



Project | Fort Napoleon
Auteur | ing. Martijn Vyncke, ir. arch. Robbe Verelst
Datum | 19/06/2017
Onze ref. | 170609-FortNapoleon-DynTempberekening-rv.docx

Onderwerp | Dynamische temperatuurberekeningen en verwarmingsconcept Fort Napoleon

1 ONDERZOEKSMETHODIEK

1.1 Thermische berekeningen

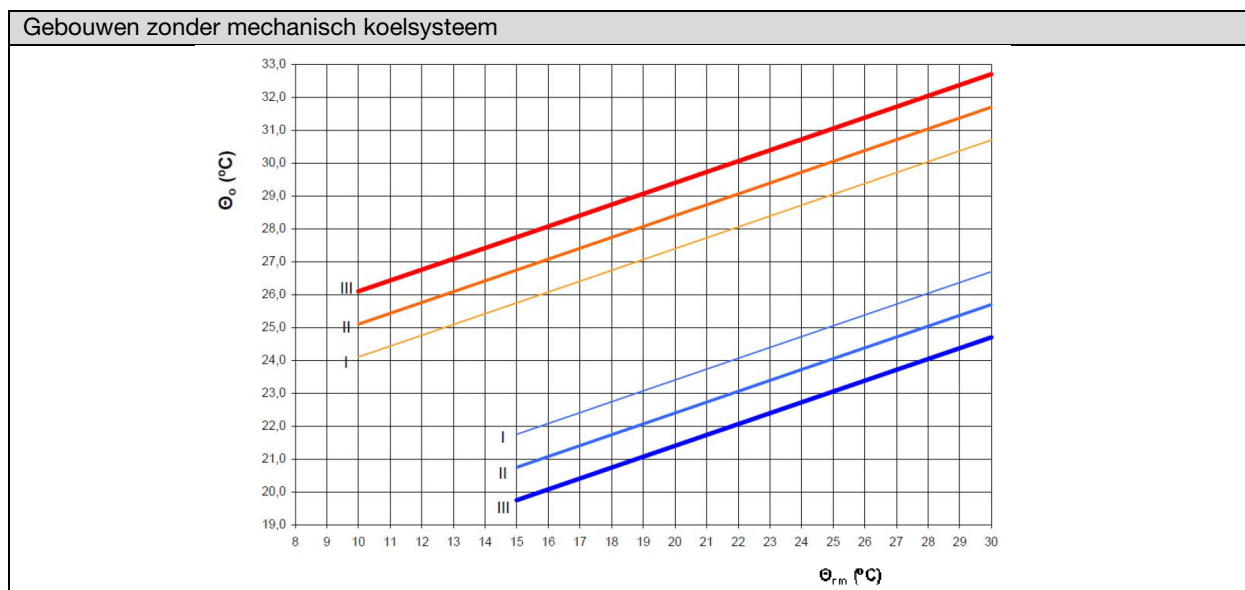
De dynamische temperatuurberekeningen worden uitgevoerd aan de hand van het softwarepakket Capsol (Physibel). Dit is een thermisch simulatieprogramma om dynamisch warmtetransport tussen verschillende ruimtes te bepalen, rekening houdend met de warmtecapaciteit van deze ruimtes en de invallende zonnestraling. De thermische eigenschappen van wandopbouwen en beglazing kunnen hierbij gedetailleerd ingegeven worden. De gemiddelde gelijktijdige bezetting wordt voor elke ruimte weergegeven. Uitzonderlijke evenementen met meer personen kunnen afwijkingen op de resultaten geven.

1.2 Beoordeling comfort

De beoordeling van het thermisch comfort is gebaseerd op EN ISO 7730. Op basis van het maximaal aantal ontevreden worden 3 kwaliteitsniveaus bepaald voor het thermisch comfort. De beoordeling van de comfortklasse is gebaseerd op EN ISO 15251. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen mechanische gekoelde en niet-gekoelde gebouwen. Deze grenswaarden voor niet-gekoelde gebouwen gelden voor kantoren en gelijkaardige gebouwen met een overwegend zittende activiteit, keuze tot aanpassing van de kledij en de mogelijkheid om de ramen te openen. Gedurende warme periodes zijn de oververhittingseisen hierbij minder strikt.

Gebouwen behoren tot een bepaalde klasse als de operationele temperatuur over 95 % van de gebruiksruimten gedurende niet meer dan 3% van de gebruikstijd de grenswaarden voor die klasse overschrijdt.

Gebouwen met een mechanisch koelsysteem		
Comfortklasse	Minimum Temperatuur [°C]	Maximum temperatuur [°C]
A	21,0	25,5
B	20,0	26,0
C	19,0	27,0

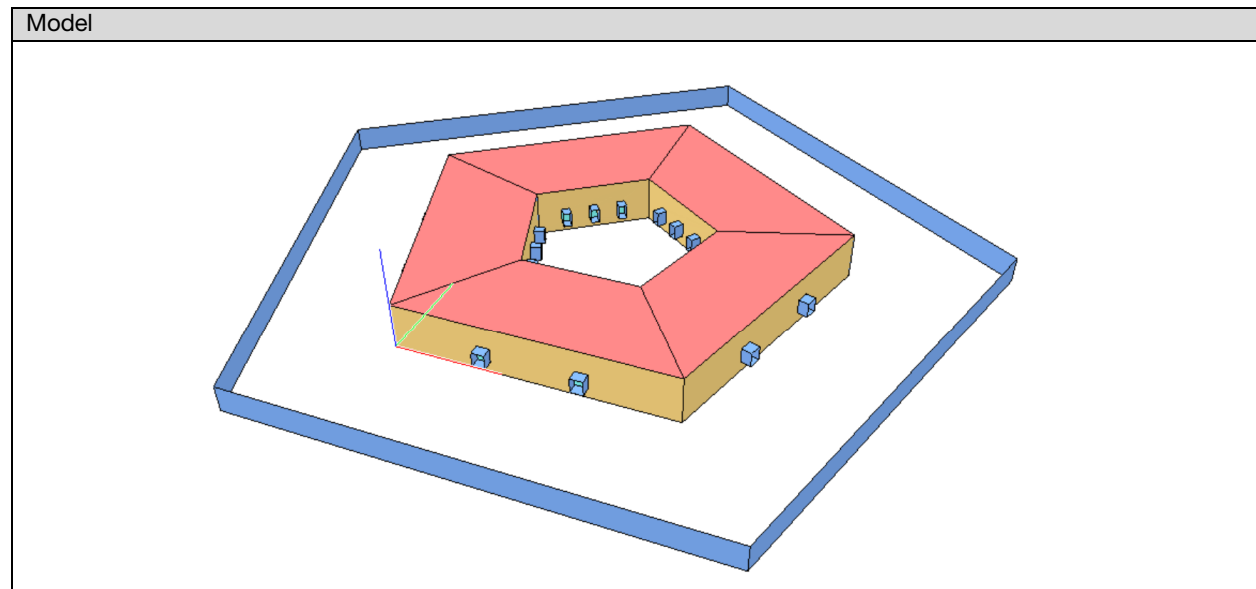


2 OPBOUW MODEL

2.1 Model

De eerste verdieping van Fort Napoleon wordt onderverdeeld in 5 gelijke zones. Hierbij worden de onderliggende ruimten vereenvoudigd tot een aangrenzende ruimte met vast temperatuursverloop. De beschaduwing van de ramen wordt gedetailleerd ingegeven.

De verschillende ruimten worden beoordeeld volgens comfortklasse B, voor gebouwen zonder mechanisch koelsysteem.



2.2 Gebruikte gegevens

2.2.1 Gebouwschil

Het model wordt opgebouwd op basis van volgende gegevens:

Constructiedeel	d [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]
Buitenmuur				
Metselwerk	2,4	0,95	1750	850
Dak				
Metselwerk	1,6	0,95	1750	850
Vloer				
Metselwerk	1,1	0,95	1750	850

Buitenschrijnwerk	g [-]	ψ [W/mK]	U [W/m ² K]
Beglazing	0,50		1,1
Raamprofielen			2,0
Afstandshouders		0,11	

De fictieve binnenwand tussen de verschillende ruimten heeft geen thermische weerstand.

2.2.2 Personen

Volgende bezetting van de ruimten wordt aangenomen:

- Lage bezetting: 15 m²/persoon (45 personen)
- Hoge bezetting: 3 m²/persoon (225 personen)

Deze personen zijn aanwezig tussen volgende uren:

- MA-ZO: 09:00 – 19:00

De bezetting wordt op- en afgebouwd van 50% tot 100% gedurende 2 uur.

Het thermisch comfort wordt ook tijdens deze uren bepaald.

2.2.3 Technische installaties

Verlichting

- Beperkte daglichttoetreding, verlichting actief gedurende bezettingsuren
- Warmtelast: 10 W/m²

Verwarming

- Minimale insteltemperatuur 20,0°C zowel tijdens als buiten gebruiksuren
- Afgiftevermogen van 50 W/m² in de ruimte

Koeling

- Niet aanwezig

Ventilatie

In scenario 1 wordt aangenomen dat er geen ventilatiesysteem aanwezig is. Hierbij wordt uitgegaan van een beperkte luchtdichtheid waarbij een natuurlijk ventilatievoud van 2 h⁻¹ aanwezig is in de ruimten.

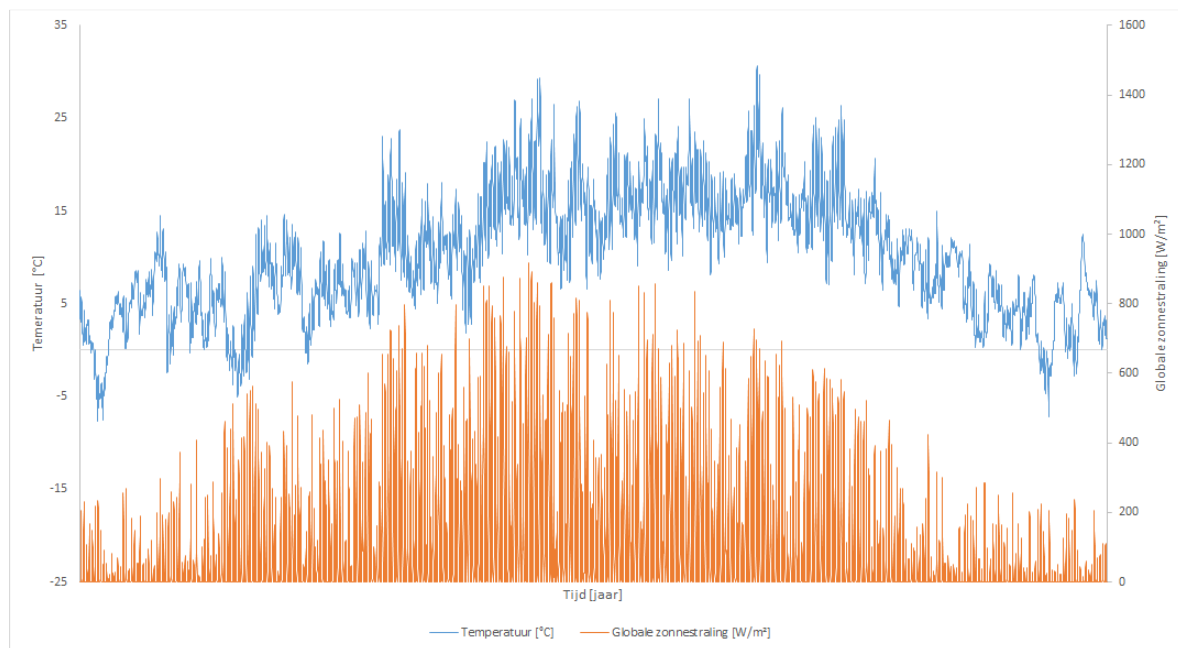
In scenario 2 wordt uitgegaan van een centraal ventilatiesysteem D, met warmteterugwinapparaat en zomerbypass. We nemen aan dat bij een binnentemperatuur van 25°C en een buitentemperatuur tussen 15 en 25°C de bypass in werking treedt, tijdens gebruiksuren.

- Debiet: 22 m³/h/persoon
- warmteterugwinning $\eta = 75\%$
- Met volledige zomerbypass
- Geen nachtventilatie opgenomen in model

2.2.4 Randcondities

Buitenklimaat

De berekeningen worden uitgevoerd voor een standaard buitenklimaat van Ukkel (Meteonorm). Deze klimaatgegevens bevatten de buitentemperatuur, globale en diffuse zonnestraling, volgens urengegevens.



Aangrenzende ruimten

Voor de onderliggende ruimten worden volgende temperaturen aangenomen:

- Temperatuur winter = 0°C
- Temperatuur zomer = 18°C

3 BEREKENINGEN

3.1 Scenario 1

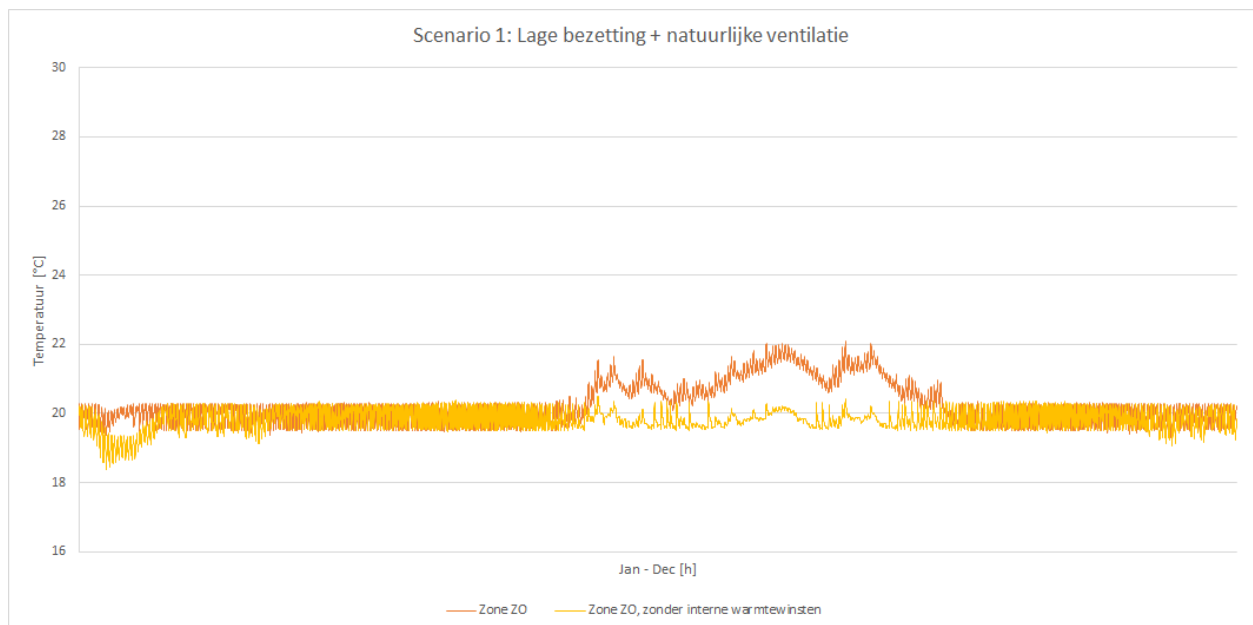
In een eerste berekening wordt het temperatuursverloop in de verschillende zones bepaald, met een lage bezetting, en hoog natuurlijk ventilatievoud. De verwarming van de ruimte wordt ingesteld op $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$, met een afgiftevermogen in de ruimte van 50 W/m^2 .

Hierbij wordt in de wintermaanden een vrij constante temperatuur van 20°C behaald; in de zomermaanden is er geen warmtevraag. De thermische massa van de constructie is voldoende hoog waardoor de maximum comforttemperatuur niet bereikt wordt, maar de binnenruimte ook een minimale temperatuur behoudt waardoor geen bijkomende verwarming nodig is.

Wanneer de insteltemperatuur voor verwarming buiten de gebruiksuren ingesteld wordt op 18°C , is het in de ochtend moeilijk deze snel terug op te trekken naar 20°C (een groter vermogen is hier nodig). Door de aanwezigheid van de grote thermische massa is het aangeraden te kiezen voor een constante insteltemperatuur.

Hieronder worden de resultaten voor de ZO-georiënteerde zone weergegeven. Door de hoge inertie en beperkte hoeveelheid beglazing, is de invloed van de oriëntatie en invallende zonnewarmte te verwaarlozen.

Door het grote ventilatiedebiet met buitenlucht zijn er in de wintermaanden grote warmteverliezen. Wanneer er geen interne warmtelast ingerekend wordt, is het afgiftevermogen van 50 W/m^2 onvoldoende om ten allen tijde een temperatuur van 20°C aan te houden. Hierbij is er ook een beperkte warmtevraag in de zomermaanden.



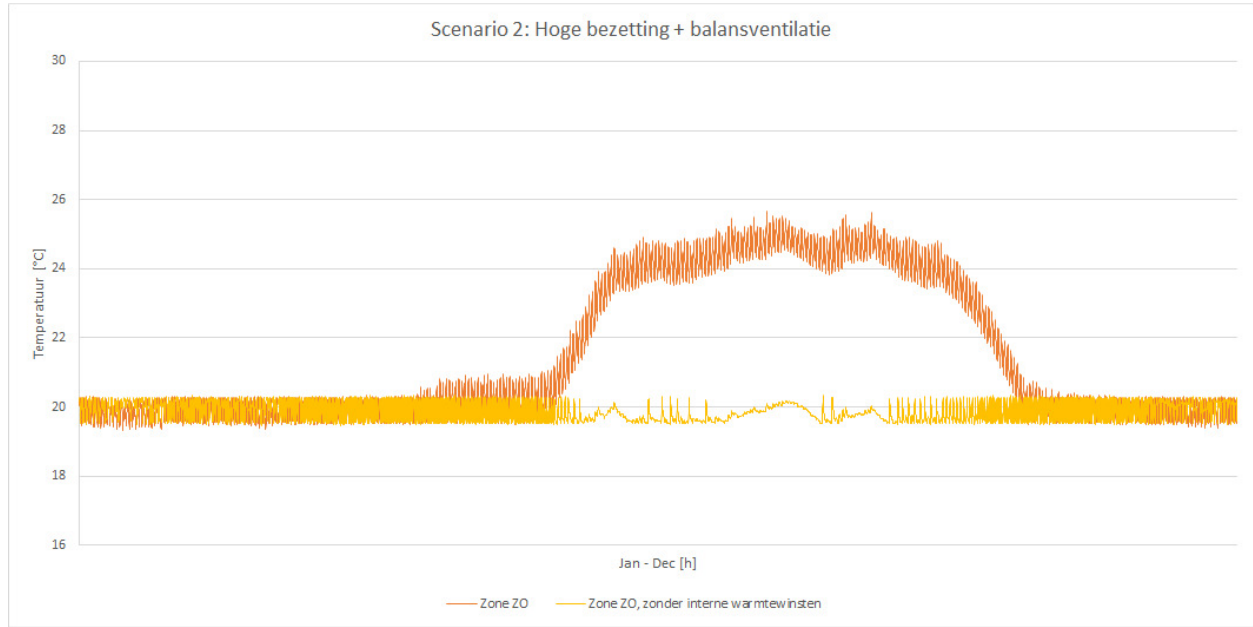
Warmtevraag per jaar:

- Lage bezetting: 3509u
- Geen bezetting: 4238u

3.2 Scenario 2

In het tweede scenario wordt uitgegaan van een verbeterde luchtdichtheid, waarbij het natuurlijk ventilatievoud van de ruimten sterk verminderd wordt. De ventilatie van de ruimten wordt voorzien door een gecontroleerde balansventilatie, met warmterecuperatie en zomerbypass. Ook wanneer hierbij geen interne warmtewinsten ingerekend worden is het mogelijk om met een warmteafgiftevermogen van 50 W/m² een minimale temperatuur van +/- 20°C te behalen.

In combinatie met een hoge bezetting, is de warmtevraag op jaarbasis veel lager. In de zomermaanden is er geen warmtevraag, en loopt de temperatuur vrij hoog op. Hierbij wordt echter nog steeds voldaan aan de comfortcriteria.



Warmtevraag per jaar:

- Geen bezetting: 3728u
- Hoge bezetting: 1983u

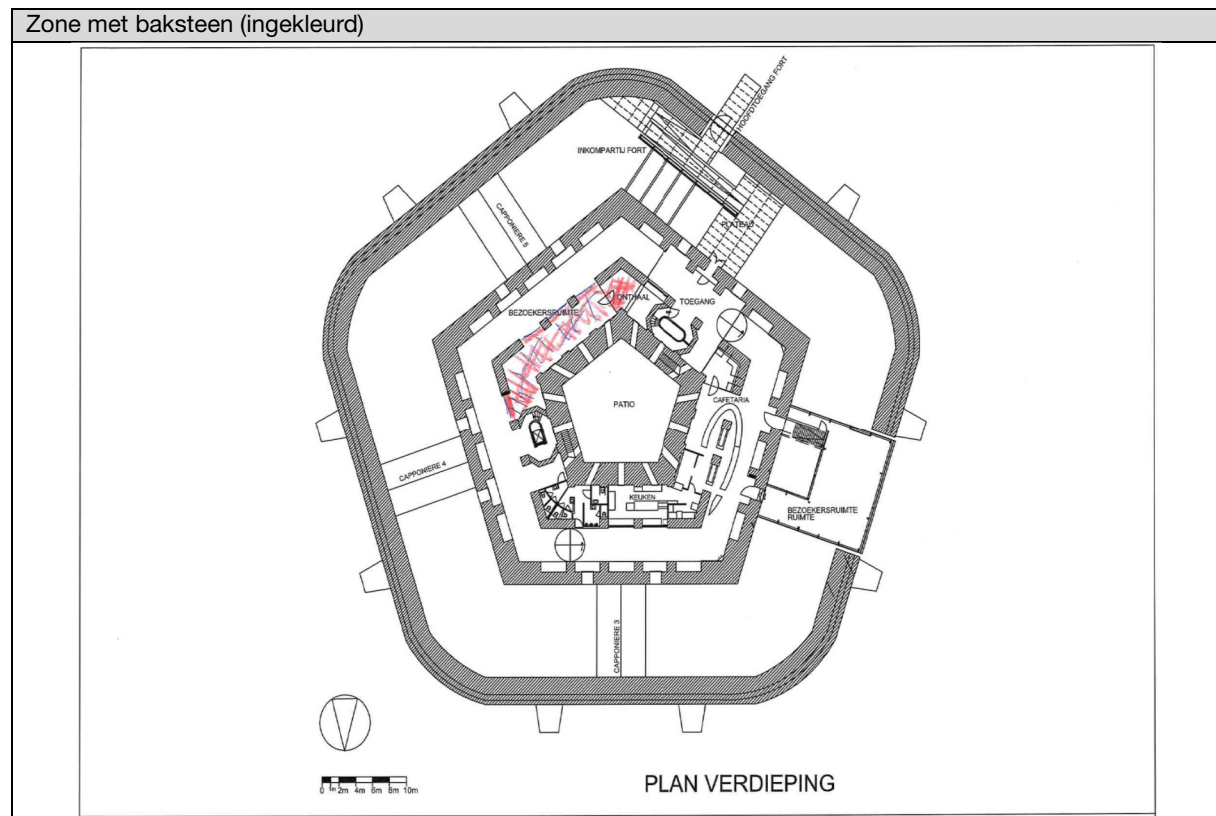
4 BASISCONCEPT KLIMATISATIE

4.1 Verwarming-afgiftesysteem

Voor de verwarming van de 1^{ste} verdieping wordt gewerkt met 412 m² vloerverwarming droog systeem bovenop de bestaande vloer, met uitzondering van de vloeren waar de originele bakstenen nog zichtbaar zijn.

Na het aanbrengen van een egaliserende (zand) laag kan een droog vloerverwarmingssysteem aangebracht worden met een vermoedelijke dikte van 55 mm (exclusief afwerking). De warmteafgifte van 40 W/m² voldoet om het gebouw permanent op temperatuur te houden. Aangezien we maar 412 m² vloeroppervlakte kunnen activeren moet de warmteafgifte opgetrokken worden naar 65 W/m². Afhankelijk van de vloerafwerking kunnen we het regime van de vloerverwarming vastleggen op 38/32 indien er gewerkt wordt met meerlaags parket of een regime 36/31 indien er gewerkt wordt met een lino of PVC afwerking.

Door het lage regime van de vloerverwarming is de combinatie met een lucht-water-warmtepomp eenvoudig te maken. Er dienen 2 buitenunits voorzien te worden gekoppeld aan 2 hydraulische binnenmodules. deze binnenunits kunnen gebruikt worden voor uitsluitend verwarming of als combitoetsel voor verwarming en sanitair warm water. In dit laatste geval wordt een boiler van 200 liter voorzien onder de hydraulische module.



Aangezien het gebouw als 1 zone werkt naar warmtevraag toe en de verwarming quasi constant zal werken tijdens het stookseizoen stellen we voor om te werken met 1 ruimte(referentie) voeler die de volledige vloerverwarming aanstuurt.

Via de bestaande stijgleidingen van de ventilo-convectoren kunnen de watervoerende leidingen naar boven gebracht worden vanuit de technische ruimte waar momenteel de Masser warmtepompen staan alsook in de technische zone waar momenteel de Daikin warmtepomp staat.

4.2 Ventilatie

Op de gelijkvloerse verdieping zijn momenteel 2 ruimtes die verwarmd worden maar niet voorzien zijn van verluchting.

In de vergaderzaal is een sanitair blok aanwezig voorzien van extractieventilatie. Deze ventilatie is gekoppeld aan de verlichting van het sanitair blok. De ramen die in de buitengevel zitten naar de patio toe zijn niet voorzien van ventilatieroosters voor aanvoer van verse buitenlucht. We stellen voor om in deze ramen het glas te vervangen door een glaselement voorzien van een ventilatierooster type P3-4. De extractieventilator koppelen we los van de verlichting en wordt voorzien van een module die de ventilator schakelt in functie van aanwezigheid en luchtvochtigheid.

In het kantoor stellen we het zelfde principe voor. Na plaatsing van een raamrooster dient een afvoerventilator ingewerkt te worden in de muur naar de oude keuken toe. Deze ventilator werkt op basis van aanwezigheid en vocht.

Voor de 1^{ste} verdieping stellen we voor om door middel van 2 compacte woonhuisventilatoren met energie-recuperatie een ventilatiesysteem D te implementeren. Via de bestaande nissen in de gevel kan men verse buitenlucht aanzuigen alsook vuile lucht wegvoeren. De ventilatoren kan men in een meubel inwerken waarmee men via de nis in de ruimte de retourlucht aanzuigt en via een verdikte plint tegen de buitenwanden een verse lucht terug inblaast in de ruimte. Door integratie van een elektrische bijverwarming in de kanalen kan men de temperatuur van de inblaaslucht boven de 16 °C houden. Het ventilatiedebiet wordt gestuurd in functie van VOC-sensoren die de luchtkwaliteit meten op basis van een breed spectrum aan parameters zoals CO₂, methaan, ...

4.3 Warmteopwekking

Zoals eerder aangegeven is een lucht-waterwarmtepomp een mogelijke warmteopwekker. Deze opstelling is relatief eenvoudig te integreren in het gebouw en sluit aan bij het huidige principe van verwarming.

Een variatie met geothermische boringen of een geothermische warmtepomp werd eveneens bekeken. Gezien de warmtevraag van het gebouw is een boorveld nodig van 12 boringen tot 150 m diep met een onderlinge afstand van minimaal 5 m. De installatiekost van het boorveld bedraagt maakt dat deze opstelling 46.900 € duurder is dan de opstelling met een lucht-water-warmtepomp. Het is niet zeker dat deze opstelling veel energiezuiniger is dan de opstelling met lucht-water-warmtepompen omdat er belangrijk deel van de warmteproductie plaatsvindt in de tussenseizoenen met bijgevolg een groot thermisch rendement van de lucht-water-warmtepomp.

De opstelling met een klassieke gasketel is eveneens bekeken. Momenteel is geen gas aanwezig in het gebouw. Om dit mogelijk te maken in een net-uitbreiding nodig van 22.212 €. Deze opstelling is ongeveer 11.250 € duurder als de opstelling met een lucht-water warmtepomp. (inclusief de netuitbreiding) De wachttijd voor deze aansluiting alsook de moeilijkheid voor de integratie van de stookplaats met schoorsteen in het monument maken de keuze voor een installatie op aardgas minder evident.

