

Verduurzaming en klimatisering Slot Loevestein



Haalbaarheidsstudie

20201619-091-NO

28 oktober 2022

Definitief C

Verduurzaming en klimatisering

Inhoud

Hoofdstuk		<u>Blad</u>
1.	ALGEMEEN	2
1.1.	Omschrijving project	2
1.2.	methodiek	2
1.3.	Demarcatie	2
2.	Inventarisatie	3
2.1.	Uitgangspunten eisen klimaat	3
2.2.	Inventarisatie Kasteel (gebouw G)	5
2.2.1.	Gebouw G (Kelder kasteel)	5
2.2.2.	Gebouw G (Begane grond)	5
2.2.3.	Gebouw G (Eerste verdieping)	5
2.2.4.	Gebouw G (Zolder)	5
2.3.	Inventarisatie Wisseltentoonstelling	6
2.3.1.	Gebouw B2 (Expo)	6
2.3.2.	Gebouw E (Arsenaal)	6
2.3.3.	Gebouw F (Smidse)	6
2.3.4.	Gebouw L (Werkplaats en opslag)	6
2.4.	Analyse overzicht	7
2.5.	Conclusie analyse	8
3.	Haalbaarheidstudie	9
3.1.	Maatregelen verbetering kasteel (Gebouw G)	9
3.1.1.	Energie besparing en impact binnenklimaat	9
3.1.2.	Investeringskosten	9
3.1.3.	Conclusie	9
3.2.	Maatregelen verbetering gebouw B2 (Expo)	10
3.2.1.	Systeem concept	10
3.2.2.	Maatregelen	10
3.2.3.	Milieu besparing	11
3.2.4.	Investeringskosten	11
3.2.5.	Conclusie	11
4.	Conclusie	12

Betrokken partijen

Opdrachtgever
Stichting Museum Slot Loevestein
Loevestein 1
5307 TG Poederroijen

Adviseur installaties en duurzaamheid
Volantis b.v.
Strijp-T
Achtseweg Zuid 153^E
5651 GW Eindhoven

1. ALGEMEEN

1.1. OMSCHRIJVING PROJECT

Deze haalbaarheidsstudie betreft het onderzoek naar verbetermogelijkheden van de wijze van klimatiseren en verduurzaming van Slot Loevestein te Poederloijen. Het betreft hierbij het Slot (kasteel) en de bijgebouwen met ondersteunende functies. Hierbij is het doel om te onderzoeken naar de mogelijkheden om het volgende te realiseren:

- Een algeheel beter klimaat in het kasteel Slot Loevestein, met beperkte klimaatklachten en energieverliezen.
- Het klimatiseren van een ruimte ten behoeven van wisseltentoonstellingen met (streng) eisen omtrent klimaatcondities.

1.2. METHODIEK

Er wordt eerst gekeken naar het huidige klimaat van de ruimtes van het kasteel. Hier wordt gekeken naar de bouwkundige schil en de installatie technische voorzieningen. Hierbij is het doel om het klimaat te verbeteren en te stabiliseren, echter zijn er geen strenge condities geëist.

Daarna wordt een analyse uitgevoerd om de haalbaarheid te verkennen om een ruimte in te richten als wisseltentoonstelling. Hierbij dient deze locatie zich ook te lenen voor tentoonstellingen met (streng) klimaatcondities.

In eerste instantie worden alle potentiële ruimtes die geschikt zouden kunnen zijn voor tentoonstellingen geanalyseerd. Hierbij wordt er gekeken naar functionele eigenschappen, bouwkundige kwaliteit, installatie technische voorzieningen etc. om te beoordelen hoeverre er mogelijkheden zijn om een stabiel geklimatiseerde ruimte te realiseren.

Op basis van de eerdere analyse wordt er één ruimte geselecteerd. Hiervoor wordt klimaatanalyse en een duurzaamheidsanalyse uitgevoerd om verschillende kwaliteitsambities uit te werken.

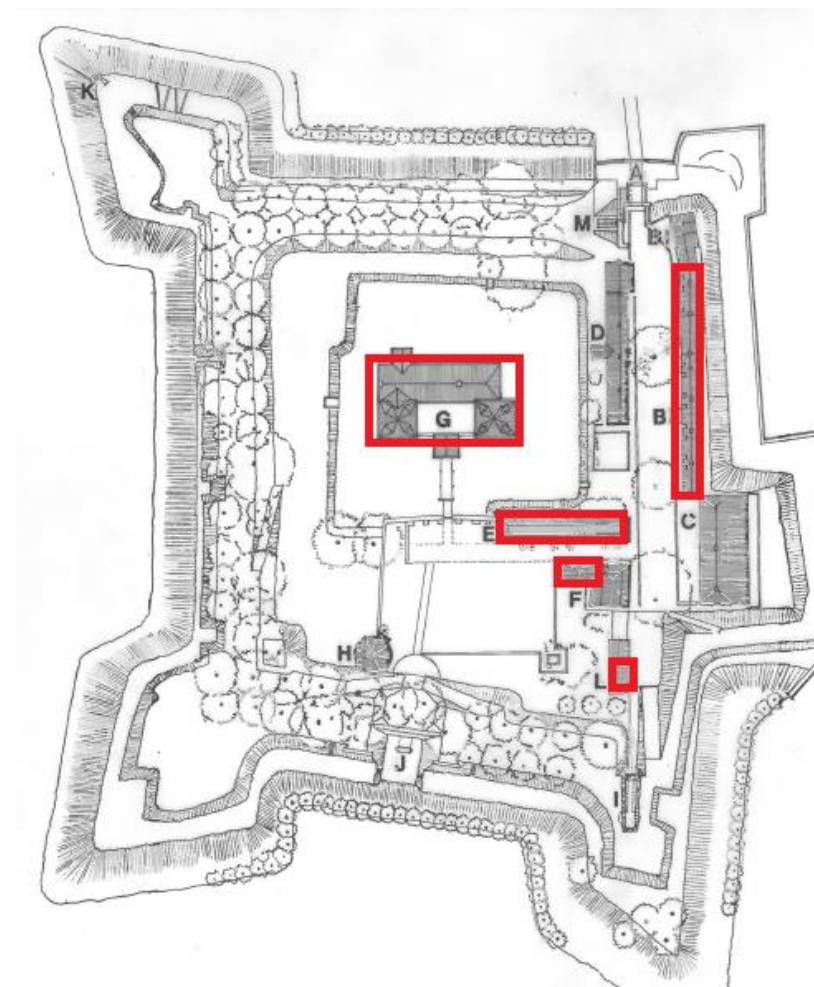
Het resultaat betreft voorstellen van maatregelen om het klimaat in het kasteel te verbeteren en te verduurzamen. Daarnaast wordt voor de wisseltentoonstelling een schetsontwerp uitgewerkt aan de hand van klimaat en energieverbruiksberekeningen. Dit resulteert in maatregelen om de ruimte energetisch te verbeteren en te conditioneren.

1.3. DEMARCATIE

Op het terrein bevindt zich centraal het Slot (gebouw G), daarnaast bevinden zich een aantal bijgebouwen met ondersteunende functies.

Betreffende het vraagstuk om een ruimte te klimatiseren ten aanzien van de wisseltentoonstelling worden de rood omkaderde gebouwen tot beschouwing genomen:

- | | |
|-------------|-----------------------|
| - Gebouw B2 | Expo; |
| - Gebouw E | Arsenaal; |
| - Gebouw F | Smidse; |
| - Gebouw L | Werkplaats en opslag; |
| - Gebouw G | Kelder Kasteel; |
| - Gebouw G | BG Kasteel; |
| - Gebouw G | 1e verdieping; |
| - Gebouw G | Zolder Kasteel. |



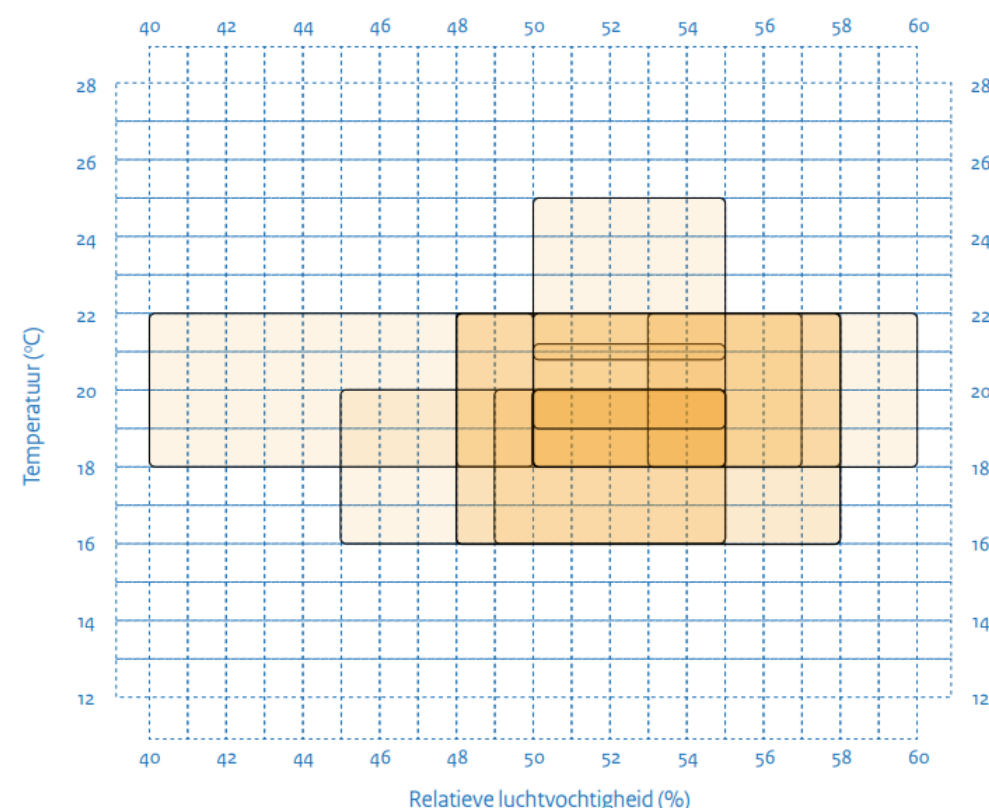
Figuur 1: Overzicht terrein Slot Loevestein.

2. INVENTARISATIE

2.1. UITGANGSPUNTEN EISEN KLIMAAT

Er wordt getracht om de ruimte condities te verbeteren in het Slot (gebouw G). Daarnaast wordt er gezocht naar een potentiële ruimte voor wisseltentoonstellingen. Hiervoor dient niet alleen voldoende ruimte beschikbaar te zijn tentoonstellingen te kunnen exposeren en een bezoekersstroom te kunnen faciliteren, maar kunnen er ook strengere binnenklimaat eisen zijn.

Het Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed heeft het rapport 'Het binnenklimaat in het programma van eisen van erfgoedinstellingen' laten opstellen¹. Hierin is geïnventariseerd welke bruikleen eisen worden gesteld door twaalf Nederlandse musea.



Figuur 2: De bruikleeneisen van twaalf Nederlandse musea.

¹ https://museumconsulenten.nl/wp-content/uploads/2021/02/Het_binnenklimaat_in_het_programma_van_eisen-2.pdf

Hieruit blijkt dat deze zeer divers kunnen zijn. Hierin kan de temperatuur eisen variëren van 16°C tot 25°C waarbij de maximale fluctuatie 7°C kan zijn. Echter zijn er ook musea die een temperatuur fluctuatie van 0,5°C toelaten.

De relatieve luchtvochtigheidseisen kunnen variëren van 40% tot 60%, echter zijn er ook musea die een maximale fluctuatie van 5% toelaten.

In het rapport zijn er voor zowel de temperatuur als de relatieve luchtvochtigheid vier ambitie profielen opgesteld om de ruimte te waarderen.

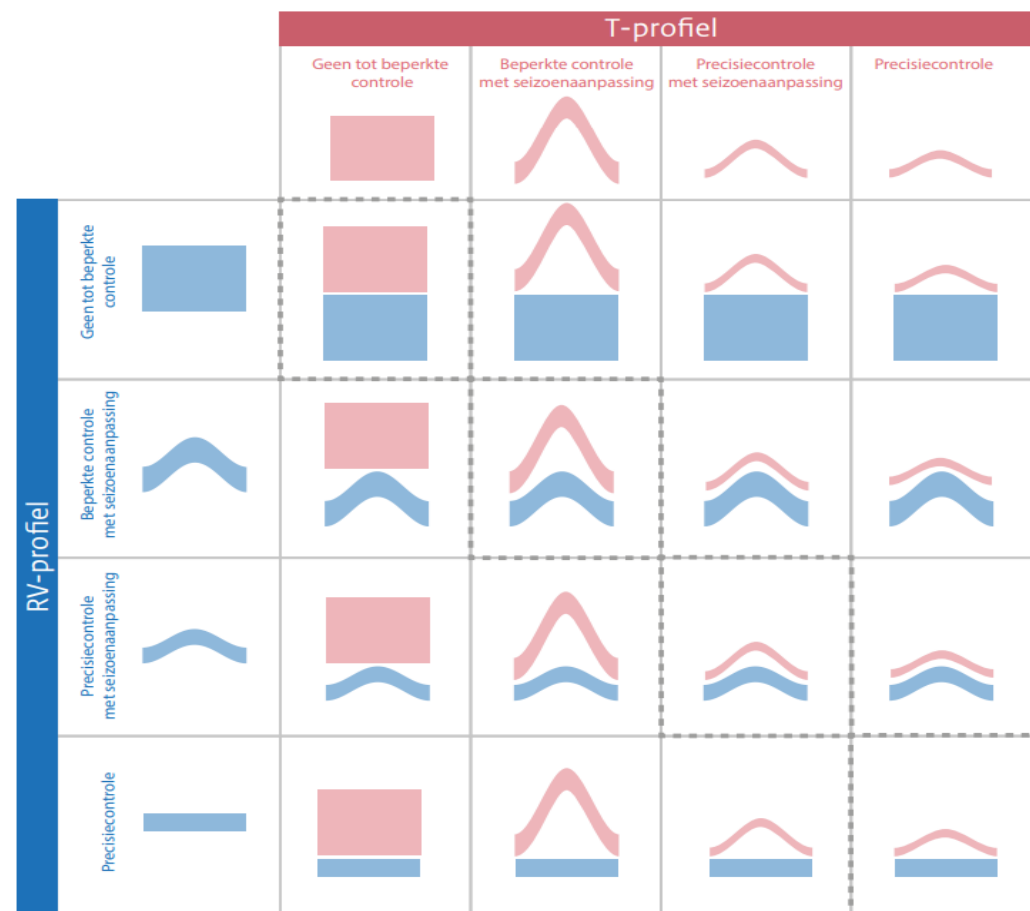
Relatieve luchtvochtigheid (RV-profielen):

1. Geen tot beperkte controle met een voorkeur om de RV binnen de bandbreedte van 25%<RV<75% te houden.
2. Beperkte controle met een seizoenaanpassing en ruimere bandbreedte. Hierin zijn korte fluctuaties van 10% en een seizoenadaptatie van 10% toegestaan.
3. Precisiecontrole met een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 5% en een seizoenadaptatie van 10% toegestaan.
4. Precisiecontrole zonder een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 5% toegestaan, maar wordt een seizoenaanpassing niet geaccepteerd.

Temperatuur (T-profielen):

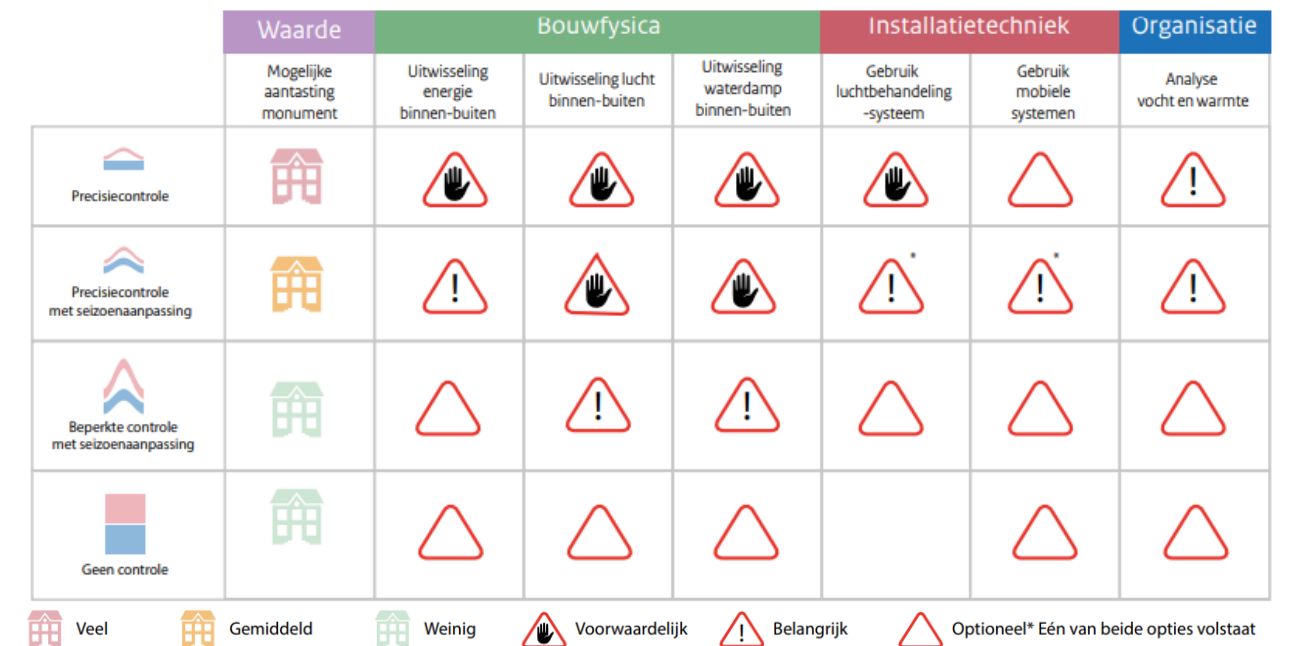
1. Geen tot zeer beperkte controle met een voorkeur om de temperatuur te handhaven onder de 35°C.
2. Beperkte controle met een seizoenaanpassing en ruimere bandbreedte. Hierin zijn korte fluctuaties van 5°C en een seizoenadaptatie met een zomerverhoging van 10°C en winterverlaging van 20°C toegestaan.
3. Precisiecontrole met een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 2°C en een seizoenadaptatie met een zomerverhoging van 5°C en winterverlaging van 10°C toegestaan.
4. Precisiecontrole zonder een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 2°C en een seizoenadaptatie van 5°C toegestaan.

Deze ambitie profielen kunnen onafhankelijk van elkaar worden gecombineerd:



Figuur 3: Combinaties van de T-profielen en RV-profielen.

Afhankelijk van de hoogte van de ambitie zijn mogelijk meer voorwaarden aan de wisseltentoonstelling. Onderstaande afbeelding geeft een indicatieve impact weer van de ambitie op monumentale waarde, bouwfysische randvoorwaarden, noodzakelijke installatietechniek en organisatie.



Figuur 4: Randvoorwaardes afhankelijk van het ambitieprofiel.

De in huidige situatie zullen veel ruimtes behoren tot het laagste twee profielen waarbij hooguit beperkte controle met seizoenaanpassing mogelijk is.

Het doel is om in het kasteel een klimaat te realiseren met beperkte controle met seizoenaanpassing, waarbij er beperkte comfortklachten zijn.

Voor de wisseltentoonstellingsruimte wordt er gekeken naar een hoger ambitie profiel, waarbij precisiecontrole met seizoenaanpassing mogelijk is. In de inventarisatie worden de ruimtes beoordeeld op bovenstaande aspecten om te bepalen welke ruimte de grootste haalbaarheid heeft om te komen één van de hoogste twee ambitie profielen.

2.2. INVENTARISATIE KASTEEL (GEBOUW G)

Het kasteel (gebouw G) is geïnventariseerd op basis visuele inspectie, gebruiksgegevens, bouwkundige tekeningen en installatietechnische tekeningen. Per ruimte is een korte omschrijving weergegeven van de potentie, risico's en klachten. In het verzameltabel zijn de resultaten naast elkaar gepresenteerd.

2.2.1. Gebouw G (Kelder kasteel)

In het kasteel is in de kelder beperkt ruimte beschikbaar. Deze wordt nu niet gebruikt om te tentoonstellen. Door de dikte van de kasteelmuren is de gevel goed isolerend en zorgt de thermische massa voor stabiel klimaat. Echter zijn er ook veel tochtklachten door de deuropeningen waardoor er veel discomfort ervaren wordt. De ruimte wordt verwarmd door radiatoren waarvan de cv leidingen veelal in het zicht zitten. De wens is om dit te doen middels een minder zichtbaar systeem, zoals vloerverwarming of via weggewerkte luchtbehandeling.

Voorlopige conclusie: Er is beperkt opstelruimte voor tentoonstellingen. De klimaatklachten zijn te verhelpen door maatregelen te treffen tegen tocht, zoals tochtluizen. Het conditioneren van de ruimtes kan duurzamer door naar een laag temperatuur systeem te gaan zoals vloerverwarming. Er is ruimte om geconditioneerde luchtbehandeling te voorzien.

2.2.2. Gebouw G (Begane grond)

In het kasteel is op de begane grond veel ruimte beschikbaar in de ridderzaal, vrouwenverblijf en kerker, welke al worden gebruikt als expositie ruimte. Door de dikte van de kasteelmuren is de gevel goed isolerend en zorgt de thermische massa voor stabiel klimaat. Echter zijn er ook veel tochtklachten doordat alle ramen met enkelglas zijn uitgevoerd en kozijnen veel lucht doorlaten. Hierdoor kan er veel tochtklachten worden ervaren. De ruimte wordt verwarmd door radiatoren. Onder de kerker is veel loze ruimte beschikbaar om eventueel installaties in te verwerken, zoals bijvoorbeeld luchtverwarming.

Voorlopige conclusie: Er is veel opstelruimte voor tentoonstellingen. De klimaatklachten zijn te verhelpen door maatregelen te treffen tegen tocht, zoals voorzetrampen. Het conditioneren van de ruimtes kan duurzamer door naar een laag temperatuur systeem te gaan zoals vloerverwarming. Er is ruimte om geconditioneerde luchtbehandeling te voorzien.

2.2.3. Gebouw G (Eerste verdieping)

In het kasteel is op de eerste verdieping veel ruimte beschikbaar in de kerkzolder, kamer Grotius en Waaltoren, welke al worden gebruikt als expositie ruimte. Door de dikte van de kasteelmuren is de gevel goed isolerend en zorgt de thermische massa voor stabiel klimaat. Echter zijn er ook veel tochtklachten doordat alle ramen met enkelglas zijn uitgevoerd en kozijnen veel lucht doorlaten. Hierdoor kan er veel tochtklachten worden ervaren. De ruimte wordt verwarmd door vloerverwarming.

Voorlopige conclusie: Er is veel opstelruimte voor tentoonstellingen. De klimaatklachten zijn te verhelpen door maatregelen te treffen tegen tocht, zoals

voorzetrampen. Het conditioneren van de ruimtes is al redelijk duurzaam doordat deze zijn uitgevoerd met een laag temperatuur systeem.

2.2.4. Gebouw G (Zolder)

In het kasteel is op de zolder veel ruimte beschikbaar. Door de dikte van de kasteelmuren is de gevel goed isolerend en zorgt de thermische massa voor stabiel klimaat. Echter is het dak niet geïsoleerd waardoor er veel warmteverlies is. De ruimte wordt niet geconditioneerd.

Voorlopige conclusie: Er is veel opstelruimte voor tentoonstellingen. Echter is de ruimte niet geconditioneerd waardoor er geen goed klimaat is. Door het niet geïsoleerd dak is er al veel warmteverlies. Indien dit niet wordt aangepakt zal het conditioneren van het ruimte leiden tot nog extremere energieverliezen.

2.3. INVENTARISATIE WISSELTENTOONSTELING

De in paragraaf 1.3 benoemde ruimtes zijn geïnventariseerd op basis visuele inspectie, gebruiksgegevens, bouwkundige tekeningen en installatietechnische tekeningen. Per ruimte is een korte omschrijving weergegeven van de potentie en risico's. In het verzameltabel zijn de resultaten naast elkaar gepresenteerd.

2.3.1. Gebouw B2 (Expo)

Gebouw B2 wordt gebruikt als expositie ruimte. Hierin staan momenteel geklimatiseerde vitrines voor tentoonstellingen. De locatie van het gebouw ligt op de route van de entree van het gebouw naar het slot.

Het betreft een gebouw met geïsoleerde muren en kleine raamopeningen. Het dak is niet geïsoleerd. Momenteel worden deze ruimtes verwarmd middels radiatoren voorzien van warmte uit de centrale duurzame voorziening (warmtepomp en biomassa) en van warmte afkomstig van niet duurzame warmteopwekking (propaanketel). Er is geen luchtbehandeling, echter is er wel opstelruimte op de zolder om deze te realiseren.

Voorlopige conclusie: Dit gebouw is momenteel al ingericht als expositieruimte. Het gebouw heeft geen koeling en ventilatie, echter is er wel de mogelijkheid om deze te realiseren. Bovendien is er de kans op verduurzaming door het gebouw onafhankelijk te maken van de propaanketels ten aanzien van warmteopwekking.

2.3.2. Gebouw E (Arsenaal)

Gebouw E wordt gebruikt als evenementenlocatie. Het gebouw is voorzien van restaurant met professionele keuken. De locatie van het gebouw ligt op de route van de entree van het gebouw naar het slot.

Het betreft een niet geïsoleerde gebouw met massieve muren en kleine raamopeningen. De deuren zijn reeds voorzien van tochtluizen. Momenteel worden deze ruimtes verwarmd middels vloerverwarming, radiatoren, stralingspanelen, fancoil units en via de luchtbehandeling. Deze worden voorzien van warmte uit de centrale duurzame voorziening (warmtepomp en biomassa). Tevens wordt het gebouw ook gekoeld middels koude uit het doublet systeem (warmte koude opslag bodem).

Voorlopige conclusie: Dit gebouw is momenteel al ingericht als restaurant met keuken, hierdoor is het heel ingrijpend als deze functie komt te vervallen. Deze zou dan elders ondergebracht moeten worden. Bouwfysisch en installatie technisch zijn er al veel mogelijkheden beschikbaar om te klimatiseren op een duurzame manier.

2.3.3. Gebouw F (Smidse)

Gebouw F wordt gebruikt als kantoorfunctie. Het gebouw bestaat uit meerdere kleinere ruimtes. De locatie van het gebouw ligt op de route van de entree van het gebouw naar het slot.

Het betreft een gebouw met geïsoleerde muren met kleine raamopeningen. Het dak is niet geïsoleerd. Momenteel worden deze ruimtes verwarmd middels vloerverwarming, wandverwarming en radiatoren. Deze worden voorzien van warmte uit de centrale duurzame voorziening (warmtepomp en biomassa). Tevens wordt het gebouw ook gekoeld middels koude uit het doublet systeem (warmte koude opslag bodem).

Voorlopige conclusie: Bouwfysisch en installatie technisch zijn er beperkte mogelijkheden beschikbaar om te klimatiseren. Bovendien heeft het gebouw veel kleine ruimtes, waardoor dit geen ideale expositie ruimte betreft.

2.3.4. Gebouw L (Werkplaats en opslag)

Gebouw L wordt gebruikt als werkplaats en opslag. In het gebouw bevinden zich tevens de installaties ten aanzien van de duurzame warmte en koude opwekking. De locatie van het gebouw ligt echter niet op de route van de entree van het gebouw naar het slot.

Het betreft een recente bouw, waardoor het gebouw volledig geïsoleerd is. Bovendien zijn aanpassingen in dit gebouw makkelijker te realiseren omdat het geen monumentaal pand betreft. Momenteel worden deze ruimtes verwarmd middels vloerverwarming en de luchtbehandeling. Deze worden voorzien van warmte uit de centrale duurzame voorziening (warmtepomp en biomassa). Tevens wordt het gebouw ook gekoeld middels koude uit het doublet systeem (warmte koude opslag bodem).

Voorlopige conclusie: Bouwfysisch en installatie technisch zijn er zeer goede mogelijkheden beschikbaar om te klimatiseren. Bovendien is het gebouw goed aanpasbaar doordat deze geen monumentale status heeft.

2.4. ANALYSE OVERZICHT

Onderstaande tabellen geven kort weer de analyse zoals eerder omschreven.

Gebouw Naam	Gebouw G Kelder kasteel	Gebouw G Begane grond kasteel	Gebouw G Eerste verdieping kasteel	Gebouw G Zolder kasteel
Schil	Bouwkundige schil Beperking zontoetreding Beschikbare ruimte	++ ++ +	++ ++ ++	-- ++ ++
Verwarming	Vloerverwarming Radiatoren Stralingspanelen Fancoilunits Luchtverwarming (LBK) Regelbaarheid Verwarming	nee ja nee nee nee +	ja nee nee nee nee o	nee nee nee nee nee -
Koeling	Betonkernactivering Vloerkoeling Luchtkoeling (LBK) Regelbaarheid Koeling Mogelijkheid aanbrenge koeling	Nee Nee Nee Nee Ja	Nee Nee Nee Nee Ja	Nee Nee Nee Nee Ja
Lucht	Luchtverversing Mogelijkheid aanbrenge luchtverversing Mogelijkheid aanbrenge be-ontvochtiging	- + +	- o o	- - -
Huidige functie	Expositie/museum	Expositie/museum	Expositie/museum	Expositie/museum
Potentiele ruimte expositie	circa 50 m2 (garderobe)	circa 85 m2 (ridderzaal) circa 35 m2 (vrouwenverblijf) circa 50 m2 (kerker)	circa 85 m2 (kerkzolder) circa 35 m2 (grotius) circa 50 m2 (waaltoren)	circa 85 m2 (zolder) circa 35 m2 (zolder) circa 50 m2 (waaltoren)
Voorlopige conclusie Volantis	Veel tochtklachten. Wordt verwarmd met radiatoren, maar wens is om dit buiten het zicht te doen. Beperkt ruimte door nissen.	Veel tochtklachten, wel verwarmde ruimte. Veel opstelruimte. Onder vloer kerker is loze ruimte waar luchtbehandling gerealiseerd kan worden.	Veel tochtklachten, wel verwarmde ruimte met laag temperatuur systeem. Veel opstelruimte.	Veel tochtklachten en een niet geïsoleerde dak. Veel energieverlies, de ruimtes zelf zijn niet voorzien van verwarming of koeling.

Figuur 5: Analyse overzicht Kasteel

Gebouw Naam	Gebouw B2 Expo	Gebouw E Arsenaal	Gebouw F Smidse	Gebouw L Werkplaats en opslag
Schil	Bouwkundige schil Beperking zontoetreding Beschikbare ruimte	- + ++	+ + -	+++ ++ +
Verwarming	Vloerverwarming Radiatoren Stralingspanelen Fancoilunits Luchtverwarming (LBK) Regelbaarheid Verwarming	ja ja ja ja ja +++	ja ja nee nee nee +	ja nee nee nee ja ++
Koeling	Betonkernactivering Vloerkoeling Luchtkoeling (LBK) Regelbaarheid Koeling Mogelijkheid aanbrenge koeling	nee ja ja ++ +++	nee ja nee - ++	ja ja ja +++ +++
Lucht	Luchtverversing Mogelijkheid aanbrenge luchtverversing Mogelijkheid aanbrenge be-ontvochtiging	- + +	- + -	+ + +
Huidige functie	Expositieruimte	Keuken, restaurant, multifunctioneel ruimte	Kantoor	Technische ruimte, multifunctioneel.
Potentiele ruimte expositie	circa 220 m2 (begane grond)	circa 100 m2 (begane grond)	circa 120 m2 (begane grond)	circa 115 m2 (begane grond)
Voorlopige conclusie Volantis	Is momenteel al ingericht als expositie ruimte. Er ontbreekt de benodigde installaties, maar dit is te realiseren op de zolder. Dit is de beste locatie qua locatie en gebruik.	Wordt momenteel al gebruikt als restaurant. Deze functie is lastig elders onder te brengen. Geen voorkeurslocatie.	Ze beperkte ruimte, veel kleine ruimtes. Weinig installatie voorzieningen. Geen voorkeurslocatie	Bouwkundig en installatie technische de beste voorzieningen. Wordt momenteel niet actief gebruikt. Dit is de beste locatie qua voorzieningen.

Figuur 6: Analyse overzicht Bijgebouwen

2.5. CONCLUSIE ANALYSE

Kasteel:

Het kasteel heeft door de dikke muren en thermische massa de mogelijkheid om een stabiel klimaat te realiseren. Echter zal de luchtdichtheid en isolatiewaarde van ramen en kozijn verbeterd moeten worden. Hiermee worden comfort klachten gereduceerd en energieverlies beperkt. Bouwkundig is het dak van de zolder een groot energie lek in de thermische schil. Hierbij kan het isoleren en energieverlies reduceren, echter moet gezocht worden naar maatregelen met zo min mogelijke impact op het beeld i.v.m. de monumentale waarde.

Het kasteel heeft gedeeltelijk hoog temperatuur verwarming. Door laagtemperatuur verwarming toe te passen kan er verduurzaamd worden. Bovendien kan deze in continue bedrijf worden ingezet zodat er gelijkmatig verwarmd wordt.

Wisseltentoonstelling:

Gebouw B2 (Expo) en Gebouw L (werkplaats en opslag) hebben het grootste potentieel om een strenger binnenklimaat te realiseren ten behoeven van wisseltentoonstellingen.

Gebouw L is momenteel al het meest duurzaam en voorzien van klimaatinstallaties. Hierdoor is dit een voor de hand liggende keuze. Echter ligt deze ruimte minder optimaal op het terrein t.a.v. bezoekersstromen. Doordat het gebouw al redelijk duurzaam is, zijn de mogelijkheden om extra te verduurzamen zeer beperkt.

Gebouw B2 wordt al gebruikt als expositie ruimte en heeft de potentieel om beter te klimatiseren. Echter is zijn hiervoor wel aanpassingen nodig om het beter te isoleren en de klimatiseren. Hiermee kan wel extra worden verduurzaamt en indien mogelijk kan het gebouw worden afgesloten van de propaanketels, zodat het gebouw duurzamer verwarmt wordt.

Hierdoor heeft gebouw B2 de voorkeur, indien er zinvol verduurzaamt kan worden. Indien de maatregelen niet toereikend zijn om aan de geëiste binnen condities te voldoen zou gebouw L een goed alternatief zijn.

3. HAALBAARHEIDSTUDIE

In dit hoofdstuk worden specifieke maatregelen voorgesteld om het kasteel (gebouw G) en de exporuimte (gebouw B2) te klimatiseren en te verduurzamen. Hierbij worden de stichtingskosten geraamd om een indicatie te geven van de noodzakelijke investering.

3.1. MAATREGELEN VERBETERING KASTEEL (GEBOUW G)

Zoals eerder benoemd in hoofdstuk 2 zijn er diverse maatregelen mogelijk om het binnenklimaat en de duurzaamheid van het kasteel te verbeteren. Hierbij is precisiecontrole van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid niet haalbaar, maar is de doelstelling om het kwalitatief te verbeteren naar een situatie waarbij er beperkte controle mogelijk is om het binnenklimaat te regelen.

Hierbij worden de volgende maatregelen voorgesteld:

Maatregel	Type maatregel	Discipline	Toepassing
Plaatsen van voorzetramen	Schilverbetering	Bouwkundig	Volledige gebouw
Na isoleren van dak	Schilverbetering	Bouwkundig	Zolder
Tochtsluis	Schilverbetering	Bouwkundig	Kelder
Vervanging radiatoren voor vloerverwarming	Energie efficiëntie	Installatie	Kelder

Het gros van maatregelen betreffen schilverbetering waarmee met name de luchtdichtheid van het gebouw worden verbeterd. Dit bespaart energie, echter komt dit ten nadele van de natuurlijke ventilatie. Ventilatie kan een aandachtspunten als na uitvoeren van de maatregelen blijft dat er onnatuurlijke luchtverversing is in het kasteel waardoor de luchtkwaliteit ondermaats is.

3.1.1. Energie besparing en impact binnenklimaat

In onderstaande tabel is een inschatting gemaakt op de energiebesparing en de kwalitatieve verbetering van het binnenklimaat.

Maatregel	Energieverbruik	Energie-besparing	Kwaliteitsverbetering
Energieprestatie zonder maatregelen	471 MWh	N.v.t.	
Plaatsen van voorzetramen	- MWh	4 %	Minder tocht Minder koude straling
Na isoleren van dak	- MWh	32 %	Minder koude straling
Tochtsluis	- MWh	Nihil	Minder tocht Minder koude straling
Vervanging radiatoren voor vloerverwarming	- MWh	Nihil	Gelijkmatigere verwarming
Energieprestatie met alle maatregelen	300 MWh	36 %	

3.1.2. Investeringskosten

In onder staande overzicht is een inschatting van de bouwkosten gemaakt per maatregel:

Maatregel	Investering excl. BTW
Plaatsen van voorzetramen	€ 59.900,-
Na isoleren van dak	€ 65.200,-
Tochtsluis	€ 15.000,-
Vervanging radiatoren voor vloerverwarming	€ 20.500,-
Totaal	€ 160.600,-

Bovenstaande kosten betreffen de materiaal en manuurkosten voor de uitvoerende partij. Om tot de stichtingskosten te komen zijn in onderstaande tabel de financieringskosten, voorbereidingskosten en de noodzakelijke reservering voor onvoorzien.

Kostenpost	Investering
Bouwkosten	€ 160.600,-
Vorbereidingskosten	€ 33.200,-
Financieringskosten	€ 500,-
Reservering onvoorzien	€ 41.300,-
BTW (21%)	€ 49.500,-
Totaal	€ 285.100,-

3.1.3. Conclusie

Niet alle maatregelen verzorgen een significante energiebesparing. Het toepassen van de tochtsluis en de vloerverwarming in de kelder reduceren wel degelijk een energiebesparing, maar deze is zeer klein in verhouding met het totale verbruik. De grootste besparingen worden gemaakt door het verbeteren van de thermische schil en dan met name de dakisolatie.

3.2. MAATREGELEN VERBETERING GEBOUW B2 (EXPO)

Gebouw B2 wordt momenteel gebruikt als expositieruimte, echter heeft deze geen streng geconditioneerde binnenklimaat. Voor deze studie wordt onderzocht welke maatregelen noodzakelijk zijn om een streng geconditioneerde ruimte te verkrijgen. Uitgangspunt is dat tijdens een expositie er maximaal 20 mensen gelijktijdig aanwezig zijn.

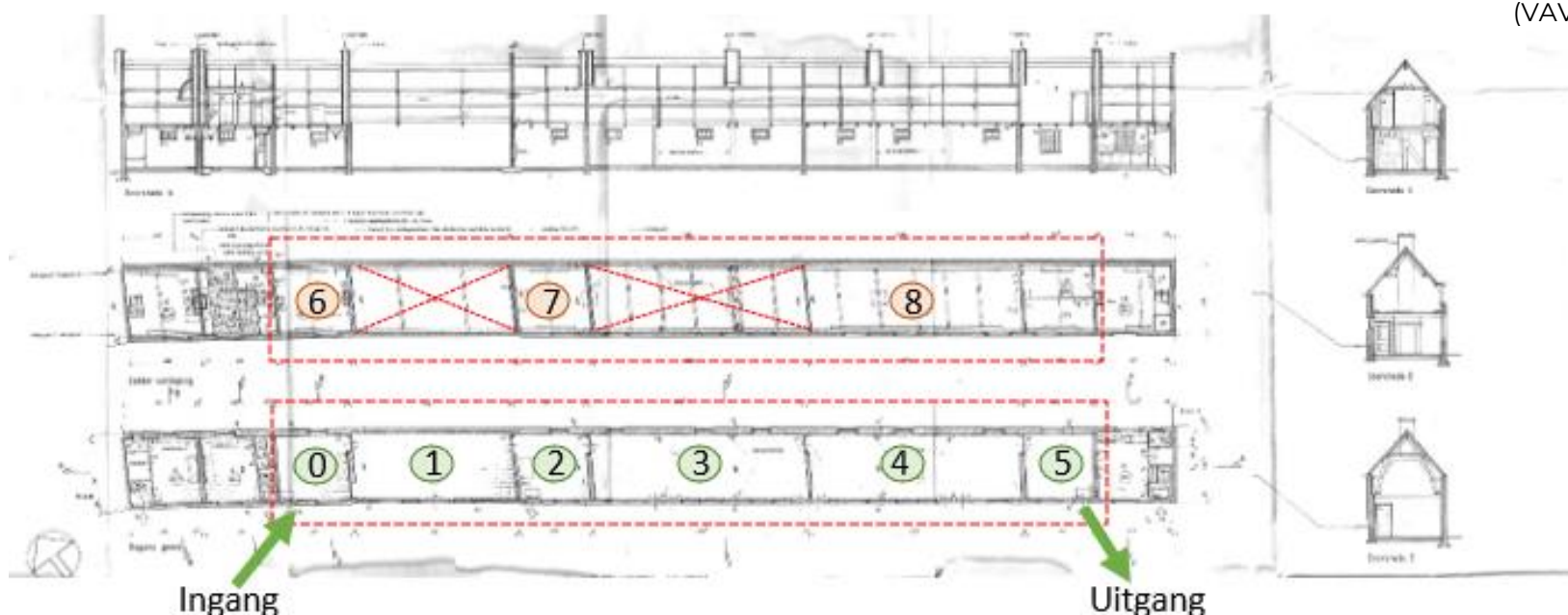
Hiervoor worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Minimale ruimte temperatuur: 20°C;
- Maximale ruimte temperatuur: 24°C;
- Minimale relatieve luchtvochtigheid: 50%;
- Maximale relatieve luchtvochtigheid: 55%.

3.2.1. Systeem concept

Het gebouw wordt voorzien van een geconditioneerde luchtbehandelingssysteem voorzien van ont- en bevochtiging. Hiermee kunnen de ruimtes worden gekoeld, verwarmd, ontvochtigd en bevochtigd. De verwarming in de luchtbehandeling is complementair aan de bestaande ruimte verwarming middels radiatoren. De bestaande radiatoren blijven gehandhaafd maar zullen de ruimte verwarmen met lagere temperaturen. Het tekort aan warmteafgifte wordt gecompenseerd middels de luchtverwarming via de luchtbehandeling. Hierdoor kunnen de bestaande propaanketels komen te vervallen.

Om de ruimte conditionering mogelijk te maken zal bouwkundig de ruimte een minimale luchtdichtheid en thermische isolatie nodig hebben. Om dit te bewerkstelligen zullen de ingang en uitgang voorzien worden van tochtsluizen en zal het niet geïsoleerde dak voorzien worden van isolatie.



- ① = Entree expositie
- ② = Expositie ruimte 1
- ③ = Expositie ruimte 2
- ④ = Expositie ruimte 3
- ⑤ = Expositie ruimte 4
- ⑥ = CV ruimte
- ⑦ = Vide (leeg)
- ⑧ = LBK opstelling 2

3.2.2. Maatregelen

Bouwkundig:

- Tochtsluis ingang: Ruimte 0
- Tochtsluis uitgang: Ruimte 5
- 10 cm dakisolatie, $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$;

Klimaat installaties:

- Aanpassing CV/GKW: Ruimte 6
 - o Verzwaring CV leiding bronnensysteem: DN50;
 - o Verzwaring GKW leiding bronnensysteem: DN100;
 - o Aanpassing verdeler/verzamelaar: CV/GKW
 - o Warmteafgifte huidige radiator systeem: 22 kW
- Luchtbehandelingskast 1: Ruimte 8
 - o Debiet: 7500 m³/h
 - o Kruistroomwisselaar
 - o Verwarmingsbatterij: 30 kW
 - o Koelbatterij: 90 kW
 - o Bevochtiging
 - o Ontvochtiging.
- Toevoer kanaal, lengte 40 meter, 16 toevoer roosters
- Retour kanaal, lengte 40 meter, 10 retour roosters
- Gevraagde ventilatie hoeveelheden:
 - o Ruimte 1: 2000 m³/h;
 - o Ruimte 2: 1000 m³/h;
 - o Ruimte 3: 2500 m³/h;
 - o Ruimte 4: 2000 m³/h;
- De expositie ruimtes 1 t/m 4 worden voorzien van variabel volume regelaar (VAV) gestuurd op basis van temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid.

3.2.3. Milieu besparing

In basis zal het energieverbruik van gebouw B2 verhogen door de maatregelen. Door het streng klimatiseren is er meer verwarming en koeling nodig. Door de bouwkundige maatregelen zal de toename van energieverbruik echter worden gedempt. Het gebouw verbruikt nu jaarlijks naar schatting 82 MWh warmte en geen koude. In de nieuwe situatie zullen zal het warmteverbruik 188 MWh zijn en de koude verbruik 187 MWh.

Het totale energievraag zal hoger worden, maar de opwekking kan verduurzaamt worden doordat deze niet meer gedeeltelijk wordt verzorgd door de bestaande propaanketels. Momenteel wordt gebouw B2 voorzien van warmte uit het bronnensysteem met warmtepomp. Dit systeem is voor laagtemperatuur verwarming. Middels propaankachels wordt de warmte opgewaardeerd naar een hoger temperatuur voor de radiatoren. Door een deel van de verwarming onder te brengen in de luchtbehandeling kan er volledig worden overstapt naar de duurzamere warmte uit het bronnensysteem. Hierdoor kan het verbruik door de propaanketels komen te vervallen.

De koude kan ook uit het bronnensysteem worden gehaald. Momenteel heeft het terrein een hogere warmtevraag dan een koude vraag. Hierdoor draait het bronnensysteem onbalans en koelt deze de afgelopen jaren uit. Door koude uit te bronnen te onttrekken zullen deze meer balans draaien waardoor er jaarlijks meer duurzamere warmte kan worden onttrokken. Bovendien zal het systeem beter functioneren doordat de systeem temperaturen minder laag zullen zijn.

Inschatting energieverbruik	Huidige situatie	Nieuwe situatie
Warmte verbruik	82 MWh	188 MWh
Koude verbruik	0 MWh	187 MWh
Bronnenbalans	82 MWh warmteoverschot	1 MWH warmteoverschot

Het is momenteel onduidelijk hoeveel van de huidige warmteopwekking wordt verzorgd door het bronnensysteem, de palletkachels of de propaankachels voor gebouw B. Daardoor is de potentiële uitstoot verlaging niet te bepalen.

3.2.4. Investeringskosten

Hierbij worden de volgende maatregelen voorgesteld:

Maatregel	Investering excl. BTW
Tochtsluis entree	€ 15.000,-
Tochtsluis uitgang	€ 15.000,-
Na isoleren van dak	€ 25.200,-
Luchtbehandelingskast	€ 45.000,-
Luchtkanalen	€ 12.500,-
Ventilatie roosters	€ 3.900,-
Bevochtiger	€ 6.000,-
Verzwaring CV leiding	€ 26.000,-
Verzwaring GKW leiding	€ 12.000,-
Regeltechniek	€ 20.000,-
Totaal	€ 180.400,-

Bovenstaande kosten betreffen de materiaal en manuurkosten voor de uitvoerende partij. Om tot de stichtingskosten te komen zijn in onderstaande tabel de financieringskosten, voorbereidingskosten en de noodzakelijke reservering voor onvoorzien.

Kostenpost	Investering
Bouwkosten	€ 180.400,-
Vorbereidingskosten	€ 63.400,-
Financieringskosten	€ 500,-
Reservering onvoorzien	€ 45.500,-
BTW (21%)	€ 60.900,-
Totaal	€ 350.700,-

3.2.5. Conclusie

De investeringskosten om gebouw B2 streng te conditioneren zijn fors hoog. Dit komt doordat het gebouw bouwkundig en installatie technisch aangepast moet worden. Er dient een nieuw ventilatie systeem aangebracht te worden met conditionering. Hiervoor moeten de bestaande CV en GKW aansluitingen in het terrein verzwwaard worden.

4. CONCLUSIE

In bovenstaande rapport zijn bouwkundige en installatie technische maatregelen voorgesteld om het Slot en bijgebouw B2 te verduurzamen.

De voorgestelde maatregelen van het Slot beperken het energieverbruik, met name door het isoleren van het dak. De overige maatregelen hebben een beperktere impact op het energieverbruik. Maar deze maatregelen verhogen de comfortbeleving doordat er minder tocht klachten zullen worden ervaren.

De voorgestelde maatregelen van gebouw B2 zijn eveneens bouwkundig en installatie technisch. Een bijkomende uitgangspunt is dat het huidige gebouw matig verwarmd wordt, maar in de nieuwe situatie gebruikt wordt voor wisseltentoonstellingen. Daardoor zijn er strengere binnenklimaat eisen waardoor het energieverbruik aanzienlijk zal toenemen. Echter kan de energieopwekking van warmte en koude hierdoor wel aanzienlijk verbeterd worden. Het huidige bronnensysteem op het terrein heeft een overschot aan koude, waardoor de warmtelevering wordt beperkt. Door de toenemende koelvraag zal het systeem beter balanceren waardoor deze beter functioneert. Eveneens kan gebouw B2 worden geconditioneerd middels de luchtverwarming. Hierdoor is de bestaande propaankachel niet meer noodzakelijk.

Volantis Systems en Energy

Eindhoven



Volantis Venlo

Villa Flora

Villafloraweg 1 5928 SZ Venlo Venlo tel: +31 77 351 5551

Volantis Eindhoven

Strijp-T (Gebouw TQ)

Achtseweg Zuid 153E 5651 GW Eindhoven tel: +31 40 850 7020

Volantis Geleen

Brightlands Chemelot Campus

Urmonderbaan 22, Gebouw 001 6167 RD Geleen tel: +31 43 362 5444