonneboiler) [MJ]	Energiebesparing [MJ]	EPC- verlaging
28840	12975	15865	0,06

Het toepassen van een zonneboiler bij Huize Parklust conform de gegevens uit tabel 34 geeft een verlaging van het energieverbruik met 59%. Hierdoor is het toepassen van een zonneboiler een zeer goede overweging om het energieverbruik van Huize Parklust te verlagen. De vraag die we nu kunnen stellen is: wat is het invloed op het energieverbruik wanneer zowel een douche WTW als een zonneboiler wordt toegepast? Tabel 36 geeft antwoord op deze vraag. Bij de berekening is er gebruikgemaakt van de douchebak uit tabel 33. De energiebesparing van enkel een douchebak bedroeg 8386 MJ.

Tabel 36. Invloed van een zonneboiler en douche WTW

Warm tapwater (zonder boiler en douche WTW) [MJ]	Warm tapwater (met zonneboiler en douche WTW) [MJ]	Energiebesparing [MJ]	EPC- verlaging
28840	7712	21128	0,06

Op basis van deze gegevens kunnen we concluderen dat het treffen van beide maatregelen ten kostte gaat van het totale rendement. Een zonneboiler in combinatie met een douche WTW zorgt voor een extra energieverlaging van 5263 MJ ten opzichte van enkel een zonneboiler. Dit is 37% minder dan wanneer enkel de douche WTW wordt toegepast. Hierdoor zal bij Huize Parklust geen douche WTW worden toegepast, maar enkel een zonneboiler.

6.4 Definitieve installatie

Een pelletkachel voorziet Huize Parklust van verwarming en warm tapwater. Op de begane grond en verdieping wordt vloerverwarming toegepast. De zolder wordt voorzien van radiatoren. Vloerverwarming heeft de beste temperatuurgradiënt uit onze vergelijking en zorgt tevens voor een gelijkmatige temperatuurspreiding. Bovendien is lage temperatuur verwarming (LTV) mogelijk waardoor er minder energie wordt verbruikt.

Om de energievraag van de pelletkachel te verminderen voor warm tapwater wordt een zonneboiler toegepast. De zonnecollectoren worden op het dak gemonteerd onder een ideale hoek van 45° naar het zuiden gericht. De zonneboiler is voorzien van een opslagvat van 300 liter, die nodig is voor Huize Parklust vanwege haar omvang.

Om comfort in de wintermaanden te garanderen is er voor het ventilatiesysteem D gekozen. Warme afvoerlucht wordt gebruikt om (koude) toevoerlucht voor te verwarmen. Hiermee wordt koudeval in de ruimten voorkomen. Daarnaast wordt er energie bespaard, omdat er minder warmte naar buiten lekt door de dichte schil. Het ventilatiesysteem wordt voorzien van een bypass met een bijdrage van 100%. Hierdoor wordt ook het comfort in de zomer verbeterd. In de verblijfsruimten worden er CO₂ sensoren geïnstalleerd, waardoor er vraaggestuurd wordt geventileerd. Op deze manier wordt het energieverbruik van de ventilatoren tot het maximum beperkt, terwijl het comfort in de ruimten gewaarborgd blijft.

De voor- en linkergevel worden voorzien van persiennes (Louvre luiken). Op deze manier wordt het zomercomfort verbeterd en worden de monumentale waarden van de gevels niet aangetast. De persiennes worden automatisch (met behulp van sensoren) gestuurd. Handmatige bediening is van binnenuit mogelijk om de beïnvloedbaarheid van de bewoners niet in de weg te staan.

7 Pelletkachel

7.1 Keuze pelletkachel

7.1.1 Benodigde vermogen (kW)

Het benodigde vermogen van de pelletkachel is bepaald aan de hand van een warmtelastberekening (zie: Bijlage 5A – Warmtelastberekening). Het totaal vermogen bedraagt 17929 Watt (18kW). Dit is een berekende waarde die overschreden kan worden in de praktijk. Om te voorkomen dat de kachel in (uitzonderlijke situaties) onvoldoende warmte kan leveren wordt een veiligheidsmarge van 20% bovenop het benodigde vermogen gehanteerd. Hierdoor dient de pelletkachel minimaal een vermogen van 21,6 kW te kunnen leveren.

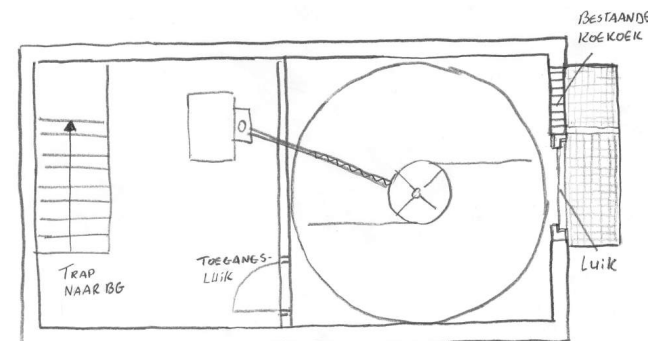
7.1.2 Installatieruimte

Huize Parklust heeft een grote terreinoppervlakte. Echter is er gekozen om deze te behouden en de installatie in het gebouw te ontwerpen. Bovendien wordt er op deze manier minimaal aan energie via leidingen verloren. De pelletkachel zal in de kelder worden geïnstalleerd. Door de compacte afmetingen en demontabele onderdelen kan deze door het trapgat naar de kelder worden gehesen.

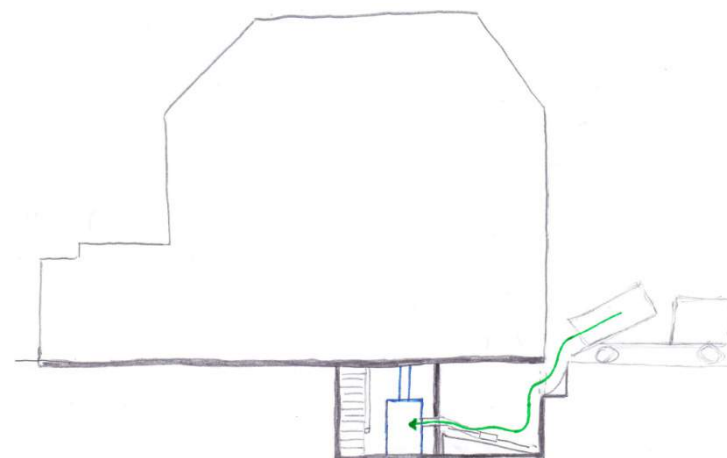
De kelder heeft een vloeroppervlakte van 30 m². Vanwege de trap en benodigde breedte van de pelletkachel blijft er een oppervlakte van 15 m² over voor de opslag van pellets. De kelder wordt in twee ruimtes verdeeld (figuur 35), één ruimte voor de pelletkachel en één voor opslag. De ruimtes worden gescheiden door een gipswand. Voor de installatie dient er een doorvoer van 600 x 600 mm te worden gemaakt.

In het oorspronkelijke ontwerp van Huize Parklust is een koekoek in de kelder aanwezig. Door de koekoek in te korten en een luik aan te brengen kunnen de pellets van buiten naar binnen (met behulp van een slang) worden gevoerd. De koekoek is gelegen aan de rechtergevel en hierdoor goed bereikbaar vanaf de inrit.

In de opslagruimte wordt op de vloer een roerwerk en aanvoervijzel aangebracht. Door rond te draaien worden de pellets naar de aanvoerkanaal geleid. Op deze manier worden de pellets in de pelletkachel toegevoerd. De pelletkachel is voorzien van een sensor die de toevoer van de pellets regelt. De opslagruimte is te betreden door een luik in de wand met de afmetingen 800 bij 1200 mm.



Figuur 35. Schets van kelder



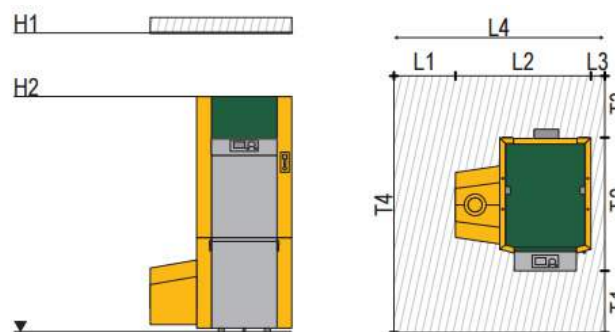
Figuur 36. Transport van pellets

7.1.3 Type pelletkachel

Er is gekozen voor het type KWB Easyfire pelletkachel EF2 S met een vermogen van 22 kW. Hiermee voldoet deze aan de benodigde vermogen met de gehanteerde toeslag. Door de zeer compacte vorm en kleine afmetingen is deze bij Huize Parklust toe te passen. Verder heeft de pelletkachel een rendement van 92,4%.

Tabel. 37 Afmetingen KWB Easyfire pelletkachel EF2 S

Code	[mm]
H1	195
H2	146
L1	40
L2	88
L3	10
L4	138
T1	40
T2	93
T3	40
T4	167



Figuur 37. Indeling van de kelder

7.1.4 Hoeveelheid benodigde pellets

Huize Parklust heeft een energieverbruik van 85.379 MJ voor verwarming en warm tapwater per jaar. De verbrandingswaarde van pellets is 16,8 MJ/ kg (figuur 38). Dit betekent dat er 5082 kg aan pellets nodig is per jaar om Huize Parklust van haar behoefte te voorzien.

De dichtheid van pellets bedraagt 650 kg/ m³. Hieruit volgt dat er ongeveer 8 m³ nodig aan pellets per jaar. Wanneer we ervan uit gaan dat de ruimte tot 1 meter boven de vloer wordt gevuld, kan de opslagcapaciteit worden berekend. Deze bedraagt 15 m³. Echter dient er nagegaan te worden of de vloer voldoende sterkte heeft om de belasting van de pellets te dragen. De berekening is te vinden in bijlage 5E – EPG berekening, Hoeveelheid pellets.

FUEL TYPE	MOISTURE CONTENT	HEATING VALUE
Green Wood	50%	9.5 MJ/kg
Seasoned Wood	20%	15.5 MJ/kg
Dry Sawdust	13%	16.2 MJ/kg
Wood Pellets	10%	16.8 MJ/kg
Dry Wood (Non-resinous)	0%	19.0 MJ/kg
Dry Wood (Resinous)	0%	22.5 MJ/kg
Dry Stemwood	0%	19.1 MJ/kg
Dry Bark	0%	19.6 MJ/kg
Dry Branches	0%	20.1 MJ/kg
Dry Needles	0%	20.4 MJ/kg

Figuur 38. Verwarmingswaarde van verschillende houtsoorten

7.2 Bouwkundige aspecten

7.2.1 Thermische isolatie

In de winter heeft de kelder een temperatuur van ongeveer 8 tot 10 graden. Bovendien wordt bij Huize Parklust vloerverwarming toegepast. Hierdoor zal er ook warmte naar de kelder ontsnappen, waardoor deze opgewarmd wordt. De kans op vorst is bij Huize Parklust nihil.

7.2.2 Ventilatie

De benodigde ventilatieopening van de ruimte dient minimaal 400 cm² te zijn, conform de leveranciersspecificaties. In de bestaande situatie heeft de kelder een koekoek die voor ventilatie zorgt. Daarnaast zal er extra ventilatievoorzieningen worden getroffen met behulp van een nieuwe koekoek aan de achtergevel en luik. Een detail hiervan in te vinden in Bijlage 4D – Bouwtechnisch tekenwerk, DT-13 en PT-KL.

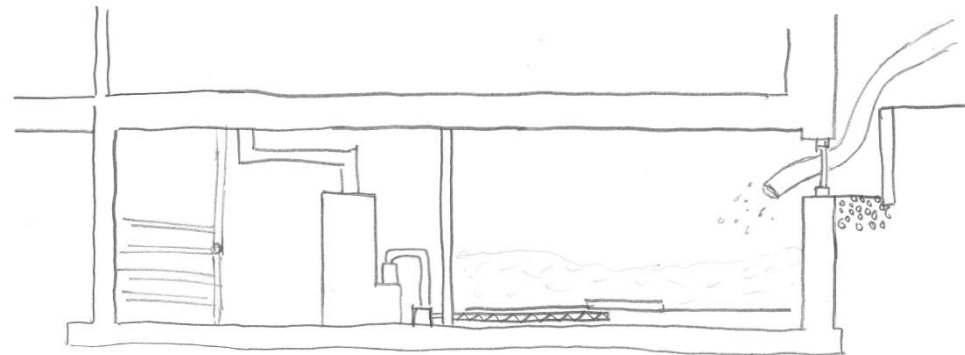
Ventilatie is erg belangrijk, omdat droge pellets beter kunnen branden en dus meer energie leveren. Om te voorkomen dat de pellets een hoge vochtigheid hebben dient er goed geventileerd te worden. Bovendien is ventilatie nodig om de warmte van de pelletkachel te kunnen afvoeren.

7.2.3 Rookgasafvoer

De rookgas van de pelletkachel wordt individueel afgevoerd. Deze loopt via een schacht naar de zolder, en wordt direct naar buiten afgevoerd. De diameter van de rookgasafvoer is 130 mm en voldoet hiermee aan de leveranciersspecificaties.

7.2.4 Grondwater

Huize Parklust heeft een betonnen bodemafsluiting van 50 mm. Hierdoor zal opstijgend grondwater niet tot problemen kunnen leiden.



Figuur 39. Doorsnede pelletkachel

8 Ventilatiesysteem D

Uit de verschillende berekeningen heeft ventilatiesysteem D de voorkeur gekregen boven ventilatiesysteem C bij Huize Parklust.

8.1 Luchtverversing

Om het comfort te verhogen zal er meer worden geventileerd in de verblijfsruimten van Huize Parklust. In het Bouwbesluit is opgenomen dat de minimale luchtverversing minimaal 0,7 dm³/s per m² vloeroppervlakte dient te zijn, met een minimum van 7 dm³/s. Echter wordt er een luchtverversing van 1,0 dm³/s per m² vloeroppervlakte gehanteerd. Waardoor er ruimschoots aan deze voorwaarde wordt voldaan. Ventileren is belangrijk en voorkomt schade aan het monument en gezondheidsproblemen. Door goed te ventileren willen we dit voorkomen. In de toiletten en badruimten wordt er aan de minimale luchtverversing voldaan, van 7 dm³/s en 14 dm³/s. Verder is er een spa op de tweede verdieping aanwezig. Om te voorkomen dat de constructie erboven te vochtig wordt, is er een ventilatievoud van 3x/h aangehouden. Meer informatie en details over de luchtverversing van Huize Parklust is te vinden in Bijlage 5B – Luchtverversing.

8.2 Installatiekeuze

De totaal luchtverversing van Huize Parklust is 345,07 dm³/s. De benodigde ventilatie wordt geregeld door de warmteterugwin-unit Zehnder WHR 950 geleverd. Dit toestel heeft een capaciteit van 450 dm³/s en voldoet hiermee aan de benodigde ventilatiehoeveelheid. Op de tweede verdieping is een installatieruimte ontworpen.

8.3 Luchtkanalen

Er zijn twee soorten luchtkanalen: rond en rechthoek. Om te bepalen welke type luchtkanalen bij Huize Parklust toegepast kunnen worden dienen de afmetingen te worden berekend. De afmetingen van het luchtkanaal is afhankelijk van de ventilatiehoeveelheid van de verblijfsruimte. In Bijlage 5C – Luchtsnelheid en kanalen. Om geluidsoverlast en tochtverschijnselen te voorkomen wordt een luchtsnelheid van 1 m/s gehanteerd. Omdat dit een relatief lage luchtsnelheid is worden de luchtkanalen groter. Een extra maatregel die genomen kan worden is het toepassen van geluidsdempers, echter gaan we hier niet verder op in. Hierdoor zijn ronde luchtkanalen niet toepasbaar bij Huize Parklust. De kanalen kunnen niet in het zicht worden geplaatst, omdat dit ten kostte gaat van de monumentale waarden. Daarnaast is de ruimte in de plafondhangers onvoldoende. Een andere optie is de luchtkanalen door de houten balken voeren. Echter kan dit het evenwicht van de constructie verstoren en tot problemen leiden. Hierdoor is er gekozen om rechthoekige kanalen toe te passen met een hoogte van 50 mm die in de plafondhangers worden weggewerkt. De breedte varieert tussen 100 en 400 mm. Het verticale transport van luchtkanalen verloopt via verlaagde plafonds in toilet en badruimten. De hoofd luchtkanalen van de tweede verdieping lopen boven de vloering langs naar de ruimten en schachten. Deze luchtkanalen dienen geïsoleerd te worden om de warmteverliezen te beperken.

De ventilatietekeningen zijn te vinden in Bijlage 5D – Installatietekeningen, INST-00 t/m 03.



Figuur 40. Ronde luchtkanaal



Figuur 41. Rechthoekig luchtkanaal

9 Gebruikersgebonden energieverbruik

Huize Parklust zal bewoond worden door een gezin van 5 personen. Het gezin bestaat uit 2 ouders en 3 schoolgaande kinderen.

De heer van het gezin werkt 5 dagen van de week buiten huis. De dame is 3 dagen van de week aan het werk. De drie kinderen gaan allemaal 5 dagen in de week naar school. De oudste zit op de middelbare school, de jongste twee gaan naar de basisschool. De hele week is er iemand gedurende de dagdeel aanwezig die het huishouden verzorgt.

Om de gebruikersgebonden energieverbruik zo goed mogelijk te kunnen bepalen hebben we een interview gehad met de toekomstige bewoners van Huize Parklust. Aan de hand van onze lijst met huishoudelijke apparaten hebben we vastgesteld hoe vaak ieder apparaat wordt gebruikt. De bewoners van Huize Parklust hebben aangegeven hoe vaak ze gemiddeld gebruik maken, of gebruik denken te maken van apparaten.

Een huishouden van 5 personen heeft een energieverbruik van ongeveer 5.292 kWh⁴. Aan de hand van de interview zijn we op een totale gebruikersgebonden energieverbruik van totaal 5.415 kWh per jaar gekomen voor Huize Parklust. Dit is exclusief het overige kleine apparaat. Het energieverbruik van overige apparaat bedraagt ongeveer 11,3%⁵ van het totale energieverbruik. In totaal bedraagt het totale gebruikersgebonden energieverbruik *6.027 kWh per jaar*. Dit is 13% hoger dan een gemiddeld gezin van 5 personen in Nederland. In Bijlage 5E – EPG berekeningen is de exacte berekening van het gebruikersgebonden energieverbruik te vinden.

⁴ Bron: <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>

⁵ Bron: <http://www.solarwebsite.nl/2013/01/analyse-energieverbruik-2012/>

10 Zonne-energie bij Huize Parklust

Er zijn verschillende mogelijkheden om op het terrein van Huize Parklust duurzaam energie op te wekken. De mogelijkheden die bij Huize Parklust worden toegepast zijn hieronder opgesomd.

- Zonneboiler (warm tapwater)
- Zonnepanelen op het dak
- De persiënnes voorzien van zonnecellen
- Zonnepanelen schutting
- Zonnepanelen carport
- Tuinverlichting
- Tuindecoratie

Er wordt gebruikt van monokristallijne zonnepanelen. Door de beperkte beschikbare oppervlakte bij Huize Parklust is het niet mogelijk om de koper-indium/ gallium-diselenide zonnepaneel. Uit ons literatuurstudie blijkt dat dit type zonnepaneel het duurzaamste is. Uit berekeningen volgt dat er een oppervlakte van 132,1 m² aan koper-indium/ gallium-diselenide zonnepanelen nodig zijn om Huize Parklust energie-nul te maken. Bij monokristallijne zonnepanelen is dit 'slechts' 89,6 m².

10.1 Zonneboiler

Een zonneboiler bestaat uit een zonne- collector, opslagvat, pomp en een elektrische regeling met temperatuursensoren. De collector wordt op het dak geplaatst net als een zonnepaneel. De zonne-energie wordt opgevangen en omgezet in warmte. Door de zonnecollector stroomt een vloeistof die warm wordt. Een pomp zorgt ervoor dat het vloeistof naar het opslagvat. De warmte wordt vervolgens afgestaan aan het water in het opslagvat. Wanneer het vloeistof afgekoeld is, zal de pomp deze weer naar de zonne- collector pompen. Een zonneboilersysteem kan niet altijd aan de warmwater behoefte voldoen. Bij Huize Parklust wordt de zonneboiler ondersteund door een pelletkachel. Deze zal het water naar 60 °C brengen. In paragraaf 6.3.5 (tabel 35) is de invloed van de zonneboiler bepaald aan de hand van berekeningen.

10.2 Zonnepanelen op het dak

Het platte deel van het dak van Huize Parklust heeft in totaal een oppervlakte 46,8 m². Echter kan dit oppervlakte niet helemaal worden opgevuld met zonnepanelen. Op het dak komen naast zonnepanelen ook zonne- collectoren. Daarnaast is er loopruimte aangehouden voor onderhoud. Verder is er rekening gehouden met mogelijke beschaduwing van dakdoorvoeren en het tuitstuk. Uiteindelijk blijft er een dakoppervlakte van 24,4 m² over die benut kan worden voor zonnepanelen. Hierbij maken we een onderscheid tussen zonnepanelen onder een hellingshoek van 36° en 0°.



Figuur 42. Zonneboiler

Het grootste deel van de zonnepanelen wordt onder een hellingshoek van 0° geplaatst. Om te voorkomen dat het rendement van de zonnepanelen afnemen, zullen de zonnepanelen niet direct tegen het dak worden gemonteerd. Er wordt een luchtspouw gecreëerd tussen het zonnepaneel en het dak door middel van een hulpconstructie. Hierdoor kunnen de zonnepanelen goed ventileren. De zonnepanelen onder een hoek van 36° worden sterk geventileerd.

Tabel 38. Energieopwekking plat dak

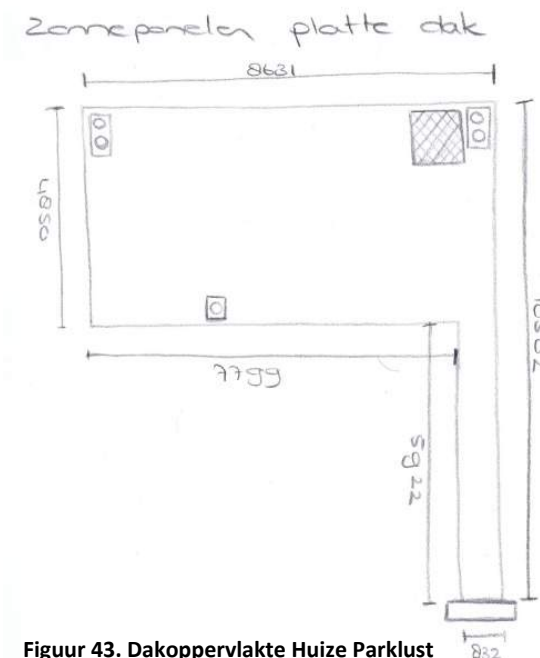
Zonnepanelen (0°)		
Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totaal oppervlakte	22,03	m ²
Energieproductie	3163,16	kWh
Zonnepanelen (36°)		
Wattpiek vermogen	175,00	W/ m ²
Totaal oppervlakte	2,35	m ²
Energieproductie	368,16	kWh

Het totale energieopwekking met zonnepanelen op het platte dak bedraagt 3531 kWh.

10.3 Persiennes

Huize Parklust heeft persiennes als zonwering. Dit zijn Louvre luiken (lamellen). Door het integreren van zonnecellen op de lamellen kan er energie worden opgewekt. Door de zonnecellen parallel te schakelen wordt er voorkomen dat het gehele systeem buiten werking treedt wanneer er één zonnecel stuk gaat.

In totaal heeft Huize Parklust 12 persiennes op de voorgevel. Ieder persienne heeft 48 lamellen (afbeelding 5). De afmetingen van de lamellen worden in tabel 38 benoemd. De luiken hebben een hellingshoek van 45°. Door hun opbouw kunnen de zonnecellen goed worden geventileerd.



Figuur 43. Dakoppervlakte Huize Parklust

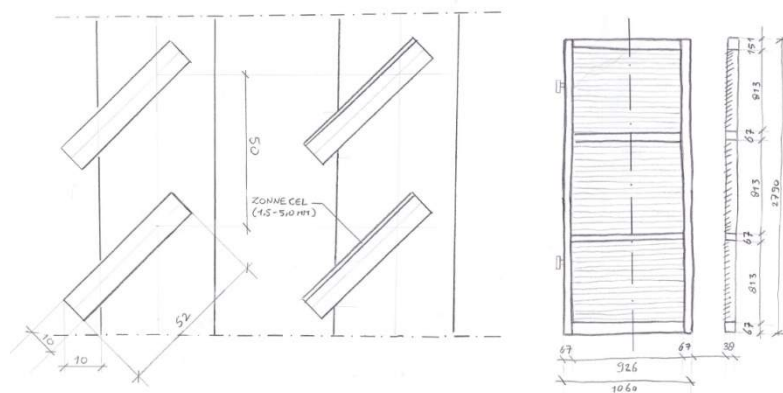
Tabel 39. Afmetingen en oppervlaktes van lamellen

Nr.	Aantal lamellen	Breedte [mm]	Lengte [mm]	Dikte [mm]	Oppervlakte [m ²]
1	96	926	52	10	4,6
2	192	641	52	10	6,4
3	96	926	52	10	4,6
4	192	641	52	10	6,4
Totaal	576				22,0

Tabel 40. Energieopwekking persiennes

Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totaal oppervlakte	20,56	m ²
Energieproductie	3124,75	kWh

De persiennes hebben een belangrijk aandeel in zowel zomercomfort als energieopwekking. De zonnecellen op de luiken wekken in totaal 3124,75 kWh aan energie op.



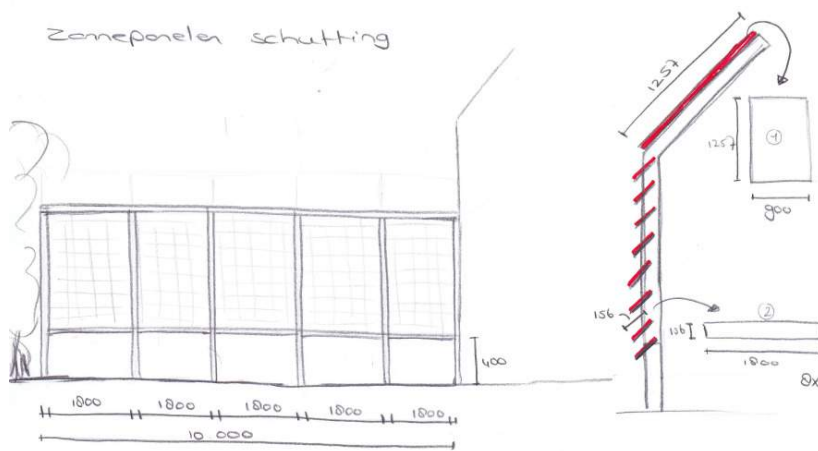
Figuur 43. Persiennes met zonnecellen



Figuur 44. Persiennes op de voorgevel

10.4 Schutting

Aan de linkergevel van Huize Parklust komt een schutting. Deze schutting wordt van zonnepanelen voorzien onder een hellingshoek van 36°. Tussen de zonnepanelen wordt een ruimte aangehouden om beschaduwing te voorkomen en ventilatie toe te staan. De schutting met de afmetingen van 10,0 bij 2,5 meter is goed voor 22 m² aan zonnecellen.



Figuur 45. Zonnepanelen schutting

Tabel 41. Energieopwekking zonnepanelen schutting

Wattpiek vermogen	177,00	W/ m²
Totaal oppervlakte	22,03	m²
Energieproductie	3498,66	kWh

Het totale energieopwekking met de zonnepanelen schutting bedraagt 3498,66 kWh.

10.5 Carport met zonnepanelen

In de voortuin zal er een carport komen voor één auto. Het dak van de carport zal uit zonnepanelen bestaan die onder een hoek van 36° worden geplaatst. Ook hier kunnen de zonnepanelen goed geventileerd worden.

Tabel 42. Energieopwekking zonnepanelen carport

Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totaal oppervlakte	19,93	m ²
Energieproductie	3498,66	kWh

Er kan in totaal 3499 kWh aan elektriciteit worden opgewekt met de zonnepanelen op de carport.

www.brandsmabouwadvies.nl

10.6 Tuinverlichting

De benodigde energie voor de tuinverlichting kan ter plekke worden gewonnen. Gedurende de dag zullen de zonnecellen zonne-energie omzetten in elektriciteit. Deze wordt 's avonds gebruikt voor de buitenverlichting. Iedere eenheid dient voorzien te worden van een accu om de energie tijdelijk op te kunnen slaan.

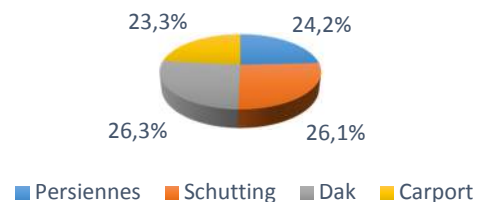
10.7 Totale energieopwekking

De totale energieopwekking van Huize Parklust bedraagt door de eerder genoemde maatregelen **13.284 kWh**. In Figuur 47 is de verdeling van de energieopwekking weergegeven. Een uitgebreide uitwerking van deze gegevens is te vinden in Bijlage 5E – EPG berekening.



Figuur 46. Carport met zonnepanelen

Aandeel in energieopwekking



Figuur 47. Energieopwekking

11 Energie-nul Huize Parklust

De Nieuwe Stappenstrategie is leidend geweest bij het energie-nul maken van Huize Parklust. Allereerst was het uitgangspunt om de energievraag tot het minimum te beperken. Dit is gedaan door goed te isoleren volgens de nieuwe Bouwbesluiten voor nieuwbouw. Daarnaast is er hoogwaardig beglazing toegepast in de nieuwe ramen. De monumentale voorgevel, waar de bestaande kozijnen behouden zijn gebleven, is voorzien van monumentenglas van zeer goede isolerende eigenschappen.

Vervolgens is er begonnen met het ontwerpen van het installatieconcept. Na een vergelijking tussen verschillende concepten is er gekozen voor een pelletkachel met ventilatiesysteem D. Een pelletkachel zorgde ervoor dat er minder elektriciteit opgewekt hoefde te worden, omdat hout een duurzaam en hernieuwbaar materiaal is. Bovendien worden pellets gemaakt van afvalhout, waardoor we op deze manier optimaal gebruik maken van reststromen. Er is een installatieruimte van volgende omvang gecreëerd in de kelder. Hierdoor hoeft er maar twee keer per jaar pellets te worden getransporteerd om Huize Parklust van haar energiebehoefte te voorzien.

Om het energieverbruik nog verder te verlagen is er gekozen voor ventilatiesysteem D. De combinatie tussen goed isoleren en dit ventilatiesysteem gaan goed samen. Dit komt omdat koude buitenlucht niet direct in contact komen met warme binnenlucht. De koude buitenlucht wordt door middel van een warmteterugwinningssysteem voorverwarmd. Samen met de pelletkachel maken we optimaal gebruik van de reststromen die er bij Huize Parklust zijn.

De laatste stap bestond uit het opwekken van de duurzame energie om de gebruikers- en gebouwgebonden energieverbruik te compenseren. Er is een zonneboiler toegepast die verantwoordelijk is voor een groot deel van het warm tapwater productie. Daarnaast is er op verschillende manieren energie kunnen opwekt met behulp van zonnepanelen. Het totale gebruikers- en gebouwgebonden energieverbruik wordt op deze manier gecompenseerd. Hierdoor is Huize Parklust een energieneutraal monument geworden.

Bijlagen

- 5A – Warmtelast berekening
- 5B – Luchtverversing
- 5C – Luchtsnelheid en kanalen
- 5D – Installatietekeningen
- 5E – EPC berekening

Bronvermelding

- Milieucentraal. (z.d.). *Houtkachel pelletkachel en gaskachel*. Geraadpleegd op 10 mei 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/houtkachel-pelletkachel-en-gaskachel/>
- Milieucentraal. (z.d.). *Balansventilatie*. Geraadpleegd op 10 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/ventileren/balansventilatie/>
- Milieucentraal. (z.d.). *Mechanische afvoer*. Geraadpleegd op 10 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/ventileren/mechanische-afvoer/>
- Milieucentraal. (z.d.). *Natuurlijke ventilatie*. Geraadpleegd op 10 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/ventileren/natuurlijke-ventilatie/>
- Milieucentraal. (z.d.). *Warmtepomp combi- en hybridewarmtepomp*. Geraadpleegd op 10 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/warmtepomp-combi-en-hybridewarmtepomp/>
- Duurzaam thuis. (z.d.). *Pelletkachel*. Geraadpleegd op 10 mei 2015, van <http://www.duurzaamthuis.nl/energie/verwarming/pelletkachel>
- Atechpro. (z.d.). *Biomassa en milieu*. Geraadpleegd op 10 mei 2015, van <http://atechpro.nl/biomassa-en-milieu>
- Viento. (z.d.). *Balansventilatie*. Geraadpleegd op 10 mei 2015, van <http://www.viento.be/balansventilatie.htm>
- Nibe. (z.d.). *Verticale bodemcollector*. Geraadpleegd op 11 april 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/Waterwater-warmtepompen/Verticale-bodemcollector/>
- Nibe. (z.d.). *Horizontale bodemcollector*. Geraadpleegd op 11 april 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/Waterwater-warmtepompen/Horizontale-bodemcollector/>
- Nibe. (z.d.). *Open bron verticaal*. Geraadpleegd op 11 april 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/Waterwater-warmtepompen/Open-bron-verticaal/>
- Nibe. (z.d.). *Oppervlaktewatercollector*. Geraadpleegd op 11 april 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/Waterwater-warmtepompen/Oppervlaktewatercollector/>
- Nibe. (z.d.). *Luchtwater warmtepompen*. Geraadpleegd op 11 april 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/Luchtwater-warmtepompen/>
- Ubbels, Anne Q. (2013). *Warmtepomp*. Geraadpleegd op 11 april 2015, van <http://www.weka-bouw.nl/kennisbankduurzaam bouwen.stcproxy.han.nl/06du0155/warmtepomp.html>
- RVO. (z.d.). *Gebouwgebonden energieverbruik*. Geraadpleegd op 15 april 2015, van <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/duurzame-gebouwen/gebouwfases/beheer-en-onderhoud/gebouwgebonden-energie>
- Uniec 2. (2013). *Houtpellet Ketels in Uniec 2.0*. Geraadpleegd op 15 april 2015, van <http://unie2.nl/2013/12/27/houtpellet-ketels-in-uniec-2-0/>
- NBKL. (2012). *Waardering van vaste biomassa in toestellen voor warmteopwekking voor verwarming of warmtapwater t.b.v. NEN 7120*. Geraadpleegd op 15 april 2015, van <http://www.nbkl.nl/NBKL-verklaring.pdf>
- NEN. (2012). *NEN 7120+C2 Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode*. [NEN Connect]. Gedownload op 7 mei 2015, van <https://connect-1nen-1nl-1nenconnect.stcproxy.han.nl/Standard/Detail/166231>
- Kenniscentrum. (z.d.). *Cv-ketel bij vloerverwarming*. Geraadpleegd op 18 april 2015, van <http://kenniscentrum.gasned.nl/welke-cv-ketel-bij-vloerverwarming/>
- Wikipedia. (z.d.). *Cv-ketel*. Geraadpleegd op 18 april 2015, van <http://nl.wikipedia.org/wiki/Cv-ketel>
- Consumentenbond (z.d.). *Wat is een zonneboiler*. Geraadpleegd op 3 mei 2015, van <https://www.consumentenbond.nl/energie/extra/wat-is-een-zonneboiler/>
- Warmtepompplein. (z.d.). *Wat is een warmtepomp*. Geraadpleegd op 3 mei 2015, van <http://www.warmtepompplein.nl/themas/de-warmtepomp/wat-is-een-warmtepomp/>
- Feenstra. (z.d.). *Luchtverwarming*. Geraadpleegd op 6 mei 2015, van <https://www.feenstra.com/luchtverwarming>
- Brinverwarming. (z.d.). *Luchtverwarming*. Geraadpleegd op 6 mei 2015, van <http://www.brinkverwarming.nl/index.php?cat=54>
- Verbouwkosten. (z.d.). *Luchtverwarming*. Geraadpleegd op 6 mei 2015, van <http://www.verbouwkosten.com/luchtverwarming-huis/>
- Solargy. (z.d.). *Zonnepanelen*. Geraadpleegd op 8 mei 2015, van http://www.solargy.nu/Over/mono_poly_zonnepanelen
- NIBE. (z.d.). *Warmtepompen*. Geraadpleegd op 10 mei 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/Ventilatieluchtwater-warmtepompen/>
- Asndokuum. (z.d.). Geraadpleegd op 10 mei 2015, van http://www.asndokuum.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=69
- Micro WKK. (z.d.). *Micro WKK*. Geraadpleegd op 10 mei 2015, van <http://microwkk.nl/over-ons/>

- [1 t/m 6] NIBE. (z.d.). *Soorten warmtepompen*. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.nibenl.eu/Duurzame-energie/Types/>
- [7] Natural Resources Canada. (2004). *Heating and Cooling With a Heat Pump*. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.nrcan.gc.ca/sites/oe.nrcan.gc.ca/files/pdf/publications/infosource/pub/home/heating-heat-pump/booklet.pdf>
- [8] KNIMI. (2010). *Jaar 2010: Koudste jaar sinds 1996*. Gedownload op 10 april 2015, van http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoenoverzichten/jaar/jaar10.html
- [9 en 10] ODE-Vlaanderen. (z.d.). *Warmtepompen voor woningverwarming*. Gedownload op 11 april 2015, van http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/brochure_warmtepomp.pdf
- [11] Heat en Home. (z.d.). CO2-neutraal. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.heatenhome.nl/co2-neutraal.html>
- [12] Flumenfire. (z.d.). Pelletkachels van Flumenfire. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.flumenfire.be/be/pellet-kachels-flumenfire-p>
- [13] ATECHPRO. (2014). KWB Easyfire pelletverwarming 8-35kW. Gedownload op 10 april 2015, van http://atechpro.nl/sites/atechpro.nl/files/downloads/TP_Easyfire2_2014_NL_Low.pdf
- [14 t/m 17] Hengeveld, D.J., van Zanten, J.H. (2004). Klimaatbeheersingsinstallaties. In K. Hofkes (Red.), *Jellema 6B installaties – werktuigbouwkundig en gas* (p. 19) Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.
- [18] Agentschap NL. (2009). *Innovatie in Energie*. Gedownload op 11 april 2015, van <http://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Innovatie%20in%20Energie.pdf>
- [19] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Tekening BA-SIT. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [20] Hengeveld, D.J., van Zanten, J.H. (2004). Klimaatbeheersingsinstallaties. In K. Hofkes (Red.), *Jellema 6B installaties – werktuigbouwkundig en gas* (p. 86) Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.
- [21 t/m 24] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Tekening BU03. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [25] VentilatiesysteemABCD. (z.d.). Ventilatiesysteem A. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.ventilatiesysteemabcd.nl/ventilatiesysteem-a.html>
- [26] VentilatiesysteemABCD. (z.d.). Ventilatiesysteem B. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.ventilatiesysteemabcd.nl/ventilatiesysteem-b.html>
- [27] VentilatiesysteemABCD. (z.d.). Ventilatiesysteem C. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.ventilatiesysteemabcd.nl/ventilatiesysteem-c.html>
- [28] VentilatiesysteemABCD. (z.d.). Ventilatiesysteem D. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.ventilatiesysteemabcd.nl/ventilatiesysteem-d.html>
- [29] Waterkrachtcentrale. (z.d.). Gedownload op 15 april 2015, van <http://www.wattisduurzaam.nl/396/energie-opwekken/waterkracht/plannen-waterkrachtcentrale-chili-in-de-ijskast/>
- [30] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Tekening BA-01. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [31] Gemiddelde windsnelheid Nederland. (z.d.). Gedownload op 2 april 2015, van <http://www.photolight.eu/nl/faq.html>
- [32 t/m 36] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [37] Pelletkachel. (z.d.). *Atechpro*. Gedownload op 15 april 2015, van http://atechpro.nl/sites/atechpro.nl/files/downloads/TP_Multifire2_2014_NL_Low_1.pdf
- [38] Verwarmingswaarde. (z.d.). Gedownload op 15 april 2015, van <http://www.forestbioenergy.net/training-materials/fact-sheets/module-5-fact-sheets/fact-sheet-5-8-energy-basics/>
- [39] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [40] Elektroschakelmateriaal. (z.d.). *Air Spiralo RT9.012K - k-l. t-stuk 90 125 rt*. Gedownload op 21 mei 2015, van https://www.elektroschakelmateriaal.nl/spree/products/31141/large/air-spiralo-rt9-012k-k-l-t-stuk-90-125-rt-95675_0.png?1412692510
- [41] Ventilatieshop. (z.d.). *Rechthoekig (instort) kanaal 220 x 80mm - 1,5 meter – staal*. Gedownload op 21 mei 2015, van <https://www.ventilatieshop.com/media/catalog/product/cache/1/image/265x265/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/n/instort-kanaal-220-x-80mm-rechthoekig.jpg>
- [42] Consumentenbond. (z.d.). *Wat is een zonneboiler?* Gedownload op 21 mei 2015, van <https://www.consumentenbond.nl/energie/extra/wat-is-een-zonneboiler/>
- [43] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [44] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn*. Tekening BA-01. Voorstonden: Harmonische Architectuur.
- [45] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*
- [46] Carport zonnepanelen. (z.d.). Gedownload op 20 mei 2015, van <https://www.brandsmabouwadvies.nl>
- [47] K&E projecten. (2015). *Eigen bron*

5A - Warmtelastberekening

Warmtelastberekening

Overzicht warmteverliezen

Nr.	Ruimte	Φ_t	Φ_{vent}		Φ_o	Φ_w
			Φ_{vent}	Φ_v		
0.01	Vestibule	624,6	42,70	0,00	58,12	725,41
0.02	Hal	-139,5	40,52	0,00	179,27	80,30
0.03 / 04	Woonkamer/ Keuken	3193,5	712,37	-295,49	367,45	3977,79
0.05 / 06	Studeerkamer	1292,4	324,04	14,46	212,68	1843,57
0.07	Toilet	152,3	0,00	-46,51	59,82	165,59
0.08	Bijkeuken	425,3	173,53	0,00	140,66	739,53
1.01	Overloop/ Trap	240,4	87,21	0,00	226,00	553,64
1.02 / 03	Slaapkamer I/ Garderobe	975,2	226,20	8,57	220,38	1430,31
1.04	Badkamer	140,6	0,00	-27,57	75,84	188,90
1.05	Slaapkamer II	612,6	194,49	7,05	183,41	997,55
1.06	Douche	138,0	0,00	-22,68	50,22	165,52
1.07	Slaapkamer III	556,3	171,37	5,95	136,93	870,56
1.08	Douche	120,6	0,00	-19,15	45,63	147,12
1.09	Strijkkamer	167,9	65,40	-44,88	143,50	331,94
1.10	Slaapkamer IV	802,0	241,83	6,99	195,71	1246,56
1.11	Douche	147,6	23,27	-15,19	55,13	210,80
1.12	Wc	135,5	0,00	-7,28	49,44	177,65
2.01 / 06	Overloop/ Chillroom	935,1	382,23	95,77	385,27	1798,41
2.02	Logeerkamer	362,3	176,73	43,53	76,14	658,66
2.03	Spa	502,3	54,74	196,88	21,30	775,24
2.04	Trap	-44,2	35,64	0,00	70,21	61,66
2.05	Opslag	-18,1	130,75	0,00	110,26	222,89
2.07	Wc	149,1	0,00	296,75	-112,83	333,06
2.08	Techniekrimte	48,6	132,77	0,00	66,66	248,03
		11520,5	3215,8	197,2	3017,2	17950,7

Benodigde vermogen Huize Parklust

$\Phi_w = 17950,71 \text{ W}$

Benodigde vermogen per m²

$\Phi_w = 35,5 \text{ W/ m}^2$

Berekening is gebaseerd op de ISSO publicaties, waaronder 51.
Voor de formules en tabellen is het ISSO Handboek Installatietechniek geraadpleegd.

Bronnen

Stichting ISSO. (2012). *Addendum Handboek Installatietechniek 2012*. Geraadpleegd op 1 mei 2015, van http://www.issso.nl/fileadmin/user_upload/errata/20120601-addendum-hb-i-2012.pdf

ISSO. (2012). *Berekeningsvoorbeelden ISSO-publicatie 51*. Geraadpleegd op 1 mei 2015, van http://www.issso.nl/fileadmin/user_upload/errata/ISSO51vb.pdf

ISSO. (2012). *Rekenschema A: Transmissieverlies per vertrek*. Geraadpleegd op 1 mei 2015, van http://www.issso.nl/fileadmin/user_upload/errata/wijzigp53.pdf

Transmissieverlies: Φ_t

$$\Phi_w = \Phi_t + \Phi_v + \Phi_o$$

Uitgangspunten

- Vrijstaande monumentale villa (woning)
- Nachtverlaging van thermostaat
- Vloerverwarming op de begane grond en 1e verdieping, op de 2e verdieping radiatoren (alle afgiftesystemen LT)
- Regeling van verwarming is per vertrek mogelijk
- Balansventilatie (mechanische toevoer- en mechanische afvoer van ventilatielucht) met WTW 90%
- Zekerheidsklasse A voor warmteverlies vrijstaande woning ($C_z = 1,0$)

U-waarden Huize Parklust	RC [m ² K/ W]	U [W/m ² K]
Buitengevel	4,50	0,22
Raam (Voorgevel)		1,90
Raam (Overige gevels)		0,77
Deur		3,40
Vloer	3,50	0,29
Verdiepingsvloer	2,00	0,50
Dak	6,00	0,17
Binnenwanden	1,19	2,00

Ontwerptemperaturen (binnen) [°C]	
Woonkamer	20
Keuken	20
Slaapkamer	20
Badruimte/ toiletruimte	22
Verkeersruimte	18
Onverwarmde ruimte	15
Overige ruimtes	20

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

- | | | |
|------------|---|-------|
| H_t, ie | = Specifiek warmteverlies naar buiten | [W/K] |
| H_t, ia | = Specifiek warmteverlies naar aangrenzend vertrek | [W/K] |
| H_t, io | = Specifiek warmteverlies naar onverwarmde ruimte | [W/K] |
| H_t, ig | = Specifiek warmteverlies door vloer/wanden contact met grond | [W/K] |
| H_t, ib | = Specifiek warmteverlies naar aangrenzende woningen | [W/K] |
| θ_i | = Ontwerpbinnentemperatuur | [°C] |
| θ_e | = Ontwerpbuitentemperatuur (-10 °C) | [°C] |

H_t, ie	= $\sum k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$
A_k	= Oppervlakte wand/vloer/plafond
f_k	= Correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerpbinnentemperatuur en ontwerpbuitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte
U_k	= Warmtedoorgangscoefficiënt

H_t, ia	= $\sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$
f_{iak}	= $(\theta_i - \theta_a) / (\theta_i - \theta_e)$
θ_i	= Ontwerpbinnentemperatuur [°C]
θ_e	= Ontwerpbuitentemperatuur (-10 °C) [°C]
θ_a	= Temperatuur aan de andere zijde van het vlak [°C]

H_t, io	= $\sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$
Indien er geen aangrenzende onverwarmde ruimten zijn, geldt voor $H_t, io = 0$.	

H_t, ib	= $C_z \cdot \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$
C_z	= Correctiefactor voor zekerheidsklasse bij verliezen naar aangrenzende woningen/woongebouwen
f_b	= Correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerpbinnentemperatuur en ontwerpbuitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte

H_t, ig	= $1,45 \cdot G_w \cdot \sum k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$
G_w	= Grondwaterfactor
f_{g2}	= Correctiefactor voor een van het ontwerptemperatuurverschil afwijkend verschil van de ontwerpbinnentemperatuur en de gemiddelde buitentemperatuur gedurende het jaar
$U_{e,k}$	= Warmtedoorgangscoefficiënt

Indien er geen vlakken (direct) in contact zijn met grond, dan geldt voor $H_t, ig = 0$.

Indien een vloer wordt verwarmd d.m.v. vloerverwarming, dan geldt voor $f_{g2} = 0$.

1. Transmissieverlies (Ruimte 0.01) Vestibule

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	4,45
Deur	6,14
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	9,61
Binnenwand (naar R 0.03 Woonkm)	7,15
Binnenwand (naar R 0.05 Studeerkm)	7,58
Vloer	4,20
Plafond (naar R 1.01 Overloop)	4,20

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	4,45	0,22	1	1,43
Deur	6,14	3,40	1	21,49
ΣA =	10,59			Ht, ie = 22,92

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.02 Hal	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 0.03 Woonkamer	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 0.05 Studeerkamer	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	9,61	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 0.03 Woonkamer)	7,15	2,00	-0,0714	-1,02
Binnenwand (naar R 0.05 Studeerkamer)	7,58	2,00	-0,0714	-1,08
Plafond (naar R 1.01 Overloop)	5,40	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	29,74			Ht, ia = -2,10

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies R 0.01 Vestibule

$$\Phi_t = 624,59 \text{ W}$$

2. Transmissieverlies (Ruimte 0.02) Hal

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	5,25
Raam/ kozijn (Overige gevels)	4,80
Binnenwand (naar R 0.01 Vestibule)	9,61
Binnenwand (naar R 0.03 Woonkamer)	34,50
Binnenwand (naar R 0.05 Studeerkamer)	19,67
Binnenwand (naar R 0.07 Toilet)	5,43
Binnenwand (naar R 0.08 Bijkeuken)	8,59
Vloer	22,40
Plafond (naar R 1.01 Overloop)	15,70
Plafond (naar R 1.14 Trap)	6,70

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	5,25	0,22	1	1,69
Raam/ kozijn (Overige gevels)	4,80	0,77	1	4,18
ΣA =	10,05			Ht, ie = 5,87

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.01 Vestibule	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 0.03 Woonkamer	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 0.05 Studeerkamer	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 0.07 Toilet	Fiak = (18 - 22) / (18 - - 10) =	-0,1429
Correctiefactor voor R 0.08 Bijkeuken	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.13 Trap	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 0.01 Vestibule)	9,61	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 0.03 Woonkamer)	34,50	2,00	-0,0714	-4,93
Binnenwand (naar R 0.05 Studeerkamer)	19,67	2,00	-0,0714	-2,81
Binnenwand (naar R 0.07 Toilet)	5,43	2,00	-0,1429	-1,55
Binnenwand (naar R 0.08 Bijkeuken)	8,59	2,00	-0,0714	-1,23
Plafond (naar R 1.01 Overloop)	15,70	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 1.14 Trap)	6,70	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	100,20			Ht, ia = -10,52

$$Ht, io = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$Ht, ib = Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$Ht, ig = 1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue, k)$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies R 0.02 Hal

$$\Phi_t = -139,48 \text{ W}$$

3. Transmissieverlies (Ruimte 0.03 en 0.04) Woonkamer en Keuken

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	87,52
Raam/ kozijn (Voorgevel)	8,00
Raam/ kozijn (Overige gevels)	34,78
Binnenwand (naar R 0.01 Vestibule)	7,15
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	34,50
Vloer	94,80
Plafond (naar R 1.02 Slaapkamer I)	19,80
Plafond (naar R 1.03 Garderobe)	6,70
Plafond (naar R 1.04 Badkamer)	5,40
Plafond (naar R 1.05 Slaapkamer II)	21,80
Plafond (naar R 1.06 Douche)	2,30
Plafond (naar R 1.14 Trap/ Kast)	5,40
Plafond (buitenruimte: R 1.14)	34,60

$$\Phi_t [W] = (Ht, ie + Ht, ia + Ht, io + Ht, ib + Ht, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$Ht, ie = \Sigma k (Ak \cdot fk \cdot (Uk + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	87,52	0,22	1	28,20
Raam/ kozijn (Voorgevel)	8,00	1,90	1	16,00
Raam/ kozijn (Overige gevels)	34,78	0,77	1	30,26
Plafond (buitenruimte: R 1.14)	34,60	0,29	1	13,35
ΣA =	164,90			Ht, ie = 87,81

$$Ht, ia = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fiak)$$

Correctiefactor voor R 0.01 Vestibule	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 0.02 Hal	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.02 Slaapkamer I	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.03 Garderobe	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.04 Badkamer	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.05 Slaapkamer II	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.06 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.14 Trap	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 0.01 Vestibule)	7,15	2,00	1	14,30
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	34,50	2,00	0,0667	4,60
Plafond (naar R 1.02 Slaapkamer I)	19,80	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 1.03 Garderobe)	6,70	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 1.04 Badkamer)	5,40	0,50	-0,0667	-0,18
Plafond (naar R 1.05 Slaapkamer II)	21,80	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 1.06 Douche)	2,30	0,50	-0,0667	-0,08
Plafond (naar R 1.14 Trap/ Kast)	5,40	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	103,05			Ht, ia = 18,64

$$Ht, io = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$Ht, ib = Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k(A_k \cdot fg_2 \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_t, ig = 0$.

Totale transmissieverlies (R 0.03 en R 0.04) Woonkamer en Keuken

$$\Phi_t = 3193,46 \text{ W}$$

4. Transmissieverlies (Ruimte 0.05 en 0.06) Studeerkamer en Kinderkamer

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	58,61
Raam/ kozijn (Voorgevel)	5,79
Raam/ kozijn (Overige gevels)	10,61
Binnenwand (naar R 0.01 Vestibule)	7,58
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	19,67
Vloer	44,70
Plafond (naar R 1.08 Douche)	2,20
Plafond (naar R 1.09 Strijkkamer)	14,40
Plafond (naar R 1.10 Slaapkamer IV)	21,60
Plafond (naar R 1.11 Douche)	2,80
Plafond (naar R 1.12 Wc)	2,50

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	58,61	0,22	1	18,89
Raam/ kozijn (Voorgevel)	5,79	1,90	1	11,58
Raam/ kozijn (Overige gevels)	10,61	0,77	1	9,23
ΣA =	75,01			Ht, ie = 39,70

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.01 Vestibule	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 0.02 Hal	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.08 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.10 Slaapkamer IV	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.11 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.12 Badkamer	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 0.01 Vestibule)	7,58	2,00	0,0667	1,01
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	19,67	2,00	0,0667	2,62
Plafond (naar R 1.08 Douche)	2,20	0,50	-0,0667	-0,07
Plafond (naar R 1.09 Strijkkamer)	14,40	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 1.10 Slaapkamer IV)	21,60	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 1.11 Douche)	2,80	0,50	-0,0667	-0,09
Plafond (naar R 1.12 Wc)	2,50	0,50	-0,0667	-0,08
ΣA =	70,75			Ht, ia = 3,38

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmde ruimten, hierdoor geldt voor $H_t, io = 0$.

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_t, ib = 0$.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k(A_k \cdot fg_2 \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_t, ig = 0$.

Totale transmissieverlies (R 0.05 en 0.06) Studeerkamer/ Kinderkamer

$$\Phi_t = 1292,38 \text{ W}$$

5. Transmissieverlies (Ruimte 0.07) Toilet

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	5,43
Binnenwand (naar R 0.06 Kinderkamer)	9,69
Binnenwand (naar R 0.08 Bijkeuken)	16,67
Vloer	3,40
Plafond (naar R 1.07 Slaapkamer III)	3,40

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

Er zijn geen oppervlak grezend aan buiten, hierdoor geldt voor $H_t, ie = 0$.

$$H_{t, ia} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.02 Hal	Fiak = (22 - 18) / (22 - - 10) =	0,1250
Correctiefactor voor R 0.06 Kinderkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 0.08 Bijkeuken	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	5,43	2,00	0,1250	1,36
Binnenwand (naar R 0.06 Kinderkamer)	9,69	2,00	0,0625	1,21
Binnenwand (naar R 0.08 Bijkeuken)	16,67	2,00	0,0625	2,08
Plafond (naar R 1.07 Slaapkamer III)	3,40	0,50	0,0625	0,11
ΣA =	35,19			Ht, ia = 4,76

$$H_{t, io} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ik})$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmde ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ib})$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 0.07) Toilet

$$\Phi_t = 152,28 \text{ W}$$

6. Transmissieverlies (Ruimte 0.08) Bijkeuken

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	35,95
Raam/ kozijn (Overige gevels)	4,22
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	8,59
Binnenwand (naar R 0.06 Kinderkamer)	7,73
Binnenwand (naar R 0.07 Toilet)	16,67
Vloer	13,80
Plafond (naar R 1.07 Slaapkamer III)	13,80

$$\Phi_t [W] = (H_{t, ie} + H_{t, ia} + H_{t, io} + H_{t, ib} + H_{t, ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_{t, ie} = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	35,95	0,22	1	11,58
Raam/ kozijn (Overige gevels)	4,22	0,77	1	3,67
ΣA =	40,17			Ht, ie = 15,26

$$H_{t, ia} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.02 Hal	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 0.06 Kinderkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 0.07 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 0.02 Hal)	8,59	2,00	0,0667	1,15
Binnenwand (naar R 0.06 Kinderkm)	7,73	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 0.07 Toilet)	16,67	2,00	-0,0667	-2,22
Plafond (naar R 1.07 Slaapkamer III)	13,80	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	46,79			Ht, ia = -1,08

$$H_{t, io} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ik})$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmde ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ib})$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 0.08) Bijkeuken

$$\Phi_t = 425,34 \text{ W}$$

7. Transmissieverlies (Ruimte 1.01 en 1.13) Overloop en Trap

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	11,65
Raam/ kozijn (Voorgevel)	4,75
Raam/ kozijn (Overige gevels)	5,23
Binnenwand (naar R 1.02) Slaapkamer I	20,41
Binnenwand (naar R 1.05) Slaapkamer II	13,86
Binnenwand (naar R 1.06) Douche	3,49
Binnenwand (naar R 1.07) Slaapkamer III	13,86
Binnenwand (naar R 1.08) Douche	4,76
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	7,70
Binnenwand (naar R 1.10) Slaapkamer IV	6,79
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	4,12
Vloer (naar R 0.01) Vestibule	4,20
Vloer (naar R 0.02) Hal	22,40
Plafond (naar R 2.01) Overloop	19,70

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \sum k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	11,65	0,22	1	3,75
Raam/ kozijn (Voorgevel)	4,75	1,90	1	9,50
Raam/ kozijn (Overige gevels)	5,23	0,77	1	4,55
ΣA =	21,63			Ht, ie = 17,80

$$H_t, ia = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.01 Vestibule	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 0.02 Hal	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.02 Slaapkamer I	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.05 Slaapkamer II	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.06 Douche	Fiak = (18 - 22) / (18 - - 10) =	-0,1429
Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.08 Douche	Fiak = (18 - 22) / (18 - - 10) =	-0,1429
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.10 Slaapkamer IV	Fiak = (18 - 20) / (18 - - 10) =	-0,0714
Correctiefactor voor R 1.12 Wc	Fiak = (18 - 22) / (18 - - 10) =	-0,1429
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (18 - 18) / (18 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.02) Slaapkamer I	20,41	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 1.05) Slaapkamer II	13,86	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 1.06) Douche	3,49	2,00	-0,0714	-0,50
Binnenwand (naar R 1.07) Slaapkamer III	13,86	2,00	-0,0714	-1,98
Binnenwand (naar R 1.08) Douche	4,76	2,00	-0,1429	-1,36
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	7,70	2,00	-0,0714	-1,10
Binnenwand (naar R 1.10) Slaapkamer IV	6,79	2,00	-0,1429	-1,94
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	4,12	2,00	-0,0714	-0,59
Vloer (naar R 0.01) Vestibule	4,20	0,50	-0,0714	-0,15
Vloer (naar R 0.02) Hal	22,40	0,50	-0,1429	-1,60
Plafond (naar R 2.01) Overloop	19,70	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	121,29			Ht, ia = -9,22

$$H_t, io = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_t, ib = C_z \cdot \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \sum k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 1.01 en 1.013) Overloop en Trap

$\Phi_t =$ 240,43 W

8. Transmissieverlies (Ruimte 1.02 en 1.03) Slaapkamer I en Garderobe

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	37,20
Raam/ kozijn (Voorgevel)	7,60
Raam/ kozijn (Overige gevels)	7,56
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	20,41
Binnenwand (naar R 1.04) Badkamer	25,97
Binnenwand (naar R 1.06) Douche	8,98
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	26,50
Plafond (naar R 2.05) Opslag	13,40
Plafond (naar R 2.13) Spa	13,10

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	37,20	0,22	1	11,99
Raam/ kozijn (Voorgevel)	7,60	1,90	1	15,20
Raam/ kozijn (Overige gevels)	7,56	0,77	1	6,58
ΣA =	52,36			Ht, ie = 33,76

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot fiak)$$

Correctiefactor voor R 0.03 Woonkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.04 Badkamer	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.06 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 2.05 Opslag	Fiak = (20 - 15) / (20 - - 10) =	0,1667
Correctiefactor voor R 2.13 Spa	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	20,41	2,00	0,0667	2,72
Binnenwand (naar R 1.04) Badkamer	25,97	2,00	-0,0667	-3,46
Binnenwand (naar R 1.06) Douche	8,98	2,00	-0,0667	-1,20
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	26,50	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 2.13) Spa	13,10	0,50	-0,0667	-0,44
ΣA =	94,96			Ht, ia = -2,38

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot fk)$$

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Plafond (naar R 2.05) Opslag	13,40	0,50	0,1667	1,12
ΣA =	13,40			Ht, io = 1,12

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot fg_2 \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 1.02 en 1.03) Slaapkamer en Garderobe

$$\Phi_t = 975,16 \text{ W}$$

9. Transmissieverlies (Ruimte 1.04) Badkamer

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Binnenwand (naar R 1.02) Slaapkamer	25,97
Binnenwand (naar R 1.14) Trap	7,84
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	5,40
Plafond (naar R 2.13) Spa	5,40

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

Er zijn geen vlakken aangrenzend met buiten, hierdoor geldt voor Ht, ie = 0.

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot fiak)$$

Correctiefactor voor R 0.03 Woonkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.02 Slaapkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.14 Trap	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.13 Spa	Fiak = (22 - 22) / (22 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.02) Slaapkamer	25,97	2,00	0,0625	3,25
Binnenwand (naar R 1.14) Trap	7,84	2,00	0,0625	0,98
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	5,40	0,50	0,0625	0,17
Plafond (naar R 2.13) Spa	5,40	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	44,61			Ht, ia = 4,40

$$Ht, io = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$Ht, ib = Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$Ht, ig = 1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue,k)$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 1.04) Badkamer

$$\Phi_t = 140,64 \text{ W}$$

10. Transmissieverlies (Ruimte 1.05) Slaapkamer II

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	32,17
Raam/ kozijn (Overige gevels)	12,85
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	13,86
Binnenwand (naar R 1.06) Douche	8,67
Binnenwand (naar R 1.14) Trap	11,66
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	21,80
Plafond (naar R 2.02) Logeerkamer	21,80

$$\Phi_t [W] = (Ht, ie + Ht, ia + Ht, io + Ht, ib + Ht, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$Ht, ie = \Sigma k (Ak \cdot fk \cdot (Uk + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	32,17	0,22	1	10,37
Raam/ kozijn (Overige gevels)	12,85	0,77	1	11,18
ΣA =	45,02			Ht, ie = 21,55

$$Ht, ia = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fiak)$$

Correctiefactor voor R 0.03 Woonkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.06 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.14 Trap	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.13 Spa	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	13,86	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 1.06) Douche	8,67	2,00	0,0667	1,16
Binnenwand (naar R 1.14) Trap	11,66	2,00	-0,0667	-1,55
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	21,80	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 2.02) Logeerkamer	21,80	0,50	-0,0667	-0,73
ΣA =	77,79			Ht, ia = -1,13

$$Ht, io = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$Ht, ib = Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$Ht, ig = 1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue,k)$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 1.05) Slaapkamer II

$$\Phi_t = 612,60 \text{ W}$$

11. Transmissieverlies (Ruimte 1.06) Douche

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	3,49
Binnenwand (naar R 1.02) Slaapkamer I	8,98
Binnenwand (naar R 1.05) Slaapkamer II	8,98
Binnenwand (naar R 1.14) Trap	3,49
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	2,30
Plafond (naar R 2.02) Logeerkamer	2,30

$$\Phi_t [W] = (Ht, ie + Ht, ia + Ht, io + Ht, ib + Ht, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_{t, ie} = \sum k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

Er zijn geen vlakken aangrenzend met buiten, hierdoor geldt voor $H_{t, ie} = 0$.

$$H_{t, ia} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.03 Woonkamer	Fiak	=	(22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak	=	(22 - 18) / (22 - - 10) =	0,1250
Correctiefactor voor R 1.02 Slaapkamer I	Fiak	=	(22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.05 Slaapkamer II	Fiak	=	(22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.14 Trap	Fiak	=	(22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.13 Spa	Fiak	=	(22 - 22) / (22 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	3,49	2,00	0,0625	0,44
Binnenwand (naar R 1.02) Slaapkamer I	8,98	2,00	0,1250	2,25
Binnenwand (naar R 1.05) Slaapkamer II	8,98	2,00	0,0625	1,12
Binnenwand (naar R 1.14) Trap	3,49	2,00	0,0625	0,44
Vloer (naar R 0.03) Woonkamer	2,30	0,50	0,0625	0,07
Plafond (naar R 2.02) Logeerkamer	2,30	0,50	0,0000	0,00
	ΣA =	29,54		Ht, ia = 4,31

$$H_{t, io} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmde ruimten, hierdoor geldt voor $H_{t, io} = 0$.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_{t, ib} = 0$.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \sum k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_{t, ig} = 0$.

Totale transmissieverlies (R 1.06) Douche

$$\Phi_t = 137,98 \text{ W}$$

12. Transmissieverlies (Ruimte 1.07) Slaapkamer III

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	31,99
Raam/ kozijn (Overige gevels)	7,68
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	13,86
Binnenwand (naar R 1.08) Douche	6,62
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	10,13
Vloer (naar R 0.07) Toilet	3,40
Vloer (naar R 0.08) Bijkeuken	13,80
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	1,70
Plafond (naar R 2.07) Wc	0,80
Plafond (naar R 2.08) Techniekrumte	15,70

$$\Phi_t [\text{W}] = (H_{t, ie} + H_{t, ia} + H_{t, io} + H_{t, ib} + H_{t, ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_{t, ie} = \sum k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	31,99	0,22	1	10,31
Raam/ kozijn (Overige gevels)	7,68	0,77	1	6,68
	ΣA =	39,67		Ht, ie = 16,99

$$H_{t, ia} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.07 Toilet	Fiak	=	(20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 0.08 Bijkeuken	Fiak	=	(20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak	=	(20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.08 Douche	Fiak	=	(20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak	=	(20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.06 Chillroom	Fiak	=	(20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.07 Wc	Fiak	=	(20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 2.08 Techniekrumte	Fiak	=	(20 - 15) / (20 - - 10) =	0,1667

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	13,86	2,00	-0,0667	-1,85
Binnenwand (naar R 1.08) Douche	6,62	2,00	0,0667	0,88
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	10,13	2,00	0,0667	1,35
Vloer (naar R 0.07) Toilet	3,40	0,50	-0,0667	-0,11
Vloer (naar R 0.08) Bijkeuken	13,80	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	1,70	0,50	0,0000	0,00
Plafond (naar R 2.07) Wc	0,80	0,50	-0,0667	-0,03
	ΣA =	50,31		Ht, ia = 0,25

Ht, io = $\Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$				
	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Plafond (naar R 2.08) Techniekruijme	15,70	0,50	0,1667	1,31
ΣA	66,81			Ht, ia = 1,31

Ht, ib = $Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$				
Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.				

Ht, ig = $1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue,k)$				
De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.				
Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.				

Totale transmissieverlies (R 1.07) Slaapkamer III

$\Phi_t = 556,29 \text{ W}$

13. Transmissieverlies (Ruimte 1.08) Douche

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	4,76
Binnenwand (naar R 1.07) Slaapkamer III	6,62
Binnenwand (naar R 1.09) Striijkkamer	11,06
Vloer (naar R 0.06) Kinderkamer	2,20
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	2,20

$$\Phi_t [W] = (Ht, ie + Ht, ia + Ht, io + Ht, ib + Ht, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Ht, ie = $\Sigma k (Ak \cdot fk \cdot (Uk + 0,1))$				
Er zijn geen vlakken aangrenzend met buiten, hierdoor geldt voor Ht, ie = 0.				

Ht, ia = $\Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fiak)$				
--	--	--	--	--

Correctiefactor voor R 0.06 Kinderkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (22 - 18) / (22 - - 10) =	0,1250
Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.09 Striijkkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.06 Chillroom	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	4,76	2,00	0,0625	0,60
Binnenwand (naar R 1.07) Slaapkamer III	6,62	2,00	0,1250	1,66
Binnenwand (naar R 1.09) Striijkkamer	11,06	2,00	0,0625	1,38
Vloer (naar R 0.06) Kinderkamer	2,20	0,50	0,0625	0,07
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	2,20	0,50	0,0625	0,07
ΣA	26,84			Ht, ia = 3,77

Ht, io = $\Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$				
Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.				

Ht, ib = $Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$				
Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.				

Ht, ig = $1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue,k)$				
De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.				
Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.				

Totale transmissieverlies (R 1.08) Douche

$\Phi_t = 120,64 \text{ W}$

14. Transmissieverlies (Ruimte 1.09) Striijkkamer

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	11,34
Raam/ kozijn (Overige gevels)	3,80
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	7,70
Binnenwand (naar R 1.07) Slaapkamer III	10,13
Binnenwand (naar R 1.08) Douche	11,06
Binnenwand (naar R 1.11) Douche	8,83
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	7,92
Vloer (naar R 0.06) Kinderkamer	14,40
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	14,40

$$\Phi_t [W] = (Ht, ie + Ht, ia + Ht, io + Ht, ib + Ht, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Ht, ie = $\Sigma k (Ak \cdot fk \cdot (Uk + 0,1))$				
--	--	--	--	--

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	11,34	0,22	1	3,65
Raam/ kozijn (Overige gevels)	3,80	0,77	1	3,31
ΣA	15,14			Ht, ie = 6,96

$$H_{t, ia} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.06 Kinderkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.08 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.11 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.12 Wc	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 2.06 Chillroom	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	7,70	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 1.07) Slaapkamer III	10,13	2,00	0,0667	1,35
Binnenwand (naar R 1.08) Douche	11,06	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 1.11) Douche	8,83	2,00	-0,0667	-1,18
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	7,92	2,00	-0,0667	-1,06
Vloer (naar R 0.06) Kinderkamer	14,40	0,50	-0,0667	-0,48
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	14,40	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	74,44			Ht, ia = -1,36

$$H_{t, io} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ik})$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ib})$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \sum k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 1.09) Strijkkamer

$$\Phi_t = 167,92 \text{ W}$$

15. Transmissieverlies (Ruimte 1.10) Slaapkamer IV

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	50,44
Raam/ kozijn (Voorgevel)	5,54
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	6,79
Binnenwand (naar R 1.11) Douche	8,83
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	7,92
Vloer (naar R 0.05) Studeerkamer	21,60
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	21,60

$$\Phi_t [\text{W}] = (H_{t, ie} + H_{t, ia} + H_{t, io} + H_{t, ib} + H_{t, ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_{t, ie} = \sum k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	50,44	0,22	1	16,25
Raam/ kozijn (Overige gevels)	5,54	1,90	1	11,08
ΣA =	55,98			Ht, ie = 27,33

$$H_{t, ia} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.05 Studeerkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.11 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.12 Wc	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 2.06 Chillroom	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	6,79	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 1.11) Douche	8,83	2,00	0,0667	1,18
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	7,92	2,00	-0,0667	-1,06
Vloer (naar R 0.05) Studeerkamer	21,60	0,50	-0,0667	-0,72
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	21,60	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	66,74			Ht, ia = -0,60

$$H_{t, io} = \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ik})$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \sum k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ib})$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \sum k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 1.10) Slaapkamer

$\Phi_t = 802,03 \text{ W}$

16. Transmissieverlies (Ruimte 1.11) Douche

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	5,05
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	8,83
Binnenwand (naar R 1.10) Slaapkamer IV	8,83
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	4,12
Vloer (naar R 0.06) Kinderkamer	2,80
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	2,80

$$\Phi_t [\text{W}] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	5,05	0,22	1	1,63
ΣA =	5,05			Ht, ie = 1,63

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.06 Kinderkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.10 Slaapkamer IV	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.12 Wc	Fiak = (22 - 18) / (22 - - 10) =	0,1250
Correctiefactor voor R 2.06 Chillroom	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	8,83	2,00	0,0625	1,10
Binnenwand (naar R 1.10) Slaapkamer IV	8,83	2,00	0,0625	1,10
Binnenwand (naar R 1.12) Wc	4,12	2,00	0,0625	0,52
Vloer (naar R 0.06) Kinderkamer	2,80	0,50	0,1250	0,18
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	2,80	0,50	0,0625	0,09
ΣA =	27,38			Ht, ia = 2,99

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor $H_t, io = 0$.

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_t, ib = 0$.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_t, ig = 0$.

Totale transmissieverlies (R 1.09) Strijkkamer

$\Phi_t = 147,59 \text{ W}$

17. Transmissieverlies (Ruimte 1.12) Wc

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	4,12
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	7,92
Binnenwand (naar R 1.10) Slaapkamer IV	7,92
Binnenwand (naar R 1.11) Douche	4,12
Vloer (naar R 0.05) Studeerkamer	2,50
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	2,50

$$\Phi_t [\text{W}] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

Er zijn geen vlakken aangrezend met buiten, hierdoor geldt voor $H_t, ie = 0$.

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 0.05 Studeerkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (22 - 18) / (22 - - 10) =	0,1250
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.10 Slaapkamer IV	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.11 Douche	Fiak = (22 - 18) / (22 - - 10) =	0,1250
Correctiefactor voor R 2.06 Chillroom	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 1.01) Overloop	4,12	2,00	0,0625	0,52
Binnenwand (naar R 1.09) Strijkkamer	7,92	2,00	0,1250	1,98
Binnenwand (naar R 1.10) Slaapkamer IV	7,92	2,00	0,0625	0,99
Binnenwand (naar R 1.11) Douche	4,12	2,00	0,0625	0,52
Vloer (naar R 0.05) Studeerkamer	2,50	0,50	0,1250	0,16
Plafond (naar R 2.06) Chillroom	2,50	0,50	0,0625	0,08
ΣA =	29,08			Ht, ia = 4,23

$$H_{t, io} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor $H_{t, io} = 0$.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_{t, ib} = 0$.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_{t, ig} = 0$.

Totale transmissieverlies (R 1.12) Wc

$$\Phi_t = 135,50 \text{ W}$$

18. Transmissieverlies (Ruimte 2.01 en 2.06) Overloop en Chillroom

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	18,63
Raam/ kozijn (Voorgevel) - <i>nieuw geplaatst</i>	2,52
Raam/ kozijn (Overige gevels)	7,30
Binnenwand (naar R 2.02) Logeerkamer	10,52
Binnenwand (naar R 2.03) Spa	9,09
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	2,97
Binnenwand (naar R 2.05) Opslag	6,90
Binnenwand (naar R 2.07) Wc	11,09
Binnenwand (naar R 2.08) Techniekrumte	8,63
Vloer (naar R 1.01) Overloop	19,70
Vloer (naar R 1.08) Douche	2,20
Vloer (naar R 1.09) Strijkkamer	14,40
Vloer (naar R 1.10) Slaapkamer IV	21,60
Vloer (naar R 1.11) Douche	2,80
Vloer (naar R 1.12) Wc	2,50
Dak	60,03

$$\Phi_t [W] = (H_{t, ie} + H_{t, ia} + H_{t, io} + H_{t, ib} + H_{t, ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_{t, ie} = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	18,63	0,22	1	6,00
Dak	60,03	0,17	1	16,01
Raam/ kozijn (Voorgevel)	2,52	0,77	1	2,19
Raam/ kozijn (Overige gevels)	7,30	0,77	1	6,35
ΣA =	88,48			Ht, ie = 30,55

$$H_{t, ia} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 1.01 Overloop	Fiak = (20 - 18) / (20 - - 10) =	0,0667
Correctiefactor voor R 1.08 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.10 Slaapkamer IV	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 1.11 Douche	Fiak = (20 - 22) / (22 - - 10) =	-0,0625
Correctiefactor voor R 1.12 Wc	Fiak = (20 - 22) / (22 - - 10) =	-0,0625
Correctiefactor voor R 2.02 Logeerkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.03 Spa	Fiak = (20 - 22) / (22 - - 10) =	-0,0625
Correctiefactor voor R 2.04 Trap	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.05 Opslag	Fiak = (20 - 15) / (20 - - 10) =	0,1667
Correctiefactor voor R 2.07 Wc	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 2.08 Techniekrumte	Fiak = (20 - 15) / (20 - - 10) =	0,1667

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.02) Logeerkamer	10,52	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 2.03) Spa	9,09	2,00	-0,0625	-1,14
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	2,97	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 2.07) Wc	11,09	2,00	-0,0667	-1,48
Vloer (naar R 1.01) Overloop	19,70	0,50	0,0667	0,66
Vloer (naar R 1.08) Douche	2,20	0,50	-0,0667	-0,07
Vloer (naar R 1.09) Strijkkamer	14,40	0,50	0,0000	0,00
Vloer (naar R 1.10) Slaapkamer IV	21,60	0,50	0,0000	0,00
Vloer (naar R 1.11) Douche	2,80	0,50	-0,0625	-0,09
Vloer (naar R 1.12) Wc	2,50	0,50	-0,0625	-0,08
ΣA =	96,87			Ht, ia = -2,20

$$H_{t, io} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.05) Opslag	6,90	2,00	0,1667	2,30
Binnenwand (naar R 2.08) Techniekrumte	8,63	2,00	0,1667	2,88
ΣA =	139,30			Ht, io = 2,81

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_t, ib = 0$.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_t, ig = 0$.

Totale transmissieverlies (R 2.01 en 2.06) Overloop en Chillroom

$$\Phi_t = 935,13 \text{ W}$$

19. Transmissieverlies (Ruimte 2.02) Logeerkamer

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	8,61
Raam/ kozijn (Overige gevels)	1,14
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	10,52
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	16,66
Vloer (naar R 1.05) Slaapkamer II	21,80
Dak	31,16

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	8,61	0,22	1	2,77
Dak	31,16	0,17	1	8,31
Raam/ kozijn (Overige gevels)	1,14	0,77	1	0,99
ΣA =	40,91			Ht, ie = 12,08

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 1.05 Slaapkamer II	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.04 Trap	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	10,52	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	16,66	2,00	0,0000	0,00
Vloer (naar R 1.05) Slaapkamer II	21,80	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	48,98			Ht, ia = 0,00

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor $H_t, io = 0$.

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_t, ib = 0$.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_t, ig = 0$.

Totale transmissieverlies (R 2.02) Logeerkamer

$$\Phi_t = 362,26 \text{ W}$$

20. Transmissieverlies (Ruimte 2.03) Spa

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	2,50
Raam/ kozijn (Overige gevels)	2,51
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	9,09
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	16,66
Binnenwand (naar R 2.05) Opslag	16,66
Vloer (naar R 1.02) Slaapkamer I	11,80
Vloer (naar R 1.04) Badkamer	5,40
Dak	6,87

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	2,50	0,22	1	0,81
Dak	6,87	0,17	1	1,83
Raam/ kozijn (Overige gevels)	2,51	0,77	1	2,18
ΣA =	11,88			Ht, ie = 4,82

$$Ht, ia = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fiak)$$

Correctiefactor voor R 1.02 Slaapkamer I	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.04 Badkamer	Fiak = (22 - 22) / (22 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.04 Trap	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.05 Opslag	Fiak = (22 - 15) / (22 - - 10) =	0,2188

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	9,09	2,00	0,0625	1,14
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	16,66	2,00	0,0625	2,08
Vloer (naar R 1.02) Slaapkamer I	11,80	0,50	0,0625	0,37
Vloer (naar R 1.04) Badkamer	5,40	0,50	0,0000	0,00
ΣA =	42,95			Ht, ia = 3,59

$$Ht, io = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$$

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.05) Opslag	16,66	2,00	0,2188	7,29
ΣA =	16,66			Ht, io = 7,29

$$Ht, ib = Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$Ht, ig = 1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue, k)$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 2.03) Spa

$$\Phi_t = 502,32 \text{ W}$$

21. Transmissieverlies (Ruimte 2.04) Trap

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	2,71
Raam/ kozijn (Overige gevels)	3,69
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	2,97
Binnenwand (naar R 2.02) Logeerkamer	16,66
Binnenwand (naar R 2.03) Spa	16,66
Vloer (naar R 1.06) Douche	2,30
Dak	1,85

$$\Phi_t [W] = (Ht, ie + Ht, ia + Ht, io + Ht, ib + Ht, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$Ht, ie = \Sigma k (Ak \cdot fk \cdot (Uk + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	2,71	0,00	1	0,27
Dak	1,85	0,00	1	0,19
Raam/ kozijn (Overige gevels)	3,69	0,00	1	0,37
ΣA =	8,25			Ht, ie = 0,83

$$Ht, ia = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fiak)$$

Correctiefactor voor R 1.06 Douche	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.02 Logeerkamer	Fiak = (20 - 20) / (20 - - 10) =	0,0000
Correctiefactor voor R 2.03 Spa	Fiak = (20 - 22) / (20 - - 10) =	-0,0667

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	2,97	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 2.02) Logeerkamer	16,66	2,00	0,0000	0,00
Binnenwand (naar R 2.03) Spa	16,66	2,00	-0,0667	-2,22
Vloer (naar R 1.06) Douche	2,30	0,50	-0,0667	-0,08
ΣA =	38,59			Ht, ia = -2,30

$$Ht, io = \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fk)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$Ht, ib = Cz \cdot \Sigma k (Ak \cdot Uk \cdot fb)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$Ht, ig = 1,45 \cdot Gw \cdot \Sigma k (Ak \cdot fg2 \cdot Ue, k)$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 2.04) Trap

$$\Phi_t = -44,19 \text{ W}$$

22. Transmissieverlies (Ruimte 2.05) Opslag

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Buitenwand (excl. raam)	7,65
Raam/ kozijn (Voorgevel) - <i>nieuw geplaatst</i>	0,77
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	6,90
Binnenwand (naar R 2.03) Spa	16,66
Vloer (naar R 1.05) Slaapkamer II	13,40
Dak	27,90

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	7,65	0,22	1	2,47
Dak	27,90	0,17	1	7,44
Raam/ kozijn (Overige gevels)	0,77	0,77	1	0,67
ΣA =	36,32			Ht, ie = 10,57

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 1.05 Slaapkamer II	Fiak = (15 - 20) / (15 - - 10) =	-0,2000
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (15 - 20) / (15 - - 10) =	-0,2000
Correctiefactor voor R 2.03 Spa	Fiak = (15 - 22) / (15 - - 10) =	-0,2800

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	6,90	2,00	-0,2000	-2,76
Binnenwand (naar R 2.04) Trap	16,66	2,00	-0,2000	-6,66
Vloer (naar R 1.05) Slaapkamer II	13,40	0,50	-0,2800	-1,88
ΣA =	36,96			Ht, ia = -11,30

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iok})$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor Ht, io = 0.

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ibk})$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_t, ig = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k (A_k \cdot f_{g2k} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor Fg2 = 0,0.

Hierdoor geldt voor Ht, ig = 0.

Totale transmissieverlies (R 2.05) Opslag

$$\Phi_t = -18,13 \text{ W}$$

23. Transmissieverlies (Ruimte 2.07) Wc

Afmetingen ruimte	Opp. [m²]
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	11,09
Binnenwand (naar R 2.08) Techniekrumte	7,12
Vloer (naar R 1.07) Slaapkamer III	0,80
Vloer (naar R 1.09) Strijkkamer	1,90

$$\Phi_t [W] = (H_t, ie + H_t, ia + H_t, io + H_t, ib + H_t, ig) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_t, ie = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

Er zijn geen vlakken aangrenzend met buiten, hierdoor geldt voor Ht, ie = 0.

$$H_t, ia = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 1.09 Strijkkamer	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (22 - 20) / (22 - - 10) =	0,0625
Correctiefactor voor R 2.08 Techniekrumte	Fiak = (22 - 15) / (22 - - 10) =	0,2188

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	11,09	2,00	0,0625	1,39
Vloer (naar R 1.07) Slaapkamer III	0,80	2,00	0,0625	0,10
Vloer (naar R 1.09) Strijkkamer	1,90	0,50	0,0625	0,06
ΣA =	13,79			Ht, ia = 1,55

$$H_t, io = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iok})$$

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.08) Techniekrumte	7,12	2,00	0,2188	3,12
ΣA =	7,12			Ht, io = 3,12

$$H_t, ib = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ibk})$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor Ht, ib = 0.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k(A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_{t, ig} = 0$.

Totale transmissieverlies (R 2.07) Wc

$$\Phi_t = 149,14 \text{ W}$$

24. Transmissieverlies (Ruimte 2.08) Techniekruiimte

Afmetingen ruimte	Opp. [m ²]
Buitenwand (excl. raam)	7,76
Raam/ kozijn (Voorgevel) - <i>nieuw geplaatst</i>	1,14
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	8,63
Binnenwand (naar R 2.07) Wc	7,12
Vloer (naar R 1.07) Slaapkamer III	15,70
Dak	27,98

$$\Phi_t [W] = (H_{t, ie} + H_{t, ia} + H_{t, io} + H_{t, ib} + H_{t, ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$H_{t, ie} = \Sigma k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1))$$

	Ak	Uk	Fk	Ak · Fk · (Uk + 0,1)
Buitenwand	7,76	0,22	1	2,50
Dak	27,98	0,17	1	7,46
Raam/ kozijn (Overige gevels)	1,14	0,77	1	0,99
ΣA =	36,88			H_{t, ie} = 10,95

$$H_{t, ia} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak})$$

Correctiefactor voor R 1.07 Slaapkamer III	Fiak = (15 - 20) / (15 - 10) =	-0,2000
Correctiefactor voor R 2.01 Overloop	Fiak = (15 - 20) / (15 - 10) =	-0,2000
Correctiefactor voor R 2.07 Wc	Fiak = (15 - 22) / (15 - 10) =	-0,2800

	Ak	Uk	Fiak	Ak · Uk · Fiak
Binnenwand (naar R 2.01) Overloop	8,63	2,00	-0,2000	-3,45
Binnenwand (naar R 2.07) Wc	7,12	2,00	-0,2800	-3,99
Vloer (naar R 1.07) Slaapkamer III	15,70	0,50	-0,2000	-1,57
ΣA =	31,45			H_{t, ia} = -9,01

$$H_{t, io} = \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$$

Er zijn geen aangrenzende onverwarmende ruimten, hierdoor geldt voor $H_{t, io} = 0$.

$$H_{t, ib} = C_z \cdot \Sigma k (A_k \cdot U_k \cdot f_b)$$

Er zijn geen aangrenzende woningen, hierdoor geldt voor $H_{t, ib} = 0$.

$$H_{t, ig} = 1,45 \cdot G_w \cdot \Sigma k(A_k \cdot f_{g2} \cdot U_{e,k})$$

De begane grond wordt verwarmd door middel van vloerverwarming. Hierdoor geldt voor $F_{g2} = 0,0$.

Hierdoor geldt voor $H_{t, ig} = 0$.

Totale transmissieverlies (R 2.08) Techniekruiimte

$$\Phi_t = 48,61 \text{ W}$$

Ventilatieverlies (buitenluchttoevoer): Φ_v

$$\Phi_w = \Phi_t + \Phi_v + \Phi_o$$

$$\Phi_v [W] = \Phi_i + \Phi_{vent}$$

Infiltratie

$$\Phi_i [W] = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

q_i = Specifiek warmteverlies naar buiten

A_u = Specifiek warmteverlies naar aangrenzend vertrek

= correctiefactor voor hogere indetemperaturen dan de buitentemperatuur cq lagere ruimteluchttemperaturen dan de

f_v ontwerpruimtetemperaturen

θ_i = Ontwerpinnentemperatuur

θ_e = Ontwerpbuientemperatuur (-10 °C)

Ventilatie

$$\Phi_{vent} [W] = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t)$$

θ_t = Toevoertemperatuur ventilatielucht

[°C]

$\Delta\theta_v$ = Correctiefactor voor stralingsinvloeden

[°C]

Tabel 2.4-5a:	$\Delta\theta_v$ [°C]
Vloerverwarming	-1,5
Radiatoren LT	0

ISSO (2012) Handboek Installatietechniek

Tabel 2.4-15 Infiltratiedebiet		
$q_v, 10, \text{kar}$	0,3	0,5
q_i	$10 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$

ISSO (2012) Handboek Installatietechniek

Rekenwaarde $12 \cdot 10^{-5}$ voor balansventilatie

Bouwbesluit 2012 Artikel 3.38 - Luchtverversing verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte

Een verblijfsruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een volgens NEN 8087 bepaalde capaciteit van ten minste 0,7 dm³/s per m² vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm³/s.

Een toiletruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een capaciteit van ten minste 7 dm³/s, bepaald volgens NEN 8087.

Een badruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een capaciteit van ten minste 14 dm³/s, bepaald volgens NEN 8087.

Uitgangspunten

Om een goede luchtkwaliteit in verblijfsruimten te handhaven zal er een luchtverversing van 1,0 dm³/s per m² worden gehanteerd. Dit is 11% beter dan de minimum nieuwbouweis (0,9 dm³/s) en 43% beter dan voor bestaande bouw (0,7 dm³/s).

Ventilatie d.m.v. balansventilatie met een warmterugwinningsrendement van 90%.

In de Spa (ruimte 2.03) wordt een ventilatievoud van 3,0 per uur (x/h) aangehouden. De ruimteinhoud (V) van de Spa is 44,7 m³.

Nr.	Ruimte	Oppervlakte [m²]	BB 2012 [dm³/s]	Comfort [dm³/s]	Afvoer [dm³/s]	Herkomst lucht
0.01	Vestibule	4,2	VKR	nvt		
0.02	Hal	22,4	VKR	nvt		
0.03/ 04	Woonkamer/ Keuken	94,8	66,4	94,8	94,8	0.03/ 04
0.05/ 06	Studeerkamer/ Kinderkamer	44,7	31,3	44,7		
0.07	Toilet	3,4	Geen VR	nvt	44,7	R 0.05 / 0.06
0.08	Bijkeuken	13,8	Geen VR	nvt		
1.01	Overloop/ Trap	19,7	VKR	nvt		
1.02/ 03	Slaapkamer I/ Garderobe	26,5	18,6	26,5		
1.04	Badkamer	5,4	Geen VR	nvt	26,5	R 1.02 / 1.03
1.05	Slaapkamer II	21,8	15,3	21,8		
1.06	Douche	2,3	Geen VR	nvt	21,8	R 1.05
1.07	Slaapkamer III	18,4	12,9	18,4		
1.08	Douche	2,2	Geen VR	nvt	18,4	R 1.07
1.09	Strijkkamer	14,4	14,0	14,4	14,4	R 1.09
1.10	Slaapkamer IV	21,6	15,1	21,6		
1.11	Douche	2,8	Geen VR	nvt	14,6	R 1.10
1.12	Wc	2,5	Geen VR	nvt	7,0	R 1.08
1.13	Trap	6,7	VKR	nvt		
1.14	Trap/ Kast	5,4	VKR	nvt		
1.15	Terras	34,6	Buitenruimte	nvt		
2.01	Overloop	17,2	VKR	nvt		
2.02	Logeerkamer	20,5	14,4	20,5		
2.03	Spa	17,2	14,0	37,3	37,3	R 2.03
2.04	Trap	5,4	VKR	nvt		
2.05	Opslag	13,4	Geen VR	nvt		
2.06	Chillroom	45,1	31,6	45,1		
2.07	Wc	2,0	Geen VR	nvt	65,6	R 2.02 / 2.06
2.08	Techniekrimte	15,7	Geen VR	nvt		
2.09	Trap	8,0	VKR	nvt		
		505,4	233,4	345,1	345,1	

VRK = Verkeersruimte

VR = Verblijfsruimte

Totale luchtverversing Huize Parklust

345,07 dm³/s

Infiltratieverlies

$$\Phi_i \text{ [W]} = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Nr.	Ruimte	$q_i \cdot 1200$	$A_u \text{ [m}^2\text{]}$	f_v	$\theta_i \text{ [}^\circ\text{C]}$	$\theta_e \text{ [}^\circ\text{C]}$	Q [W]
0.01	Vestibule	0,144	10,59	1	18	-10	42,70
0.02	Hal	0,144	10,05	1	18	-10	40,52
0.03 /04	Woonkamer/ Keuken	0,144	164,90	1	20	-10	712,37
0.05/ 06	Studeerkamer	0,144	75,01	1	20	-10	324,04
0.07	Toilet	0,144	0	0	22	-10	0,00
0.08	Bijkeuken	0,144	40,17	1	20	-10	173,53
1.01	Overloop/ Trap	0,144	21,63	1	18	-10	87,21
1.02/ 03	Slaapkamer I/ Garderobe	0,144	52,36	1	20	-10	226,20
1.04	Badkamer	0,144	0	0	22	-10	0,00
1.05	Slaapkamer II	0,144	45,02	1	20	-10	194,49
1.06	Douche	0,144	0	0	22	-10	0,00
1.07	Slaapkamer III	0,144	39,67	1	20	-10	171,37
1.08	Douche	0,144	0	0	22	-10	0,00
1.09	Strijkkamer	0,144	15,14	1	20	-10	65,40
1.10	Slaapkamer IV	0,144	55,98	1	20	-10	241,83
1.11	Douche	0,144	5,05	1	22	-10	23,27
1.12	Wc	0,144	0	0	22	-10	0,00
2.01/ 06	Overloop/ Chillroom	0,144	88,48	1	20	-10	382,23
2.02	Logeerkamer	0,144	40,91	1	20	-10	176,73
2.03	Spa	0,144	11,88	1	22	-10	54,74
2.04	Trap	0,144	8,25	1	20	-10	35,64
2.05	Opslag	0,144	36,32	1	15	-10	130,75
2.07	Wc	0,144	0	0	22	-10	0,00
2.08	Techniekrimte	0,144	36,88	1	15	-10	132,77
		3,456	758,29				3215,81

Totale infiltratieverlies

$$\Phi_i = 3215,81 \text{ W}$$

Ventilatieverlies

Gemiddelde retourluchttemperatuur θ_t

$$= \frac{(\text{Afvoerlucht R 1} \cdot \text{Temp. R 1}) + (\text{Afvoerlucht R 2} \cdot \text{Temp. R 2}) + \dots}{(\text{Afvoerlucht R 1} + \text{Afvoerlucht R 2} + \dots)}$$

$$= \frac{(0,0948 \cdot 20 + 0,0447 \cdot 22 + 0,0265 \cdot 22 + 0,0218 \cdot 22 + 0,0184 \cdot 22 + 0,0144 \cdot 20 + 0,0146 \cdot 22 + 0,007 \cdot 22 + 0,0373 \cdot 22 + 0,0656 \cdot 22)}{(0,0948 + 0,0447 + 0,0233 + 0,0265 + 0,0184 + 0,0144 + 0,0146 + 0,007 + 0,0373 + 0,0656)}$$

$$= \frac{7,37}{0,35} = 21,37 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Toevoerluchttemperatuur θ_t

$$= 0,9 \cdot (21,37 - 10) - 10$$

$$= 18,23 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\Phi_{vent} [W] = q_v \cdot 1200 \cdot A_u \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t)$$

Nr.	Ruimte	qv	qv · 1200	θi [°C]	Δθv [°C]	θt [°C]	Q [W]
0.01	Vestibule	0,0000	0,00	18	-1,5	18,23	0,00
0.02	Hal	0,0000	0,00	18	-1,5	18,23	0,00
0.03 /04	Woonkamer/ Keuken	0,0948	113,76	20	-1,5	18,23	30,67
0.03 /04	Woonkamer/ Keuken	0,0948	113,76	20	-1,5	21,37	-326,16
0.05/ 06	Studeerkamer	0,0447	53,64	20	-1,5	18,23	14,46
0.07	Toilet	0,0447	53,64	22	-1,5	21,37	-46,51
0.08	Bijkeuken	0,0000	0,00	20	-1,5	18,23	0,00
1.01	Overloop/ Trap	0,0000	0,00	18	-1,5	18,23	0,00
1.02/ 03	Slaapkamer I/ Garderobe	0,0265	31,80	20	-1,5	18,23	8,57
1.04	Badkamer	0,0265	31,80	22	-1,5	21,37	-27,57
1.05	Slaapkamer II	0,0218	26,16	20	-1,5	18,23	7,05
1.06	Douche	0,0218	26,16	22	-1,5	21,37	-22,68
1.07	Slaapkamer III	0,0184	22,08	20	-1,5	18,23	5,95
1.08	Douche	0,0184	22,08	22	-1,5	21,37	-19,15
1.09	Strijkkamer	0,0144	17,28	20	-1,5	18,23	4,66
1.09	Strijkkamer	0,0144	17,28	20	-1,5	21,37	-49,54
1.10	Slaapkamer IV	0,0216	25,92	20	-1,5	18,23	6,99
1.11	Douche	0,0146	17,52	22	-1,5	21,37	-15,19
1.12	Wc	0,0070	8,40	22	-1,5	21,37	-7,28
2.01/ 06	Overloop/ Chillroom	0,0451	54,12	20	0	18,23	95,77
2.02	Logeerkamer	0,0205	24,60	20	0	18,23	43,53
2.03	Spa	0,0373	44,72	22	0	18,23	168,58
2.03	Spa	0,0373	44,72	22	0	21,37	28,30
2.04	Trap	0,0000	0,00	20	-1,5	18,23	0,00
2.05	Opslag	0,0000	0,00	15	0	18,23	0,00
2.07	Wc	0,0656	78,72	22	0	18,23	296,75
2.08	Techniekrimte	0,0000	0,00	15		18,23	0,00
		0,6901	828,16				197,21

Totale ventilatieverlies

$\Phi_{vent} = 197,21 \text{ W}$

Opwarmverlies (bedrijfsbeperking): Φ_o

$$\Phi_w = \Phi_t + \Phi_v + \Phi_o$$

$$\Phi_o [W] = \Phi_{op} + \frac{1}{2} \Phi_{vent}$$

Infiltratie

$$\Phi_{op} [W] = P \cdot Aa$$

P = Toeslag voor bedrijfsbeperking (1,7 W/m²)

Aa = Totaal accumulerend oppervlak

Nr.	Ruimte	P [W/m ²]	Aa [m ²]	P · Aa	Φ_{vent} [W]	Q [W]
0.01	Vestibule	1,7	34,19	58,12	0,00	58,12
0.02	Hal	1,7	105,45	179,27	0,00	179,27
0.03 /04	Woonkamer/ Keuken	1,7	225,17	382,79	30,67	367,45
0.05/ 06	Studeerkamer	1,7	129,36	219,91	14,46	212,68
0.07	Toilet	1,7	35,19	59,82	-46,51	59,82
0.08	Bijkeuken	1,7	82,74	140,66	0,00	140,66
1.01	Overloop/ Trap	1,7	132,94	226,00	0,00	226,00
1.02/ 03	Slaapkamer I/ Garderobe	1,7	132,16	224,67	8,57	220,38
1.04	Badkamer	1,7	44,61	75,84	-27,57	75,84
1.05	Slaapkamer II	1,7	109,96	186,93	7,05	183,41
1.06	Douche	1,7	29,54	50,22	-22,68	50,22
1.07	Slaapkamer III	1,7	82,30	139,91	5,95	136,93
1.08	Douche	1,7	26,84	45,63	-19,15	45,63
1.09	Strijkkamer	1,7	85,78	145,83	4,66	143,50
1.10	Slaapkamer IV	1,7	117,18	199,21	6,99	195,71
1.11	Douche	1,7	32,43	55,13	-15,19	55,13
1.12	Wc	1,7	29,08	49,44	-7,28	49,44
2.01/ 06	Overloop/ Chillroom	1,7	254,80	433,16	95,77	385,27
2.02	Logeerkamer	1,7	57,59	97,90	43,53	76,14
2.03	Spa	1,7	62,11	105,59	168,58	21,30
2.04	Trap	1,7	41,30	70,21	0,00	70,21
2.05	Opslag	1,7	64,86	110,26	0,00	110,26
2.07	Wc	1,7	20,91	35,55	296,75	-112,83
2.08	Techniekrimte	1,7	39,21	66,66	0,00	66,66
			1975,70	3358,69	544,61	3017,19

Totale opwarmverlies

$\Phi_o =$	3017,19 W
------------	------------------

5B - Luchtverversing

Luchtverversing

Bouwbesluit 2012 Artikel 3.38 - Luchtverversing verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte

Een verblijfsruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een volgens NEN 8087 bepaalde capaciteit van ten minste 0,7 dm³/s per m² vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm³/s.

Een toiletruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een capaciteit van ten minste 7 dm³/s, bepaald volgens NEN 8087.

Een badruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een capaciteit van ten minste 14 dm³/s, bepaald volgens NEN 8087.

Uitgangspunten

Om een goede luchtkwaliteit in verblijfsruimten te handhaven zal er een luchtverversing van 1,0 dm³/s per m² worden gehanteerd. Dit is 11% beter dan de minimum nieuwbouweis (0,9 dm³/s) en 43% beter dan voor bestaande bouw (0,7 dm³/s).

Ventilatie d.m.v. balansventilatie met een warmteterugwinningsrendement van 90%.

In de Spa (ruimte 2.03) wordt een ventilatievoud van 3,0 per uur (x/h) aangehouden. De ruimtinhoud (V) van de Spa is 44,7 m³.

Nr.	Ruimte	Oppervlakte [m ²]	BB 2012 [dm ³ /s]	Comfort [dm ³ /s]	Afvoer [dm ³ /s]	Herkomst lucht
0.01	Vestibule	4,2	VKR	nvt		
0.02	Hal	22,4	VKR	nvt		
0.03/ 04	Woonkamer/ Keuken	94,8	66,4	94,8	94,8	0.03/ 04
0.05/ 06	Studeerkamer/ Kinderkamer	44,7	31,3	44,7		
0.07	Toilet	3,4	Geen VR	nvt	44,7	R 0.05 / 0.06
0.08	Bijkeuken	13,8	Geen VR	nvt		
1.01	Overloop/ Trap	19,7	VKR	nvt		
1.02/ 03	Slaapkamer I/ Garderobe	26,5	18,6	26,5		
1.04	Badkamer	5,4	Geen VR	nvt	26,5	R 1.02 / 1.03
1.05	Slaapkamer II	21,8	15,3	21,8		
1.06	Douche	2,3	Geen VR	nvt	21,8	R 1.05
1.07	Slaapkamer III	18,4	12,9	18,4		
1.08	Douche	2,2	Geen VR	nvt	18,4	R 1.07
1.09	Strijkkamer	14,4	14,0	14,4	14,4	R 1.09
1.10	Slaapkamer IV	21,6	15,1	21,6		
1.11	Douche	2,8	Geen VR	nvt	14,6	R 1.10
1.12	Wc	2,5	Geen VR	nvt	7,0	R 1.08
1.13	Trap	6,7	VKR	nvt		
1.14	Trap/ Kast	5,4	VKR	nvt		
1.15	Terras	34,6	Buitenruimte	nvt		
2.01	Overloop	17,2	VKR	nvt		
2.02	Logeerkamer	20,5	14,4	20,5		
2.03	Spa	17,2	14,0	37,3	37,3	R 2.03
2.04	Trap	5,4	VKR	nvt		
2.05	Opslag	13,4	Geen VR	nvt		
2.06	Chillroom	45,1	31,6	45,1		
2.07	Wc	2,0	Geen VR	nvt	65,6	R 2.02 / 2.06
2.08	Techniekrimte	15,7	Geen VR	nvt		
2.09	Trap	8,0	VKR	nvt		
		505,4	233,4	345,1	345,1	

VRK = Verkeersruimte

VR = Verblijfsruimte

Totale luchtverversing Huize Parklust

345,07 dm³/s

5C – Luchtsnelheid en kanalen

Luchtsnelheid en kanalen

Uitwerking met rechthoekige luchtkanalen

Voldoet

Bouwbesluit 2012 Artikel 3.30 - Thermisch comfort

De toevoer van verse lucht veroorzaakt in de leefzone van een verblijfsgebied een volgens NEN 1087 bepaalde luchtsnelheid die niet groter is dan 0,2 m/s.

NEN 1087 - Ventilatie van gebouwen

Een leefzone maakt deel uit van een verblijfsgebied. De leefzone wordt gedefinieerd als de ruimte 1,0 meter vanaf de buitengevel, 0,2 meter vanaf de binnenwanden en 1,8 meter vanaf de vloer.

Lucht dat in de leefzone wordt toegevoerd heeft een maximale luchtsnelheid van 0,2 m/s.

Uitgangspunten

Het toevoeren van lucht in de verblijfsruimten vindt plaats d.m.v. sleuroosters t.p.v. het plafond.

Alle toevoerpunten vallen buiten de leefzone conform NEN 1087.

Om het comfort in de verblijfsruimten te verbeteren wordt de lucht met een snelheid van 1 m/s toegevoerd.

De luchtsnelheid in hoofdkanalen bedraagt 4,5 m/s, hierdoor bedraagt het geluidsniveau $\leq$ dB(A).

De luchtkanalen hebben een hoogte van 50 mm, zodat het in de plafondhangers weggewerkt kunnen worden. De breedte wordt berekend.

Nr.	Aftakking naar	Toevoer [dm³/s]	Luchtsnelheid [m/s]	Opp. [mm²]	Aantal toevoer punten	Type kanaal	Berekende breedte [mm]	Werkelijke breedte [mm]
Luchtkanaal 1 - Installatieruimte		57,80	4,50	0,013		I	127,88	160,00
Luchtkanaal 2		45,10	4,50	0,010		I	112,96	125,00
	Chillroom				2,00			
	Chillroom (A)	22,55	1,00	0,023	1,00	I	169,44	200,00
	Chillroom (B)	22,55	1,00	0,023	1,00	I	169,44	200,00
Luchtkanaal 3		57,80	4,50	0,013			127,88	150,00
	Logeerkamer	20,50	1,00	0,021	1,00	I	161,56	200,00
	Spa	37,50	1,00	0,038	1,00	I	218,51	250,00
Luchtkanaal 4 - naar 1e verdieping		242,20	4,50	0,054		I	261,78	315,00
Luchtkanaal 5		26,50	4,50	5889		II	117,78	200,00
	Slaapkamer I				2,00			
	Slaapkamer I (A)	13,25	1,00	13250	1,00	II	265,00	300,00
	Slaapkamer I (B)	13,25	1,00	13250	1,00	II	265,00	300,00
Luchtkanaal 6		54,40	4,50	12089		II	241,78	300,00
	Slaapkamer III	18,40						
	Strijkkamer	14,40	1,00	14400	1,00	II	288,00	300,00
	Slaapkamer IV	21,60						
Luchtkanaal 7		21,60	4,50	4800		II	96,00	150,00
	Slaapkamer IV	21,60	1,00	21600	1,00	II	432,00	500,00
Luchtkanaal 8		18,40	4,50	4089		II	81,78	100,00
	Slaapkamer III	18,40	1,00	18400	1,00	II	368,00	400,00
Luchtkanaal 9		21,80	4,50	4844		II	96,89	150,00
	Slaapkamer II	21,80	1,00	21800	1,00	II	436,00	500,00
Luchtkanaal 10 - naar Begane grond		139,50	4,50	31000		I	198,67	250,00
Luchtkanaal 11 - naar Woonkamer		94,80	4,50	21067		II	421,33	500,00
Luchtkanaal 12		47,40	4,50	10533		II	210,67	250,00
	Woonkamer				2,00			
	Woonkamer (A)	23,70	1,00	23700	1,00	II	474,00	500,00
	Woonkamer (B)	23,70	1,00	23700	1,00	II	474,00	500,00
Luchtkanaal 13		47,40	4,50	0,01		II	115,81	150,00
	Woonkamer				2,00			
	Woonkamer (E)	23,70	1,00	23700	1,00	II	474,00	500,00
	Woonkamer (F)	23,70	1,00	23700	1,00	II	474,00	500,00
Luchtkanaal 14		44,60	4,50	0,01		II	112,34	150,00
	Kinderkamer	17,10	1,00	17100	1,00	II	342,00	400,00
	Studeerkamer	27,50						
Luchtkanaal 15		27,50	4,50	0,01		II	88,21	100,00
	Studeerkamer				2,00			
	Studeerkamer (A)	27,50	1,00	27500	1,00	II	550,00	600,00

Type kanaal

- I = Ronde luchtkanaal
- II = Rechthoekig luchtkanaal

Beschikbare (rechthoekige) luchtkanalen
Afmetingen [mm] : 100, 150, 200, 250, 300, 300, 400, 500, 600, 800, 1000

Bijlagen: Installatietekeningen

INST-00	Luchtverversing Begane grond
INST-01	Luchtverversing Eerste verdieping
INST-02	Luchtverversing Tweede verdieping
INST-03	Toe- en afvoerkanaal

Luchtsnelheid en kanalen

Uitwerking met ronde luchtkanalen

Voldoet niet

Bouwbesluit 2012 Artikel 3.30 - Thermisch comfort

De toevoer van verse lucht veroorzaakt in de leefzone van een verblijfsgebied een volgens NEN 1087 bepaalde luchtsnelheid die niet groter is dan 0,2 m/s.

NEN 1087 - Ventilatie van gebouwen

Een leefzone maakt deel uit van een verblijfsgebied. De leefzone wordt gedefinieerd als de ruimte 1,0 meter vanaf de buitengevel, 0,2 meter vanaf de binnenwanden en 1,8 meter vanaf de vloer.

Lucht dat in de leefzone wordt toegevoerd heeft een maximale luchtsnelheid van 0,2 m/s

Uitgangspunten

Het toevoeren van lucht in de verblijfsruimten vindt plaats door het plafond en t.p.v. kozijnen

Alle toevoerpunten vallen buiten de leefzone conform NEN 1087.

Om het comfort in de verblijfsruimten te verbeteren wordt de lucht met een snelheid van 1 m/s toegevoerd

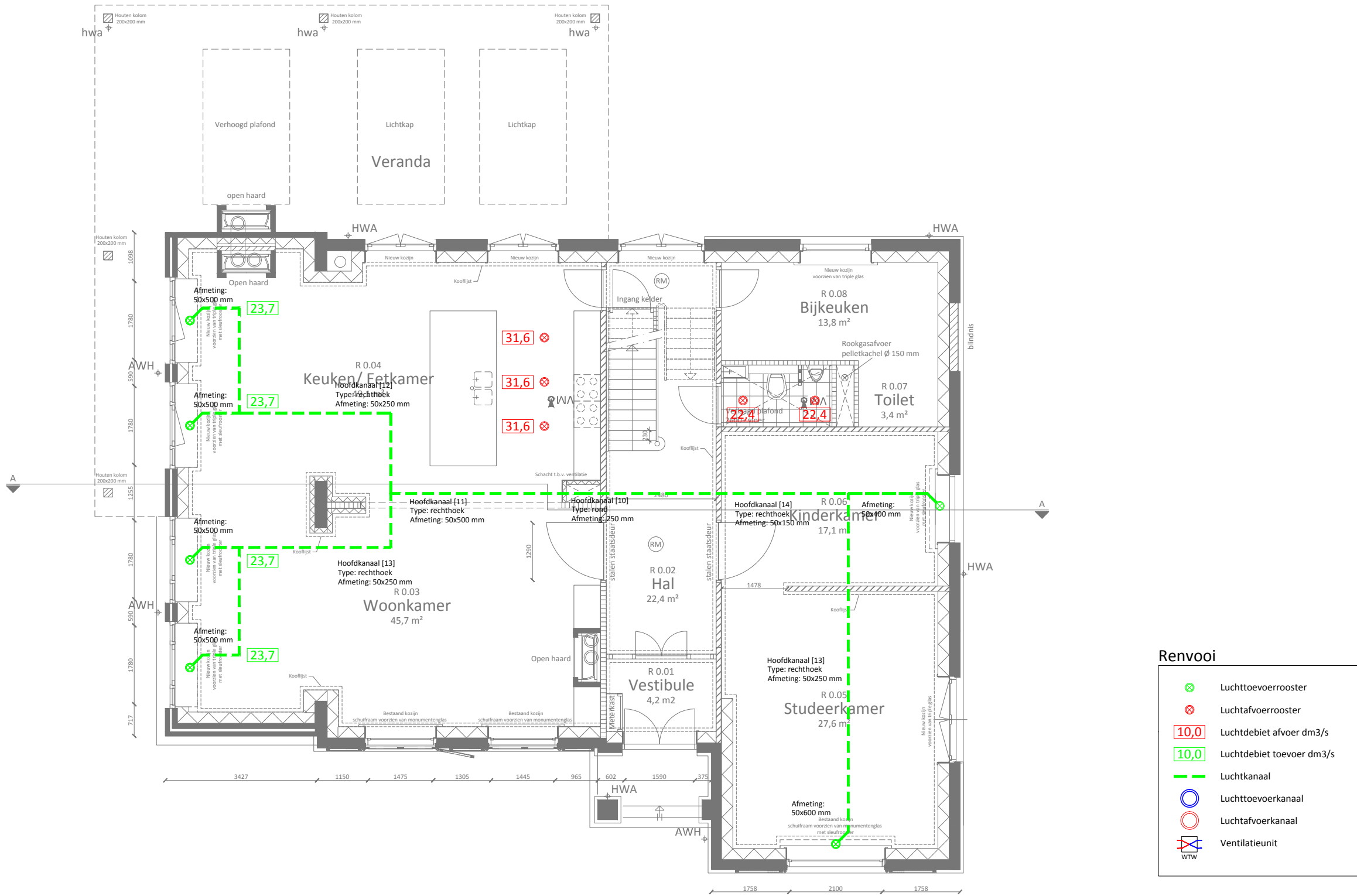
De luchtsnelheid in hoofdkanalen bedraagt 4,5 m/s, hierdoor bedraagt het geluidsniveau $\leq$ dB(A)

Nr.	Aftakking naar	Toevoer [dm ³ /s]	Luchtsnelheid [m/s]	Min. opp. Kanaal [m ²]	Aantal toevoer punten	Diameter kanaal	
						Berekend [mm]	Werkelijke [mm]
Luchtkanaal 1 - Installatieruimte		57,80	4,50	0,013		127,88	160,00
Luchtkanaal 2		45,10	4,50	0,010		112,96	125,00
Chillroom					3,00		
Chillroom (A)		15,10	1,00	0,015		138,66	150,00
Chillroom (B)		15,00	1,00	0,015		138,20	150,00
Chillroom (C)		15,00	1,00	0,015		138,20	150,00
Luchtkanaal 3		57,80	4,50	0,013		127,88	150,00
Logeerkamer		20,50	1,00	0,021	1,00	161,56	200,00
Spa		37,50	1,00	0,038	1,00	218,51	250,00
Luchtkanaal 4 - naar 1e verdieping		242,20	4,50	0,054		261,78	315,00
Luchtkanaal 5		26,50	4,50	0,01		86,59	100,00
Slaapkamer					2,00		
Slaapkamer I (A)		13,25	1,00	0,01		129,89	150,00
Slaapkamer I (B)		13,25	1,00	0,01		129,89	150,00
Luchtkanaal 6		54,40	4,50	0,01		124,06	150,00
Slaapkamer III		18,40					
Strijkkamer		14,40	1,00	0,01	1,00	135,41	150,00
Slaapkamer IV		21,60					
Luchtkanaal 7		21,80	4,50	0,00		78,54	100,00
Slaapkamer IV					2,00		
Slaapkamer IV (A)		10,80	1,00	0,01	1,00	117,26	125,00
Slaapkamer IV (B)		10,80	1,00	0,01	1,00	117,26	125,00
Luchtkanaal 8		18,40	4,50	0,00		72,15	100,00
Slaapkamer III		18,40	1,00	0,02	1,00	153,06	160,00
Luchtkanaal 9		21,80	4,50	0,00		78,54	100,00
Slaapkamer II		21,80	1,00	0,02	1,00	166,60	200,00
Luchtkanaal 10 - naar Begane grond		139,50	4,50	0,03		198,67	250,00
Luchtkanaal 11 - naar Woonkamer		94,80	4,50	0,02		163,78	160,00
Luchtkanaal 12		47,40	4,50	0,01		115,81	125,00
Woonkamer					4,00		
Woonkamer (A)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Woonkamer (B)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Woonkamer (C)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Woonkamer (D)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Luchtkanaal 13		47,40	4,50	0,01		115,81	125,00
Woonkamer					4,00		
Woonkamer (E)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Woonkamer (F)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Woonkamer (G)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Woonkamer (H)		11,85	1,00	0,01		122,83	150,00
Luchtkanaal 14		44,60	4,50	0,01		112,34	125,00
Kinderkamer		17,10	1,00	0,02	1,00	147,55	160,00
Studeerkamer		27,50					
Luchtkanaal 15		27,50	4,50	0,01		88,21	100,00
Studeerkamer					2,00		
Studeerkamer (A)		13,75	1,00	0,01		132,31	150,00
Studeerkamer (B)		13,75	1,00	0,01		132,31	150,00

Beschikbare (ronde) luchtkanalen

Diameter [n 80, 100, 125, 150, 160, 200, 250, 300, 315, 355, 400]

5D – Installatietekeningen



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Begane grond

Luchtversing en kanalen

K&E

PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

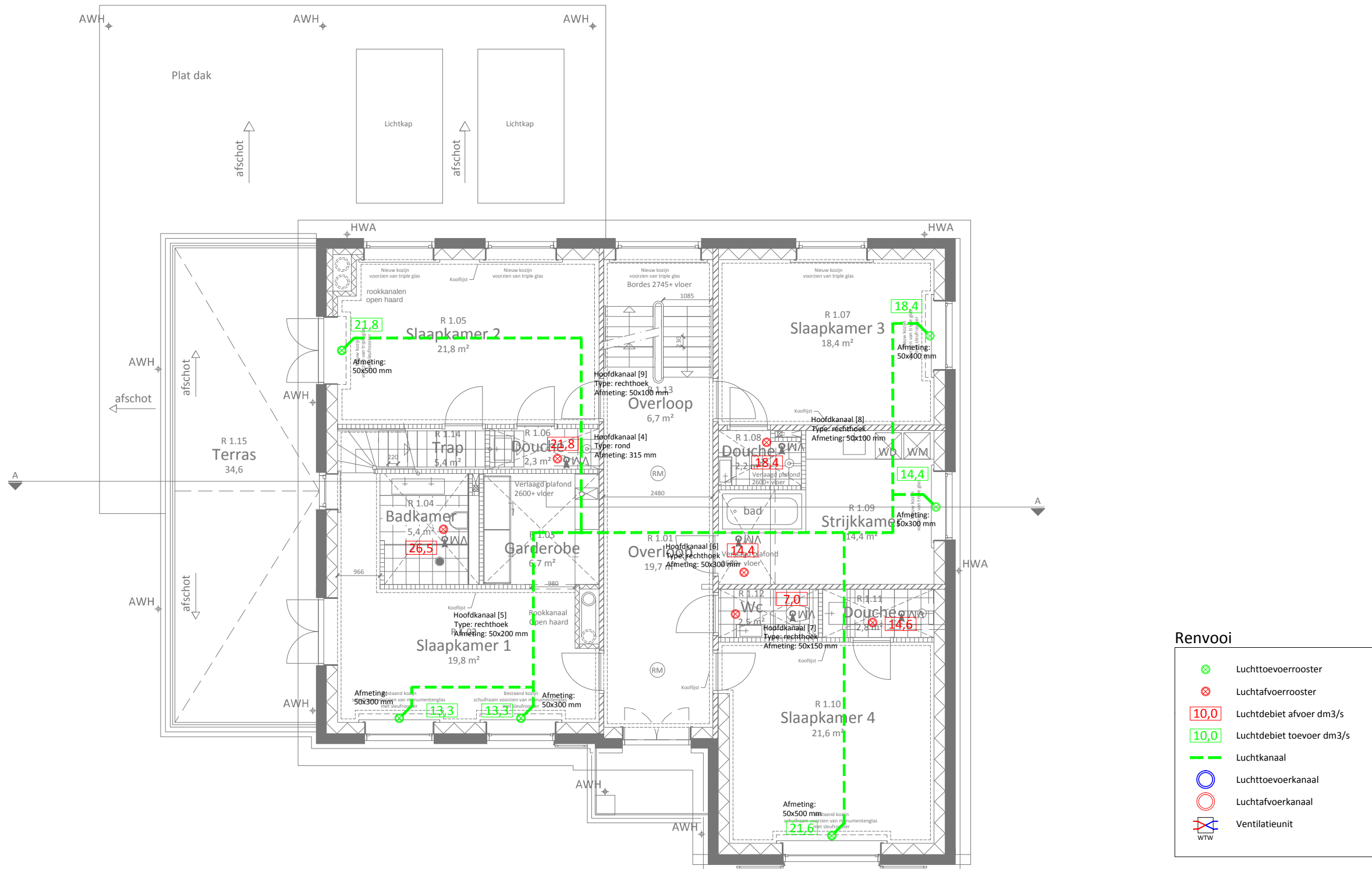
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

Tek. INST-00



'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Eerste verdieping

Luchtverversing en kanalen

K&E
PROJECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

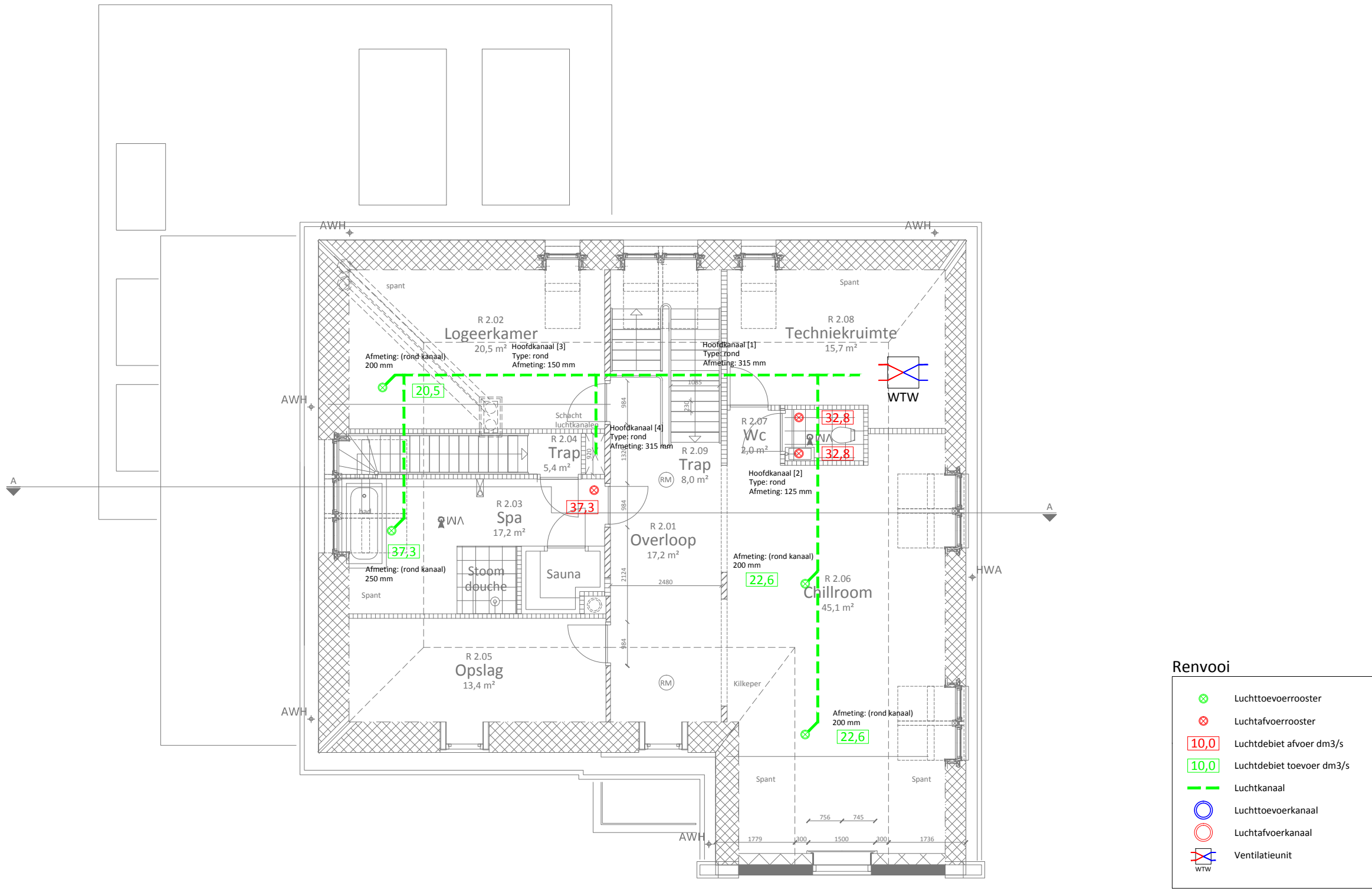
Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

Tek. INST-01



Renvooi

- Luchttoevoerrooster
- Luchtafvoerrooster
- Luchtdebiet afvoer dm3/s
- Luchtdebiet toevoer dm3/s
- Luchtkanaal
- Luchttoevoerkanaal
- Luchtafvoerkanaal
- Ventilatieunit

'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Tweede verdieping

Luchtverversing en kanalen

Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

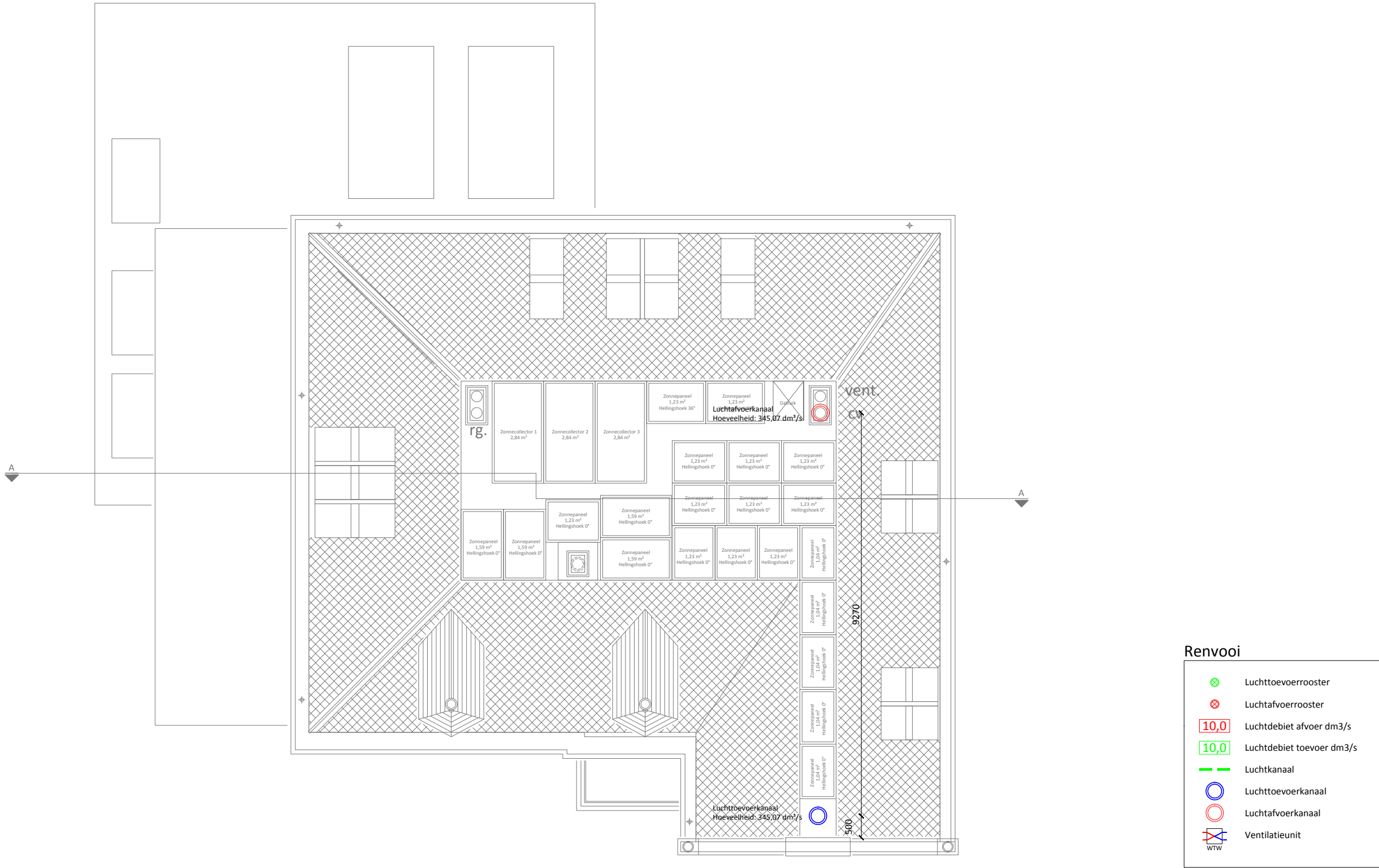
K&E

PR 0 J E C T E N

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

Tek. INST-02



Renvooi

- Luchttoevoerrooster
- Luchtafvoerrooster
- Luchtdebiet afvoer dm3/s
- Luchtdebiet toevoer dm3/s
- Luchtkanaal
- Luchttoevoerkanaal
- Luchtafvoerkanaal
- Ventilatieunit

'Het nieuwe leven van Huize Parklust'

Onderdeel: Dakoverzicht

Toe- en afvoerkanaal

Getekend : EM

Datum : 20.05.2015

Schaal : 1:100

Formaat : A3

K&E

PR Ø JECTEN

Restauratie Huize Parklust
Wilhelminapark 7, Apeldoorn

Definitief

Tek. INST-03

5E – EPC berekening

Energieprestatieberekening

volgens NEN 7120:2011/C5:2014

Algemene gegevens	
Projectnaam	Het nieuwe leven van Huize Parklust
Bouwjaar	1897
Categorie	Woningbouw
Datum	5 mei 2015

Resultaten (1e trap)		
Energiepost	Symbool	Hoeveelheid [MJ]
ENERGIEGEBRUIK		
Verwarming (excl. hulpenergie)	E;H;P	71531
Hulpenergie		2261
Warm tapwater (excl. hulpenergie)	E;W;P	13848
Hulpenergie		512
Koeling (excl. hulpenergie)	E;C;P	0
Hulpenergie		0
Zomercomfort	E;SC;P	12623
Bevochtiging	E;hum	0
Ontvochtiging	E;dhum	0
Ventilatoren	E;V;P	20243
Verlichting	E;L;P	23132
Totale energieverbruik (1e trap)	E;P;tot	144150
		EPC- waarde = 0,08

Resultaten 2e trap		
Energiepost	Symbool	Hoeveelheid [MJ]
ENERGIEGEBRUIK		
Verwarming (excl. hulpenergie)	E;H;P	0
Hulpenergie		2261
Warm tapwater (excl. hulpenergie)	E;W;P	0
Hulpenergie		512
Koeling (excl. hulpenergie)	E;C;P	0
Hulpenergie		0
Zomercomfort	E;SC;P	12623
Bevochtiging	E;hum	0
Ontvochtiging	E;dhum	0
Ventilatoren	E;V;P	20243
Verlichting	E;L;P	23132
Totale energieverbruik (2e trap)	E;P;tot	58771
EPC- waarde -0,23		EPC- waarde = -0,22

Totaaloverzicht			
Energiedrager		Hoeveelheid [MJ]	Hoeveelheid [kWh]
Gebouwgebonden energieverbruik	E;P;tot	58771	6377
Gebruikersgebonden energieverbruik		55547	6027
Duurzame energieopwekking	EP;pr;EPus;el	122427	13284
Totale energieverbruik	E;P;tot	-8109	-880
Toelaatbaar energieverbruik	E;P;adm;tot;nb	108645	11789

Resultaten en energieprestatie			
	Eis	Gehaald	Conclusie
EPC- waarde Huize Parklust	≤ 0,00	-0,07	Voldoet
E;P;tot / E;P;adm;tot;nb	1,00	-0,07	

Duurzame energieopwekking

Benodigde duurzame energie				
Gebouwgebonden energieverbruik	58771	MJ	6377	kWh
Gebruikersgebonden energieverbruik	55547	MJ	6027	kWh

Totale benodigde duurzame energie	114318	MJ	12404	kWh
--	---------------	-----------	--------------	------------

Toepassing van zonnepanelen					
Persiennes met zonnecellen	28798,00	MJ	3124,75	kWh	20,56 m ²
Zonnepanelen schutting	32244,00	MJ	3498,66	kWh	22,03 m ²
Zonnepanelen op het dak (0°)	29152,00	MJ	3163,16	kWh	22,03 m ²
Zonnepanelen op het dak (36°)	3393,00	MJ	368,16	kWh	2,35 m ²
Carport voortuin	28840,00	MJ	3129,31	kWh	19,93 m ²

Totale opgewekte duurzame energie	122427	MJ	13284	kWh	86,90	m²
--	---------------	-----------	--------------	------------	--------------	----------------------

Resultaat energieproductie	8109	MJ	880	kWh	(overproductie)
-----------------------------------	------	----	-----	-----	-----------------

Vormen van duurzame energie bij Huize Parklust

Perisennes met zonnecellen	
Algemene informatie	
Type zonnepaneel	Yingli Solar Panda YL260C, monokristallijne zonnepaneel
Oriëntatie	Zuidoost, voorgevel
Hellingshoek	45 graden
Uitvoering	Sterk geventileerd

Prestaties		
Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totale oppervlakte	20,56	m ²
Energieproductie	27757,00	MJ
Energieproductie	3011,80	kWh

Algemene informatie	
Type zonnepaneel	Yingli Solar Panda YL260C, monokristallijne zonnepaneel
Oriëntatie	Zuidoost, voorgevel
Hellingshoek	45 graden
Uitvoering	Sterk geventileerd - Constante belemmering

Prestaties		
Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totale oppervlakte	1,46	m ²
Energieproductie	1041,00	MJ
Energieproductie	112,95	kWh

Zonnepanelen schutting	
Algemene informatie	
Type zonnepaneel	Yingli Solar Panda YL260C, monokristallijne zonnepaneel
Oriëntatie	Zuidoost, voorgevel
Hellingshoek	45 graden
Uitvoering	Sterk geventileerd

Prestaties		
Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totale oppervlakte	22,03	m ²
Energieproductie	32244,00	MJ
Energieproductie	3498,66	kWh

Zonnepanelen op het dak	
Algemene informatie	
Type zonnepaneel	Yingli Solar Panda YL260C, monokristallijne zonnepaneel
Oriëntatie	Zuidoost, voorgevel
Hellingshoek	0 graden
Uitvoering	Sterk geventileerd

Prestaties		
Wattpiek vermogen	177,00	W/ m ²
Totale oppervlakte	22,03	m ²
Energieproductie	29152,00	MJ
Energieproductie	3163,16	kWh

Algemene informatie	
Type zonnepaneel	Yingli Solar Panda YL205C, monokristallijne zonnepaneel
Oriëntatie	Zuidoost, voorgevel
Hellingshoek	36 graden
Uitvoering	Sterk geventileerd

Prestaties		
Wattpiek vermogen	175,00	W/ m ²
Totale oppervlakte	2,35	m ²
Energieproductie	3393,00	MJ
Energieproductie	368,16	kWh

Zonnepanelen carport	
Algemene informatie	
Type zonnepaneel	Yingli Solar Panda YL205C, monokristallijne zonnepaneel
Oriëntatie	Zuidoost, voorgevel
Hellingshoek	36 graden
Uitvoering	Sterk geventileerd

Prestaties		
Wattpiek vermogen	175,00	W/ m ²
Totale oppervlakte	19,93	m ²
Energieproductie	28840,00	MJ
Energieproductie	3129,31	kWh

Gebruikersgebonden energieverbruik

Algemene informatie

	Aantal					
Aantal gebruikers	Mr.	Mevr.	Kind 1	Kind 2	Kind 3	Personeel
Aanwezigheid [uur/week]	123	141	138	138	138	40

Uitgangspunten

Bij de berekening is er van 300 dagen per jaar uitgegaan bij apparatuur die dagelijks gebruikt wordt, dit mede door vakanties en andere vormen van afwezigheid. Voor apparatuur die gedurende het hele jaar aanstaat wordt uitgegaan van 365 dagen (8760 uur).

Van ieder apparaat is vastgesteld hoe vaak deze wordt gebruikt in: aantal uur per dag, aantal keer per week, aantal keer per maand. Deze waarden zijn allen berekend tot het totaal aantal uur per jaar.

Er worden milieubewuste keuzes gemaakt door de gebruikers betreft het apparaatgebruik. Er is uitgegaan van een energielabel van A+ of hoger.

Voor het energieverbruik van het overige apparaat energieverbruik wordt er 11,3% het totale energieverbruik genomen.*

Specificatie gebruikersgebonden energieverbruik

Verbruik apparaten		Aantal apparaten	Aantal keer	Aantal uur per jaar	KWh	KWh per jaar 1 st.	KWh per jaar tot.
Afwasmaschine	12 couverts	1	elke dag	300	0,80	240	240
Alarminstallatie		1	hele jaar	8760		70	70
Bubbelbad		1	2x pm 1u	20	6,00	120	120
Computer	Imac 21,5"	2	1u pd	300	0,17	50	99
Diepvriezer	209 liter	2	hele jaar	8760		146	292
Droogtrommel	8 kg	1	elke dag	300		112	112
Hogedrukspuit		1	2x pj 2u	4		8	8
Jacuzzi		1	4x pm 1u	40	7,00	280	280
Koelkast	247 liter	3	hele jaar	8760		156	468
Koffiezetapparaat		1	elke dag 1u	300		75	75
Laptop		5	1u pd	300		110	550
Magnetron		1	1u pd	300		35	35
Mobiele telefoon		5	2u pd	600	0,01	6	30
Muziekinstallatie	SONOS	2	8u pd	2400	0,12	288	576
Oven		1	3x pw 1u	150	4,36	654	654
Combistoomoven		1	3x pw 1u	150	4,00	600	600
Sauna		1	3x pw 20min	10	6,00	60	60
Stofzuiger		3	4x pw 25min	40	0,27	11	32
Stoomdouche		1	2x pw 30 min	40	3,00	120	120
Strijkijzer		1	1u pw	300	0,50	150	150
Tablet		5	4u pd	1400	0,01	8	38
Televisietoestel	50"	1	4u pd	1404		68	68
	40"	1	1u pd	351		46	46
	32"	1	2u pd	704		26	26
	28"	1	2u pd	704		21	21
Verwarming veranda	Heaterstrip	2	3u pw	150	1,80	270	540
Wasmachine	7kg	1	elke dag	300		104	104

Totaal apparatuur bekend	5415
--------------------------	------

Overige apparatuur	612
--------------------	-----

Totale gebruikersgebonden energieverbruik

= 6027,16 kWh

* Onderzoek Analyse energieverbruik 2012 door Jeroen Haringman solarwebsite.nl

Pelletkachel: hoeveelheid pellets

Algemene gegevens		
Type	KWB EasyFire pelletkachel EF2 S	
Vermogen	22 kW	Conform warmtelast berekening Bijlage 5A
Rendement	92,40%	
Opslagcapaciteit	15 m ³	

Hoeveelheid pellets			
Totale energieverbruik	85379	MJ	Verwarming en warm tapwater
Verbrandswaarde pellets	16,8	MJ/kg	
Soortelijk gewicht	650	kg/m ³	

Hoeveelheid pellets	5082	kg per jaar	
----------------------------	-------------	--------------------	--

Benodigde opslagruimte	7,82	m³ per jaar	Installatieruimte voldoet
-------------------------------	-------------	-------------------------------	---------------------------

Vergelijking zonnepanelen

Koper- indium en monokristallijne

Bij het energie-nul concept is ruimte een belangrijk aspect.

Het type zonnepaneel van het materiaal koper-indium/ gallium- diselenide scoort het best op duurzaamheid volgens NIBE tabel 60.

Toelichting

De duurzame energie van Huize Parklust wordt d.m.v. zonnepanelen opgewekt. Naast het rendement verschillen de zonnepanelen in duurzaamheid.

Bij de vergelijking worden dezelfde zonnepaneel oppervlakttes aangehouden.

Type 1: Zonnepaneel Koper-indium/gallium-diselenide	Type 2: Zonnepaneel Monokristallijne silicium
Wattpiek vermogen met m ²	100
Oppervlakte	1,498

		Type 1		Type 2	
Toepassing zonnepanelen		Oppervlakte [m ²]			
Persiennes met zonnecellen	20,56	17220 MJ	1868 kWh	28798 MJ	3125 kWh
Zonnepanelen schutting	22,03	17125 MJ	1858 kWh	32244 MJ	3499 kWh
Zonnepanelen op het dak (0°)	22,03	17125 MJ	1858 kWh	29152 MJ	3163 kWh
Zonnepanelen op het dak (36°)	2,35	2476 MJ	269 kWh	3393 MJ	368 kWh
Carport voortuin	19,93	17336 MJ	1881 kWh	28840 MJ	3129 kWh

Totaal	86,9	71282 MJ	7735 kWh	122427 MJ	13284 kWh
---------------	------	----------	----------	-----------	-----------

De totale energiebehoefte om Huize Parklust energie-nul te maken bedraagt 108402 MJ, ofwel 11762 kWh. Hiermee wordt voldaan met een oppervlakte van 86,9 m2 van het type zonnepaneel 2. Het type zonnepaneel 1 heeft echter een groter oppervlakte nodig.

$$\text{Benodigde oppervlakte zonnepaneel type 1} = \frac{114318}{71282} = 1,60$$

$$86,9 \times 1,60 = 139,4 \text{ m}^2$$

Er is een oppervlakte van 139,4 m² nodig van het type 1. Deze oppervlakte aan zonnepanelen is een onmogelijk kwestie om bij een monument als bij Huize Parklust te realiseren zonder de monumentale waarden aan te tasten. Hierdoor wordt er gekozen om het type zonnepaneel 2 toe te passen.

Energieprestatieberekening volgens NEN 7120:2011/C5:2014

Geattesteerde EPG software, rekenkern versie 6.1

Toegepaste berekeningsmethodes

Koudebruggen	forfaitair	formule 3 NEN 1068:2012/C1:2014
Verlichting	forfaitair	
Ventilatoren	forfaitair	
Externe warmtelevering	forfaitair	

Resultaten

energiepost	symbool	hoeveelheid [MJ]
ENERGIEGEBRUIK		
Verwarming	E;H;P	73792
Warm tapwater	E;W;P	14360
Koeling	E;C;P	0
Zomercomfort	E;SC;P	12623
Bevochtiging	E;hum;P	0
Ontvochtiging	E;dhum;P	0
Ventilatoren	E;V;P	20243
Verlichting	E;L;P	23132
ENERGIEPRODUCTIE		
Export warmte en koude	EP;exp;T	0
Export elektriciteit	EP;exp;el	0
Elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	0
Elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	0
TOTAAL		
Totaal energiegebruik aardgas	E;P;tot;aardgas	0
Externe warmtelevering	E;P;tot;warmte	85379
Totaal bruto energiegebruik elektriciteit	E;P;tot;elektriciteit;bruto	58770
Productie elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	0
Productie elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	0
Totaal energiegebruik	E;P;tot	144149
Toelaatbaar energiegebruik	E;P;adm;tot;nb	108645

CO2-emissie

energiedrager	hoeveelheid [MJ]	hoeveelheid	CO2-emissiecoëfficiënt [kg/MJ]	CO2-uitstoot [kg]
Elektriciteit	58770	6377 kWh	0,0613	3603
Externe warmtelevering	85379	85 GJ	0,0877	7488
Totaal				11090

Resultaten energieprestatie

	eis	gehaald	conclusie
Woonfunctie	0,40	0,54	voldoet niet
E;P;tot / E;P;adm;tot;nb	1.00	1,33	voldoet niet

Bouwkundige gegevens

Gebouwgegevens

naam	uitvoeringsvariant	lengte [m]	breedte [m]	hoogte [m]
Huize Parklust	vrijstaand hellend dak	17,95	14,23	15,23

Klimatiseringszones

naam	installatie systeem	type
Klimatiseringszone	_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	verwarming, tapwater
	_Balansventilatiesysteem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	ventilatie

Rekenzones

naam	Ag [m²]	Ag incl [m²]	Als [m²]	qv;10;spec [dm³/(s·m²)]	eigen waarde	bouwtype	D [kJ/(m²·K)]	C [kJ/K]
Klimatiseringszone								
Rekenzone	502			0,300	ja	traditioneel gemengd zwaar	450	225900
Woonfunctie	502	502	968					
totaal	502	502	968					

Schillen

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
Rekenzone										
rekenconstructie - Begane grondvloer										
		165,00	4,77	0,21						
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder										
		30,00	3,66	0,26						
Gewel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - paneel										
	noordwest	1,81	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
Gewel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - paneel										
	noordoost	0,86	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
Gewel - VOOR - kozijnen - Bestaand - deur										
	zuidoost	5,77	-	3,40	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Achtergevel										
	noordwest	112,60	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend achter										

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
	noordwest	55,67	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel links										
	zuidwest	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel rechts										
	noordoost	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend links										
	zuidwest	46,20	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend rechts										
	noordoost	34,92	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend voor										
	zuidoost	30,62	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak plat deel										
		44,42	6,33	0,16	-	0	minimale belemmering	1,00	1,00	
rekenconstructie - Linkergevel										
	zuidwest	81,40	4,74	0,21	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Rechtergevel										
	noordoost	115,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Voorgevel										
	zuidoost	136,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
DAK - Achter dakraam - beglazing										
	noordwest	7,02 (8,77)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Links dakraam - beglazing										
	zuidwest	5,07 (6,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
DAK - Rechts dakraam - beglazing										
	noordoost	5,66 (7,07)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Voor dakkapel - beglazing										
	zuidoost	1,10 (1,76)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordwest	23,56 (28,75)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	noordwest	5,60 (10,84)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,95	1,00	nee
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	zuidwest	20,31 (23,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	zuidwest	9,69 (15,27)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,85	1,00	nee
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordoost	13,00 (18,97)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - beglazing										
	zuidoost	27,00 (33,06)	-	2,20 (1,90/2,40)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
totaal vloeroppervlak = 195,00 m²										
totaal constructieoppervlak = 677,60 m²										
totaal kozijnoppervlak = 154,16 m²										
totaal glasoppervlak = 118,01 m²										

Beschaduwing

naam	oriëntatie	helling [°]	rel. hoogte overstek [m]	rel. hoogte belemmering [m]	rel. breedte belemmering [m]	beschaduwings- reductiefactor warmte	beschaduwings- reductiefactor koude
Rekenzone							
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	noordwest	90	1,00			0,95	1,00
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	zuidwest	90	1,00			0,85	1,00

Lineaire koudebruggen

naam	bron	25% toeslag	lengte [m]	Ψ [W/(m·K)]	Ψ_{gr} [W/(m·K)]	Ψ_e [W/(m·K)]	ϵ [m²/m]
Rekenzone							
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	1E-23,00	0,500			
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	62,50	0,500			

Installatie gegevens

Verwarming - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	aantal toestellen	warmte-transport	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	1	water	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	leidingen langs gevels, geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd

Verwarming - opwekkers

naam	type	aanvoer temperatuur [°C]	binnen EPC schil	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	biomassa	LT	nvt	warmte	0,924	nee	nee	nee

Verwarming - distributiesysteem

naam	uitvoering	intern distributie rendement	extern distributie rendement	distributie rendement	Q;H;dis;nren [MJ]
leidingen langs gevels	geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	1,000	1,000	1,000	66095

Verwarming - afgiftesystemen

naam	type	ruimte hoogte	afgifte rendement	eigen waarde
afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd	vloerverwarming, RC >= 2,5	tot 8m	1,000	nee

Warm tapwater - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	distributiesysteem tapwater collectief tapwater	afgiftesysteem tapwater voor woning

Warm tapwater - opwekkers

naam	type	klasse	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	externe warmtebron		warmte	0,900	nee	nee	nee

Warm tapwater - distributiesystemen

naam	intern+extern rendement	distributie-rendement
distributiesysteem tapwater collectief tapwater	1,000	1,000

Warm tapwater - afgiftesystemen

naam	diameter [mm]	leidinglengte aanrecht [m]	leidinglengte badkamer [m]	rendement aanrecht	rendement badkamer	afgifte- rendement
afgiftesysteem tapwater voor woning	diameter > 10mm	9,00	7,00	0,360	0,860	0,673

Ventilatie - systemen

naam	toevoer	afvoer	WTW	distributie	gelijk- waardigheids- verklaring	eigen waarde
_Balansventilatiesyst eem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	CO2-sturing	CO2-sturing	warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	ja	-

Ventilatie - toe- en afvoer

naam	regeling	asvermogen [W]	rendement elektromotor	vermogen [W]	zonering
ventilator radiaal gelijkstroom tbv WTW unit	geen regeling	-	-	forfaitair	2 of meer zones

Ventilatie - wtw-units

naam	type	bypass aandeel [%]	rendement WTW
warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	tegenstroom	100	0,95

Ventilatie - distributiesystemen

naam	type	luchtdichtheids- klasse
distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	voor ventilatie	onbekend

Zonnecollector - systemen

naam	type navarmer	zonne- collector	collector- circuit	opslagvat	methode	gelijkwaardig- heidsverklaring
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	met losse navarmer	zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	collectorcircuit geïsoleerd	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	gelijkwaardigheidsver- klaring	ja

Zonnecollector - collectoren

naam	type	Acol [m²]	helling [°]	oriëntatie	beschaduwing	beschaduwings- reductie- factor	zonnekeur
zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	vlakke plaat met afdekking	6,90	45	zuidoost	minimale belemmering	1,00	nee

Zonnecollector - distributie & opslag

circuit	geïsoleerd circuit	isolatie- dikte [mm]	pomp regeling	vorst- beveiliging	opslagvat	geïsoleerd opslagvat	isolatie- dikte [mm]	vloeistof inhoud [l]
collectorcircuit geïsoleerd	ja	10	ja	nee	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	ja	0	300

Zonnecollector - opbrengst volgens gelijkwaardigheidsverklaring

naam	tapbehoefte Q;W;dis;an [MJ/jr]	zonbijdrage Q;W;sol;45;zuid;an [MJ/jr]	hulpenergie pomp W;W;aux;sol;pump [MJ/jr]	hulpenergie vorstbeveiliging W;W;aux;sol;defrost;an [MJ/jr]
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	28840	17500	200	0

Uitgebreide rekenresultaten

Energiegebruik verwarming

maand	Q;H;nd [MJ]	Q;H;tr [MJ]	Q;H;ve [MJ]	Q;H;int [MJ]	Q;H;sol [MJ]	Q;sol;trans [MJ]	Q;sol;ntrans [MJ]
januari	17528	19972	4321	3036	3728	4001,7	-274
februari	11273	15763	3364	2742	5115	5269,2	-154
maart	7596	15556	3278	3036	8276	8323,5	-47,7
april	463	12468	2571	2938	16587	16224,2	362,5
mei	10	8577	1664	3036	19499	18994,4	504,6
juni	0	5458	961	2938	19875	19336,8	537,8
juli	0	4087	646	3036	17713	17271,5	441,2
augustus	0	4037	646	3036	17697	17269,5	427,7
september	28	6778	1298	2938	11858	11715,6	142,4
oktober	1924	10532	2160	3036	8622	8661,3	-39,3
november	10806	14568	3100	2938	3925	4169,7	-244,8
december	16467	18418	3973	3036	2888	3195,5	-308
totaal	66095						

maand	η ;H;gn [-]	H;H;tr;adj [W/K]	H;H;ve;adj [W/K]	q;H;ve;sys [dm³/s]	q;H;ve;spui [dm³/s]	q;H;ve;verbr [dm³/s]	q;H;ve;inf [dm³/s]
januari	1	480,74	104	113,97	30,12	0,00	39,39
februari	1	487,29	104	113,97	30,12	0,00	39,39
maart	0,993	493,58	104	113,97	30,12	0,00	39,39
april	0,747	504,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
mei	0,454	536,16	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juni	0,281	590,61	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juli	0,228	658,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
augustus	0,226	650,28	104	113,97	30,12	0,00	39,39
september	0,544	543,21	104	113,97	30,12	0,00	39,39
oktober	0,924	507,06	104	113,97	30,12	0,00	39,39
november	1	488,75	104	113,97	30,12	0,00	39,39
december	1	482,13	104	113,97	30,12	0,00	39,39

maand	a;H;red;night [-]	a;H;red;wknd [-]	W;H;aux;ngen [MJ]	W;H;aux;gen;pref [MJ]	W;H;aux;gen; npref1 [MJ]	W;H;aux;gen; npref2 [MJ]	W;H;aux;sol [MJ]
januari	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,981	1,000	151,80	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,981	1,000	12,31	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,981	1,000	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,981	1,000	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,981	1,000	51,15	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,981	1,000	162,65	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
totaal			883	0	0	0	

Energiegebruik koeling

maand	Q;C;nd [MJ]	Q;C;tr [MJ]	Q;C;ve [MJ]	Q;C;sol [MJ]	H;C;tr;adj [W/K]	H;C;ve;adj [W/K]
januari	4	27555	5736	3431	480,74	100,07
februari	15	22398	6611	4794	487,29	143,84
maart	102	22739	5754	7905	493,58	124,90
april	1258	19215	8707	15962	504,30	228,51
mei	2254	15366	12719	19012	536,16	443,79
juni	3993	12247	10690	19539	590,61	515,51
juli	3202	11637	10228	17296	658,30	578,57
augustus	3380	11495	9582	17107	650,28	542,05
september	476	13235	12882	11327	543,21	528,73
oktober	97	17248	12271	8100	507,06	360,75
november	8	21409	7411	3640	488,75	169,18
december	3	25827	5703	2626	482,13	106,46
totaal	14792					

maand	η ;C;ls [-]	a;C;red [-]	q;C;ve;sys [dm³/s]	q;C;ve;spui [dm³/s]	q;C;ve;verbr [dm³/s]	q;C;ve;inf [dm³/s]
januari	0,194	1,000	114,73	33,83	0,00	39,39
februari	0,259	1,000	122,33	59,84	0,00	39,39
maart	0,380	1,000	120,05	48,69	0,00	39,39
april	0,632	1,000	136,77	108,13	0,00	39,39
mei	0,705	1,000	169,44	219,57	0,00	39,39
juni	0,806	1,000	180,84	256,72	0,00	39,39
juli	0,783	1,000	189,96	290,16	0,00	39,39
augustus	0,795	1,000	184,64	275,30	0,00	39,39
september	0,528	1,000	181,60	260,44	0,00	39,39
oktober	0,374	1,000	156,52	178,71	0,00	39,39
november	0,228	1,000	126,89	74,70	0,00	39,39
december	0,180	1,000	116,25	37,55	0,00	39,39

maand	W;C;aux;ngen [MJ]	W;C;aux;gen;pref [MJ]	W;C;aux;gen;npref1 [MJ]	W;C;aux;gen;npref2 [MJ]
januari	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,00	0,00	0,00	0,00

Energiegebruik tapwater

maand	Q;W;nd [MJ]	Q;W;dis [MJ]	Q;W;em [MJ]	Q;W;dis;nren [MJ]	Q;W;ren [MJ]	Q;W;rcd;d [MJ]	Q;W;rcd;u [MJ]
januari	1649	2449	2449	1975	474,7	0	0
februari	1489	2212	2212	1539	673,7	0	0
maart	1649	2449	2449	1437	1012,7	0	0
april	1595	2370	2370	420	1950,6	0	0
mei	1649	2449	2449	171	2278,1	0	0
juni	1595	2370	2370	172	2198,3	0	0
juli	1649	2449	2449	309	2140,3	0	0
augustus	1649	2449	2449	273	2176,4	0	0
september	1595	2370	2370	901	1469	0	0
oktober	1649	2449	2449	1362	1087,1	0	0
november	1595	2370	2370	1856	514,4	0	0
december	1649	2449	2449	2048	401,4	0	0
totaal	19410			12463			

Transmissieverlies

naam	H;D [W/K]	H;g [W/K]	H;U [W/K]	H;A [W/K]	ΔU ;for [W/m²K]
Woonfunctie					
januari	448,4771	32,2636	0,0000	0,0000	0,1420
februari	448,4771	38,8157	0,0000	0,0000	0,1420
maart	448,4771	45,1042	0,0000	0,0000	0,1420
april	448,4771	55,8211	0,0000	0,0000	0,1420
mei	448,4771	87,6796	0,0000	0,0000	0,1420
juni	448,4771	142,1285	0,0000	0,0000	0,1420
juli	448,4771	209,8238	0,0000	0,0000	0,1420
augustus	448,4771	201,8048	0,0000	0,0000	0,1420
september	448,4771	94,7319	0,0000	0,0000	0,1420
oktober	448,4771	58,5796	0,0000	0,0000	0,1420
november	448,4771	40,2693	0,0000	0,0000	0,1420
december	448,4771	33,6509	0,0000	0,0000	0,1420

Transmissieverlies vloeren

naam	oppervlakte [m²]	U;fl [W/m²K]	H;g [W/K]	H;pi [W/K]	H;pe [W/K]
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder	30,0	0 0,2600	5E-24,0000	6,2003	0
rekenconstructie - Begane grondvloer	165	0,1576 0,2100	57,6525	27,7892	11,8437

Deze berekening is gemaakt met BCB versie 6.1.0.19 (2014-12-18 13-14); dataversie 19.5

Energieprestatieberekening volgens NEN 7120:2011/C5:2014

Geattesteerde EPG software, rekenkern versie 6.1

Toegepaste berekeningsmethodes

Koudebruggen	forfaitair	formule 3 NEN 1068:2012/C1:2014
Verlichting	forfaitair	
Ventilatoren	forfaitair	
Externe warmtelevering	forfaitair	

Resultaten

energiepost	symbool	hoeveelheid [MJ]
ENERGIEGEBRUIK		
Verwarming	E;H;P	2261
Warm tapwater	E;W;P	512
Koeling	E;C;P	0
Zomercomfort	E;SC;P	12623
Bevochtiging	E;hum;P	0
Ontvochtiging	E;dhum;P	0
Ventilatoren	E;V;P	20243
Verlichting	E;L;P	23132
ENERGIEPRODUCTIE		
Export warmte en koude	EP;exp;T	0
Export elektriciteit	EP;exp;el	0
Elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	0
Elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	0
TOTAAL		
Totaal energiegebruik aardgas	E;P;tot;aardgas	0
Externe warmtelevering	E;P;tot;warmte	0
Totaal bruto energiegebruik elektriciteit	E;P;tot;elektriciteit;bruto	58770
Productie elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	0
Productie elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	0
Totaal energiegebruik	E;P;tot	58770
Toelaatbaar energiegebruik	E;P;adm;tot;nb	108645

CO2-emissie

energiedrager	hoeveelheid [MJ]	hoeveelheid	CO2-emissiecoëfficiënt [kg/MJ]	CO2-uitstoot [kg]
Elektriciteit	58770	6377 kWh	0,0613	3603
Externe warmtelevering	0	0 GJ	0,0877	0
Totaal				3603

Resultaten energieprestatie

	eis	gehaald	conclusie
Woonfunctie	0,40	0,22	voldoet
E;P;tot / E;P;adm;tot;nb	1.00	0,55	voldoet

Bouwkundige gegevens

Gebouwgegevens

naam	uitvoeringsvariant	lengte [m]	breedte [m]	hoogte [m]
Huize Parklust	vrijstaand hellend dak	17,95	14,23	15,23

Klimatiseringszones

naam	installatie systeem	type
Klimatiseringszone	 _Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater] _Balansventilatiesysteem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	 verwarming, tapwater ventilatie

Rekenzones

naam	Ag [m²]	Ag incl [m²]	Als [m²]	qv;10;spec [dm³/(s·m²)]	eigen waarde	bouwtype	D [kJ/(m²·K)]	C [kJ/K]
Klimatiseringszone								
Rekenzone	502			0,300	ja	traditioneel gemengd zwaar	450	225900
Woonfunctie	502	502	968					
totaal	502	502	968					

Schillen

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
Rekenzone										
rekenconstructie - Begane grondvloer		165,00	4,77	0,21						
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder		30,00	3,66	0,26						
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - paneel										
noordwest	1,81	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00		
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - paneel										
noordoost	0,86	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00		
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - deur										
zuidoost	5,77	-	3,40	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00		
rekenconstructie - Achtergevel										
noordwest	112,60	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00		
rekenconstructie - Dak hellend achter										

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
	noordwest	55,67	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel links										
	zuidwest	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel rechts										
	noordoost	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend links										
	zuidwest	46,20	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend rechts										
	noordoost	34,92	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend voor										
	zuidoost	30,62	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak plat deel										
		44,42	6,33	0,16	-	0	minimale belemmering	1,00	1,00	
rekenconstructie - Linkergevel										
	zuidwest	81,40	4,74	0,21	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Rechtergevel										
	noordoost	115,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Voorgevel										
	zuidoost	136,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
DAK - Achter dakraam - beglazing										
	noordwest	7,02 (8,77)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Links dakraam - beglazing										
	zuidwest	5,07 (6,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
DAK - Rechts dakraam - beglazing										
	noordoost	5,66 (7,07)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Voor dakkapel - beglazing										
	zuidoost	1,10 (1,76)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordwest	23,56 (28,75)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	noordwest	5,60 (10,84)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,95	1,00	nee
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	zuidwest	20,31 (23,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	zuidwest	9,69 (15,27)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,85	1,00	nee
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordoost	13,00 (18,97)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - beglazing										
	zuidoost	27,00 (33,06)	-	2,20 (1,90/2,40)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
totaal vloeroppervlak = 195,00 m²										
totaal constructieoppervlak = 677,60 m²										
totaal kozijnoppervlak = 154,16 m²										
totaal glasoppervlak = 118,01 m²										

Beschaduwing

naam	oriëntatie	helling [°]	rel. hoogte overstek [m]	rel. hoogte belemmering [m]	rel. breedte belemmering [m]	beschaduwings- reductiefactor warmte	beschaduwings- reductiefactor koude
Rekenzone							
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	noordwest	90	1,00			0,95	1,00
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	zuidwest	90	1,00			0,85	1,00

Lineaire koudebruggen

naam	bron	25% toeslag	lengte [m]	ψ [W/(m·K)]	ψ_{gr} [W/(m·K)]	ψ_e [W/(m·K)]	ϵ [m²/m]
Rekenzone							
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	1E-23,00	0,500			
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	62,50	0,500			

Installatie gegevens

Verwarming - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	aantal toestellen	warmte-transport	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	1	water	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	leidingen langs gevels, geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd

Verwarming - opwekkers

naam	type	aanvoer temperatuur [°C]	binnen EPC schil	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	biomassa	LT	nvt	warmte	1E+21,000	nee	nee	nee

Verwarming - distributiesysteem

naam	uitvoering	intern distributie rendement	extern distributie rendement	distributie rendement	Q;H;dis;nren [MJ]
leidingen langs gevels	geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	1,000	1,000	1,000	66095

Verwarming - afgiftesystemen

naam	type	ruimte hoogte	afgifte rendement	eigen waarde
afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd	vloerverwarming, RC >= 2,5	tot 8m	1,000	nee

Warm tapwater - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	distributiesysteem tapwater collectief tapwater	afgiftesysteem tapwater voor woning

Warm tapwater - opwekkers

naam	type	klasse	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	externe warmtebron		warmte	1E+39,000	nee	nee	nee

Warm tapwater - distributiesystemen

naam	intern+extern rendement	distributie-rendement
distributiesysteem tapwater collectief tapwater	1,000	1,000

Warm tapwater - afgiftesystemen

naam	diameter [mm]	leidinglengte aanrecht [m]	leidinglengte badkamer [m]	rendement aanrecht	rendement badkamer	afgifte- rendement
afgiftesysteem tapwater voor woning	diameter > 10mm	9,00	7,00	0,360	0,860	0,673

Ventilatie - systemen

naam	toevoer	afvoer	WTW	distributie	gelijk- waardigheids- verklaring	eigen waarde
_Balansventilatiesyst eem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	CO2-sturing	CO2-sturing	warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	ja	-

Ventilatie - toe- en afvoer

naam	regeling	asvermogen [W]	rendement elektromotor	vermogen [W]	zonering
ventilator radiaal gelijkstroom tbv WTW unit	geen regeling	-	-	forfaitair	2 of meer zones

Ventilatie - wtw-units

naam	type	bypass aandeel [%]	rendement WTW
warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	tegenstroom	100	0,95

Ventilatie - distributiesystemen

naam	type	luchtdichtheids- klasse
distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	voor ventilatie	onbekend

Zonnecollector - systemen

naam	type naverwarmer	zonne- collector	collector- circuit	opslagvat	methode	gelijkwaardig- heidsverklaring
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	met losse naverwarmer	zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	collectorcircuit geïsoleerd	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	gelijkwaardigheidsver- klaring	ja

Zonnecollector - collectoren

naam	type	Acol [m²]	helling [°]	oriëntatie	beschaduwing	beschaduwings- reductie- factor	zonnekeur
zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	vlakke plaat met afdekking	6,90	45	zuidoost	minimale belemmering	1,00	nee

Zonnecollector - distributie & opslag

circuit	geïsoleerd circuit	isolatie- dikte [mm]	pomp regeling	vorst- beveiliging	opslagvat	geïsoleerd opslagvat	isolatie- dikte [mm]	vloeistof inhoud [l]
collectorcircuit geïsoleerd	ja	10	ja	nee	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	ja	0	300

Zonnecollector - opbrengst volgens gelijkwaardigheidsverklaring

naam	tapbehoefte Q;W;dis;an [MJ/jr]	zonbijdrage Q;W;sol;45;zuid;an [MJ/jr]	hulpenergie pomp W;W;aux;sol;pump [MJ/jr]	hulpenergie vorstbeveiliging W;W;aux;sol;defrost;an [MJ/jr]
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	28840	17500	200	0

Uitgebreide rekenresultaten

Energiegebruik verwarming

maand	Q;H;nd [MJ]	Q;H;tr [MJ]	Q;H;ve [MJ]	Q;H;int [MJ]	Q;H;sol [MJ]	Q;sol;trans [MJ]	Q;sol;ntrans [MJ]
januari	17528	19972	4321	3036	3728	4001,7	-274
februari	11273	15763	3364	2742	5115	5269,2	-154
maart	7596	15556	3278	3036	8276	8323,5	-47,7
april	463	12468	2571	2938	16587	16224,2	362,5
mei	10	8577	1664	3036	19499	18994,4	504,6
juni	0	5458	961	2938	19875	19336,8	537,8
juli	0	4087	646	3036	17713	17271,5	441,2
augustus	0	4037	646	3036	17697	17269,5	427,7
september	28	6778	1298	2938	11858	11715,6	142,4
oktober	1924	10532	2160	3036	8622	8661,3	-39,3
november	10806	14568	3100	2938	3925	4169,7	-244,8
december	16467	18418	3973	3036	2888	3195,5	-308
totaal	66095						

maand	η ;H;gn [-]	H;H;tr;adj [W/K]	H;H;ve;adj [W/K]	q;H;ve;sys [dm³/s]	q;H;ve;spui [dm³/s]	q;H;ve;verbr [dm³/s]	q;H;ve;inf [dm³/s]
januari	1	480,74	104	113,97	30,12	0,00	39,39
februari	1	487,29	104	113,97	30,12	0,00	39,39
maart	0,993	493,58	104	113,97	30,12	0,00	39,39
april	0,747	504,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
mei	0,454	536,16	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juni	0,281	590,61	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juli	0,228	658,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
augustus	0,226	650,28	104	113,97	30,12	0,00	39,39
september	0,544	543,21	104	113,97	30,12	0,00	39,39
oktober	0,924	507,06	104	113,97	30,12	0,00	39,39
november	1	488,75	104	113,97	30,12	0,00	39,39
december	1	482,13	104	113,97	30,12	0,00	39,39

maand	a;H;red;night [-]	a;H;red;wknd [-]	W;H;aux;ngen [MJ]	W;H;aux;gen;pref [MJ]	W;H;aux;gen; npref1 [MJ]	W;H;aux;gen; npref2 [MJ]	W;H;aux;sol [MJ]
januari	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,981	1,000	151,80	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,981	1,000	12,31	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,981	1,000	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,981	1,000	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,981	1,000	51,15	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,981	1,000	162,65	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
totaal			883	0	0	0	

Energiegebruik koeling

maand	Q;C;nd [MJ]	Q;C;tr [MJ]	Q;C;ve [MJ]	Q;C;sol [MJ]	H;C;tr;adj [W/K]	H;C;ve;adj [W/K]
januari	4	27555	5736	3431	480,74	100,07
februari	15	22398	6611	4794	487,29	143,84
maart	102	22739	5754	7905	493,58	124,90
april	1258	19215	8707	15962	504,30	228,51
mei	2254	15366	12719	19012	536,16	443,79
juni	3993	12247	10690	19539	590,61	515,51
juli	3202	11637	10228	17296	658,30	578,57
augustus	3380	11495	9582	17107	650,28	542,05
september	476	13235	12882	11327	543,21	528,73
oktober	97	17248	12271	8100	507,06	360,75
november	8	21409	7411	3640	488,75	169,18
december	3	25827	5703	2626	482,13	106,46
totaal	14792					

maand	η ;C;ls [-]	a;C;red [-]	q;C;ve;sys [dm³/s]	q;C;ve;spui [dm³/s]	q;C;ve;verbr [dm³/s]	q;C;ve;inf [dm³/s]
januari	0,194	1,000	114,73	33,83	0,00	39,39
februari	0,259	1,000	122,33	59,84	0,00	39,39
maart	0,380	1,000	120,05	48,69	0,00	39,39
april	0,632	1,000	136,77	108,13	0,00	39,39
mei	0,705	1,000	169,44	219,57	0,00	39,39
juni	0,806	1,000	180,84	256,72	0,00	39,39
juli	0,783	1,000	189,96	290,16	0,00	39,39
augustus	0,795	1,000	184,64	275,30	0,00	39,39
september	0,528	1,000	181,60	260,44	0,00	39,39
oktober	0,374	1,000	156,52	178,71	0,00	39,39
november	0,228	1,000	126,89	74,70	0,00	39,39
december	0,180	1,000	116,25	37,55	0,00	39,39

maand	W;C;aux;ngen [MJ]	W;C;aux;gen;pref [MJ]	W;C;aux;gen;npref1 [MJ]	W;C;aux;gen;npref2 [MJ]
januari	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,00	0,00	0,00	0,00

Energiegebruik tapwater

maand	Q;W;nd [MJ]	Q;W;dis [MJ]	Q;W;em [MJ]	Q;W;dis;nren [MJ]	Q;W;ren [MJ]	Q;W;rcd;d [MJ]	Q;W;rcd;u [MJ]
januari	1649	2449	2449	1975	474,7	0	0
februari	1489	2212	2212	1539	673,7	0	0
maart	1649	2449	2449	1437	1012,7	0	0
april	1595	2370	2370	420	1950,6	0	0
mei	1649	2449	2449	171	2278,1	0	0
juni	1595	2370	2370	172	2198,3	0	0
juli	1649	2449	2449	309	2140,3	0	0
augustus	1649	2449	2449	273	2176,4	0	0
september	1595	2370	2370	901	1469	0	0
oktober	1649	2449	2449	1362	1087,1	0	0
november	1595	2370	2370	1856	514,4	0	0
december	1649	2449	2449	2048	401,4	0	0
totaal	19410			12463			

Transmissieverlies

naam	H;D [W/K]	H;g [W/K]	H;U [W/K]	H;A [W/K]	ΔU ;for [W/m²K]
Woonfunctie					
januari	448,4771	32,2636	0,0000	0,0000	0,1420
februari	448,4771	38,8157	0,0000	0,0000	0,1420
maart	448,4771	45,1042	0,0000	0,0000	0,1420
april	448,4771	55,8211	0,0000	0,0000	0,1420
mei	448,4771	87,6796	0,0000	0,0000	0,1420
juni	448,4771	142,1285	0,0000	0,0000	0,1420
juli	448,4771	209,8238	0,0000	0,0000	0,1420
augustus	448,4771	201,8048	0,0000	0,0000	0,1420
september	448,4771	94,7319	0,0000	0,0000	0,1420
oktober	448,4771	58,5796	0,0000	0,0000	0,1420
november	448,4771	40,2693	0,0000	0,0000	0,1420
december	448,4771	33,6509	0,0000	0,0000	0,1420

Transmissieverlies vloeren

naam	oppervlakte [m²]	U;fl [W/m²K]	H;g [W/K]	H;pi [W/K]	H;pe [W/K]
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder	30,0	0 0,2600	5E-24,0000	6,2003	0
rekenconstructie - Begane grondvloer	165	0,1576 0,2100	57,6525	27,7892	11,8437

Deze berekening is gemaakt met BCB versie 6.1.0.19 (2014-12-18 13-14); dataversie 19.5

Energieprestatieberekening volgens NEN 7120:2011/C5:2014

Geattesteerde EPG software, rekenkern versie 6.1

Toegepaste berekeningsmethodes

Koudebruggen	forfaitair	formule 3 NEN 1068:2012/C1:2014
Verlichting	forfaitair	
Ventilatoren	forfaitair	
Externe warmtelevering	forfaitair	

Resultaten

energiepost	symbool	hoeveelheid [MJ]
ENERGIEGEBRUIK		
Verwarming	E;H;P	73792
Warm tapwater	E;W;P	14360
Koeling	E;C;P	0
Zomercomfort	E;SC;P	12623
Bevochtiging	E;hum;P	0
Ontvochtiging	E;dhum;P	0
Ventilatoren	E;V;P	20243
Verlichting	E;L;P	23132
ENERGIEPRODUCTIE		
Export warmte en koude	EP;exp;T	0
Export elektriciteit	EP;exp;el	0
Elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	38178
Elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	84248
TOTAAL		
Totaal energiegebruik aardgas	E;P;tot;aardgas	0
Externe warmtelevering	E;P;tot;warmte	85379
Totaal bruto energiegebruik elektriciteit	E;P;tot;elektriciteit;bruto	58770
Productie elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	-38178
Productie elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	-84248
Totaal energiegebruik	E;P;tot	21723
Toelaatbaar energiegebruik	E;P;adm;tot;nb	108645

CO2-emissie

energiedrager	hoeveelheid [MJ]	hoeveelheid	CO2-emissiecoëfficiënt [kg/MJ]	CO2-uitstoot [kg]
Elektriciteit	20592	2234 kWh	0,0613	1262
Externe warmtelevering	85379	85 GJ	0,0877	7488
Totaal				8750

Resultaten energieprestatie

	eis	gehaald	conclusie
Woonfunctie	0,40	0,08	voldoet
E;P;tot / E;P;adm;tot;nb	1.00	0,20	voldoet

Bouwkundige gegevens

Gebouwgegevens

naam	uitvoeringsvariant	lengte [m]	breedte [m]	hoogte [m]
Huize Parklust	vrijstaand hellend dak	17,95	14,23	15,23

Klimatiseringszones

naam	installatie systeem	type
Klimatiseringszone	_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	verwarming, tapwater
	_Balansventilatiesysteem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	ventilatie

Rekenzones

naam	Ag [m²]	Ag incl [m²]	Als [m²]	qv;10;spec [dm³/(s·m²)]	eigen waarde	bouwtype	D [kJ/(m²·K)]	C [kJ/K]
Klimatiseringszone								
Rekenzone	502			0,300	ja	traditioneel gemengd zwaar	450	225900
Woonfunctie	502	502	968					
totaal	502	502	968					

Schillen

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
Rekenzone										
rekenconstructie - Begane grondvloer										
		165,00	4,77	0,21						
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder										
		30,00	3,66	0,26						
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - paneel										
	noordwest	1,81	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - paneel										
	noordoost	0,86	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - deur										
	zuidoost	5,77	-	3,40	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Achtergevel										
	noordwest	112,60	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend achter										

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
	noordwest	55,67	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel links										
	zuidwest	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel rechts										
	noordoost	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend links										
	zuidwest	46,20	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend rechts										
	noordoost	34,92	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend voor										
	zuidoost	30,62	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak plat deel										
		44,42	6,33	0,16	-	0	minimale belemmering	1,00	1,00	
rekenconstructie - Linkergevel										
	zuidwest	81,40	4,74	0,21	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Rechtergevel										
	noordoost	115,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Voorgevel										
	zuidoost	136,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
DAK - Achter dakraam - beglazing										
	noordwest	7,02 (8,77)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Links dakraam - beglazing										
	zuidwest	5,07 (6,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
DAK - Rechts dakraam - beglazing										
	noordoost	5,66 (7,07)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Voor dakkapel - beglazing										
	zuidoost	1,10 (1,76)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordwest	23,56 (28,75)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	noordwest	5,60 (10,84)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,95	1,00	nee
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	zuidwest	20,31 (23,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	zuidwest	9,69 (15,27)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,85	1,00	nee
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordoost	13,00 (18,97)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - beglazing										
	zuidoost	27,00 (33,06)	-	2,20 (1,90/2,40)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
totaal vloeroppervlak = 195,00 m²										
totaal constructieoppervlak = 677,60 m²										
totaal kozijnoppervlak = 154,16 m²										
totaal glasoppervlak = 118,01 m²										

Beschaduwing

naam	oriëntatie	helling [°]	rel. hoogte overstek [m]	rel. hoogte belemmering [m]	rel. breedte belemmering [m]	beschaduwings- reductiefactor warmte	beschaduwings- reductiefactor koude
Rekenzone							
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	noordwest	90	1,00			0,95	1,00
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	zuidwest	90	1,00			0,85	1,00

Lineaire koudebruggen

naam	bron	25% toeslag	lengte [m]	ψ [W/(m·K)]	ψ_{gr} [W/(m·K)]	ψ_e [W/(m·K)]	ϵ [m²/m]
Rekenzone							
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	1E-23,00	0,500			
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	62,50	0,500			

Installatie gegevens

Verwarming - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	aantal toestellen	warmte-transport	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	1	water	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	leidingen langs gevels, geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd

Verwarming - opwekkers

naam	type	aanvoer temperatuur [°C]	binnen EPC schil	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	biomassa	LT	nvt	warmte	0,924	nee	nee	nee

Verwarming - distributiesysteem

naam	uitvoering	intern distributie rendement	extern distributie rendement	distributie rendement	Q;H;dis;nren [MJ]
leidingen langs gevels	geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	1,000	1,000	1,000	66095

Verwarming - afgiftesystemen

naam	type	ruimte hoogte	afgifte rendement	eigen waarde
afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd	vloerverwarming, RC >= 2,5	tot 8m	1,000	nee

Warm tapwater - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	distributiesysteem tapwater collectief tapwater	afgiftesysteem tapwater voor woning

Warm tapwater - opwekkers

naam	type	klasse	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	externe warmtebron		warmte	0,900	nee	nee	nee

Warm tapwater - distributiesystemen

naam	intern+extern rendement	distributie-rendement
distributiesysteem tapwater collectief tapwater	1,000	1,000

Warm tapwater - afgiftesystemen

naam	diameter [mm]	leidinglengte aanrecht [m]	leidinglengte badkamer [m]	rendement aanrecht	rendement badkamer	afgifte- rendement
afgiftesysteem tapwater voor woning	diameter > 10mm	9,00	7,00	0,360	0,860	0,673

Ventilatie - systemen

naam	toevoer	afvoer	WTW	distributie	gelijk- waardigheids- verklaring	eigen waarde
_Balansventilatiesyst eem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	CO2-sturing	CO2-sturing	warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	ja	-

Ventilatie - toe- en afvoer

naam	regeling	asvermogen [W]	rendement elektromotor	vermogen [W]	zonering
ventilator radiaal gelijkstroom tbv WTW unit	geen regeling	-	-	forfaitair	2 of meer zones

Ventilatie - wtw-units

naam	type	bypass aandeel [%]	rendement WTW
warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	tegenstroom	100	0,95

Ventilatie - distributiesystemen

naam	type	luchtdichtheids- klasse
distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	voor ventilatie	onbekend

Zonnecollector - systemen

naam	type navarmer	zonne- collector	collector- circuit	opslagvat	methode	gelijkwaardig- heidsverklaring
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	met losse navarmer	zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	collectorcircuit geïsoleerd	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	gelijkwaardigheidsver- klaring	ja

Zonnecollector - collectoren

naam	type	Acol [m²]	helling [°]	oriëntatie	beschaduwning	beschaduwings- reductie- factor	zonnekeur
zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	vlakke plaat met afdekking	6,90	45	zuidoost	minimale belemmering	1,00	nee

Zonnecollector - distributie & opslag

circuit	geïsoleerd circuit	isolatie- dikte [mm]	pomp regeling	vorst- beveiliging	opslagvat	geïsoleerd opslagvat	isolatie- dikte [mm]	vloeistof inhoud [l]
collectorcircuit geïsoleerd	ja	10	ja	nee	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	ja	0	300

Zonnecollector - opbrengst volgens gelijkwaardigheidsverklaring

naam	tapbehoefte Q;W;dis;an [MJ/jr]	zonbijdrage Q;W;sol;45;zuid;an [MJ/jr]	hulpenergie pomp W;W;aux;sol;pump [MJ/jr]	hulpenergie vorstbeveiliging W;W;aux;sol;defrost;an [MJ/jr]
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	28840	17500	200	0

PV-systemen

naam	type cel	uitvoering	oppervlakte [m²]	helling [°]	oriëntatie	situatie beschaduwning	besch. reductie factor
_Zonnepanelen - (Persiennes) - belemmerd	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	1,47	45	zuidoost	constante belemmering	0,65
_Zonnepanelen - (Persiennes) - niet belemmerd	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	19,09	45	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - (Platte dak) - 0 graden	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	22,03	0	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - (Schutting)	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	22,03	36	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - Carport	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	19,93	36	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - Platte dak - 36 graden	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	2,35	36	zuidoost	minimale belemmering	1,00

Uitgebreide rekenresultaten

Energiegebruik verwarming

maand	Q;H;nd [MJ]	Q;H;tr [MJ]	Q;H;ve [MJ]	Q;H;int [MJ]	Q;H;sol [MJ]	Q;sol;trans [MJ]	Q;sol;ntrans [MJ]
januari	17528	19972	4321	3036	3728	4001,7	-274
februari	11273	15763	3364	2742	5115	5269,2	-154
maart	7596	15556	3278	3036	8276	8323,5	-47,7
april	463	12468	2571	2938	16587	16224,2	362,5
mei	10	8577	1664	3036	19499	18994,4	504,6
juni	0	5458	961	2938	19875	19336,8	537,8
juli	0	4087	646	3036	17713	17271,5	441,2
augustus	0	4037	646	3036	17697	17269,5	427,7
september	28	6778	1298	2938	11858	11715,6	142,4
oktober	1924	10532	2160	3036	8622	8661,3	-39,3
november	10806	14568	3100	2938	3925	4169,7	-244,8
december	16467	18418	3973	3036	2888	3195,5	-308
totaal	66095						

maand	η ;H;gn [-]	H;H;tr;adj [W/K]	H;H;ve;adj [W/K]	q;H;ve;sys [dm³/s]	q;H;ve;spui [dm³/s]	q;H;ve;verbr [dm³/s]	q;H;ve;inf [dm³/s]
januari	1	480,74	104	113,97	30,12	0,00	39,39
februari	1	487,29	104	113,97	30,12	0,00	39,39
maart	0,993	493,58	104	113,97	30,12	0,00	39,39
april	0,747	504,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
mei	0,454	536,16	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juni	0,281	590,61	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juli	0,228	658,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
augustus	0,226	650,28	104	113,97	30,12	0,00	39,39
september	0,544	543,21	104	113,97	30,12	0,00	39,39
oktober	0,924	507,06	104	113,97	30,12	0,00	39,39
november	1	488,75	104	113,97	30,12	0,00	39,39
december	1	482,13	104	113,97	30,12	0,00	39,39

maand	a;H;red;night [-]	a;H;red;wknd [-]	W;H;aux;ngen [MJ]	W;H;aux;gen;pref [MJ]	W;H;aux;gen; npref1 [MJ]	W;H;aux;gen; npref2 [MJ]	W;H;aux;sol [MJ]
januari	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,981	1,000	151,80	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,981	1,000	12,31	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,981	1,000	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,981	1,000	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,981	1,000	51,15	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,981	1,000	162,65	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
totaal			883	0	0	0	

Energiegebruik koeling

maand	Q;C;nd [MJ]	Q;C;tr [MJ]	Q;C;ve [MJ]	Q;C;sol [MJ]	H;C;tr;adj [W/K]	H;C;ve;adj [W/K]
januari	4	27555	5736	3431	480,74	100,07
februari	15	22398	6611	4794	487,29	143,84
maart	102	22739	5754	7905	493,58	124,90
april	1258	19215	8707	15962	504,30	228,51
mei	2254	15366	12719	19012	536,16	443,79
juni	3993	12247	10690	19539	590,61	515,51
juli	3202	11637	10228	17296	658,30	578,57
augustus	3380	11495	9582	17107	650,28	542,05
september	476	13235	12882	11327	543,21	528,73
oktober	97	17248	12271	8100	507,06	360,75
november	8	21409	7411	3640	488,75	169,18
december	3	25827	5703	2626	482,13	106,46
totaal	14792					

maand	η ;C;ls [-]	a;C;red [-]	q;C;ve;sys [dm³/s]	q;C;ve;spui [dm³/s]	q;C;ve;verbr [dm³/s]	q;C;ve;inf [dm³/s]
januari	0,194	1,000	114,73	33,83	0,00	39,39
februari	0,259	1,000	122,33	59,84	0,00	39,39
maart	0,380	1,000	120,05	48,69	0,00	39,39
april	0,632	1,000	136,77	108,13	0,00	39,39
mei	0,705	1,000	169,44	219,57	0,00	39,39
juni	0,806	1,000	180,84	256,72	0,00	39,39
juli	0,783	1,000	189,96	290,16	0,00	39,39
augustus	0,795	1,000	184,64	275,30	0,00	39,39
september	0,528	1,000	181,60	260,44	0,00	39,39
oktober	0,374	1,000	156,52	178,71	0,00	39,39
november	0,228	1,000	126,89	74,70	0,00	39,39
december	0,180	1,000	116,25	37,55	0,00	39,39

maand	W;C;aux;ngen [MJ]	W;C;aux;gen;pref [MJ]	W;C;aux;gen;npref1 [MJ]	W;C;aux;gen;npref2 [MJ]
januari	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,00	0,00	0,00	0,00

Energiegebruik tapwater

maand	Q;W;nd [MJ]	Q;W;dis [MJ]	Q;W;em [MJ]	Q;W;dis;nren [MJ]	Q;W;ren [MJ]	Q;W;rcd;d [MJ]	Q;W;rcd;u [MJ]
januari	1649	2449	2449	1975	474,7	0	0
februari	1489	2212	2212	1539	673,7	0	0
maart	1649	2449	2449	1437	1012,7	0	0
april	1595	2370	2370	420	1950,6	0	0
mei	1649	2449	2449	171	2278,1	0	0
juni	1595	2370	2370	172	2198,3	0	0
juli	1649	2449	2449	309	2140,3	0	0
augustus	1649	2449	2449	273	2176,4	0	0
september	1595	2370	2370	901	1469	0	0
oktober	1649	2449	2449	1362	1087,1	0	0
november	1595	2370	2370	1856	514,4	0	0
december	1649	2449	2449	2048	401,4	0	0
totaal	19410			12463			

Transmissieverlies

naam	H;D [W/K]	H;g [W/K]	H;U [W/K]	H;A [W/K]	ΔU ;for [W/m²K]
Woonfunctie					
januari	448,4771	32,2636	0,0000	0,0000	0,1420
februari	448,4771	38,8157	0,0000	0,0000	0,1420
maart	448,4771	45,1042	0,0000	0,0000	0,1420
april	448,4771	55,8211	0,0000	0,0000	0,1420
mei	448,4771	87,6796	0,0000	0,0000	0,1420
juni	448,4771	142,1285	0,0000	0,0000	0,1420
juli	448,4771	209,8238	0,0000	0,0000	0,1420
augustus	448,4771	201,8048	0,0000	0,0000	0,1420
september	448,4771	94,7319	0,0000	0,0000	0,1420
oktober	448,4771	58,5796	0,0000	0,0000	0,1420
november	448,4771	40,2693	0,0000	0,0000	0,1420
december	448,4771	33,6509	0,0000	0,0000	0,1420

Transmissieverlies vloeren

naam	oppervlakte [m²]	U;fl [W/m²K]	H;g [W/K]	H;pi [W/K]	H;pe [W/K]
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder	30,0	0 0,2600	5E-24,0000	6,2003	0
rekenconstructie - Begane grondvloer	165	0,1576 0,2100	57,6525	27,7892	11,8437

Deze berekening is gemaakt met BCB versie 6.1.0.19 (2014-12-18 13-14); dataversie 19.5

Energieprestatieberekening volgens NEN 7120:2011/C5:2014

Geattesteerde EPG software, rekenkern versie 6.1

Toegepaste berekeningsmethodes

Koudebruggen	forfaitair	formule 3 NEN 1068:2012/C1:2014
Verlichting	forfaitair	
Ventilatoren	forfaitair	
Externe warmtelevering	forfaitair	

Resultaten

energiepost	symbool	hoeveelheid [MJ]
ENERGIEGEBRUIK		
Verwarming	E;H;P	2261
Warm tapwater	E;W;P	512
Koeling	E;C;P	0
Zomercomfort	E;SC;P	12623
Bevochtiging	E;hum;P	0
Ontvochtiging	E;dhum;P	0
Ventilatoren	E;V;P	20243
Verlichting	E;L;P	23132
ENERGIEPRODUCTIE		
Export warmte en koude	EP;exp;T	0
Export elektriciteit	EP;exp;el	0
Elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	38178
Elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	84248
TOTAAL		
Totaal energiegebruik aardgas	E;P;tot;aardgas	0
Externe warmtelevering	E;P;tot;warmte	0
Totaal bruto energiegebruik elektriciteit	E;P;tot;elektriciteit;bruto	58770
Productie elektriciteit inbegrepen in functies	EP;pr;EPus;el	-38178
Productie elektriciteit niet inbegrepen in functies	EP;pr;nEPus;el	-84248
Totaal energiegebruik	E;P;tot	-63656
Toelaatbaar energiegebruik	E;P;adm;tot;nb	108645

CO2-emissie

energiedrager	hoeveelheid [MJ]	hoeveelheid	CO2-emissiecoëfficiënt [kg/MJ]	CO2-uitstoot [kg]
Elektriciteit	20592	2234 kWh	0,0613	1262
Externe warmtelevering	0	0 GJ	0,0877	0
Totaal				1262

Resultaten energieprestatie

	eis	gehaald	conclusie
Woonfunctie	0,40	-0,23	voldoet
E;P;tot / E;P;adm;tot;nb	1.00	-0,58	voldoet

Bouwkundige gegevens

Gebouwgegevens

naam	uitvoeringsvariant	lengte [m]	breedte [m]	hoogte [m]
Huize Parklust	vrijstaand hellend dak	17,95	14,23	15,23

Klimatiseringszones

naam	installatie systeem	type
Klimatiseringszone	_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	verwarming, tapwater
	_Balansventilatiesysteem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	ventilatie

Rekenzones

naam	Ag [m²]	Ag incl [m²]	Als [m²]	qv;10;spec [dm³/(s·m²)]	eigen waarde	bouwtype	D [kJ/(m²·K)]	C [kJ/K]
Klimatiseringszone								
Rekenzone	502			0,300	ja	traditioneel gemengd zwaar	450	225900
Woonfunctie	502	502	968					
totaal	502	502	968					

Schillen

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
Rekenzone										
rekenconstructie - Begane grondvloer										
		165,00	4,77	0,21						
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder										
		30,00	3,66	0,26						
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - paneel										
	noordwest	1,81	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - paneel										
	noordoost	0,86	0,42	1,69	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - deur										
	zuidoost	5,77	-	3,40	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Achtergevel										
	noordwest	112,60	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend achter										

naam	oriëntatie	A (Akoz) [m²]	Rc [(m²·K)/W]	U (Ugl/Ufr) [W/(m²·K)]	g;gl	helling [°]	situatie bescha- duwing	besch. red. fact. warmte	besch. red. fact. koude	zonwering
	noordwest	55,67	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel links										
	zuidwest	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend dakkappel rechts										
	noordoost	6,00	6,33	0,16	-	55	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend links										
	zuidwest	46,20	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend rechts										
	noordoost	34,92	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Dak hellend voor										
	zuidoost	30,62	6,33	0,16	-	45	minimale belemmering	0,85	1,00	
rekenconstructie - Dak plat deel										
		44,42	6,33	0,16	-	0	minimale belemmering	1,00	1,00	
rekenconstructie - Linkergevel										
	zuidwest	81,40	4,74	0,21	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
rekenconstructie - Rechtergevel										
	noordoost	115,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,95	1,00	
rekenconstructie - Voorgevel										
	zuidoost	136,17	4,59	0,22	-	90	minimale belemmering	0,80	1,00	
DAK - Achter dakraam - beglazing										
	noordwest	7,02 (8,77)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Links dakraam - beglazing										
	zuidwest	5,07 (6,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
DAK - Rechts dakraam - beglazing										
	noordoost	5,66 (7,07)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
DAK - Voor dakkapel - beglazing										
	zuidoost	1,10 (1,76)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordwest	23,56 (28,75)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	noordwest	5,60 (10,84)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,95	1,00	nee
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	zuidwest	20,31 (23,33)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing										
	zuidwest	9,69 (15,27)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	constante overstek	0,85	1,00	nee
Gevel - RECHTS - kozijnen - Nieuw - beglazing										
	noordoost	13,00 (18,97)	-	0,83 (0,60/0,86)	0,60	90	minimale belemmering	0,95	1,00	nee
Gevel - VOOR - kozijnen - Bestaand - beglazing										
	zuidoost	27,00 (33,06)	-	2,20 (1,90/2,40)	0,60	90	minimale belemmering	0,80	1,00	ja
totaal vloeroppervlak = 195,00 m²										
totaal constructieoppervlak = 677,60 m²										
totaal kozijnoppervlak = 154,16 m²										
totaal glasoppervlak = 118,01 m²										

Beschaduwing

naam	oriëntatie	helling [°]	rel. hoogte overstek [m]	rel. hoogte belemmering [m]	rel. breedte belemmering [m]	beschaduwings- reductiefactor warmte	beschaduwings- reductiefactor koude
Rekenzone							
Gevel - ACHTER - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	noordwest	90	1,00			0,95	1,00
Gevel - LINKS - kozijnen - Nieuw (belemmerd) - beglazing	zuidwest	90	1,00			0,85	1,00

Lineaire koudebruggen

naam	bron	25% toeslag	lengte [m]	ψ [W/(m·K)]	ψ_{gr} [W/(m·K)]	ψ_e [W/(m·K)]	ϵ [m²/m]
Rekenzone							
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	1E-23,00	0,500			
knoop fundering - begane grondvloer Psi; e=0,5, Psi;gr=	eigen waarde	nee	62,50	0,500			

Installatie gegevens

Verwarming - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	aantal toestellen	warmte-transport	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	1	water	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	leidingen langs gevels, geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd

Verwarming - opwekkers

naam	type	aanvoer temperatuur [°C]	binnen EPC schil	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	biomassa	LT	nvt	warmte	1E+20,000	nee	nee	nee

Verwarming - distributiesysteem

naam	uitvoering	intern distributie rendement	extern distributie rendement	distributie rendement	Q;H;dis;nren [MJ]
leidingen langs gevels	geïsoleerde leidingen in onverwarmde ruimte	1,000	1,000	1,000	66095

Verwarming - afgiftesystemen

naam	type	ruimte hoogte	afgifte rendement	eigen waarde
afgiftesysteem verwarming individueel of collectief individueel bemeterd	vloerverwarming, RC >= 2,5	tot 8m	1,000	nee

Warm tapwater - systemen

naam	individueel systeem	energie-fractie	opwekker	distributie systeem	afgifte systeem
_Biomassakachel - [verwarming en warm tapwater]	ja	1,000	externe warmtebron warmteopwekking biomassa	distributiesysteem tapwater collectief tapwater	afgiftesysteem tapwater voor woning

Warm tapwater - opwekkers

naam	type	klasse	energiedrager	opwekkings-rendement	eigen waarde	additioneel toestel	gelijkwaardigheidsverklaring
externe warmtebron warmteopwekking biomassa	externe warmtebron		warmte	1E+20,000	nee	nee	nee

Warm tapwater - distributiesystemen

naam	intern+extern rendement	distributie-rendement
distributiesysteem tapwater collectief tapwater	1,000	1,000

Warm tapwater - afgiftesystemen

naam	diameter [mm]	leidinglengte aanrecht [m]	leidinglengte badkamer [m]	rendement aanrecht	rendement badkamer	afgifte-rendement
afgiftesysteem tapwater voor woning	diameter > 10mm	9,00	7,00	0,360	0,860	0,673

Ventilatie - systemen

naam	toevoer	afvoer	WTW	distributie	gelijk-waardigheids-verklaring	eigen waarde
_Balansventilatiesysteem (Mechanische toe- en afvoer) - Zehnder WHR 950	CO2-sturing	CO2-sturing	warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	ja	-

Ventilatie - toe- en afvoer

naam	regeling	asvermogen [W]	rendement elektromotor	vermogen [W]	zonering
ventilator radiaal gelijkstroom tbv WTW unit	geen regeling	-	-	forfaitair	2 of meer zones

Ventilatie - wtw-units

naam	type	bypass aandeel [%]	rendement WTW
warmtewisselaar tegenstroom Zehnder - WHR	tegenstroom	100	0,95

Ventilatie - distributiesystemen

naam	type	luchtdichtheids-klasse
distributiesysteem ventilatie voor ventilatie	voor ventilatie	onbekend

Zonnecollector - systemen

naam	type naverwarmer	zonne-collector	collector-circuit	opslagvat	methode	gelijkwaardigheidsverklaring
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	met losse naverwarmer	zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	collectorcircuit geïsoleerd	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	gelijkwaardigheidsverklaring	ja

Zonnecollector - collectoren

naam	type	Acol [m²]	helling [°]	oriëntatie	beschaduwning	beschaduwings- reductie- factor	zonnekeur
zonnecollector ATAG - SolarCollectorII collectorset 300/7,5m2 indak voor overige pannen (brede goot) -	vlakke plaat met afdekking	6,90	45	zuidoost	minimale belemmering	1,00	nee

Zonnecollector - distributie & opslag

circuit	geïsoleerd circuit	isolatie- dikte [mm]	pomp regeling	vorst- beveiliging	opslagvat	geïsoleerd opslagvat	isolatie- dikte [mm]	vloeistof inhoud [l]
collectorcircuit geïsoleerd	ja	10	ja	nee	buffervat ATAG - CBSolarII 300 liter	ja	0	300

Zonnecollector - opbrengst volgens gelijkwaardigheidsverklaring

naam	tapbehoefte Q;W;dis;an [MJ/jr]	zonbijdrage Q;W;sol;45;zuid;an [MJ/jr]	hulpenergie pomp W;W;aux;sol;pump [MJ/jr]	hulpenergie vorstbeveiliging W;W;aux;sol;defrost;an [MJ/jr]
zonneboiler voor tapwater ATAG - CBSolarII 300/7,5	28840	17500	200	0

PV-systemen

naam	type cel	uitvoering	oppervlakte [m²]	helling [°]	oriëntatie	situatie beschaduwning	besch. reductie factor
_Zonnepanelen - (Persiennes) - belemmerd	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	1,47	45	zuidoost	constante belemmering	0,65
_Zonnepanelen - (Persiennes) - niet belemmerd	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	19,09	45	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - (Platte dak) - 0 graden	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	22,03	0	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - (Schutting)	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	22,03	36	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - Carport	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	19,93	36	zuidoost	minimale belemmering	1,00
_Zonnepanelen - Platte dak - 36 graden	monokristallijn silicium	sterk geventileerd (vrijstaand op open draagconstructie gemonteerd)	2,35	36	zuidoost	minimale belemmering	1,00

Uitgebreide rekenresultaten

Energiegebruik verwarming

maand	Q;H;nd [MJ]	Q;H;tr [MJ]	Q;H;ve [MJ]	Q;H;int [MJ]	Q;H;sol [MJ]	Q;sol;trans [MJ]	Q;sol;ntrans [MJ]
januari	17528	19972	4321	3036	3728	4001,7	-274
februari	11273	15763	3364	2742	5115	5269,2	-154
maart	7596	15556	3278	3036	8276	8323,5	-47,7
april	463	12468	2571	2938	16587	16224,2	362,5
mei	10	8577	1664	3036	19499	18994,4	504,6
juni	0	5458	961	2938	19875	19336,8	537,8
juli	0	4087	646	3036	17713	17271,5	441,2
augustus	0	4037	646	3036	17697	17269,5	427,7
september	28	6778	1298	2938	11858	11715,6	142,4
oktober	1924	10532	2160	3036	8622	8661,3	-39,3
november	10806	14568	3100	2938	3925	4169,7	-244,8
december	16467	18418	3973	3036	2888	3195,5	-308
totaal	66095						

maand	η ;H;gn [-]	H;H;tr;adj [W/K]	H;H;ve;adj [W/K]	q;H;ve;sys [dm³/s]	q;H;ve;spui [dm³/s]	q;H;ve;verbr [dm³/s]	q;H;ve;inf [dm³/s]
januari	1	480,74	104	113,97	30,12	0,00	39,39
februari	1	487,29	104	113,97	30,12	0,00	39,39
maart	0,993	493,58	104	113,97	30,12	0,00	39,39
april	0,747	504,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
mei	0,454	536,16	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juni	0,281	590,61	104	113,97	30,12	0,00	39,39
juli	0,228	658,30	104	113,97	30,12	0,00	39,39
augustus	0,226	650,28	104	113,97	30,12	0,00	39,39
september	0,544	543,21	104	113,97	30,12	0,00	39,39
oktober	0,924	507,06	104	113,97	30,12	0,00	39,39
november	1	488,75	104	113,97	30,12	0,00	39,39
december	1	482,13	104	113,97	30,12	0,00	39,39

maand	a;H;red;night [-]	a;H;red;wknd [-]	W;H;aux;ngen [MJ]	W;H;aux;gen;pref [MJ]	W;H;aux;gen; npref1 [MJ]	W;H;aux;gen; npref2 [MJ]	W;H;aux;sol [MJ]
januari	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,981	1,000	151,80	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,981	1,000	12,31	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,981	1,000	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,981	1,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,981	1,000	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,981	1,000	51,15	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,981	1,000	162,65	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,981	1,000	168,07	0,00	0,00	0,00	0,00
totaal			883	0	0	0	

Energiegebruik koeling

maand	Q;C;nd [MJ]	Q;C;tr [MJ]	Q;C;ve [MJ]	Q;C;sol [MJ]	H;C;tr;adj [W/K]	H;C;ve;adj [W/K]
januari	4	27555	5736	3431	480,74	100,07
februari	15	22398	6611	4794	487,29	143,84
maart	102	22739	5754	7905	493,58	124,90
april	1258	19215	8707	15962	504,30	228,51
mei	2254	15366	12719	19012	536,16	443,79
juni	3993	12247	10690	19539	590,61	515,51
juli	3202	11637	10228	17296	658,30	578,57
augustus	3380	11495	9582	17107	650,28	542,05
september	476	13235	12882	11327	543,21	528,73
oktober	97	17248	12271	8100	507,06	360,75
november	8	21409	7411	3640	488,75	169,18
december	3	25827	5703	2626	482,13	106,46
totaal	14792					

maand	η ;C;ls [-]	a;C;red [-]	q;C;ve;sys [dm³/s]	q;C;ve;spui [dm³/s]	q;C;ve;verbr [dm³/s]	q;C;ve;inf [dm³/s]
januari	0,194	1,000	114,73	33,83	0,00	39,39
februari	0,259	1,000	122,33	59,84	0,00	39,39
maart	0,380	1,000	120,05	48,69	0,00	39,39
april	0,632	1,000	136,77	108,13	0,00	39,39
mei	0,705	1,000	169,44	219,57	0,00	39,39
juni	0,806	1,000	180,84	256,72	0,00	39,39
juli	0,783	1,000	189,96	290,16	0,00	39,39
augustus	0,795	1,000	184,64	275,30	0,00	39,39
september	0,528	1,000	181,60	260,44	0,00	39,39
oktober	0,374	1,000	156,52	178,71	0,00	39,39
november	0,228	1,000	126,89	74,70	0,00	39,39
december	0,180	1,000	116,25	37,55	0,00	39,39

maand	W;C;aux;ngen [MJ]	W;C;aux;gen;pref [MJ]	W;C;aux;gen;npref1 [MJ]	W;C;aux;gen;npref2 [MJ]
januari	0,00	0,00	0,00	0,00
februari	0,00	0,00	0,00	0,00
maart	0,00	0,00	0,00	0,00
april	0,00	0,00	0,00	0,00
mei	0,00	0,00	0,00	0,00
juni	0,00	0,00	0,00	0,00
juli	0,00	0,00	0,00	0,00
augustus	0,00	0,00	0,00	0,00
september	0,00	0,00	0,00	0,00
oktober	0,00	0,00	0,00	0,00
november	0,00	0,00	0,00	0,00
december	0,00	0,00	0,00	0,00

Energiegebruik tapwater

maand	Q;W;nd [MJ]	Q;W;dis [MJ]	Q;W;em [MJ]	Q;W;dis;nren [MJ]	Q;W;ren [MJ]	Q;W;rcd;d [MJ]	Q;W;rcd;u [MJ]
januari	1649	2449	2449	1975	474,7	0	0
februari	1489	2212	2212	1539	673,7	0	0
maart	1649	2449	2449	1437	1012,7	0	0
april	1595	2370	2370	420	1950,6	0	0
mei	1649	2449	2449	171	2278,1	0	0
juni	1595	2370	2370	172	2198,3	0	0
juli	1649	2449	2449	309	2140,3	0	0
augustus	1649	2449	2449	273	2176,4	0	0
september	1595	2370	2370	901	1469	0	0
oktober	1649	2449	2449	1362	1087,1	0	0
november	1595	2370	2370	1856	514,4	0	0
december	1649	2449	2449	2048	401,4	0	0
totaal	19410			12463			

Transmissieverlies

naam	H;D [W/K]	H;g [W/K]	H;U [W/K]	H;A [W/K]	ΔU ;for [W/m²K]
Woonfunctie					
januari	448,4771	32,2636	0,0000	0,0000	0,1420
februari	448,4771	38,8157	0,0000	0,0000	0,1420
maart	448,4771	45,1042	0,0000	0,0000	0,1420
april	448,4771	55,8211	0,0000	0,0000	0,1420
mei	448,4771	87,6796	0,0000	0,0000	0,1420
juni	448,4771	142,1285	0,0000	0,0000	0,1420
juli	448,4771	209,8238	0,0000	0,0000	0,1420
augustus	448,4771	201,8048	0,0000	0,0000	0,1420
september	448,4771	94,7319	0,0000	0,0000	0,1420
oktober	448,4771	58,5796	0,0000	0,0000	0,1420
november	448,4771	40,2693	0,0000	0,0000	0,1420
december	448,4771	33,6509	0,0000	0,0000	0,1420

Transmissieverlies vloeren

naam	oppervlakte [m²]	U;fl [W/m²K]	H;g [W/K]	H;pi [W/K]	H;pe [W/K]
rekenconstructie - Begane grondvloer grenst kelder	30,0	0 0,2600	5E-24,0000	6,2003	0
rekenconstructie - Begane grondvloer	165	0,1576 0,2100	57,6525	27,7892	11,8437

Deze berekening is gemaakt met BCB versie 6.1.0.19 (2014-12-18 13-14); dataversie 19.5

6 - Literatuurstudie

“Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu”

Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira

465230 – 488557

Het nieuwe leven van Huize Parklust

Juni 2015

Inhoudsopgave

1	Onderwerp	2
1.1	Probleemomschrijving	2
1.2	Doelstellingen	2
1.3	Hoofdonderwerp	2
1.4	Deelvragen	2
2	Vooronderzoek	3
2.1	Wat is een zonnepaneel	3
2.1.1	Energieopwekking	3
2.1.2	Werking	4
2.1.3	Verschillende zonnepanelen	4
2.2	Toepassen van zonnepanelen	5
2.2.1	Optimaal benutten van dakoppervlakte	5
2.2.2	Zonnepanelen op gevels	5
2.2.3	Zonnepanelenpark	5
2.3	Kosten en subsidies	6
2.3.1	Kosten	6
2.3.2	Subsidies	7
2.4	Invloed op de EPC-waarde	7
2.4.1	Afstudeerproject Huize Parklust	7
2.4.2	EPC- waarde zonder en met zonnepanelen	8
3	Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu	10
3.1	Elektriciteit van het net of zonnepanelen?	10
3.2	Afval bij zonnepanelen	10
3.3	Locatie van productie	11
3.4	CO ₂ uitstoot van zonnepanelen	12
3.5	Terugverdientijd (milieubelasting)	15
3.6	Recycling	17
3.7	Zonnecellen in gadgets	18
3.8	Overige voordelen	18
3.8.1	Situatie in Nederland	19
3.9	Ontwikkeling van zonnepanelen in Nederland	19
4	Conclusie	21
	Literatuurlijst	22
	Figurenlijst	23

1 Onderwerp

1.1 Probleemomschrijving

Zonnepalen zijn de laatste jaren erg populair. Echter worden in het hedendaagse leven uitsluitend de voordelen van zonnepanelen benoemd. Zonnepanelen zijn milieubewust, hebben een lange levensduur en zorgen voor een lage energierekening, maar is dit echt zo? Een lage energierekening is een feit, echter worden de milieueffecten van zonnepanelen nauwelijks benoemd.

1.2 Doelstellingen

Ons doel bij dit literatuuronderzoek is de invloeden in kaart brengen die zonnepalen op het milieu uitoefenen. Om een onderbouwde mening te kunnen vormen gaan we na wat de voor- en nadelen van zonnepanelen zijn. Het onderzoek zal gebaseerd worden op basis van de omstandigheden in Nederland.

1.3 Hoofdonderwerp

Stelling: “Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu.”

1.4 Deelvragen

- Wat is een zonnepaneel?
- Wat zijn de positieve en negatieve effecten van zonnepanelen?
- Welk zonnepaneel is het beste voor het milieu?
- Hoe schadelijk is een zonnepaneel ten opzichte van elektriciteit van het net?

2 Vooronderzoek

2.1 Wat is een zonnepaneel

Een zonnepaneel is een paneel dat bestaat uit zonnecellen die zonne-energie opvangen en omzetten tot elektriciteit. De zonnecellen worden gemaakt van silicium. Dit materiaal geleidt goed zodra er zonlicht op valt. De opgewekte stroom wordt gebruikt om het gebouw haar functie te laten vervullen.

2.1.1 Energieopwekking

De totaal op te wekken energie van een zonnepaneel is sterk afhankelijk van de volgende factoren:

- Omzettingsrendement
- Oriëntatie
- Hellingshoek
- Maximale jaarlijkse zonne-instralingsenergie per m²

Omzettingsrendement

Dit is het rendement van de zonlicht dat op het zonnepaneel valt die in elektriciteit omgezet kan worden. Het rendement verschilt per soort zonnepaneel. In de NEN 7120 worden de volgende rendementen voorgeschreven:

Tabel 20.2 — Piekvermogen per m², S, als functie van zonnestroompaneeleigenschappen

Type cel	η_{cel} %	Minimale pakkingsdichtheid	S W _p /m ²
Monokristallijn silicium	16	0,85	135
Multikristallijn silicium	15	0,85	125
Amorf silicium zonnecel met enkelvoudige junctie	6	0,9	55
Multi-junctie op amorf silicium gebaseerde zonnecellen	7	0,9	65
Koper-indium/gallium-diselenide	11	0,9	100
Cadmiumtelluride	10	0,9	90
waarin: η_{cel} is het celrendement, bepaald volgens NEN-EN-IEC 60904-1; pakkingsdichtheid is de verhouding tussen de oppervlakte van de zonnestroom- cellen en de totale oppervlakte van het laminaat waarin de cellen zijn opgenomen (het paneel), exclusief de draagconstructie.			

Figuur 1. Rendement van soorten zonnepanelen (conform NEN 7120)
(NEN 7120+C2, 2012, p. 315)

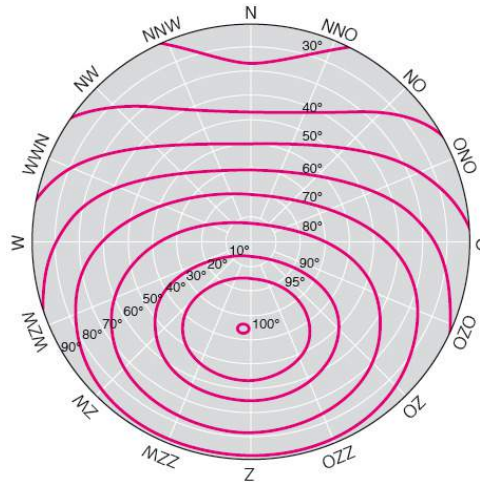
Oriëntatie en hellingshoek

De oriëntatie van het paneel ten opzichte van de zon is erg belangrijk. Niet minder belangrijk is de hellings- en zijwaarse hoek van het zonnepaneel. Om maximaal rendement te behalen uit de aanwezige zonuren, dient er een goede afweging te worden gemaakt van de bovenstaande punten.

De onderstaande figuur geeft een instralingsdiagram weer. De oriëntatie t.o.v. de zon is rondom de bol weergegeven. De installatiediagram bestaat uit ringen vanaf het middelpunt. Elke ring vanaf het midden bedraagt 10° tot een maximum van een rechte hoek van 90°. De rode lijnen geven de percentage van de percentage

van maximale zoninstraling per jaar. Deze dient vermenigvuldigd te worden met de zonne-instralingsenergie.

Uit de instralingsdiagram kunnen we afleiden dat de zonnepanelen met een zijwaartse hoek van 5 graden ten westen van het zuiden geïnstalleerd moeten worden. Verder dienen zonnepaneel onder een hellingshoek van 36 graden te worden gemonteerd voor de maximale zonne-instraling van 100%, ofwel 1000 kWh/m².



Figuur 2. Instralingsdiagram

(Hengeveld, D.J., & Zanten, J.H. van, 2004, p. 86)

Zonne-instralingsenergie In Nederland levert de zon ongeveer 1100 kWh per m² aardoppervlakte (Jellema 6B, 2004, p.86). Van deze energie wordt slechts 5 tot 15% omgezet tot elektriciteit.

2.1.2 Werking

Zoals eerder beschreven bestaat een zonnepaneel uit vele zonnecellen. Deze hebben een standaard afmeting van 156 bij 156 mm. De zonnecellen bestaan uit een bovenlaag met negatieve en onderlaag met positieve lading. Wanneer er een spanningsverschil tussen beide lagen plaatsvindt door de zonne-energie, zal er stroom worden geproduceerd. De zonnecellen worden in serie geschakeld en aan het elektriciteitsnet gekoppeld. Op deze manier wordt het gebouw voorzien van duurzame energie. Bij een overproductie zal de stroom aan het net terug geleverd worden.

2.1.3 Verschillende zonnepanelen

De ontwikkelingen rondom zonnepanelen gaan erg snel. Zonnepanelen worden steeds compacter en hebben een steeds hoger rendement.

Op de markt zijn verschillende typen zonnepanelen leverbaar. De manier waarop de zonnecellen worden geproduceerd uit silicium, bepaald of het gaat om een monokristallijn of polykristallijn cel.

Het monokristallijn zonnepaneel bestaat uit één type kristallijn en heeft in tegenstelling tot het polykristallijn zonnepaneel een gladder oppervlak. Deze verschillen leiden ertoe dat het monokristallijn zonnepaneel een hoger rendement heeft.

Tenslotte is de laatste jaren de amorf, ofwel het dunne-filmzonnepaneel, sterk ontwikkeld. Deze zonnepanelen kunnen uit silicium, cadmium telluride (CdTe) of koper indium gallium selenide (CIGS) worden geproduceerd. Zowel CdTe als CIGS zijn zware metalen, die vergelijkbaar zijn met de mono- en polykristallijn zonnepanelen.

De voordelen van dit type zonnepaneel liggen voornamelijk in het productieproces. Dit paneel is eenvoudiger te maken waardoor er een efficiënter productieproces ingericht kan worden en verspillingen kunnen worden geminimaliseerd. Bij de productie worden grote rollen aluminiumfolie door een pers gehaald waar een dunne laag halfgeleidende inkt achterblijft. Vervolgens wordt er een laag cadmium sulfide of zinkoxide met een transparante beschermingslaag toegepast. Bij de laatste stap zullen de vellen tot zonnecellen worden gesneden.



Figuur 3. Soorten zonnepanelen
(Woonbewust, z.d.)

2.2 Toepassen van zonnepanelen

Het opwekken van energie in steenkool- en gascentrales veroorzaakt erg veel vervuiling in de vorm van CO₂ uitstoot. Vanwege de ten gevolge daarvan optredende klimaatveranderingen, is men op zoek gegaan naar duurzame alternatieven die de CO₂ uitstoot konden verminderen. In de vorm van zonnepanelen, voordien uitsluitend gebruikt in de ruimtevaart, moest elektriciteit op duurzame wijze worden opgewekt uit zonne-energie.

2.2.1 Optimaal benutten van dakoppervlakte

Zonnepanelen worden tegenwoordig op grote schaal toegepast. Op daken, waar normaliter alleen installaties te vinden waren, worden zonnepanelen geïnstalleerd. Op deze manier wordt de ruimte op daken optimaal benut om elektriciteit op te wekken.

2.2.2 Zonnepanelen op gevels

Hoewel het rendement van zonnepanelen op gevels ongeveer 30%¹ lager ligt dan op daken, worden er steeds meer projecten hiermee gerealiseerd. Gebouwen die voor groot deel uit glas bestaan kunnen tegen meer dan 10%² energie opwekken d.m.v. zonneglas met een rendement van 12%. Op de langere termijn wordt dit bedrag terugverdiend.

2.2.3 Zonnepanelenpark

Overal op de wereld worden zonnepanelenparken neergezet om op een duurzame wijze energie op te wekken. Ook in Nederland zijn de laatste jaren een aantal gebieden volgeraakt met zonnepanelen. Op Ameland wordt in 2015 het grootste zonnepanelenpark van Nederland gerealiseerd. Naar verwachting zal dit park 20%³ van de Amelandse energie behoefte voorzien.

¹ Er van uitgaand dat gevels een hellingshoek van 90° hebben, kan er uit de instalingsdiagram worden afgeleid dat er 70% van de totale zonne-instralingsenergie opgevangen kan worden.

² Volgens Oxford Photovoltaics kan er tegen een meerprijs van 10% een zonnegvel worden ontworpen.

³ Zie: <http://www.ameland.nl/zonnepark/>

2.3 Kosten en subsidies

2.3.1 Kosten

Zonnepanelen hebben grote ontwikkelingen doorgemaakt. Dit is onder andere te zien aan de enorme kostendaling per Wattpiek⁴. Vanaf 2006 zijn de kosten per Wattpiek meer dan gehalveerd (figuur 4).



Figuur 4. Gemiddelde prijs van 10 zonnepanelen
(Milieucentraal, 2014)

Elke zonnepaneel levert 250 Wattpiek vermogen, wat op jaarbasis 225 kWh⁵ aan stroom levert.

Kosten (incl. btw)	3 panelen	6 panelen	12 panelen
Aanschafprijs (incl. installatie en omvormer)	€ 1.700	€ 2.900	€ 5.200
Eenmalige vervanging omvormer	€ 600	€ 900	€ 1.500

Figuur 5. Kosten zonnepanelen
(Milieucentraal, 2014)

De gemiddelde energieprij per kWh in Nederland is € 0,23. De aanschaf van zes zonnepanelen kost € 2900. Hiervoor kan men 1300 kWh per jaar aan groene energie opwekken. Wanneer dezelfde hoeveelheid energie bij een energieleverancier wordt verkregen, kost dit ongeveer € 300. De terugverdiend komt in deze situatie op 9 tot 10 jaar te liggen.

De kosten per Wattpiek worden lager wanneer het systeem van zonnepanelen groter wordt. In de rekenvoorbeeld hierboven kost 1 Wattpiek € 2,01. Een systeem die bestaat uit 20 zonnepanelen kost € 7900. Elke Wattpiek is dan € 1,65. Dit heeft de maken met de montagekosten, die omlaag gaan naarmate het te installeren systeem groter wordt.

⁴ Hengeveld, D.J., van Zanten, J.H. (2004) definiëren Wattpiek (WP) als: "Wp is het vermogen aan elektriciteit dat het PV-paneel oplevert als er 1kW straling op het paneel valt en de omgevingstemperatuur gelijk is aan 25°C." (p. 85).

⁵ Zie: <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-kopen/kosten-en-baten-van-zonnepanelen/>

Gegevens uit bron: <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/energieprijzen/>

In het volgende overzicht zijn de verschillende typen zonnepanelen op basis van aantal punten vergeleken.

	Mono-kristallijn	Polykristallijn	Amorf / Dunne film	CIGS
Rendement	14 – 20 %	12 – 16 %	6-10 %	13 – 15 %
Zwaklicht	Verlies bij diffuus licht	Verlies bij diffuus licht	Weinig verlies	Weinig verlies
Thermisch gedrag	Verlies bij hoge temperaturen	Verlies bij hoge temperaturen	Weinig verlies	Weinig verlies
Kosten	Duurder dan polykristallijn en dunne film	Goedkoper dan monokristallijn en CIGS	Goedkoper dan monokristallijn, polykristallijn en CIGS	Vooralsnog duur
Lange termijn	Zeer hoge prestaties, stabiel, lange levensduur	Lange levensduur	Meer opbrengst, iets kortere levensduur	Hogere opbrengst in de winter (geen lange termijn tests bekend)
Gewicht per m²	Hoger	Hoger	Lager	Lager
Gevoeligheid storingen	Zeer klein	Zeer klein	Klein	Klein

Figuur 6. Verschillen tussen zonnepanelen
(Woonbewust, z.d.)

De prijs is vaak bepalend bij de aanschaf van zonnepanelen. Echter dienen nog een aantal punten in acht te worden genomen om een goede keus te kunnen maken. Zo heeft de beschikbare ruimte op daken een direct verband met het rendement. Bij grote daken kan men volstaan met het toepassen van Amorf of dunne-film zonnepanelen, terwijl bij kleine daken Mono-kristallijn vaak een betere optie is. Daarnaast kan het totale gewicht van de panelen die op de dakconstructie worden aangebracht een belangrijke rol spelen.

2.3.2 Subsidies

De overheid stimuleert het opwekken van zonne-energie met zonnepanelen door subsidies uit te keren. Voor woningeigenaren is dit de kans om bij te dragen aan een gezondere toekomst en daarnaast op langere termijn te besparen op de energierekening. Er zijn gemeentelijke subsidieregelingen voor zonnepanelen. 2 juli tot 8 augustus is er ook een landelijke subsidieregeling geweest. Echter is het beschikbare budget van de landelijke subsidieregeling op.

2.4 Invloed op de EPC-waarde

Het toepassen van zonnepanelen heeft een positieve invloed op de EPC-waarde van een woning of gebouw. Hoe groot die invloed uiteindelijk is, kunnen we aan de hand van ons afstudeerproject verklaren.

2.4.1 Afstudeerproject Huize Parklust

Huize Parklust is een monumentale villa die gebouwd is in 1897. Het monument is gelegen in het parkenbuurt in Apeldoorn. De bruto vloeroppervlakte (BVO) bedraagt 502 m². Volgens NEN 7120 dient uitsluitend de gebouwgebonden energieverbruik aan de EPC berekening te worden gekoppeld, hierdoor laten we het gebruikersgebonden energieverbruik buiten beschouwing. Het jaarlijkse gebouwgebonden energieverbruik bedraagt 6377 kWh.

2.4.2 EPC- waarde zonder en met zonnepanelen

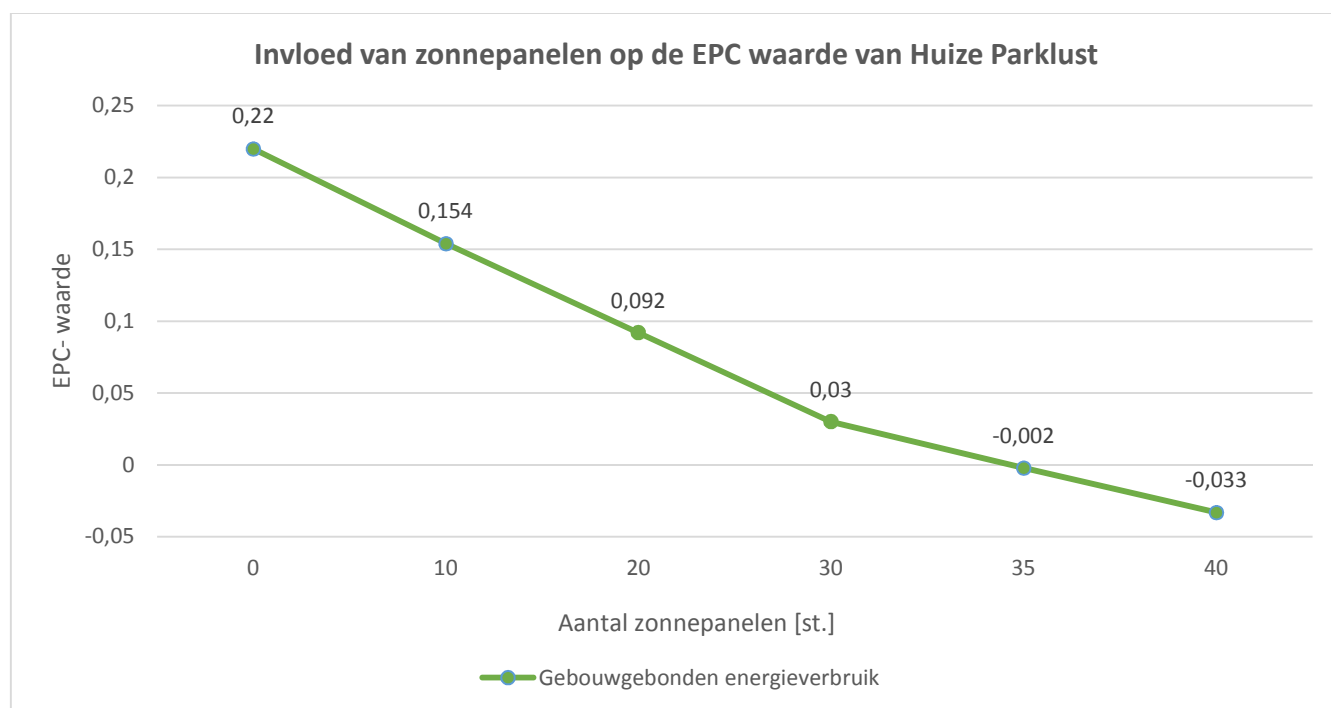
Zonder zonnepanelen toe te passen heeft Huize Parklust een EPC- waarde van 0,22. Voor meer details over de bouwtechnische keuzes; Bijlagen – 5. Bouwtechniek en installatiekeuzes; Bijlagen – 6. Installatietechniek. Om het EPC- waarde naar nul te halen dient het energieverbruik van de gebouwgebonden installaties te worden opgewekt, in onze situatie maken we uitsluitend gebruik van zonnepanelen.

Voor de berekeningen maken we gebruik van de volgende uitgangspunten:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| ▪ Zonnepaneel | Monokristallijn silicium |
| ▪ Merk/ fabrikant | Yingli Solar Panda YL 205C |
| ▪ Wattpiek m ² | 177 |
| ▪ Oriëntatie | Zuidoosten |
| ▪ Hellingshoek | 36° |
| ▪ Oppervlakte paneel | 1,172 |
| ▪ Afmetingen | 1266 x 926 mm (lxb) |
| ▪ Uitvoering | Sterk geventileerd |

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de NEN 7120.

Grafiek 1.



(Bron: K&E projecten, 2015)

Uit de bovenstaande grafiek kunnen we uithalen dat het toepassen van zonnepanelen een grote rol heeft in de EPC- waarde. Huize Parklust heeft 35 zonnepanelen nodig, ofwel 41 m²⁽⁶⁾ nodig om het gebouwgebonden energieverbruik te compenseren. Dit geldt onder de uitgangspunten die voor Huize Parklust zijn opgesteld.

⁶ Totale oppervlakte = aantal zonnepanelen x oppervlakte per paneel (= 1,172 m²)

De onderstaande tabel geeft de Energieprestatiecoëfficiënt (ofwel EPC-eis) uit het Bouwbesluit weer.

Aansturingstabel 5.1

> [Terug naar Bouwbesluit](#)

gebruiksfunctie	leden van toepassing																	grenswaarde						
	energieprestatiecoëfficiënt			thermische isolatie								luchtvolumestroom			opverwarmde gebruiksfunctie			tijdelijk bouwwerk	energieprestatiecoëfficiënt			thermische isolatie		
	artikel	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.2	5.3	5.4	5.5		5.6	5.7	5.2	5.3	5.4	5.5
	lid	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	*	1	2	3	4	*	1, 2 en 3	1 en 5	2	3 en 4
																					[-]	[m².k/W]		
1 Woonfunctie																								
a woonwag		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	1,3	2,5	2,5	2,5
b andere woonfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	0,4	4,5	6,0	3,5
2 Bijeenkomstfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	*	1	2	3	4	*	1,1	4,5	6,0	3,5
3 Celfunctie																								
a in een cellingebouw		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	1,0	4,5	6,0	3,5
b andere celfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	1,0	4,5	6,0	3,5
4 Gezondheidszorgfunctie																								
a met bedgebied		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	1,8	4,5	6,0	3,5
b andere gezondheidszorgfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	0,8	4,5	6,0	3,5
5 Industriefunctie		-	-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	*	1	2	3	4	*	-	4,5	6,0	3,5
6 Kantoorfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	0,8	4,5	6,0	3,5
7 Logiesfunctie																								
a in een logiesgebouw		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	1,0	4,5	6,0	3,5
b andere logiesfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	*	1	2	3	4	*	1,4	4,5	6,0	3,5
8 Onderwijsfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	-	1	2	3	4	*	0,7	4,5	6,0	3,5
9 Sportfunctie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	*	1	2	3	4	*	0,9	4,5	6,0	3,5
10 Winkel functie		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	*	1	2	3	4	*	1,7	4,5	6,0	3,5
11 Overige gebruiksfunctie		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Bouwwerk geen gebouw zijnde		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figuur 7. EPC- waarde van gebouwen
(BRISbouwbesluit online, 2012)

De EPC- eis kan bepaald worden aan de hand van de volgende berekening, volgens NEN 7120.

$$\text{EPC} = \frac{\text{totale karakteristieke energiegebruik}}{\text{toelaatbare energiegebruik}}$$

Figuur 8. Berekenen van EPC- waarde
(DGMR, 2012)

Door het 'totale karakteristieke energiegebruik' te verminderen, kan er met zonnepanelen invloed op de EPC- eis worden uitgeoefend.

3 Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu

Zonnepanelen worden steeds populairder. Het aantal zonnepanelen op de daken stijgt ieder jaar en steeds meer mensen volgen deze duurzame hype. Zo zijn Nederlanders met burens die zonnepanelen hebben sneller geneigd om ook zonnepanelen toe te passen. Van alle mensen die zonnepanelen overwegen, zijn 68% van de burens al in het bezit ervan⁷.

Op dit moment weegt de terugverdientijd van de investering van zonnepanelen het zwaarst in de ogen van consumenten. Echter staat men niet stil bij de milieueffecten. “Hoe schadelijk is een zonnepaneel?” is een vraag die nauwelijks wordt gesteld. Dit bepaald uiteindelijk de duurzaamheid, naar onze mening. Moeten we voortaan vaker hierop letten? Dragen zonnepanelen daadwerkelijk bij aan een beter milieu of is het een maatregel die alleen kostenbesparend en statusverhogend werkt?

3.1 Elektriciteit van het net of zonnepanelen?

In de studie ‘*Emissions from Photovoltaic Life Cycles*’ staat het volgende beschreven:

Vasilis M. Fthenakis, Hyung Chul Kim en Erik Alsema (2008, p. 2168) – ‘Emissions from Photovoltaic Life Cycles’

“As a part of prospective analysis, the effect of PV breeder was investigated. Overall, all PV technologies generate far less life-cycle air emissions per GWh than conventional fossil-fuelbased electricity generation technologies. At least 89% of air emissions associated with electricity generation could be prevented if electricity from photovoltaics displaces electricity from the grid.”

Uit het bovenstaande blijkt dat de uitstoot van luchtvervuilde stoffen, zware metalen en broeikasgassen met 89% wordt verminderd wanneer zonnepanelen worden toegepast ten opzicht van elektriciteit die opgewekt is met fossiele brandstoffen.

3.2 Afval bij zonnepanelen

Hoewel zonnepanelen op voorhand al voordeliger zijn dan elektriciteit van het net, is het belangrijk om te weten wat de negatieve aspecten ervan zijn. In de volgende artikelen benoemen onderzoekers de nadelen van zonnepanelen.

Vasilis M. Fthenakis, Hyung Chul Kim en Erik Alsema (2008, p. 2168) – ‘Emissions from Photovoltaic Life Cycles’

“Life-cycle emissions result from using fossil-fuel-based energy to produce the materials for solar cells, modules, and systems, as well as directly from smelting, production, and manufacturing facilities. These emissions differ in different countries, depending on that country’s mixture in the electricity grid, and the various methods of material/fuel processing.”

Christina Nunez (2014, p. 1) – ‘How green are those solar panels Really?’

“Yet manufacturing all those solar panels, a Tuesday report shows, can have environmental downsides. Fabricating the panels requires caustic chemicals such as sodium hydroxide and hydrofluoric acid, and the process uses water as well as electricity, the production of which emits greenhouse gases. It also creates waste. These problems could undercut solar’s ability to fight climate change and reduce environmental toxics.”

⁷ Beekhuis, Gerlinde (2015). Zonnepanelen zijn besmettelijk. Tijdschrift Energie+, p. 28

In de studie 'Environmental impacts of solar power' wordt watergebruik ook besproken. National Renewable Energy Laboratory heeft hier onderzoek over gedaan. Hier wordt het waterverbruik bij de productie van zonnepanelen beschreven.

M.M. Hand et al (2012) – 'Renewable Electricity Futures Study'

"Solar PV cells do not use water for generating electricity. However, as in all manufacturing processes, some water is used to manufacture solar PV components. Concentrating solar thermal plants (CSP), like all thermal electric plants, require water for cooling. Water use depends on the plant design, plant location, and the type of cooling system. CSP plants that use wet-recirculating technology with cooling towers withdraw between 600 and 650 gallons of water per megawatt-hour of electricity produced. CSP plants with once-through cooling technology have higher levels of water withdrawal, but lower total water consumption (because water is not lost as steam)."

Zonnepanelen verbruiken ook fossiele brandstoffen. Ook bij zonnepanelen komen er broeikasgassen vrij. Hiervoor is de productie van zonnecellen (een zonnepaneel bestaat uit meerdere zonnecellen), verwerking en onderhoud gedurende zijn levensduur verantwoordelijk voor. Naast het gebruik van fossiele brandstoffen, zijn er ook chemische stoffen en water nodig bij de productie. Dit heeft schadelijke gevolgen voor het milieu. In dit geval wordt er gekeken naar de hele levenscyclus van een zonnepaneel, de zogenaamde levenscyclusanalyse (LCA)⁸. Dit wordt ook wel de CO₂-voetafdruk, ofwel de 'Carbon footprint', genoemd. De levensduur van een zonnepaneel speelt hierbij een belangrijke rol.

3.3 Locatie van productie

Wereldwijd worden zonnepanelen geproduceerd. Het feit dat overal andere normen en eisen gelden, zijn er ook grote verschillen te zien in de productie van zonnepanelen. In de volgende artikelen worden de verschillen in kaart gebracht.

Louise Lerner (2014, p. 1,2) – 'Solar panel manufacturing is greener in Europe than China, study says.'

"Solar panels made in China have a higher overall carbon footprint and are likely to use substantially more energy during manufacturing than those made in Europe, said a new study from Northwestern University and the U.S. Department of Energy's Argonne National Laboratory. The report compared energy and greenhouse gas emissions that go into the manufacturing process of solar panels in Europe and China. "We estimated that a solar panel's carbon footprint is about twice as high when made in China and used in Europe, compared to those locally made and used in Europe," said Fengqi You, assistant professor of chemical and biological engineering at Northwestern and corresponding author on the paper."

"Assuming that a solar panel is made of silicon—by far the most common solar panel material—and is installed in sunny southern Europe, a solar panel made in China would take about 20 to 30 percent longer to produce enough energy to cancel out the energy used to make it. The carbon footprint is about twice as high."

"The team performed a type of systematic evaluation called life cycle analysis to come up with these hard data. Life cycle analysis tallies up all the energy used to make a product— energy to mine raw

⁸ De levenscyclusanalyse (LCA) kan als volgt worden beschreven nibe (z.d.) "Bij een LCA wordt gekeken naar de totale milieupact van een product van wieg tot graf. Dit proces begint bij de winning van de grondstoffen en eindigt bij de afvalverwerking. Alle daartussen liggende fasen van productie, transport en onderhoud worden meegenomen in de analyse. Zo kan een producent inzicht krijgen in de productgerelateerde milieubelasting in iedere fase van de levenscyclus van het desbetreffende product."

materials, fuel to transport the materials and products, electricity to power the processing factory, and so forth. This provides a more accurate picture of the overall energy consumed and produced and the environmental impact of making and using a solar panel.”

Uit een onderzoek van de Northwestern University en de U.S. Department of Energy’s Argonne National Laboratory blijkt dat zonnepanelen die gemaakt worden in China een aanzienlijk hoger uitstoot van broeikasgassen en energieverbruik hebben gedurende de productie. Fengqi U, assistent-professor van chemische en biologische engineer aan de Northwestern, geeft aan dat de uitstoot van broeikasgassen en energieverbruik bij de productie van zonnepanelen in China ongeveer twee keer zo hoog is ten opzichte van in Europa. Bovendien doet een paneel uit China er 20 tot 30% langer over om evenveel energie op te wekken als een paneel uit Europa.

Christina Nunez (2014, p. 3) – ‘How green are those solar panels Really?’

“A study released in May by Northwestern University and Argonne National Laboratory found that the carbon footprint of a panel from China is twice that of one from Europe, because China has fewer environmental standards and more coal-fired power plants. China has already seen a backlash. Panel manufacturer Jinko Solar, for example, has faced protests and legal action since one of its plants, in the eastern province of Zhejiang, was accused of dumping toxic waste into a nearby river. Solar manufacturers in the United States are subject to both federal and state rules that dictate, for example, how and where they can dispose of toxic wastewater. In Europe recent regulations mandate the reduction and proper disposal of hazardous electronic waste.”

Waarom in China schadelijkere zonnepanelen worden geproduceerd, kunnen we uit het bovenstaande artikel halen. In China zijn er minder (strengere) milieunormen en kent het land meer kolengestookte energiecentrales. De soepelere milieunormen leidt tot vervuiling van de omgeving door fabrikanten die hun afval dumpen. Dit gaat in sommige gevallen ten koste van de wateren of omliggende gebieden.

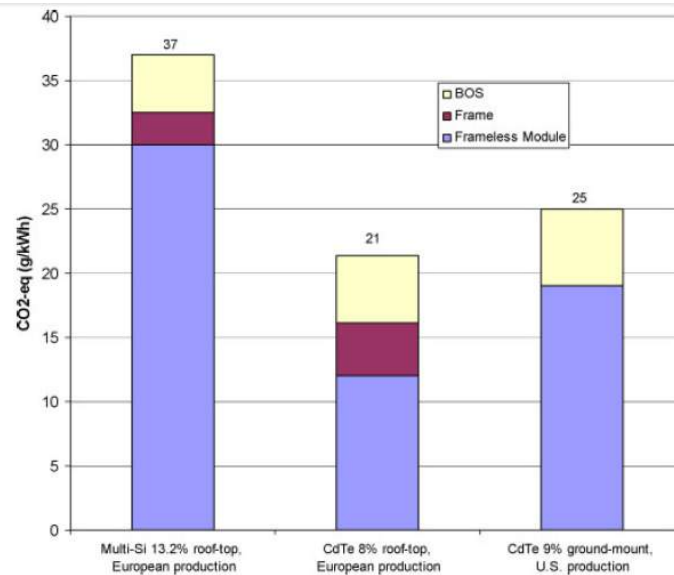
3.4 CO₂ uitstoot van zonnepanelen

Vasilis M. Fthenakis en Erik Alsema hebben een onderzoek gedaan naar de CO₂- uitstoot van zonnepanelen gedurende zijn levenscyclus. In het onderzoek wordt uitgegaan van een zonne-intensiteit van 1.700 kWh per m² en een levensduur van 30 jaar voor de zonnepanelen. In Nederland is de zonne-intensiteit veel lager en bedraagt 1100 kWh per m² (zie 2.1.1). Hierdoor kan er 35%⁹ minder zonne-energie worden opgewekt op basis van de zonne-intensiteit.

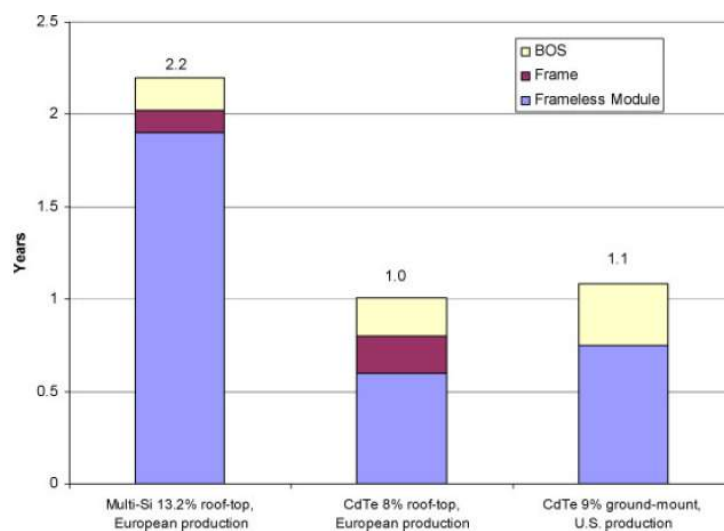
Vasilis Fthenakis en Erik Alsema (2006, p. 276) – ‘Photovoltaics Energy Payback Times, Greenhouse Gas Emissions and External Costs’

“With this information, we analyzed the environmental impacts of PV electricity generation and demonstrated that the life-cycle greenhouse gas emission of complete rooftop PV systems based on multicrystalline silicon and under average Southern-Europe insolation (1700 kWh/m²/yr) is only 37 g CO₂-eq/kWh. For silicon ribbon and monocrystalline silicon technologies the respective numbers are 30 and 45 g/kWh. The Energy Pay-Back Times (EPBT) of such systems are, respectively, 1.7, 2.2, and 2.7 years for ribbon, multi-, and mono-Si technology. The EPBT estimates for multi-Si PV modules and systems, in comparison with those for CdTe thin film PV modules and systems). Note that a Performance Ratio of 75% (accounting for the effects of shading, snow cover, heat loss and DC-AC conversion loss) was assumed for the roof-top systems, a value which might be somewhat conservative.”

⁹ De rekenfactor om de hoeveelheid CO₂ te berekenen bedraagt (1700/ 1100 =) 1,545.



Figuur 9. CO₂- uitstoot van verschillende zonnepanelen
(Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik, 2006, p. 277)



Figuur 10. Terugverdiëntijd van verschillende zonnepanelen
(Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik, 2006, p. 278)

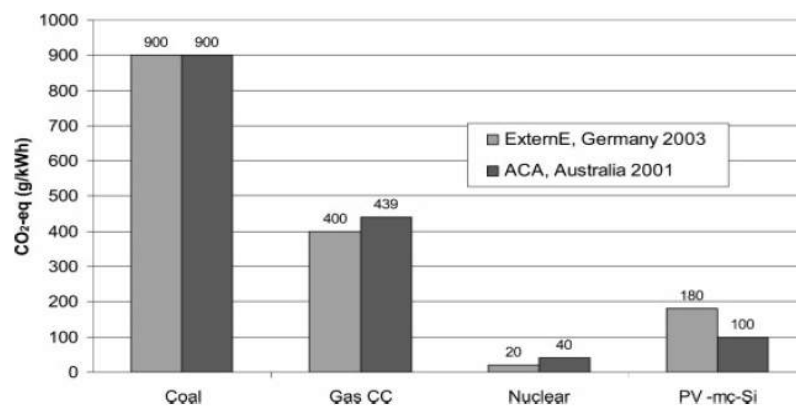
Uit het onderzoek van Fthenakis en Alsema blijkt dat een polykristallijn zonnepaneel bij een zonne-intensiteit van 1.700 kWh per m² per jaar 37 gram CO₂-eq/kWh uitstoot. Een dunne-film zonnepaneel (CdTe) heeft de kortste terugverdiëntijd en verbruikt slechts 21 gram CO₂-eq/kWh (figuur 9). Dit is opmerkelijk, vanwege het feit dat dit type zonnepaneel het laagste rendement heeft (9%). We kunnen hiermee concluderen dat een hoog rendement per definitie niets zegt over de duurzaamheid of CO₂- uitstoot.

Verder is de terugverdiëntijd (Energy Payback time) uit figuur 10 niet relevant voor de situatie in Nederland door de veel lagere zonne-intensiteit. De Energy Payback Time (EPBT) wordt in het artikel *'Emissions from Photovoltaic Life Cycles'* als volgt gedefinieerd:

Vasilis, M. Fthenakis, Hyung, Chul Kim & Alsema, Erik (2008) "EPBT, the time it takes for a photovoltaic (PV) system to generate an amount of energy equal to that used in its production." (p. 2168).

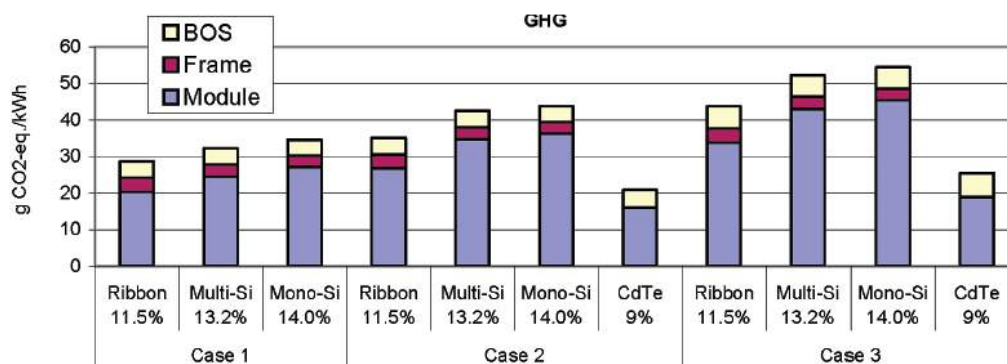
Wanneer we de CO₂- uitstoot omrekenen naar de Nederlandse situatie bedraagt de CO₂- uitstoot 33 gram/ kWh¹⁰ voor een dunne-film zonnepaneel en 58 gram/ kWh¹¹ voor de monokristallijne zonnepaneel. Dit heeft onder andere gevolgen op de terugverdientijd, ook deze zal met de rekenfactor van 1,545 toenemen.

De CO₂- uitstoot voor het opwekken van elektriciteit met fossiele brandstoffen bedraagt voor gas 400 gram/kWh en 900 gram/kWh voor steenkool (figuur 11). Dit verklaart onder anderen de vervuiling van Chinese zonnepanelen, die voornamelijk worden geproduceerd uit dit bron.



Figuur 11. Uitstoot broeikasgassen
(Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik, 2006, p. 277)

Eerder in dit document is beschreven dat de locatie waarbij de zonnepanelen worden geproduceerd van groot belang is. In het onderzoek 'Emissions from Photovoltaic Life Cycles' zijn drie verschillende manieren van de productie van zonnepanelen in kaart gebracht, figuur 12 geeft dit weer.



Figuur 12. Productie van zonnepanelen in verschillende gebieden
(Vasilis, M. Fthenakis, Hyung, Chul Kim & Alsema, Erik, 2008, p. 2170)

Vasilis M. Fthenakis, Hyung Chul Kim en Erik Alsema (2008, p. 2171) – 'Emissions from Photovoltaic Life Cycles'

¹⁰ Berekening CO₂- uitstoot van dunne- film zonnepaneel (1700/ 1100) x 21

¹¹ Berekening CO₂-uitstoot van monokristallijne zonnepaneel (1700/1100) x 37

“The estimated emissions from Case 1 which is based on the electricity mix of CrystalClear project, are lower than those from Cases 2 and 3, mainly because of the higher portion of hydropower and natural-gas-fired combined-cycle power plants currently used by the producers of polycrystalline solar grade silicon.”

In ‘Case 1 en 2’ worden de zonnepanelen in Europa geproduceerd en ‘Case 3’ laat de productie in de Verenigde Staten zien. Uit deze vergelijking komt Case 1 er als beste uit. Door gebruik te maken van hydrokachtcentrales kunnen er minder vervuilende zonnepanelen worden geproduceerd.

Wanneer we de vraag stellen, hoeveel keer het toepassen van zonnepanelen beter is dat gebruik maken van de elektriciteit van het net, wegen de factoren mee:

- Locatie waar de zonnepaneel wordt geproduceerd
- Het type zonnepaneel
- Zonintensiteit
- Het type fossiele brandstof dat wordt gebruikt tijdens te productie

Een consument die geen rekening houdt met de duurzaamheid van de zonnepanelen zal kiezen voor het hoogste rendement, in dit geval een monokristallijn zonnepaneel. Op basis van die gedachte maken we een (voorbeeld)berekening conform het Nederlandse klimaat.

Een monokristallijn zonnepaneel die onder de beste (Europese) omstandigheden wordt geproduceerd zal 54 gram CO₂-eq/kWh¹² uitstoten. Dit is 8 keer¹³ beter dan elektriciteit van het net, geproduceerd met gas en 17 keer¹⁴ beter dan met steenkool.

Wanneer we dezelfde situatie hebben, maar de zonnepaneel wordt in de Verenigde Staten geproduceerd worden de verschillen kleiner. Er komt nu 85 gram aan CO₂ vrij per kWh¹⁵. Dit is 5 keer¹⁶ beter dan elektriciteit van het net, geproduceerd met gas en 11 keer¹⁷ bij steenkool.

We kunnen uit de bovenstaande gegevens concluderen dat elektriciteit opgewekt door zonnepanelen beduidend beter is dan van het net.

3.5 Terugverdientijd (milieubelasting)

Nibe heeft de milieu impact van verschillende soorten zonnepanelen in kaart gezet. De volgende soorten zonnepanelen zijn het onderzoek meegenomen en beoordeeld:

- Koper-indium/gallium-diselenide (standaard zonnepanelen)
- Koper-indium/gallium-diselenide (dakbanen)
- Cadmiumtelluride
- Ribbon Polykristallijne silicium
- Polykristallijne silicium
- Monokristallijne silicium
- Amorfe silicium (standaard zonnepanelen)
- Amorfe silicium (dakbanen)

¹² Berekening CO₂- uitstoot van monokristallijne zonnepaneel (1700/ 1100) x 35

¹³ Verhouding CO₂- uitstoot monokristallijne zonnepaneel en elektriciteit van het net met gas (400/ 54)

¹⁴ Verhouding CO₂- uitstoot monokristallijne zonnepaneel en elektriciteit van het net met steenkool (900/ 54)

¹⁵ Berekening CO₂- uitstoot van monokristallijne zonnepaneel (1700/ 1100) x 55

¹⁶ Verhouding CO₂- uitstoot monokristallijne zonnepaneel en elektriciteit van het net met gas (400/ 85)

¹⁷ Verhouding CO₂- uitstoot monokristallijne zonnepaneel en elektriciteit van het net met steenkool (900/ 85)

Om op een goede manier de zonnepanelen te kunnen vergelijken is een oppervlakte per soort zonnepanelen genomen die in totaal 2000 kWh per jaar opwekt. De oppervlakttes verschillen hierdoor, vanwege het rendement van de zonnepanelen (afbeelding 1 en 13). De zonnepanelen zijn getest onder standaard test omstandigheden met het vermogen in Wattpiek (voor toelichting Wattpiek zie 2.3.1). De koper-indium/gallium-diselenide en amorf dakbanen zijn onder een hellingshoek van 0° geplaatst, omdat deze in de praktijk op platte daken worden gelegd. Alle overige zonnepanelen zijn onder een hellingshoek van 45° getest. Alle berekeningen zijn conform NEN 7120 gemaakt.

PV-systeem	Opp in m ²	Piek- vermogen in Wp/m ²	Oriëntatie	Hellings- hoek
PV-paneel Polykristallijne silicium	15,0	140	Zuid	45°
PV-paneel Monokristallijne silicium	14,0	150	Zuid	45°
PV-paneel Amorfe silicium	32,0	65	Zuid	45°
PV-paneel Koper-indium/gallium-diselenide	19,6	107	Zuid	45°
PV-paneel Cadmiumtelluride	23,3	90	Zuid	45°
PV-paneel Ribbon Polykristallijne silicium	17,5	120	Zuid	45°
PV-geïntegreerd in dakbanen o.b.v. Koper-indium/gallium-diselenide	28,2	85	-	0°
PV-geïntegreerd in dakbanen o.b.v. Amorfe silicium	44,8	55	-	0°

Figuur 13. Uitgangspunten bij het onderzoek van de milieubelasting
(Nibe, 2014)

De milieubelasting heeft Nibe omgezet naar schaduwpreizen. Op basis van deze gegevens kunnen de zonnepanelen met elkaar worden vergeleken en in milieuklassen worden ingedeeld. Hieruit volgt dat het koper-indium/ gallium- diselenide zonnepaneel het duurzaamste is (figuur 14).

productnaam	Schaduwkosten	Milieuklasse
PV-paneel Koper-indium/gallium-diselenide	€ 499,00	1a
PV-paneel Cadmiumtelluride	€ 591,24	1b
PV-paneel Ribbon Polykristallijne silicium	€ 761,61	1c
PV-paneel Polykristallijne silicium	€ 794,80	2a
PV-paneel Monokristallijne silicium	€ 920,09	2a
PV-geïntegreerd in dakbanen o.b.v. Amorfe silicium	€ 960,43	2b
PV-geïntegreerd in dakbanen o.b.v. Koper-indium/gallium-diselenide	€ 973,78	2b
PV-paneel Amorfe silicium	€ 1.010,90	2b

Figuur 14. Schaduwpreizen van zonnepanelen
(Nibe, 2014)

Deze gegevens zeggen nog niets over de duurzaamheid van zonnepanelen ten opzicht van de elektriciteit van het net. Ook dit heeft Nibe bepaald. Hiermee kunnen we nagaan in hoeveel tijd een zonnepaneel milieutechnisch wordt terugverdiend.

Nibe hanteert bij de berekening de volgende cijfers:

- Een vermogen van 1 kWh¹⁸ bedraagt € 0,0667 aan schaduwkosten
- Er wordt gerekend met een totaal vermogen van 2000 kWh (Nibe stelt vast dat dit het energieverbruik is van een eenpersoonshuishouden)

¹⁸ Dit geldt voor een laagspanningsnetwerk voor woningen in Nederland.

- Bij de bepaling van de totale schaduwkosten is er een levensduur van 75 jaar genomen. Zonnepanelen hebben volgens Nibe een levensduur van 25 jaar. In de totale berekening worden de zonnepanelen dus twee keer vervangen
- De overige schaduwkosten die worden veroorzaakt door bevestigingsmiddelen, omvormen, bekabeling en overige componenten zijn door Nibe vastgesteld op € 125. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de soorten zonnepanelen

$$\begin{aligned} \text{Totale schaduwkosten netwerk} &= \text{Aantal kWh} \times \text{Schaduwkosten per kWh} \\ &= € 133,40 \end{aligned}$$

$$\text{Milieutechnische terugverdientijd} = \frac{\text{Totale schaduwkosten zonnepanelen}}{\text{Totale schaduwkosten netwerk}}$$

Tabel 1. Overzicht schaduwkosten per 25 jaar

Type zonnepaneel	[1]	[2]	[3]	[4]
Koper- indium/gallium deselenide	499,00	166,33	291,33	2,18
Cadmiumtelluride	591,24	197,08	322,08	2,41
Ribbon Polykristallijne silicium	761,61	253,87	378,87	2,84
Polykristallijne silicium	794,80	264,93	389,93	2,92
Monokristallijne silicium	920,09	306,70	431,70	3,24
Amorfe silicium (dakbanen)	960,43	320,14	445,14	3,34
Koper- indium/gallium deselenide (dakbanen)	973,78	324,59	449,59	3,37
Amorfe silicium	1.010,90	336,97	461,97	3,46

(Nibe, 2014)

Toelichting tabel:

- [1]** Schaduwkosten voor 75 jaar (in €)
- [2]** Schaduwkosten voor 25 jaar, door Nibe gehanteerde levensduur van zonnepanelen (in €)
- [3]** Schaduwkosten van zonnepanelen en overige materiaal met een levensduur van 25 jaar (in €)
- [3]** Milieutechnische terugverdientijd (in jaren)

De milieutechnische terugverdientijd ligt dus tussen de 2,18 en 3,46 jaar. Er van uitgaand dat zonnepanelen een levensduur hebben van 25 jaar, is het een zeer duurzame overweging.

3.6 Recycling

Bij de productie van zonnepanelen worden veel schadelijke stoffen gebruik, zoals natriumhydroxide, fluorwaterstofzuur, silicium en nog veel meer. Bovendien wordt er erg veel water en elektriciteit gebruikt tijdens de productie. Maar in zonnepanelen zelf zitten ook schadelijke zware metalen. In iedere zonnepaneel zit een edelmetaal zilver, tellurium of indium. Vanwege deze edelmetalen is het van belang dat zonnepanelen gerecycled worden. Integendeel belanden deze materialen na 20 of 30 jaar, in het milieu. Echter is recycling een nog erg nieuw begrip bij zonnepanelen. Er zijn niet genoeg plaatsen om zonnepanelen te recyclen en er zijn niet genoeg zonnepanelen om te recyclen waardoor het economische niet aantrekkelijk is voor ondernemers. Ben Santarris, directeur van SolarWorld geeft zijn standpunt in het artikel 'How green are those solar Panels, Really'.

Christina Nunez (2014, p. 4) - 'How green are those solar panels Really?'

"We have product that's still performing to standard from 1978, so we don't have a big stream," he said. "It is a problem, because on one hand there is an interest in getting ahead of a swelling stream of returning panels. On the other hand, there's not a big market for it right now."

"If companies adopt sustainable practices early on, she said, "then maybe over the next 10 or 15 years-as these panels begin to come down, the first wave of them, and we're beginning to recycle them-the new panels that are on the market are zero waste."

3.7 Zonnecellen in gadgets

Het toepassen van zonnecellen in gadgets is in ontwikkeling. Bij een gadget moet men denken aan een wel en niet geïntegreerde zonnecel om mobiele telefoons, laptops en overige kleine apparatuur op te laden. Deze producten worden voornamelijk in China geproduceerd. Het toepassen van zonnepanelen is een goede keuze, maar geldt dit ook voor gadgets? Een antwoord geven op deze vraag kunnen we met behulp van een berekening.

Omdat er nauwelijks gegevens zijn van Chinese zonnepanelen nemen we de Amerikaanse energiemix als uitgangspunt (deze is minder gunstig dan de Europese energiemix). Bij de berekening maken we gebruik van het polykristallijne zonnepaneel, omdat deze goedkoper is dan een monokristallijn zonnepaneel. Een dunne-film zonnepaneel is niet interessant omdat deze te weinig opwekt in een korte periode.

Een gadget zal niet het hele jaar zonne-energie opvangen door omstandigheden en gebruik. Hier zijn nog geen publicaties over uitgebracht. Een jaar heeft een zonne-installatie van 1100 kWh/m² verdeeld over 1639 zonuren¹⁹. Er van uit gaand dat een gadget iedere dag 1 uur aan zoninstraling ontvangt is dit per jaar 365 uren. Op basis van deze gegevens komen we op een totale zoninstraling van 245 kWh/ m²⁽²⁰⁾. Dit is wellicht een te hoge waarde, maar het geeft al een goede indicatie van hoe de verhoudingen liggen. Verder hebben gadgets een levensduur van 2 tot 5 jaar, zoals een mobiele telefoon.

Uitgangspunten bij de berekening:

- Levensduur zonnepaneel (uit onderzoek) = 30 jaar, een gadget heeft een kortere levensduur van 6 tot 15 keer
- CO₂- uitstoot van 52 gram voor Polykristallijne zonnepaneel (zie figuur 12)
- Zonne- intensiteit van 245 kWh/ m²

Hierdoor zal een polykristallijne zonnecel die bestemd is voor een gadget een CO₂- uitstoot hebben van 2165 gram²¹ in de beste scenario met een levensduur van 5 jaar. In de slechtste scenario (levensduur van 2 jaar) zal de CO₂- uitstoot 5413 gram bedragen²². In de gunstigste situatie is dit 6 keer slechter dan elektriciteit van het net, geproduceerd met gas en 3 keer met steenkool. In de slechtste situatie zal het 14 keer slechter zijn bij gas en 6 keer bij steenkool.

3.8 Overige voordelen

Naast de primaire functie van elektriciteit opwekken uit zonne-energie, dragen zonnepanelen bij aan een betere binnenklimaat. Uit een onderzoek van de professor Jan Kleissl, co-Director California Solar

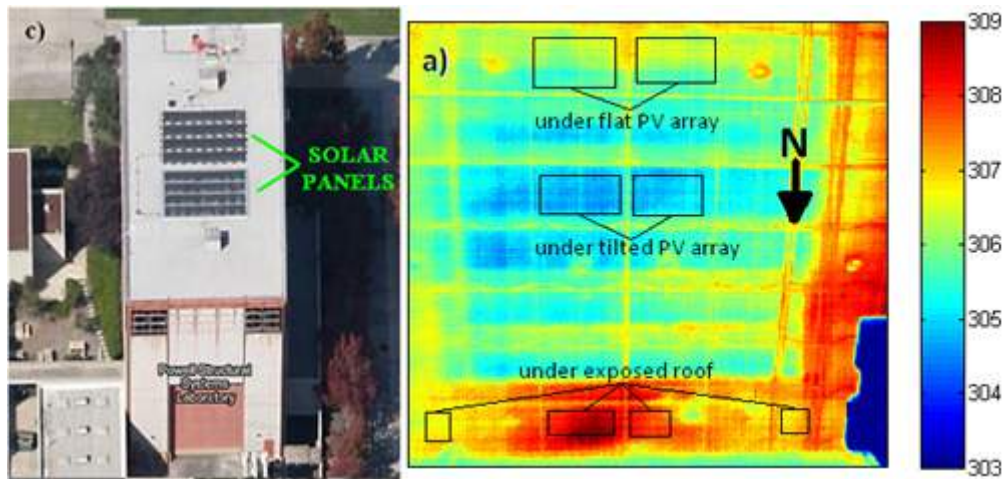
¹⁹ Volgens KNMI (2013) geldt de volgende aantal zonuren "Het langjarig gemiddelde zonuren bedraagt 1639 uur."

²⁰ Berekening totale zonne- instraling van een gadget per jaar = (365/ 1639) x 1100

²¹ Berekening CO₂- uitstoot van gadget met polykristallijne zonnecel beste scenario = (1700/ 245) x 6 x 52

²² Berekening CO₂- uitstoot van gadget met polykristallijne zonnecel slechte scenario = (1700/ 245) x 15 x 52

Energy Collaborative Associate Director, kunnen we afleiden dat zonnepanelen op het dak voor koeling zorgen in de zomer. In dit geval fungeren de zonnepanelen als zonwering voor het dak die 3 tot 5°C koeler kunnen worden, dan daken zonder zonnepanelen. Dit effect wordt veroorzaakt doordat 38% van de totale warmte het dak niet bereikt. Daarnaast zijn zonnepanelen in staat om hun warmte vast te houden en later af te staan. Hierdoor kan de verwarmingsbehoefte worden verminderd.



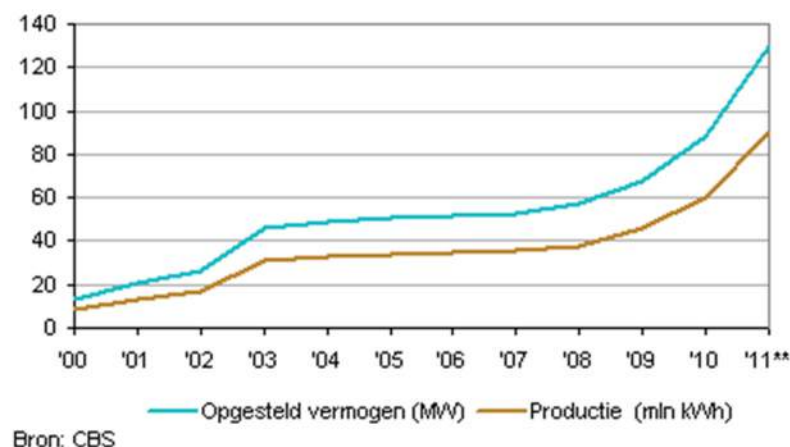
Figuur 15. Effect van zonnepanelen op het dak
(Patringenaru, Ioana, 2011)

3.8.1 Situatie in Nederland

Dit onderzoek is verricht in San Diego, dat een vergelijkbaar klimaat als Zuid- Europa heeft. In Nederland is de temperatuur in de winter lager dan in deze gebieden. Hierdoor zal naar verwachting het dak minder snel opwarmen met zonnepanelen. Echter is er nog geen onderzoek die dit bevestigt. Bij zonnige dagen in de zomer kan het koelende effect wel degelijk een rol spelen in Nederland.

3.9 Ontwikkeling van zonnepanelen in Nederland

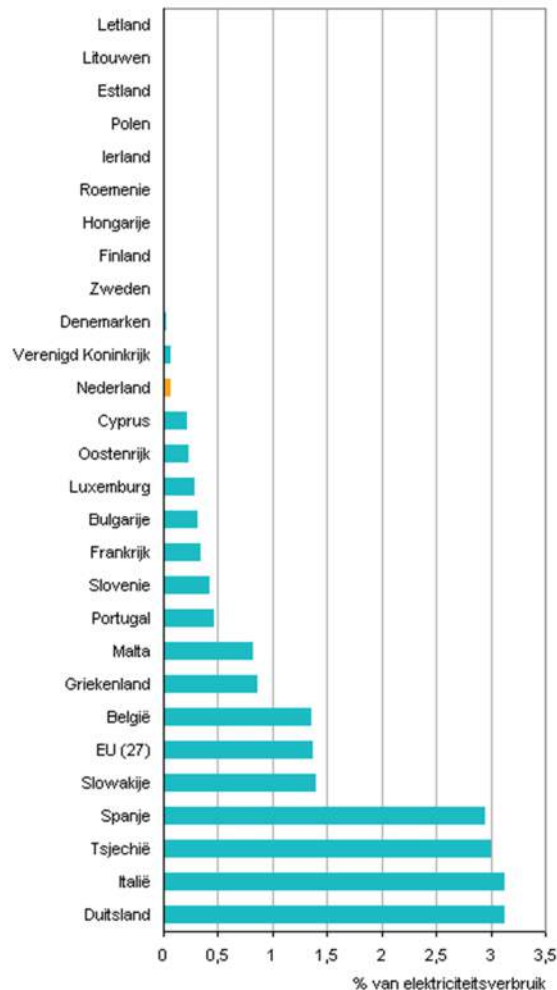
De cijfers van CBS uit 2011 laten de ontwikkeling van zonnepanelen zien (figuur 14). Hier is een sterke groei te zien. Naar verwachting zal deze groei nog verder toenemen door de aanscherping van de EPC- waarde uit het Bouwbesluit. In 2015 is de EPC waarde voor nieuwbouw (woningen) van 0,6 naar 0,4 gegaan.



Figuur 16. Ontwikkeling van zonnepanelen in Nederland
(Segers, Reinoud & Janssen, Senne, 2011)

Hoewel deze toename positief lijkt, zegt dit niets over de positief die Nederland in Europa inneemt.

Uit de bovenstaande figuur kunnen we uitmaken dat Nederland slechts 0,1% van haar totale energieverbruik opwekt met zonnepanelen. In vergelijking met de overige Europese landen scoort Nederland erg slecht. Onze buurlanden Duitsland en België maken veel meer gebruik van zonne-energie met 3,1 en 1,4 procent. Deze richting dient Nederland de komende jaren ook in te gaan.



Bron: EurObservER/Eurostat

Figuur 17. Aandeel van zonnepanelen in het elektriciteitsverbruik per land in Europa
(Segers, Reinoud & Janssen, Senne, 2011)

4 Conclusie

De stelling 'Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu' is onjuist. Het toepassen van zonnepanelen om elektriciteit op te wekken voor gebouwen is beter voor het milieu dan gebruik te maken van elektriciteit van het net.

De winsten voor het milieu kunnen tijdens de gebruiksperiode van zonnepanelen worden behaald. Bij de productie van zonnepanelen worden fossiele brandstoffen gebruikt. Hierdoor zijn zonnepanelen niet CO₂-neutraal. 'Uit berekeningen kunnen we uitmaken dat zonnepanelen soms wel tot 10 keer minder CO₂-equivalenten uitstoten dan elektriciteit van het net'. Het type zonnepaneel, zonne-intensiteit en de locatie van productie bepalen de duurzaamheid van zonnepanelen.

Er kunnen nog grote stappen worden gezet in de productie van zonnepanelen. De eerste stap is het voorkomen dat zonnepanelen van de elektriciteit uit steenkoolcentrales worden geproduceerd, wat in China veel het geval is. Het invoeren van internationale milieunormen dient hierbij een uitgangspunt te zijn. Op dit moment worden in Europa de meest milieuvriendelijke zonnepanelen geproduceerd. Daarin onderscheidt de dunne-film zonnepaneel van het type koper-indium/gallium deselenide zich als de meest duurzame optie, door zijn lage CO₂-uitstoot bij de productie. In Nederland ligt de milieutechnische terugverdientijd van de koper-indium/gallium deselenide zonnepaneel op 2,2 jaar. De overige zonnepanelen doen niet veel slechter. Het zonnepaneel met de langste milieutechnische terugverdientijd is de amorf zonnepaneel en bedraagt 3,5 jaar.

Verder dienen zonnepanelen na de gebruiksfase te worden gerecycled. Dit gebeurt op dit moment in beperkte mate. Waardoor (schadelijk) afval achter blijft, zoals zware metalen. Op weg naar een CO₂-neutrale productie van zonnepanelen dient de energie op 'groene' wijze te worden opgewerkt. Daarnaast moeten zonnepanelen worden gerecycled.

Zonnecellen in gadgets leveren weinig energie op. Dit komt door de korte levensduur en lage zonne-intensiteit. 'In dit geval is het zelfs beter om gebruik te maken van de elektriciteit van het net.'

Nederland neemt op dit moment nog een bescheiden rol in Europa als we over energieopwekking hebben. De toekomst dient hier verandering in te brengen. 'Aangezien zonnepanelen hun duurzame kracht' hebben bewezen, in de vorm van energieopwekking en zonwering in de zomer'.

Literatuurlijst

- Vasilis, M. Fthenakis, Hyung, Chul Kim & Alsema, Erik. (2008). Emissions from Photovoltaic Life Cycles. *Environmental Science & Technology* 2008(6), 2168-2174
- Nunez, Christina. (2014). How green are those solar panels, really?. *National Geographic* 2014(11), 1-6
- Decker, Kris de. (2008). De donkere kant van zonne-energie: hoeveel energie kost de productie van zonnepanelen?. *Lowtech Magazine* 2008, 1-5
- Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik. (2006). Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and extenal costs: 2004-early 2005 status. *John Wiley & Sons* 2006(14), 275-280
- Lerner, Louise. (2014). Solar panel manufacturing is greener in Europe than China, study says. *Argonne National Laboratory* 2014, 1-4
- Hengeveld, D.J, van Zanten, J.H. (2004) Klimaatbeheersingsinstallaties. In K. Hofkes (Red.), *Jellema 6B installaties – werktuigbouwkundig en gas* (pp. 85-87) Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.
- Leijzer, Marloes. (2013). Glazen gebouw wekt energie op met zonneglas. *Centraal Bureau van de Statistiek*. Gedownload op 13 april 2015, van <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-3673-wm.htm>
- Segers, Reinoud, & Janssen, Senne. (2011). Sterke toename van zonnepanelen. *Centraal Bureau van de Statistiek*. Gedownload op 13 april 2015, van <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-3673-wm.htm>
- Zonnepanelen-info. (2013). Geraadpleegd op 13 april 2015, van <http://www.zonnepanelen-info.nl/zonnecellen/dunne-film/>
- BRISbouwbesluit online. (2012). Geraadpleegd op 13 april 2015, van [http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd5/afd5-1?tableid=docs/wet/bb2012\[9\]/hfd5/afd5-1](http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd5/afd5-1?tableid=docs/wet/bb2012[9]/hfd5/afd5-1)
- Milieucentraal. (z.d.). Geraadpleegd op 13 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-kopen/kosten-en-baten-van-zonnepanelen/>
- Milieucentraal. (z.d.). Geraadpleegd op 13 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/energieprijzen/>
- Union of Concerned Scientists. (2013). Geraadpleegd op 13 april 2015, van http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/environmental-impacts-solar-power.html#.VTJtP8b8Cck
- Nibe. (2014). *Pv-systemen eerste milieuclassificatie installaties*. Geraadpleegd op 16 mei 2015, van <http://www.nibe.org/nl/nieuws/PV-Systemeenerstemilieuclassificatieinstallaties>
- Nibe. (z.d.). *Levenscyclusanalyse (LCA)*. Geraadpleegd op 16 mei 2015, van <http://www.nibe.org/nl/diensten-en-producten/onderzoek/LCA>
- KNMI. (2013). *jaar koud, droog en vrij zonnig*. Geraadpleegd op 16 mei 2015, van http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoensoverzichten/jaar/jaar13.html

Figurenlijst

- [1] NEN Normalisatie- instituut. (2012). *NEN 7120+C2 Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode 2012*. Gedownload op 11 mei 2015, van [https://connect-1nen-1nl-1nenconnect.stcproxy.han.nl/standard/openpdf/nen7120-c2=2012bevatkleur_0004_00543774_001.pdf?artfile=543774&RNR=166231&token=f68ea203-7279-4d88-b2cf-cfa93c0906c1&type=pdf#pagemode=bookmarks&Search="7120"](https://connect-1nen-1nl-1nenconnect.stcproxy.han.nl/standard/openpdf/nen7120-c2=2012bevatkleur_0004_00543774_001.pdf?artfile=543774&RNR=166231&token=f68ea203-7279-4d88-b2cf-cfa93c0906c1&type=pdf#pagemode=bookmarks&Search=)
- [2] Hengeveld, D.J, van Zanten, J.H. (2004). Klimaatbeheersingsinstallaties. In K. Hofkes (Red.), Jellema 6B installaties – werktuigbouwkundig en gas (p. 86) Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.
- [3] Woonbewust. (z.d.). Soorten zonnepanelen. Gedownload op 13 april 2015, van <https://woonbewust.nl/blog/soorten-zonnepanelen>
- [4 en 5] Milieucentraal. (2014). Kosten en baten van zonnepanelen. Gedownload op 13 april 2015, van <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-kopen/kosten-en-baten-van-zonnepanelen/>
- [6] Woonbewust. (z.d.). Soorten zonnepanelen. Gedownload op 13 april 2015, van <https://woonbewust.nl/blog/soorten-zonnepanelen>
- [7] BRISbouwbesluit online .(2012). Aansturingstabel 5.1. Geraadpleegd op 13 april 2015, van [http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd5/afd5-1?tableid=docs/wet/bb2012\[9\]/hfd5/afd5-1](http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd5/afd5-1?tableid=docs/wet/bb2012[9]/hfd5/afd5-1)
- [8] Loos, R.M.M. van der. (2012). De energieprestatie met NEN 7120. DGMR. Gedownload op 13 april 2015, van <http://dgm.nl/uploads/files/De%20energieprestatie%20met%20NEN%207021%20-%20DGMR%20-%20Rene%20van%20der%20Loos.pdf>
- [9] Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik. (2006). Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004-early 2005 status. John Wiley & Sons 2006(14), 277
- [10] Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik. (2006). Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004-early 2005 status. John Wiley & Sons 2006(14), 278
- [11] Vasilis, Fthenakis & Alsema, Erik. (2006). Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004-early 2005 status. John Wiley & Sons 2006(14), 277
- [12] Vasilis, M. Fthenakis, Hyung, Chul Kim & Alsema, Erik. (2008). Emissions from Photovoltaic Life Cycles. Environmental Science & Technology 2008(6), 2170
- [13 en 14] Nibe. (2011). Pv-systemen eerste milieuclassificatie installaties: Uitgangspunten van de onderzochte PV- systemen. Gedownload op 16 mei 2015, van <http://www.nibe.org/nl/nieuws/PV-Systemeenerstemilieuclassificatieinstallaties>
- [15] Patringenaru, Ioana. (2011). Solar Panels Keep Buildings Cool. University of California, San Diego. Gedownload op 13 april 2015, van http://ucsdnews.ucsd.edu/archive/newsrel/science/2011_07solarcooling.asp
- [16 en 17] Segers, Reinoud, & Janssen, Senne. (2011). Sterke toename van zonnepanelen. Centraal Bureau van de Statistiek. Gedownload op 13 april 2015, van <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-3673-wm.htm>

7 - Procesdocumenten

Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira

465230 – 488557

Het nieuwe leven van Huize Parklust

juni 2015

Inhoudsopgave

Bijlage 7 – Procesdocumenten

- 7A – Plan van Aanpak
 - 7A – 1 Projectplanning
 - 7A – 2 Schematisering Plan van Aanpak
 - 7A – 3 POP Kubra Peker
 - 7A – 4 POP Ermeson Malaquias
 - 7A – 5 Beoordelingsformulier
- 7B – Reflectie
- 7C – Vergaderingen
- 7D – Urenverantwoording

7A - Plan van Aanpak

Inhoudsopgave

1	Achtergronden.....	3
1.1	Het nieuwe leven van Huize Parklust.....	3
1.2	Projectgroep.....	3
1.3	Projectinformatie	4
2	Projectresultaat	5
2.1	Doelstelling	5
2.2	Probleemstelling.....	5
2.3	Hoofdvraag.....	5
2.4	Deelvragen	5
3	Projectactiviteiten	6
3.1	Fase 1: Voorbereiding	6
3.2	Fase 2 en 3: Uitwerking.....	6
3.3	Fase 4: Afronding.....	7
4	Projectgrenzen en Randvoorwaarden.....	8
4.1	Projectgrenzen	8
4.2	Randvoorwaarden	8
5	Tussenresultaten	9
5.1	Producten.....	9
6	Kwaliteitsbewaking.....	10
6.1	Kwaliteit tussenresultaten	10
6.2	Normen en technieken.....	10
7	Projectorganisatie.....	11
7.1	Organigram	11
7.2	Coördinatie.....	11
8	Risico-analyse	12
8.1	Interne risico's	12
8.2	Externe risico's	12
	Bijlagen	13
	Bronvermelding.....	14

1 Achtergronden

1.1 Het nieuwe leven van Huize Parklust

Als woonhuis voor burgemeester Tutein Nolthenius wordt in 1897 Huize Parklust ontworpen door de architect C. M. Gardenier. De villa wordt gebouwd aan de noordelijke zijde van het Wilhelminapark in Apeldoorn. De villa is onderdeel van 'De Parken' Apeldoorn. De Parken is sinds 2005 een rijksbeschermd stadsgezicht. Huize Parklust is een waardevol gemeentelijk monument.

Na een korte tijd dienst te hebben gedaan als woonhuis voor de burgemeester, wordt de villa een kindertehuis tot de jaren 80. Vervolgens wordt COA de nieuwe eigenaar van Huize Parklust, Centraal Orgaan opvang Asielzoekers. Tot 2013 wordt Huize Noordhoofd gebruikt als opvangcentrum voor asielzoekers. Vervolgens komt Huize Parklust leeg te staan.

De villa is onderdeel van 'De Parken' Apeldoorn. De Parken is sinds 2005 een rijks beschermend stadsgezicht. Huize Parklust is een waardevolle gemeentelijk monument aan de noordelijke zijde van het park waar zich meerdere monumentale historische panden bevinden.

In de eerste maanden van 2014 luidt de opdracht voor Harmonische Architectuur om Huize Parklust, restaureren naar de originele staat. Huize Parklust krijgt weer een woonfunctie zoals voorheen.



Figuur 1. Huize Parklust 1946, kindertehuis



Figuur 2. Huize Parklust 2014, leegstaand

1.2 Projectgroep

De projectgroep K&E projecten bestaat uit twee bouwkunde studenten, met afstudeerrichting bouwtechniek. Onze interesses liggen bij duurzame ontwikkelingen en monumentale gebouwen. Bij onze afstudeeropdracht komen deze twee interesses samen. Op deze manier willen we een bijdrage leveren aan een gezondere toekomst. We focussen ons op het uitwerken van de bouwtechnische aspecten.

1.3 Projectinformatie

<i>Projectnaam</i>	Het nieuwe leven van Huize Parklust Wilhelminapark 7 7316 BR Apeldoorn
<i>Opdrachtgever</i>	Harmonische Architectuur Vorsterweg 139 6971 KD Voorstonden 0575 476316
<i>Bedrijfsbegeleider</i>	Dhr. Remko van de Weerd 06 25308785 rwd@harmonischearchitectuur.com
<i>Onderwijsinstelling</i>	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen Ruitenberglaan 26 6826 CC Arnhem 026 369 1555
<i>Interne begeleiders</i>	Dhr. Leo van der Kooij Leo.vanderkooij@han.nl Mevr. Rona Vreenegoor Rona.vreenegoor@han.nl
<i>Studenten</i>	Kubra Peker 06 53276925 K.pkr@hotmail.com Studentennummer: 465 230 Afstudeerrichting: Bouwtechniek Ermeson Malaquias Bandeira 06 10548270 Malaquias.ermeson@gmail.com Studentennummer: 488 557 Afstudeerrichting: Bouwtechniek

2 Projectresultaat

2.1 Doelstelling

Huize Parklust kent een rijke geschiedenis met dank aan haar vele bewoners. Jarenlang heeft het verschillende functies gehad en staat sinds 2013 leeg. De doelstelling van dit project is het leegstaande monumentale gebouw een nieuw leven te geven en het waarborgen van de historische waarden, aangevuld met duurzame aspecten waarbij het energie-nul concept wordt toegepast. Daarnaast speelt het verbeteren van leef-, woonkwaliteit en comfort een belangrijke rol. Het energie-nul concept houdt voor ons in: nul op de meter, hiervoor dient zowel het gebruikersgebonden als het gebouwgebonden energieverbruik te worden opgewekt. Om nul op de meter te kunnen bereiken wordt gewerkt met de minimumeisen van de bouwbesluit. Indien de gewenste EPC-resultaat hiermee niet wordt behaald worden wijzigingen aangebracht in de onderdelen die het grootste invloed hebben op de EPC, dus op de energie-nul concept.

2.2 Probleemstelling

De laatste jaren is het aantal leegstaande monumentale gebouwen fors gestegen in Nederland. Een gevolg van leegstand is verval. Om deze nationale erfgoederen te behouden, dienen monumenten gerenoveerd en herbestemd te worden. Daarnaast wordt ernaar gestreefd om bestaande gebouwen zo energiezuinig mogelijk te restaureren. De overheid heeft als doel gesteld dat al het nieuwbouw in 2020 energie-neutraal gebouwd moeten worden. Bestaande gebouwen voldoen niet meer aan de minimale hedendaagse eisen en verbruiken te veel energie, dit gaat ten koste van het milieu en comfort.

2.3 Hoofdvraag

“Hoe kan het monument Huize Parklust, tot een energie-nul villa worden gerestaureerd met behulp van Trias Energetica, waarbij de monumentale waarden worden behouden?”

2.4 Deelvragen

1. Waarom is Huize Parklust een monument en wat zijn de monumentale waarden van Huize Parklust?
2. Hoe kan het gemeentelijk monument Huize Parklust gerestaureerd worden tot de oorspronkelijke staat, waarbij het voldoet aan de nieuwe bouwkundige- en gebruikerseisen en de monumentale waarden behouden blijven?
3. Hoe kan Huize Parklust duurzaam gerestaureerd worden met de ontwerpmethode Trias Energetica?
4. Hoe kan Huize Parklust gerealiseerd worden als een energie-nul (nul op de meter) villa?

3 Projectactiviteiten

Het project is chronologisch verdeeld in drie fasen, voorbereiding, uitwerking en afronding.

3.1 Fase 1: Voorbereiding

Tussenproduct	Activiteit	Middelen
<i>Afstudeervoorstel</i>	Indienen informatie afstudeeropdracht	Standaard sjabloon HAN Boek: Wat is onderzoek?
<i>Vooronderzoek</i>	Historisch onderzoek en monumentale waarden	Documentatie monumentenregister Monumenteneisen gemeente
	Energie-nul concept	Literatuur, Internet bronnen Presentatie Chris Zijdeveld – Passief en energiezuinig bouwen
	Referentieprojecten	Internet bronnen
	Restauratieconcepten	Literatuur, Internet bronnen
	Bouwkundige opname huidige staat en fotorapportage Bezichtiging gebouw	Ontwerp Harmonische Architectuur Foto's opnamen H.A. Foto's bezichtiging gebouw Jellema 3 Draagstructuur Details van bouwen in de jaren 80 , Wattjes Roel Grid Projectmanagement
<i>Plan van Aanpak</i>	Concept Plan van Aanpak Definitief Plan van Aanpak	
	Overleg interne en externe begeleiders	
<i>Programma van Eisen</i>	Uitgangspunten project	Trias Energetica

3.2 Fase 2 en 3: Uitwerking

Tussenproduct	Activiteit	Middel
<i>Monument Huize Parklust</i>	Monumentale waarden Huize Parklust	Architect + voorzitter Apeldoornse monumenten: Huub Thomas
<i>Materiaalstudie</i>	Voorlopige materiaalkeuze Toetsen aan uitgangspunten Definitieve materiaalkeuze	Nibe's Basiswerk: Milieuclassificaties Bouwproducten Uitgangspunten 'Principes van duurzaam bouwen'
<i>Bouwtechnische afwegingen</i>	Alternatieven en varianten Bouwkundig tekenwerk	Ontwerp Harmonische Architectuur Auto CAD 2014 – tekenprogramma Kwaliteit tekenwerk in de bouw
<i>Bouwfysica</i>	RC- waarde bouwelementen Condensatie	Boek: Bouwfysica NEN-1068
<i>Installatietechniek – EPC</i>	Vorbereiding EPC-berekening Energieopwekking Energieverbruik – gebouwgebonden Energieverbruik - gebruikersgebonden Concept EPC-berekening Wijzigingen gebouw of energieopwekking Definitief EPC-berekening	Bron Agentschap: 4-Stappen energieprestatieberekening woning Gesprek met de gebruikers Eigen sheet: Overzicht energieverbruik Software 'De twee snoeken' Bouwconnect/ R. Vreenegoor Extern advies
<i>Energie-nul Huize Parklust</i>		
<i>Literatuurstudie</i>	Onderwerp 'Zonnepanelen zijn slecht voor het milieu' Vorstudie en uitwerking	Boek: Net Zero energy Buildings Boek: Sustainable building services Scholar Google

	literatuurstudie	
--	------------------	--

3.3 Fase 4: Afronding

Scriptie onderdelen	Activiteit	Middel
<i>Bouwtechnisch rapport</i> <i>Monumentale waarden</i> <i>Installatie rapport</i>	Schrijven scriptie	Boek: Wat is onderzoek? Producten

4 Projectgrenzen en Randvoorwaarden

4.1 Projectgrenzen

4.1.1.1 Projectduur

De voorbereidingen zullen in week 50 van 2014 worden gestart. Het project dient gedefinieerd te worden, hierbij zullen er verschillende gesprekken met de betrokken partijen worden gevoerd. Op 2 februari 2015 zal het project officieel worden gestart met het opstellen van een Plan van Aanpak voor 'Het nieuwe leven van Huize Parklust'. Het eindproduct dient uiterlijk op 26 mei 2015 bij het onderwijsbureau van Built Environment te worden ingeleverd.

4.1.1.2 Projectgrenzen van producten

Architectonische aspecten	
<i>Historische onderzoek</i>	De omgevingswaarden worden buiten beschouwing gelaten
<i>Plattegronden</i>	Er wordt geen nieuwe ontwerp gemaakt. Plattegronden worden door Harmonische Architectuur beschikbaar gesteld
<i>Gevelaanzichten</i>	Geen architectonische invulling aan gevelaanzichten
<i>Terreinplan</i>	Er wordt enkel een schetsmatig ontwerp gemaakt voor het terrein
<i>Vergunningen</i>	Er wordt alleen gekeken naar de vergunningen rondom de monumentale waarden en duurzame toepassingen
Bouwtechnische aspecten	
<i>Technische analyse</i>	Er worden geen metingen uitgevoerd, de analyse zal worden opgesteld op basis van bezichtigingen en beeldmateriaal
<i>Materiaalkeuze</i>	De materiaalkeuzes worden op basis van functionaliteit en milieuclassificering van NIBE bepaald. Er worden geen financiële afwegingen gemaakt
<i>Bouwkundige details</i>	Uitsluitend van de kritieke (bouwkundige) punten van de villa
<i>Bouwfysica</i>	Geluidsberekeningen en daglichtberekeningen worden niet gemaakt
<i>Installatietechniek</i>	Er worden geen installatieplattegronden gemaakt
	Er wordt gewerkt met een terugverdientijd van 30 jaar
<i>Technisch onderhoudsplan</i>	Er wordt geen onderhoudsplan gemaakt, bij de materiaalkeuze wordt rekening gehouden met onderhoud
Organisatorische aspecten	
<i>Financieel</i>	Er worden geen financiële aspecten meegenomen
<i>Uitvoering</i>	Er wordt geen bouwplanning gemaakt
Constructieve aspecten	
<i>Berekeningen</i>	Er worden geen constructieve berekeningen gemaakt

4.2 Randvoorwaarden

4.2.1.1 Gebouwinzicht

Om goede analyses te kunnen maken is het nodig om de villa te kunnen betreden. De opdrachtgever en eigenaar dienen hiermee in te stemmen.

4.2.1.2 Beschikbaarheid van bestaande tekeningen

Zoals beschreven in de projectgrenzen, zal er geen ontwerp worden gemaakt voor de te realiseren woonhuis. Hiervoor dient Harmonische Architectuur haar tekeningen beschikbaar te stellen om het plan verder te kunnen uitwerken binnen onze disciplines.

4.2.1.3 Energie-nul concept en vergunningen

Het behouden van de monumentale waarden en het toepassen van een energie-nul concept spreken elkaar in veel opzichten tegen. Voor het realiseren van een energie-nul gebouw dient de monumentale waarde te worden behouden en de benodigde bouwvergunningen te worden verkregen.

5 Tussenresultaten

De producten worden verdeeld op basis de vier onderwerpen die terugkomen in onze deelvragen:

- De monumentale waarden van Huize Parklust
- Bouwtechnische knelpunten
- Trias energetica
- Energie-nul concept

5.1 Producten

Het afstudeeropdracht zal opgezet worden in de fasen:

- Vooronderzoek
- Ontwerpfase
- Het ontwerp

De tussenproducten van deze fasen per deelvraag zijn weergegeven in een schematische weergave van het Plan van Aanpak. (Bijlage 1B – Schematische weergave PvA)

Overige producten

- Plan van Aanpak
- Programma van Eisen
- Logboek
- Notulen en aantekeningen
- Reflectieverslagen

Tussenpresentatie

Literatuurstudie

Scriptie

6 Kwaliteitsbewaking

6.1 Kwaliteit tussenresultaten

Om aan de projectactiviteiten en tussenproducten te kunnen starten dient de eerste versie van het Plan van Aanpak goedgekeurd te zijn door de interne begeleiders. Dit document zal als leidraad tijdens het project worden gebruikt.

De planning biedt ons houvast en geeft overzicht in waar we in het project staan. Deze zal wekelijks worden bewaakt en indien nodig bijgestuurd.

De kwaliteit van het tekenwerk zal worden bewaakt aan de hand van de door de HAN uitgereikte rapport 'Kwaliteit van tekenwerk in de bouw'. Indien nodig zal de externe begeleider worden ingeschakeld voor het controleren van het tekenwerk.

Aan het begin van iedere week worden de verwachtingen voor die week bepaald aan de hand van de planning. Tevens vind er een korte evaluatie van de voorgaande week plaats.

Alle producten worden duidelijk voorzien van bronvermelding.

Er worden derden ingeschakeld om advies te vragen.

6.2 Normen en technieken

Normen

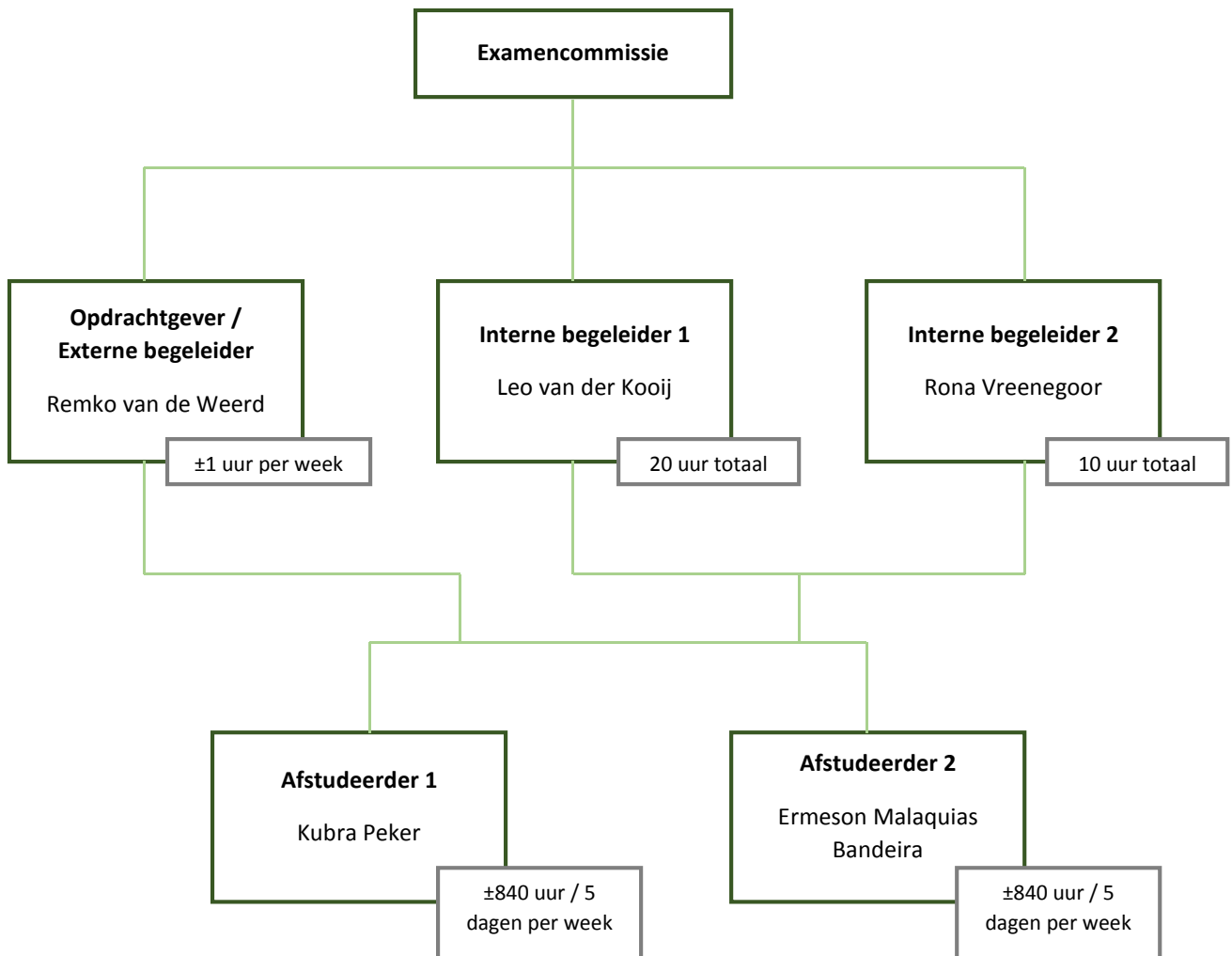
- Bouwbesluit 2012
- NEN-normen
- Nibe's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten Tabellenboek

Technieken

- De bouwkundige tekeningen zal met het tekenprogramma AutoCAD worden gemaakt. Om de kwaliteit en eenheid te bewaken wordt er een standaard lay-out opgezet.
- Er wordt gewerkt met het Microsoft Office pakket. In de voorbereidingsfase van het project zullen er sjablonen voor de producten worden gemaakt.
- Alle tussenproducten worden voorzien van versiebeheer in PDF-format. Hierdoor wordt ons proces vastgelegd en is de kans op informatieverlies minimaal.
- Er wordt gebruikgemaakt van Dropbox tussen de afstudeerders en de externe begeleider.

7 Projectorganisatie

7.1 Organigram



Het organigram geeft de deelnemers, functie en beschikbaarheid aan gedurende de 20 weken van het project. De gedetailleerde contactinformatie van de groepsleden zijn te vinden in hoofdstuk 1. Achtergronden.

7.2 Coördinatie

De afstudeerders zullen elke week starten met een evaluatiegesprek van een uur op maandagochtend. Wekelijks zal er een bijeenkomst zijn met zowel de eerste als tweede interne begeleider, bij voorkeur op maandag en vrijdag. De externe begeleider zullen we veel contacteren per mail. Eens in de twee weken wordt er een vergadering ingepland.

Voor iedere bijeenkomst zal er een agenda opgesteld worden en gedurende de vergadering zullen een notulen worden bijgehouden. Na afloop van de vergadering zal deze naar alle projectleden worden verstuurd.

Ter tijdsverantwoording wordt er een logboek bijgehouden. Met behulp van het logboek kunnen de afstudeerders bijhouden hoeveel uur aan het project wordt besteed.

8 Risico-analyse

8.1 Interne risico's

Risico	Risicobeheersing
Een onvoldoende afgebakend project kan tot te veel projectactiviteiten en producten leiden, waardoor er onvoldoende beschikbare werktijd is. Een te veel afgebakende project leidt tot onvolledig onderzoek of uitgesloten producten die later in het project moeten worden gemaakt.	Het project zorgvuldig afbakenen en deze bespreken met de begeleiders.
Onvoldoende bewaking van de planning kan leiden tot het uitlopen van projectactiviteiten of een moeilijke taakverdeling. Te veel onduidelijkheden kunnen leiden tot vertraging van het project of het overschrijden van de deadline, waardoor het project afgekeurd kan worden.	Een duidelijke planning maken en deze bewaken. Elke maandag tijdens de evaluatiegesprek wordt er een standlijn getrokken om de voortgang te kunnen bepalen.
De afstudeerder is onvoldoende gemotiveerd en is hierdoor niet productief genoeg.	De projectleden creëren samen een goede sfeer en bespreken tijdig demotiverende aspecten zodat deze aangepakt kunnen worden.
Informatie die opgeslagen is op Dropbox gaat verloren en kan niet meer worden achterhaald.	Er wordt een wekelijks back-up gemaakt van de mappen in Dropbox.
Het projectresultaat is niet goed gedefinieerd, waardoor verschillende doelen worden nagestreefd.	Er wordt een concrete projectdefinitie opgesteld en besproken met het projectteam.
Onjuiste onderzoeksresultaten als gevolg van het doorwerken met foutieve informatie/ gegevens.	De producten tijdig laten controleren door interne-, externe begeleiders of derden.

8.2 Externe risico's

Risico	Risicobeheersing
De villa is niet toegankelijk, waardoor er geen inspectie van de villa uitgevoerd kan worden.	Er wordt tijdig afgesproken over het bezichtigen van het gebouw.
Benodigde informatie is niet beschikbaar.	Er worden tijdig afspraken gemaakt over de benodigde informatie en de beschikbaarheid.
Te hoog plagiaatpercentage door toeval.	Voor het inleveren wordt er een controle uitgevoerd.
Groepslid kan het project niet meer voortzetten wegens een langdurige ziekte of andere privé redenen.	Indien van toepassing zal er contact opgenomen worden met de coördinatoren en projectleden en zal een goede oplossing komen.

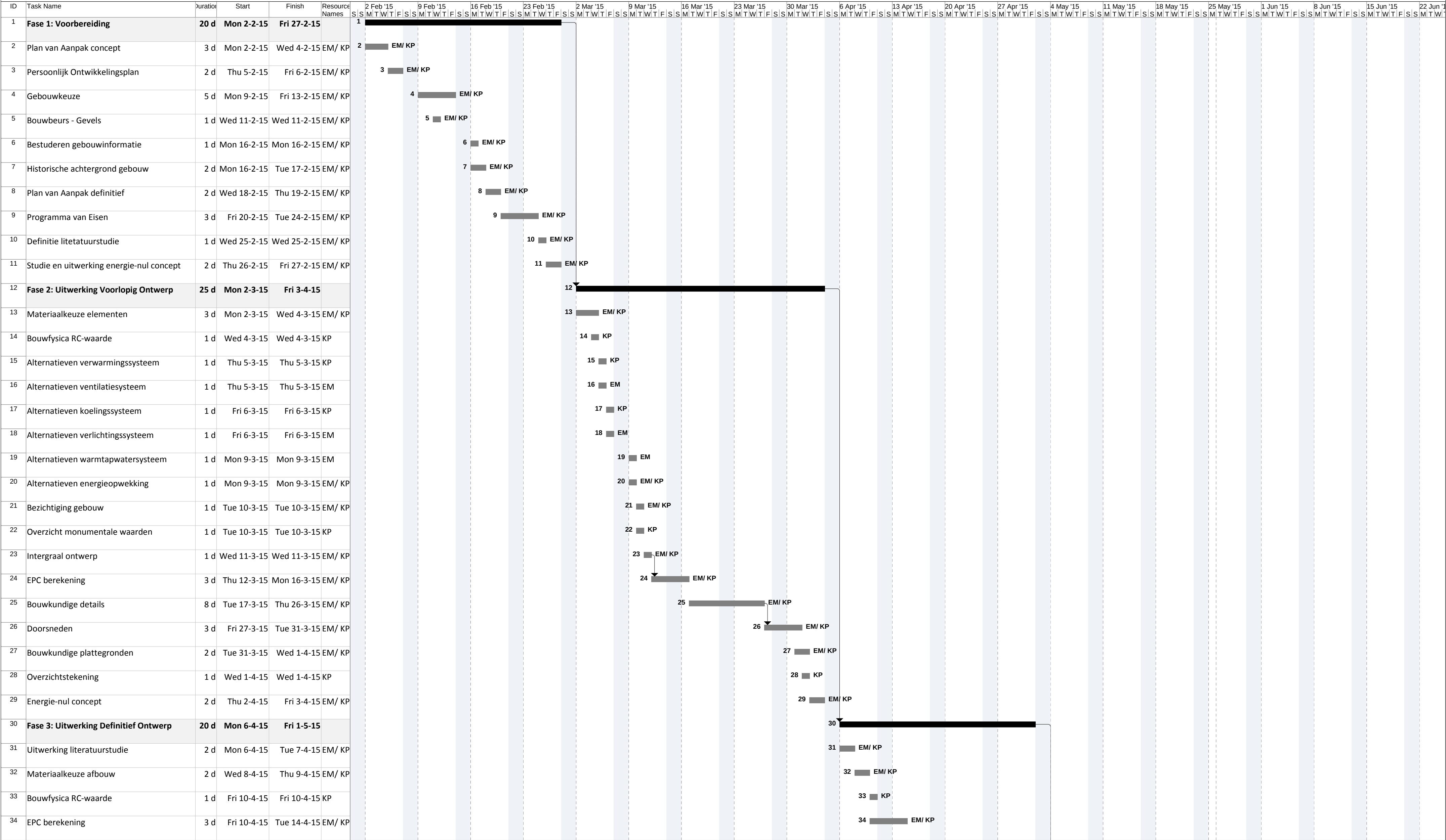
Bijlagen

- 7A – 1 Projectplanning
- 7A – 2 Schematisering Plan van Aanpak
- 7A – 3 POP Kubra Peker
- 7A – 4 POP Ermeson Malaquias
- 7A – 5 Beoordelingsformulier

Bronvermelding

- [1] Parkenbuurt. (z.d.). Gedownload op 10 maart 2015, van
<http://www.parkenbuurt.nl/stratenvtmz/wilhelminapark/index.html>
- [2] Harmonische Architectuur. (2014). *Restauratie Huize Parklust*. Opname gebouw 2014. Voorstonden:
Harmonische Architectuur

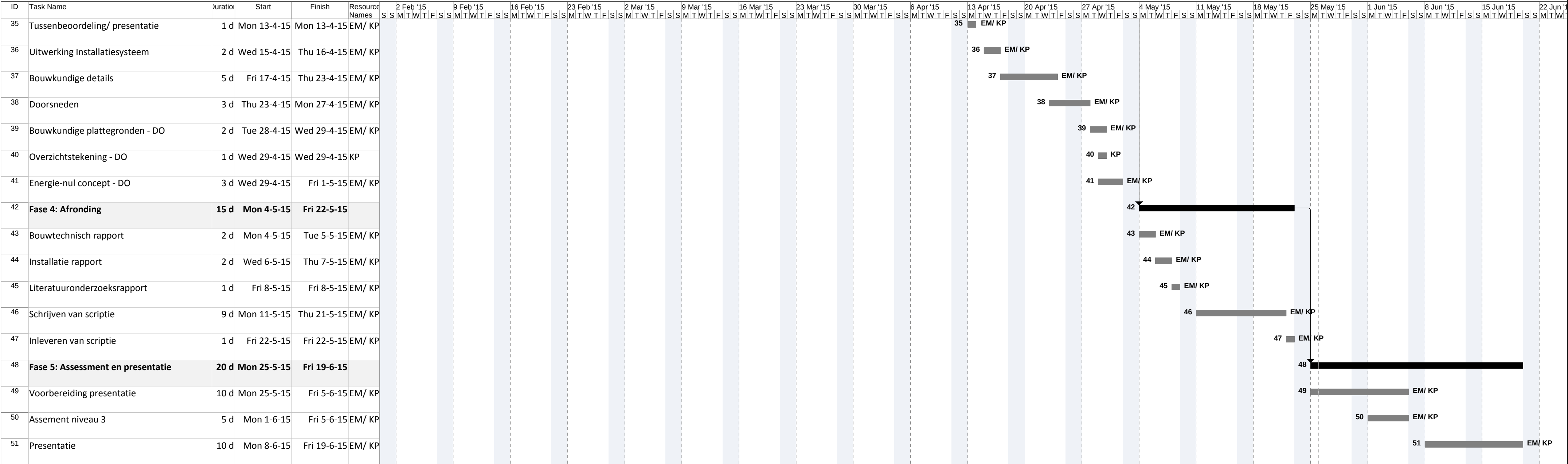
"Het nieuwe leven van Huize Parklust"



Datum: 03-02-2015
Gewijzigd: 04-03-2015 Versie 3

Faseduur Projectactiviteit

"Het nieuwe leven van Huize Parklust"



Datum: 03-02-2015
Gewijzigd: 04-03-2015 Versie 3

