

Afstudeerscriptie

Werktuigbouwkunde
De Haagse Hogeschool (Delft)

Q.D.W. (Quinten) Mollema

“Het ontwerpen van een all-electric
klimaatinstallatie waarbij het minimale
comfort in een kantoorvoorziening kan worden
gerealiseerd”

Afstudeercoach 1:	May Almuhsinawe
Afstudeercoach 2:	Maurice Kras
Bedrijfsbegeleider:	Jeroen Drijver

Studentnummer: 13099299

Rotterdam, 20 december 2018

Voorwoord

Deze scriptie is geschreven voor de afstudeerstage werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool in Delft. Voor een periode van 17 weken is er een afstudeeropdracht uitgevoerd in Rotterdam bij het bedrijf Croonwolter&dros op de afdeling utiliteit.

Deze scriptie is bedoeld om een duidelijk beeld weer te geven waar ik me 17 weken mee bezig heb gehouden tijdens mijn afstudeerstage. De scriptie is bedoeld voor de Haagse Hogeschool, Croonwolter&dros en geïnteresseerde.

Tot slot wil ik Croonwolter&dros, in het bijzonder Jeroen Drijver en Ricardo Dumont, bedanken voor de uitdagende afstudeerstage en de intensieve en leerzame begeleiding.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	1
INHOUDSOPGAVE	2
SAMENVATTING.....	4
BEGRIPPENLIJST	5
SYMBOLENLIJST	6
INLEIDING	7
PROJECTFASES.....	8
1. ACHTERGROND	10
1.1. CROONWOLTER&DROS	10
1.2. VIER SECTOREN CROONWOLTER&DROS.....	10
1.3. EXPERTISE UTILITEITSBOUW CROONWOLTER&DROS.....	10
2. OPDRACHTOMSCHRIJVING	11
2.1. PROBLEEMSTELLING.....	11
2.2. DOELSTELLING.....	11
2.3. DEELONDERZOEKEN EN -VRAGEN.....	12
2.4. AFBAKENING EN PROJECTGRENZEN	13
3. KLIMAATEISEN VAN HET KANTOORGEBOUW.....	15
3.1. WAT IS HET DOEL VAN HET ONDERZOEKEN VAN KLIMAATEISEN IN EEN KANTOORGEBOUW?	15
3.2. WAT VERSTAAN WE ONDER EEN COMFORTABEL KLIMAAT?	15
3.3. METHODES OM KLIMAATWAARDERING TE BEPALEN	17
3.4. BEPALEN VAN DE KLIMAATKLASSE	18
3.5. CONCLUSIE KLIMAATEISEN	19
4. ONTWERP VAN HET KANTOOR.....	20
4.1. WAT IS HET DOEL VAN HET MAKEN VAN EEN KANTOORONTWERP?	20
4.2. ONTWERPEISEN KANTOORGEBOUW	20
4.3. TYPE, VORM EN AFMETINGEN	21
4.4. CONCLUSIE KANTOORGEBOUW ONTWERP	23
5. VERWARMINGS/KOEL- EN VENTILATIEVERMOGEN KANTOOR BEPALEN	24
5.1. WAT IS HET DOEL VAN HET BEPALEN VAN HET VERWARMINGS- KOEL- EN VENTILATIEVERMOGEN?	24
5.2. WERKRUIMTES, VERGADERRUIMTES EN GANG.....	25
5.3. UITGANGSPUNTEN WARMTEVERLIES- EN KOELLASTBEREKENING	25
5.4. SITUATIESCHETS WARMTEVERLIES BEREKENING PER VERDIEPING	26
5.5. SITUATIESCHETS KOELLAST BEREKENING PER VERDIEPING.....	27
5.6. INVLOEDEN WARMTEVERLIES- EN KOELLAST BEREKENING	28
5.7. RESULTAAT WARMTEVERLIES- EN KOELLASTBEREKENING PER VERDIEPING	29
5.8. RESULTAAT WARMTEVERLIES- EN KOELLASTBEREKENING PER RUIMTE.....	30
5.9. VENTILATIEBEREKENING LUCHTBEHANDELINGSKAST	31
5.10. CONCLUSIE VERWARMINGS- KOEL- EN VENTILATIEVERMOGEN	32
6. KEUZEMATRIX	34
6.1. WAT IS HET DOEL VAN DE KEUZEMATRIX?	34
6.2. MOGELIJKE WARMTE/KOUDE OPWEKKINGS- EN AFGIFTESYSTEMEN	34
6.3. CONCLUSIE KEUZEMATRIX	36
7. KEUZEVERANTWOORDING VOOR DE KLIMAATINSTALLATIE	38
7.1. KEUZEVERANTWOORDING OPWEKKINGSSYSTEEM	39
7.2. VERHOUDING LUCHT/WATER WARMTEPOMP & KOELMACHINE	39

7.3.	KEUZEVERANTWOORDING AFGIFTESYSTEEM	42
7.4.	CONCLUSIE KEUZEVERANTWOORDING VOOR DE KLIMAATINSTALLATIE	45
8.	ONTWERP	45
8.1.	EISEN VOOR BEHAAGLIJKHEID	46
8.2.	3D-ONTWERP VAN ÉÉN VERDIEPING	46
8.3.	WERKRUIJTE.....	47
8.4.	VERGADERRUJME	47
8.5.	VOORDELEN KLIMAATPLAFOND	48
8.6.	PRINCIPESHEMA VERWARMEN	49
8.7.	PRINCIPESHEMA KOELEN.....	50
8.8.	BESCHRIJVING LUCHTBEHANDELINGSKAST	50
9.	ADVIES	52
9.1.	KOSTEN ALL-ELECTRIC VS TRADITIONELE (GAS)INSTALLATIE	52
9.2.	STAKEHOLDERANALYSE.....	55
10.	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN.....	56
	COMPETENTIES VERANTWOORDING	58
	COMPETENTIEPROFIEL.....	58
	STAR-METHODE.....	59
	LITERATUURLIJST	62
	BIJLAGE A: EXTRA GEGEVENS BEHAAGLIJKHEID	65
	BIJLAGE B: KANTOOR SPECIFICATIES	68
	BIJLAGE C: WARMTEVERLIES BEREKENINGEN FORMULES	70
	BIJLAGE D: WARMTEVERLIES BEREKENINGEN RESULTATEN	71
	BIJLAGE E: KOELLAST BEREKENINGEN FORMULES	72
	BIJLAGE F: KOELLASTBEREKENINGEN RESULTATEN	74
	BIJLAGE G: VENTILATIEVERMOGEN BEPALEN	76
	BIJLAGE H: WARMTEVERLIES- EN KOELLAST REKENPROGRAMMA	77
	BIJLAGE I: VOORBEELD KEUZEMATRIX	79
	BIJLAGE J: WENSEN KEUZEMATRIX.....	80
	BIJLAGE K: KEUZEMATRIX WARMTEOPWEKKING EN -AFGIFTE.....	82
	BIJLAGE L: KEUZEMATRIX KOUDEOPWEKKING EN -AFGIFTE.....	83
	BIJLAGE M: GEGEVENS WARMTEPOMP/KOELMACHINE	84
	BIJLAGE N: AFGIFTECALCULATOR WATER VLOERVERWARMING EN -KOELING	87
	BIJLAGE O: PRINCIPESHEMA'S.....	88
	BIJLAGE P: KLIMAATPLAFOND, RADIATOREN EN VLOERVERWARMING	90
	BIJLAGE Q: INVESTERINGS- EN ENERGIEKOSTEN	92
	BIJLAGE R: BEDRIJFSBEOORDELING	93

Samenvatting

In 2015 is er door 194 landen een klimaatakkoord ondertekend om in 2030 de helft minder broeikasgassen uit te stoten dan in 1990. Het toepassen van een gasloze klimaatinstallatie in plaats van een traditionele gasinstallatie draagt bij aan deze vermindering van het uitstoten van broeikasgassen en opwarming van de aarde. De doelstelling van de opdracht is om te kijken welke keuzes in de ontwerpfase genomen moeten worden om een behaaglijk comfortniveau te realiseren bij all-electric klimaatinstallatie aan de hand van de condities van een kantoorgebouw. Hierbij moet een nieuwe (gasloze) klimaatinstallatie ontworpen worden.

Voor dat er naar een ontwerp van een all-electric installatie gekeken kan worden moet eerst duidelijk zijn wat er wordt verstaan onder een comfortabel klimaat en wat hierbij de klimaateisen zijn. De grootste factoren voor deze klimaateisen zijn temperatuur en ventilatie en komen vooral voort uit de bronnen NEN-normen en ISSO-publicaties. Vervolgens is er een (fictief) kantoor gedefinieerd waar de te ontwerpen all-electric klimaatinstallatie gerealiseerd moet worden. Dit kantoor moet voldoen aan de minimale bouw- en isolatie-eisen die vastgelegd zijn Bouwbesluit en ISSO-publicaties. Aan de hand van dit (fictieve) kantoorgebouw zijn warmteverlies-, koellast-, en ventilatieberekeningen uitgevoerd om het maximale benodigde verwarmings- en koelvermogen van de all-electric installatie te bepalen. De warmteverlies- en koellast berekeningen zijn hierna nog een keer gemaakt, maar dit keer als doel om vast te stellen wat het maximale verwarmings- en koelvermogen is per ruimteoppervlak van de verschillende ruimtes in het kantoor. Voor de keuze van een ontwerp is er onderzoek gedaan naar mogelijk opwekkings- en afgiftesystemen. Met behulp van een keuzematrix met wensen zijn deze mogelijke opwekkings- en afgiftesystemen getoetst. Uit de uitkomst van de keuzematrix is voor de opwekkings- en afgiftesystemen een keuzeverantwoording gemaakt wat uitgewerkt is tot een ontwerp. Het all-electric ontwerp bestaat uit een omkeerbare lucht/water warmtepomp voor hoofdverwarming en een elektrische CV-ketel voor de piekmomenten. Voor koeling is er gekozen voor een omkeerbare lucht/water koelmachine. Het voordeel van deze installatie is dat het opwekkingssysteem maar bestaat uit één machine, namelijk een omkeerbare lucht/water warmtepomp/koelmachine. De afgiftesystemen in het kantoor zijn klimaatplafonds en in de ruimtes waar nodig (laagtemperatuur) radiatoren. Van deze opwekkings- en afgiftesystemen zijn principeschema's gemaakt en zijn de componenten beschreven. Tot slot is het all-electric ontwerp vergeleken met een traditionele gasinstallatie op basis van kosten. Hieruit blijkt dat het all-electric ontwerp een hogere investering heeft, maar door de lage energiekosten over een langere periode voordeliger is. De conclusie is dat de toepasbaarheid van een all-electric klimaatinstallatie sterk afhankelijk is van de thermische eigenschappen van het kantoor, het gewenste comfortniveau, de opwekkings- afgiftesystemen en de beschikbare elektrische aansluiting.

Begrippenlijst

In de onderstaande begrippenlijst van Tabel 1 zijn op alfabetische volgorde begrippen uit deze scriptie beschreven.

Tabel 1 'Begrippenlijst'

Begrip	Beschrijving
Analysefase	De fase waarin het probleem en de doelstelling geanalyseerd wordt en nagedacht over methodes om tot de oplossing te komen
COP	Coefficient of Performance; de efficiëntie van een koelmachine of warmtepomp
Detailleringfase	De fase waarin het voorlopig ontwerp en prototype wordt gemaakt
Ontwerpfase	De fase waarin de ideeën en concepten bedenkt en evalueert tot een voorlopig ontwerp
Oriëntatiefase	De fase waarin de context, het probleem, de doelstelling en het literatuuronderzoek wordt behandeld
Realisatiefase	De fase waarin het ontwerp geproduceerd en gerealiseerd wordt
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance; de seizoensgebonden efficiëntie van een koelmachine of warmtepomp

Symbolenlijst

In de onderstaande symbolenlijst in Tabel 2 zijn op alfabetische volgorde symbolen uit deze scriptie beschreven.

Tabel 2 'Symbolenlijst'

Symbool	Betekenis
J	Joule
K	Kelvin
kg	Kilogram
L	Liter
m	Meter
ppm	Parts per million
s	Seconde
TC	Temperatuur controller
TE	Temperatuur emitter
TI	Temperatuur indicator
W	Watt
°C	Graden Celsius
€	Euro

Inleiding

Door 194 landen wereldwijd is er in 2015 in Parijs het klimaatakkoord ondertekend. In dit klimaatakkoord is vastgelegd om de klimaatverandering van de opwarming van de aarde tegen te gaan. De overheid heeft als doel om de uitstoot van broeikasgassen met 49% te verminderen in 2030 ten opzicht van 1990. Om in de installatietechniek de traditionele (gas)installatie te vervangen door een gasloze installatie moet er in de ontwerpfase keuzes worden gemaakt om een minimaal comfortabel niveau te realiseren. Tijdens de afstudeerstage is onderzoek gedaan naar het ontwerpen van een gasloze klimaatinstallatie voor een kantoorvoorziening. De scriptie is opgebouwd uit drie fases: de oriëntatie-, analyse- en ontwerpfase. In deze inleiding wordt besproken welke onderwerpen er per fase wordt behandeld.

In de oriëntatiefase worden de probleem- en doelstelling en de afbakeningen helder gemaakt. Daarnaast zijn er met behulp van literatuurstudie de minimale klimaat- en comfort eisen in een kantoorvoorziening in hoofdstuk 3 vastgelegd.

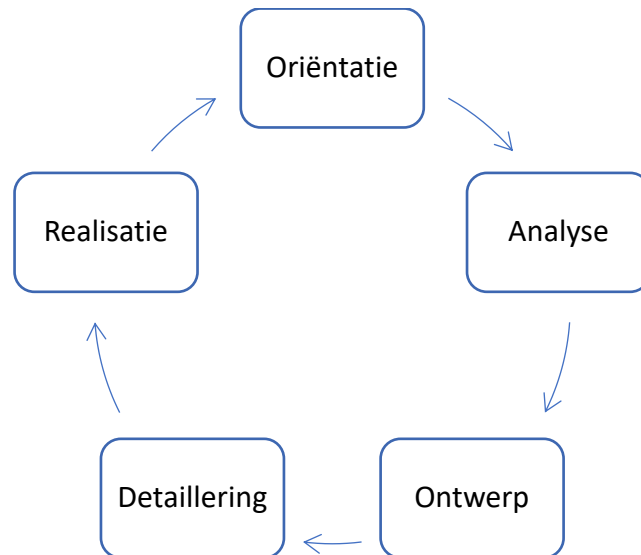
In de analysefase wordt in hoofdstuk 4 de minimale bouweisen voor een kantoorvoorziening behandeld. Aan de hand van deze bouweisen is een (fictief) ontwerp gemaakt van een kantoorpand waarop het ontwerp van de installatie functioneert. Voor dit kantoorpand zijn warmteverlies- en koellast berekeningen gemaakt om het maximale benodigde vermogen te bepalen. Deze warmteverlies- en koellastberekeningen zijn terug te vinden in hoofdstuk 5. Om te onderzoeken wat voor opwekkings- en afgiftesysteem er wordt toegepast voor de installatie is er een keuzematrix gemaakt in hoofdstuk 6. De opwekkings- en afgiftesystemen met de hoogste score uit de keuzematrix zijn vervolgens uitgebreid verantwoord.

In de ontwerpfase zijn de eisen voor een comfortabel behaaglijkheid van het ontwerp weergegeven. Vervolgens zijn er ter verduidelijking 3D-modellen, de voordelen en principeschema's van het ontwerp van de installatie gemaakt. Om een advies te geven over het toepassen van het (gasloze) ontwerp van de klimaatinstallatie zijn de kosten vergeleken met een traditionele (gas)installatie.

Tot slot is er in deze scriptie het gerealiseerde niveau voor de competenties onderzoeken, adviseren en professionaliseren verantwoord.

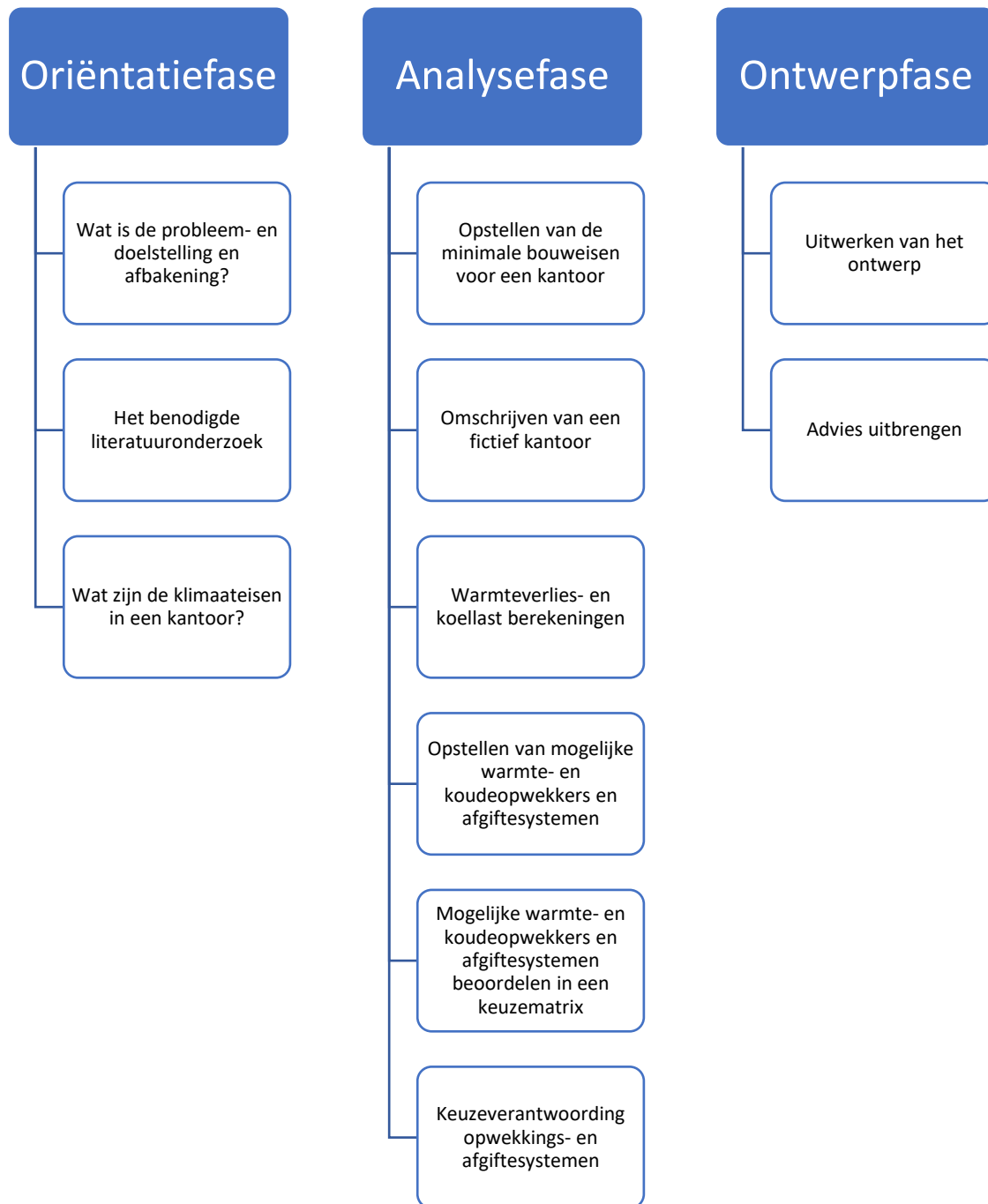
Projectfases

Om de afstudeerstage en het rapport structureel aan te pakken worden de (deel)onderzoeken en (deel)vragen verdeeld in verschillende fases. De vijf fases die worden gebruikt in werktuigbouwkunde zijn oriënteren, analyseren, ontwerpen, detaillering en realiseren (zie onderstaande Figuur 1). De afstudeeropdracht wordt beperkt tot het uitvoeren van de drie eerste fases (oriënteren, analyseren en ontwerpen).



Figuur 1 'Projectfases'

In Figuur 2 op de volgende bladzijde zijn de drie uit te voeren fases met bijbehorende (deel)onderzoeken en (deel)vragen weergegeven.



Figuur 2 'Oriëntatie, analyse en ontwerpfase'

Oriëntatiefase

1. Achtergrond

Om een beeld te krijgen van Croonwolver&dros wordt er in dit hoofdstuk kort de achtergrond van het bedrijf beschreven.

1.1. Croonwolver&dros

Croonwolver&dros is een bedrijf al meer dan 140 jaar actief in de techniek. Croonwolver&dros is een fusie van twee bedrijven: Croon en Wolter & Dros. Croon was een bedrijf gespecialiseerd in elektrotechniek en de automatisering. Wolter & Dros was gespecialiseerd in werktuigbouwkunde en meet- en regeltechniek. Tegenwoordig opereren de twee bedrijven tot één bedrijf genaamd: Croonwolver&dros.

1.2. Vier sectoren Croonwolver&dros

Croonwolver&dros is met een omzet van 550 miljoen en 3000 werknemers het grootste bedrijf in elektrotechniek, werktuigbouwkunde, automatisering en informatisering van Nederland.

Croonwolver&dros is onderverdeeld in de onderstaande vier sectoren:

- Utiliteitsbouw
- Industrie
- Infra
- Marine & Offshore

Tijdens de afstudeerperiode zal de stagiair de stageopdracht uitvoeren op de afdeling 'Utiliteitsbouw'.

1.3. Expertise utiliteitsbouw Croonwolver&dros

De stagiair zal 17 weken lang de opdracht uitvoeren op de afdeling utiliteitsbouw. Croonwolver&dros doet al 140 jaar projecten in de utiliteitsbouw. Het bedrijf doet onder andere projecten waarbij het volledig verantwoordelijk is voor de installatietechniek in grote panden zoals datacenters, kantoren, laboratoria, scholen en ziekenhuizen. Met volledig verantwoordelijk wordt bedoeld dat Croonwolver&dros een installatie adviseert, ontwerpt, bouwt en onderhoud pleegt. Naast comfort en veiligheid van het uit te voeren project, staat ook duurzaamheid en groene energie hoog als prioriteit bij Croonwolver&dros. De stageopdracht die de stagiair uitvoert zal bijdragen aan een stap vooruit in de toekomst van Croonwolver&dros. Het bedrijf krijgt steeds vaker de vraag om een klimaatinstallatie van deels gas, volledig te voorzien van 'all-electric'. In de opdrachtomschrijving wordt beschreven hoe de stap vooruit gerealiseerd zal worden.

2. Opdrachtomschrijving

Om een goed beeld te krijgen van de afstudeerstage is in dit hoofdstuk de afstudeeropdracht omschreven. De opdrachtomschrijving bestaat uit een probleem- en doelstelling, de projectgrenzen/afbakening en de (deel)onderzoeksvragen.

2.1. Probleemstelling

In 2015 is in Parijs is er door 194 andere landen een klimaatakkoord ondertekend. Ook Nederland ondertekende dat akkoord en stemde daarmee in de opwarming van de aarde beperken tot ruim 2 °C. In 2030 willen we wereldwijd bijna de helft (49%) minder broeikasgassen uitstoten dan in 1990. Het toepassen van een 'gasloze' klimaatinstallatie in een kantoorvoorziening in plaats van een traditionele gasgestookte klimaatinstallatie draagt bij aan de vermindering van de opwarming van de aarde.

Het gevolg van het toepassen van een 'gasloze' klimaatinstallatie is dat er een andere installatie ontworpen moet worden, die voldoet aan de klimaateisen en toepasbaar is aan de hand van de condities van het kantoor.

De probleemstelling luidt: wat voor nieuwe klimaatinstallatie moet er ontworpen worden als er wordt overgestapt van gas naar gasloos in een kantoorgebouw?

2.2. Doelstelling

Het overschakelen van gas naar all-electric heeft invloed op het kunnen toepassen van klimaatsystemen en klimaatwensen binnen een kantoor. Om deze klimaatwensen te kunnen realiseren moet er een nieuw ontwerp worden gemaakt voor de installatie.

De doelstelling is om te kijken welke keuzes in de ontwerpfase genomen moeten worden om een behaaglijk comfortniveau te realiseren van een all-electric klimaatinstallatie aan de hand van de condities van een kantoorgebouw. Hierbij moet dus een all-electric klimaatinstallatie ontworpen worden.

2.3. Deelonderzoeken en -vragen

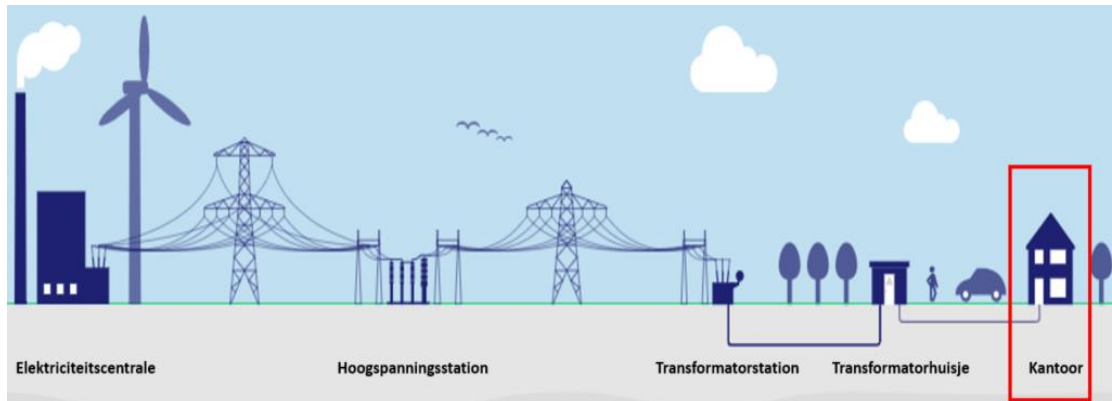
Om de doelstelling te bereiken zijn er deelonderzoeken- en vragen opgesteld. Alle deelonderzoeken- en vragen zijn terug te vinden in Figuur 2. De belangrijkste deelvragen van het onderzoek zijn onderstaand in Figuur 3 genoteerd. Ook zijn de hoofdstuknummer(s) dat antwoord geeft op deze deelvraag weergegeven.



Figuur 3 'Deelvragen'

2.4. Afbakening en projectgrenzen

Om duidelijk te krijgen wat wel en niet tot de opdracht hoort, worden in dit hoofdstuk de projectgrenzen en afbakening vastgesteld. In de onderstaande Figuur 4 is in een rood kader de scope (globaal) van het onderzoek weergegeven



Figuur 4 'Scope afbakening'

Omdat deze scope beter te definiëren en scherp te stellen wat wel en niet tot het onderzoek behoort, is er per onderwerp puntsgewijs genoteerd wat wel en niet tot het onderzoek behoort. Dit is onderstaand weergegeven.

Elektrotechnische aspecten

- Bij het overschakelen van gas naar all-electric zijn er gevolgen voor de elektrotechnische specificaties, hier hoeft de student zich niet mee bezig te houden.
- Er wordt gekeken 'tot de voordeur van het kantoor', dus niet naar bijvoorbeeld het volledige elektriciteitsnetwerk van de stad (zie Figuur 4).

Warmteverlies- en koellastberekeningen

- Voor zonlicht is het globale (gemiddelde) zonlicht genomen in de zomer. Er is geen rekening gehouden met direct/difфуus zonlicht, oriëntatie of zonwering. Dit omdat het te gecompliceerd en niet relevant genoeg voor de periode van dit onderzoek is.
- Alle warmteverlies/koellast- en ventilatieberekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van een (beschreven) fictieve kantoorontwerp.
- Tussen de verdiepingen en ruimtes vindt geen transmissie plaats. Dit komt omdat er geen energiestroom plaatsvindt tussen de ruimtes.
- Bij de warmteverlies berekening is er geen rekening gehouden met de opwarmtoeslag van het kantoor.
- Bij de intere warmteproductie verstaan we onder apparatuur een laptop, er wordt geen rekening gehouden met koffiezetapparaten, printers etc.

Vermogen

- Als het ontwerp meer elektrisch vermogen vraagt dan de elektrische voorziening kan leveren, valt dit buiten het onderzoek.
- Er wordt geen grens gesteld aan het maximaal elektrisch vermogen dat gebruikt kan worden voor de installatie.

Opslag

- Er wordt niet gekeken naar de opslag van de elektriciteit en van energie.

Ontwerp

- Er is geen diepgaand onderzoek gedaan naar de specifieke werking van de verschillende opwekkings- en afgiftesystemen.
- Er is geen onderzoek gedaan naar de elektrische aansluiting van de elektrische CV-ketel, warmtepomp, koelmachine, klimaatplafonds en radiatoren.
- Er is geen onderzoek gedaan naar de schakeling van de warmtepomp wanneer deze omschakelt naar een koelmachine (winter- en zomergebruik).
- Voor het aantal draaiuren van de installatie is er uitgegaan van 2000 vollasturen per jaar.

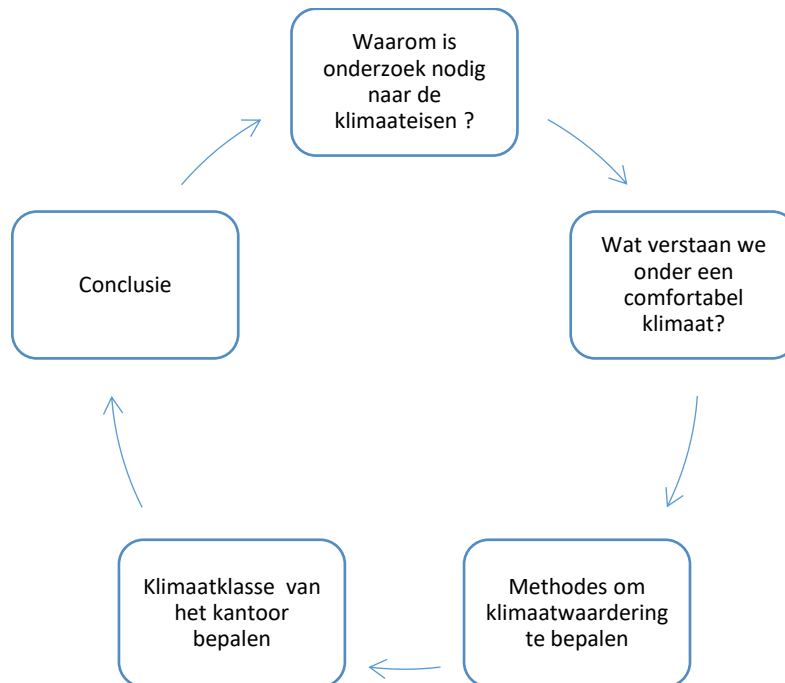
Kosten

- De kosten voor elektrische voeding zijn niet mee genomen.
- Er is geen onderzoek gedaan naar de onderhoudskosten.
- Er is geen onderzoek gedaan naar de kosten van een luchtbehandelingskast, leidingwerk, regelkleppen, koelbatterijen, sensors, buffervat, installeren etc.

3. Klimaateisen van het kantoorgebouw

Voor er eisen aan het ontwerp van het kantoorgebouw kunnen worden gesteld moeten eerst de klimaateisen in een kantoor worden vastgelegd. De klimaateisen van het kantoor zijn de eisen die gehanteerd moeten worden om een comfortabel, behaaglijk en gezond klimaat te realiseren. De deelvraag van dit hoofdstuk is: "Wat zijn de minimale klimaateisen in een kantoor?"

In het onderstaande Figuur 5 is weergegeven wat er in dit hoofdstuk besproken wordt.



Figuur 5 'Opbouw onderzoek klimaateisen'

3.1. Wat is het doel van het onderzoeken van klimaateisen in een kantoorgebouw?

In dit hoofdstuk wordt er onderzoek gedaan naar de klimaateisen van het kantoorgebouw. Dit is nodig omdat er bij het maken van een ontwerp van een installatie minimaal aan deze klimaateisen voldaan moet worden. Daarom wordt er onderzocht welke eisen van belang zijn en welke waarden en getallen hierbij horen.

3.2. Wat verstaan we onder een comfortabel klimaat?

In deze paragraaf wordt uitgelegd wat we onder een comfort klimaat verstaan. Later in dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe bepaald kan worden of het klimaat ook echt comfortabel is.

Bij het realiseren van een comfortabel klimaat zijn er drie factoren van groot belang: de temperatuur (niet te hoog/laag), de ventilatie (geen tocht) en de luchtvochtigheid (geen droge lucht) .

3.2.1. Comfort: temperatuur

Om een comfortabel binnenklimaat te realiseren in een kantoor mag de temperatuur niet te hoog en niet te laag zijn. Tijdens de oriëntatiefase is er onderzoek gedaan naar de minimale eisen en wensen van de temperaturen in het binnenklimaat van het gebouw. In de onderstaande Tabel 3 zijn de relevante eisen met betrekking tot temperatuur weergegeven en welke bronnen hiervoor zijn gebruikt. De bronnen zijn volledig terug te vinden in de literatuurlijst.

Tabel 3 'Temperatuur comfort'

Temperatuur eis	Waarde	Bron
Binnenklimaat zomer	Max. 24 °C	VABI Handleiding
Binnenklimaat winter	Min. 20 °C	ISSO-publicatie 53
Max. temperatuurgradiënt (hoofd – voeten)	< 2 °C	NEN-ISO 7730
Vloertemperatuur	19 – 29 °C	NEN-ISO 7730

3.2.2. Comfort: ventilatie & luchtvochtigheid

Om een comfortabel binnenklimaat te realiseren in een kantoor mag er geen sprake zijn van tocht klachten onder de werknemers. De tocht hangt af van de ventilatie, inblaassnelheid, inblaastemperatuur etc. Ook moet de luchtvochtigheid in de ruimte niet te droog zijn. In de onderstaande Tabel 4 is weergegeven welke eisen¹ en bijbehorende waarden er gerealiseerd moeten worden voor de ventilatie en luchtvochtigheid.

Tabel 4 'Ventilatie comfort'

Ventilatie eis	Waarde	Bron
Min. ventilatiecapaciteit	6,5 dm ³ /s per persoon	Bouwbesluit Online 2012
Min. inblaastemperatuur	14 °C	ISSO-publicatie 11
Max. inblaastemperatuur	12 °C hoger dan ruimtetemperatuur	ISSO-publicatie 40
Uitblaassnelheid	2,5 – 3,8 m/s	ISSO-publicatie 33
Max. gemiddelde lichtsnelheid zomer	≤ 0,12 m/s	NEN-ISO 7730
Max. gemiddelde lichtsnelheid winter	≤ 0,10 m/s	NEN-ISO 7730
Relatieve vochtigheid	40 – 60%	ISSO-publicatie 33

¹ De eisen die gelden voor een binnenklimaat van een kantoorvoorziening

3.3. Methodes om klimaatwaardering te bepalen

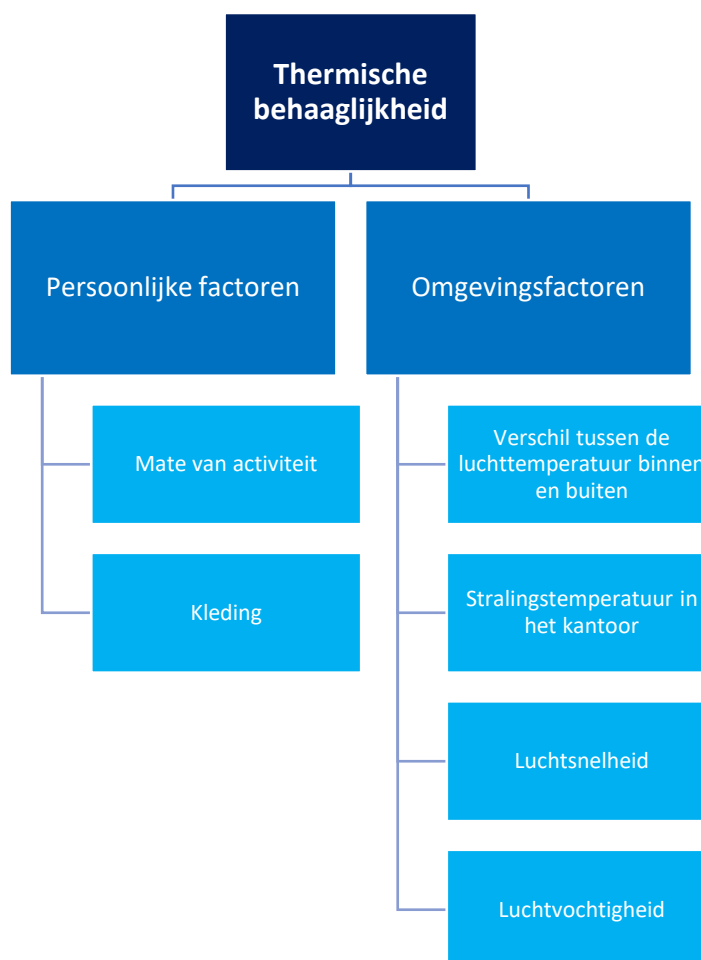
Elk persoon is anders en ervaart een klimaat anders. Om de thermische behaaglijkheid in een kantoor te bepalen zijn er twee methode die gebruikt worden:

- **Predicted Mean Vote (PMV)**
 - Dit is terug te vinden in bijlage A
- **Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)**
 - Dit is terug te vinden in bijlage A

3.3.1. Thermische behaaglijkheid

Als we over een comfort naar wens spreken in een kantoor hebben we het over behaaglijkheid. Thermische behaaglijkheid is een toestand waarin de mens tevreden is over zijn thermische omgeving en geen voorkeur heeft voor een warmere of koudere omgeving.

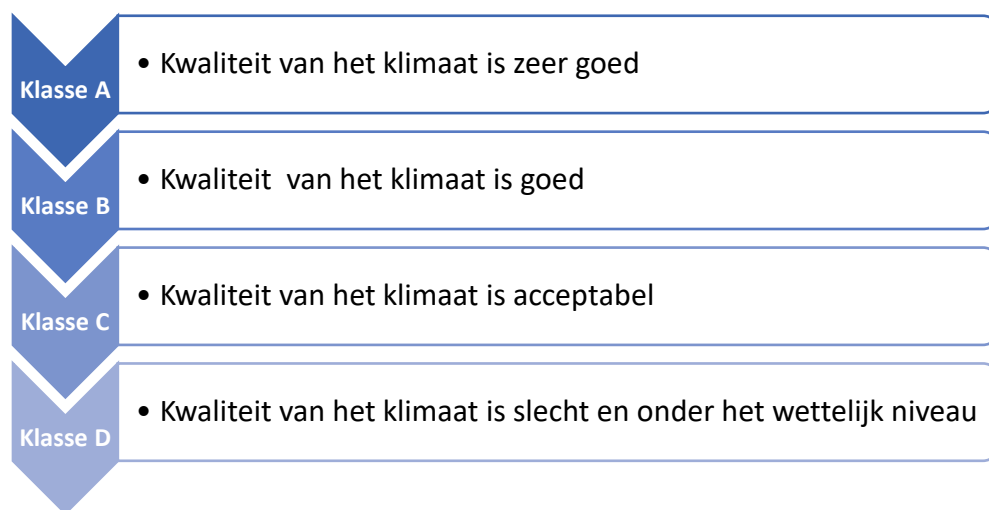
Thermische behaaglijkheid is afhankelijk van de onderstaande factoren uit Figuur 6:



Figuur 6 'Factoren thermische behaaglijkheid'

3.4. Bepalen van de klimaatklasse

In deze paragraaf wordt de klimaatklasse van het kantoor van het onderzoek bepaald. De kwaliteit van een klimaat van een kantoor wordt uitgedrukt in een klimaatklasse. Een klimaat in een kantoor wordt verdeeld in de onderstaande klasse zoals weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7 'Beschrijving klimaatklasse'

De eis is dat de klimaatklasse van een minimaal wettelijk comfortniveau moet zijn; daarom wordt klimaatklasse D buiten beschouwing gelaten.

3.4.1. Algemene comfort klasse

De verschillende klimaatklasse bepalen het algemene comfort van het kantoor. In de onderstaande Tabel 5 is weergegeven wat de grenzen zijn van comfort ten opzichte van de klimaatklasse.

Tabel 5 'Bijbehorende gegevens klimaatklassen'

	Klimaatklasse A	Klimaatklasse B	Klimaatklasse C
PDD	< 6%	< 10%	< 15%
PMV	-0,2 < PMV < +0,2	-0,5 < PMV < +0,5	-0,7 < PMV < +0,7
PDD door tocht	< 15%	< 20%	< 25%
Verticale temperatuurgradiënt	< 3 K	< 5 K	< 10 K
Warmte/koude vloer	< 10%	< 10%	< 15%

Overige informatie over de klimaatklasse met betrekking tot luchtsnelheid, alpha- en bètaklimaat, en keuze van A, B of C-klimaat zijn terug te vinden in bijlage A.

3.5. Conclusie klimaateisen

De deelvraag van dit hoofdstuk luidt als volgt: “Wat zijn de minimale klimaateisen in een kantoor?” In deze paragraaf wordt deze vraag beantwoord en waar deze resultaten terug te vinden zijn.

In het bovenstaande hoofdstuk is beschreven wat voor klimaateisen er gelden in een kantoor. Deze klimaateisen zijn vooral gebaseerd op het comfort en behaaglijkheid van de gebruikers in het kantoor, waarbij temperatuur en ventilatie de belangrijkste factoren zijn. Of het comfort en behaaglijkheid naar wens is, wordt gemeten door het bepalen van de Predicted Mean Vote (PMV) en de Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) (bijlage A).

De uiteindelijke klimaateisen voor temperatuur en ventilatie die gelden voor een kantoor zijn terug te vinden in:

Tabel 3 'Temperatuur comfort'

Tabel 4 'Ventilatie comfort'

De PMV en PDD die horen bij de klimaatklassen A, B en C zijn terug te vinden in:

Tabel 5 'Bijbehorende gegevens klimaatklassen'

Analysefase

4. Ontwerp van het kantoor

Om een ontwerp te maken van een (gasloze) klimaatinstallatie moet eerst een (fictief) kantoor worden gedefinieerd. Dit kantoor is door de student opgesteld en moet voldoen aan de minimale eisen die zijn in Bouwbesluit 2012 zijn gesteld. In dit hoofdstuk worden de bouweisen, het ontwerp van het (fictieve) kantoor, de afmetingen, afbakeningen en andere grenzen besproken. De deelvraag van dit hoofdstuk is: "Wat voor kantoorgebouw wordt er gedefinieerd?"

4.1. Wat is het doel van het maken van een kantoorontwerp?

Het ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie moet gelden voor een (fictief) kantoorgebouw. Om deze reden wordt in dit hoofdstuk het ontwerp van het kantoor beschreven. Dit kantoorgebouw is in samenwerking met de opdrachtgever ontworpen. Aan de hand van dit kantoor worden de warmteverlies- en koellast berekeningen uitgevoerd en wordt het ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie gemaakt.

4.2. Ontwerpeisen kantoorgebouw

Om een kantoorgebouw te ontwerpen moeten eerst de minimale ontwerpeisen worden gedefinieerd. Het doel is om de ontwerpeisen vast te stellen die later van belang zijn voor het maken van transmissie- en koellastberekeningen.

Bouwbesluit

De ontwerpeisen van het kantoorgebouw zijn terug te vinden in Bouwbesluitonline 2012. In het bouwbesluit staan de eisen waar een kantoorgebouw minimaal aan moet voldoen. Om de installatie te ontwerpen zijn er dus de minimale ontwerpeisen uit Bouwbesluit gehanteerd. In de onderstaande Tabel 6 'Ontwerpeisen kantoor' zijn de minimale ontwerpeisen voor een kantoor weergegeven.

Tabel 6 'Ontwerpeisen kantoor'

Ramen (U-waarde)	Waarde	Eenheid
HR++	1,10	[W/m ² ·K]
Isolatie (RC-waarde)	Waarde	Eenheid
Buitenmuren	4,5	[m ² ·K/W]
Begane grond	3,5	[m ² ·K/W]
Dak	6	[m ² ·K/W]
Temperatuur	Waarde	Eenheid
Buiten ontwerp temperatuur winter ²	-10	°C
Buiten ontwerp temperatuur zomer ³	30	°C

² Eis maximale temperatuur binnenklimaat in de winter, ISSO-publicatie 33

³ Aanneمة uit een klimaatjaar, Croonwolter&dros

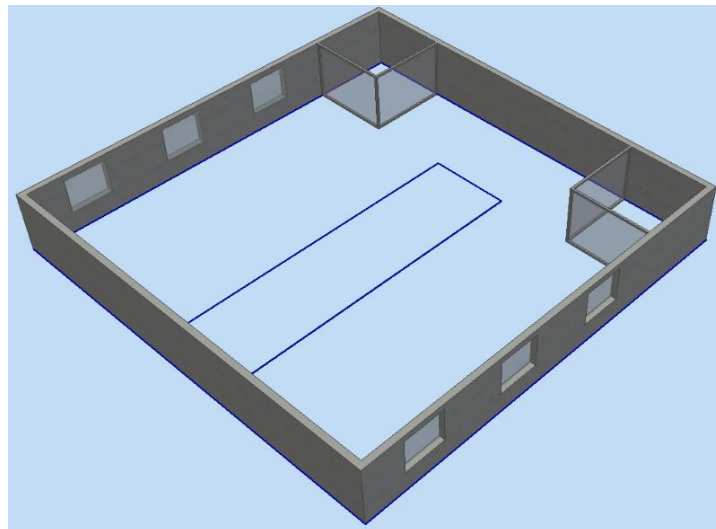
4.3. Type, vorm en afmetingen

Op basis van de minimale ontwerpeisen van het kantoorgebouw is een ontwerp gemaakt voor een (fictief) kantoor. In dit fictieve kantoor is later in dit rapport het ontwerp van de installatie op gebaseerd.

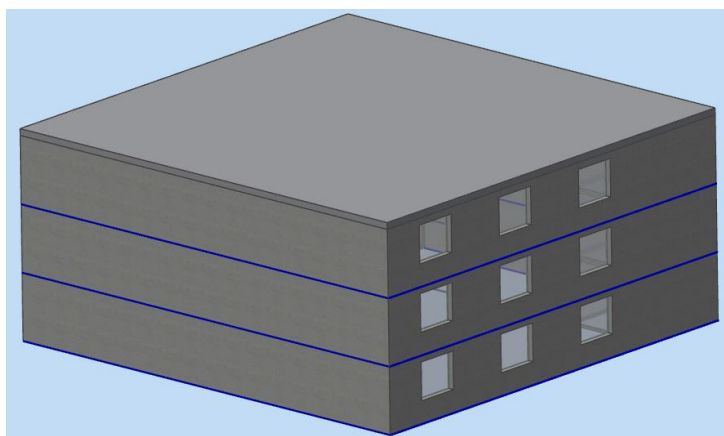
Het kantoor is een (nieuwbouw) pand bestaande uit een begane grond en 2 verdiepingen. De verdiepingen zijn qua afmetingen en indeling identiek. Een verdieping bestaat uit de volgende ruimtes:

- 3 werkruimtes
- 2 vergaderruimtes
- Een gang
- 3 ramen aan de oostkant
- 3 ramen aan de westkant

In de onderstaande figuren 8 en 9 is het kantoorpand en een enkele verdieping in 3D-aanzicht weergegeven. Hier zijn de ramen, de gang en vergaderruimtes te zien.

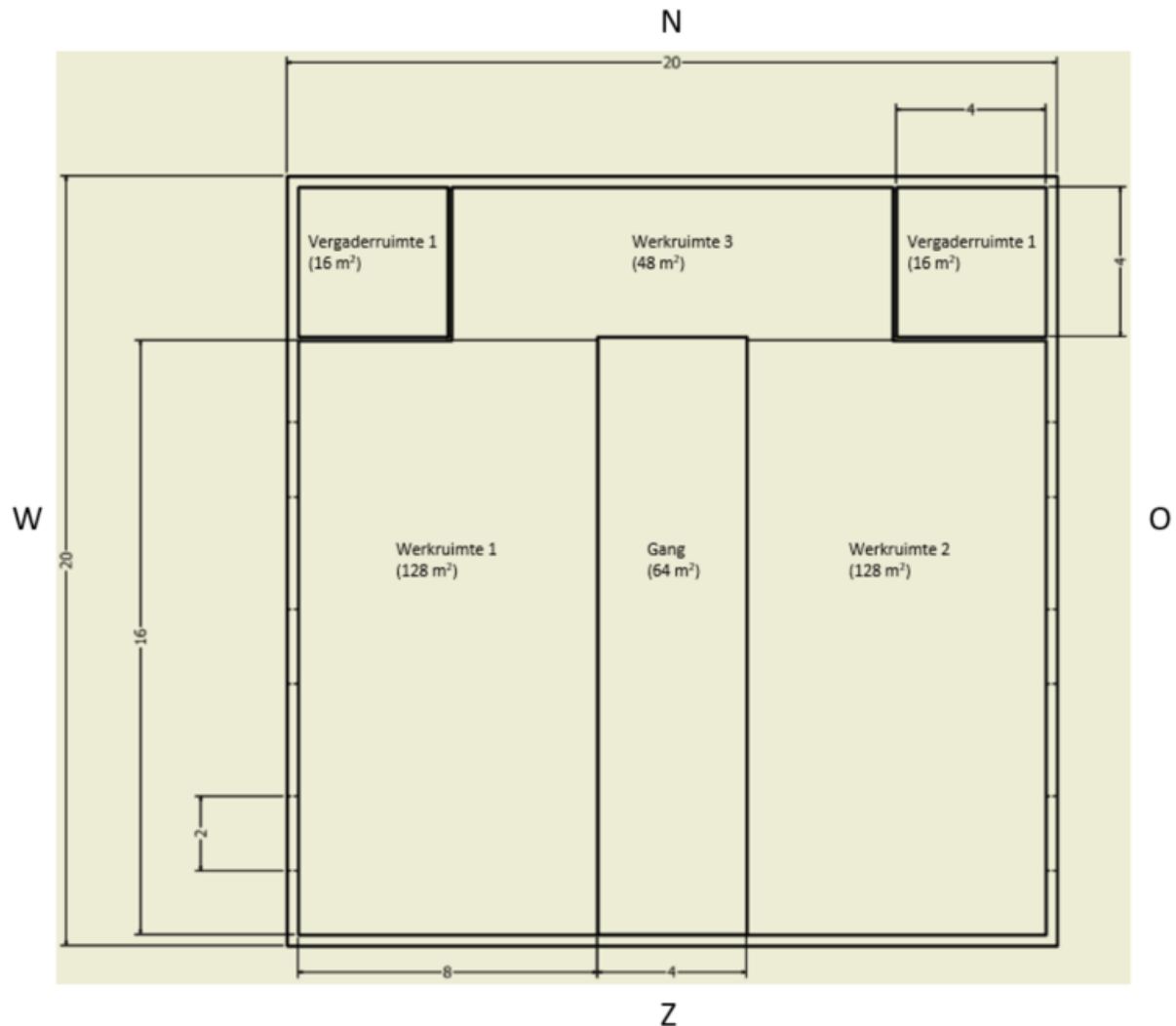


Figuur 8 'Ontwerp één verdieping kantoor'



Figuur 9 'Ontwerp totaal kantoor'

In het onderstaande Figuur 10 is een plattegrond weergegeven van één verdieping. Hier zijn de 3 werkruimtes weergegeven, de twee vergaderruimtes en de gang. Het gaat hier om een bovenaanzicht. De afmetingen zijn weergegeven in meters. Overige afmetingen van het ontwerp zijn terug te vinden in bijlage B.



Figuur 10 'Afmetingen verdieping'

Persoonsbezetting

Om te weten hoeveel werknemers er in het kantoor kunnen is er onderzoek gedaan naar de eis voor de maximale persoonsbezetting in het kantoor. Uit de berekeningen volgt dat de maximale persoonsbezetting per verdieping 38 personen is. Voor het totale kantoor is de maximale persoonsbezetting 114 personen verdeeld over drie verdiepingen.

De berekeningen en verdere toelichting over de maximale persoonsbezetting zijn terug te vinden in bijlage B.

4.4. Conclusie kantoorgebouw ontwerp

De deelvraag in dit hoofdstuk luidt als volgt: “Wat voor kantoorgebouw wordt er gedefinieerd?”
In deze paragraaf wordt deze deelvraag behandeld.

Voor er een ontwerp van een (all-electric) klimaatinstallatie gemaakt wordt moet eerst helder zijn om wat voor kantoor het gaat. Het fictieve kantoor dat is opgesteld moet daarbij voldoen aan de minimale bouweisen In de bovenstaande paragrafen is beschreven dat het ontwerp bestaat uit een kantoorvoorziening van 3 verdiepingen met werk- en vergaderruimtes. Ook is aan de hand van het ontwerp van het kantoor bepaald hoe groot de persoonsbezetting maximaal mag zijn.

Persoonsbezetting in het kantoor zijn terug te vinden in:

Tabel 25 'Persoonsbezetting'

Vorm, afmetingen en ontwerp van het kantoor zijn terug te vinden in:

Figuur 8 'Ontwerp één verdieping kantoor'

Figuur 9 'Ontwerp totaal kantoor'

Figuur 10 'Afmetingen verdieping'

5. Verwarmings/koel- en ventilatievermogen kantoor bepalen

In het onderstaande Figuur 11 is de opbouw van dit hoofdstuk weergegeven. De deelvraag van dit hoofdstuk is: “Wat is het resultaat van het bepalen van het verwarmings- koel- en ventilatievermogen?”



Figuur 11 'Opbouw verwarmings/koel- en ventilatievermogen'

5.1. Wat is het doel van het bepalen van het verwarmings- koel- en ventilatievermogen?

Het doel van het bepalen van het verwarmings- en koelvermogen is om te onderzoeken met welk vermogen er maximaal verwarmd of gekoeld moet kunnen worden om een comfortabel klimaat te realiseren. Aan de hand van het maximaal benodigde verwarmings- en koelvermogen kan er later een ontwerp worden gemaakt. Het doel van het bepalen van het vermogen van de luchtbehandelings kast is nodig om vast te stellen hoeveel vermogen er nodig is ten behoeve van ventilatielucht.

5.2. Werkruimtes, vergaderruimtes en gang

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 bestaat het kantoor uit drie verdiepingen met werkruimtes (1,2,3) vergaderruimte (1,2) en een gang. De vergaderruimtes zijn afgeschermd door glazen muren en hebben geen ramen. Om het maximale verwarmings- en koelvermogen voor het kantoor te bepalen moet voor elke ruimte van de verdiepingen een warmteverlies- en koellast berekening worden gemaakt. De verdeling van de ruimtes per verdieping zijn terug te vinden in Figuur 10.

5.3. Uitgangspunten warmteverlies- en koellastberekening

In de onderstaande Tabel 7 zijn de uitgangspunten van de warmteverlies- en koellastberekeningen weergegeven. De Rc- en U-waarde komen voort uit te minimale eis uit Bouwbesluit.

Tabel 7 'Uitgangspunten'

	Waarde	Eenheid	Bron
Rc-waarde			
Muren	4,5	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	Bouwbesluit 2012
Dak	6	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	Bouwbesluit 2012
Vloer	3,5	$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	Bouwbesluit 2012
U-waarde			
Raam (HR++)	1,1	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$	ISSO-publicatie 33
Interne warmteproductie			
Warmteafgifte persoon	100	W	ISSO-publicatie 32
Warmteafgifte laptop	30	W	ISSO-publicatie 32
Warmteafgifte verlichting	8	W/m^2	ISSO-publicatie 32
Infiltratie			
Luchtvolumestroom ⁴	0,00103	$\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$	ISSO-publicatie 53
Zontoetreding			
Globale zonstraling ⁵	143,7	W/m^2	ISSO-Handboek zonnestraling en zontoetreding
ZTA	0,55	[-]	ISSO-Handboek zonnestraling en zontoetreding
Koellastberekening			
Buitentemperatuur ⁶	30	$^{\circ}\text{C}$	NEN-5060
Binnentemperatuur ⁷	24	$^{\circ}\text{C}$	VABI-Elements Handleiding
Warmteverlies berekening			
Buitentemperatuur ⁸	-10	$^{\circ}\text{C}$	ISSO-publicatie 53
Binnentemperatuur ⁹	20	$^{\circ}\text{C}$	ISSO-publicatie 53

⁴ Geldt voor een gebouwhoogte van 6 – 20 meter (incl. beglazing en deuren)

⁵ Geldt voor gemiddelde directe normale zonnestraling in Augustus

⁶ Klimaatjaar RA2008EN, NEN-5060

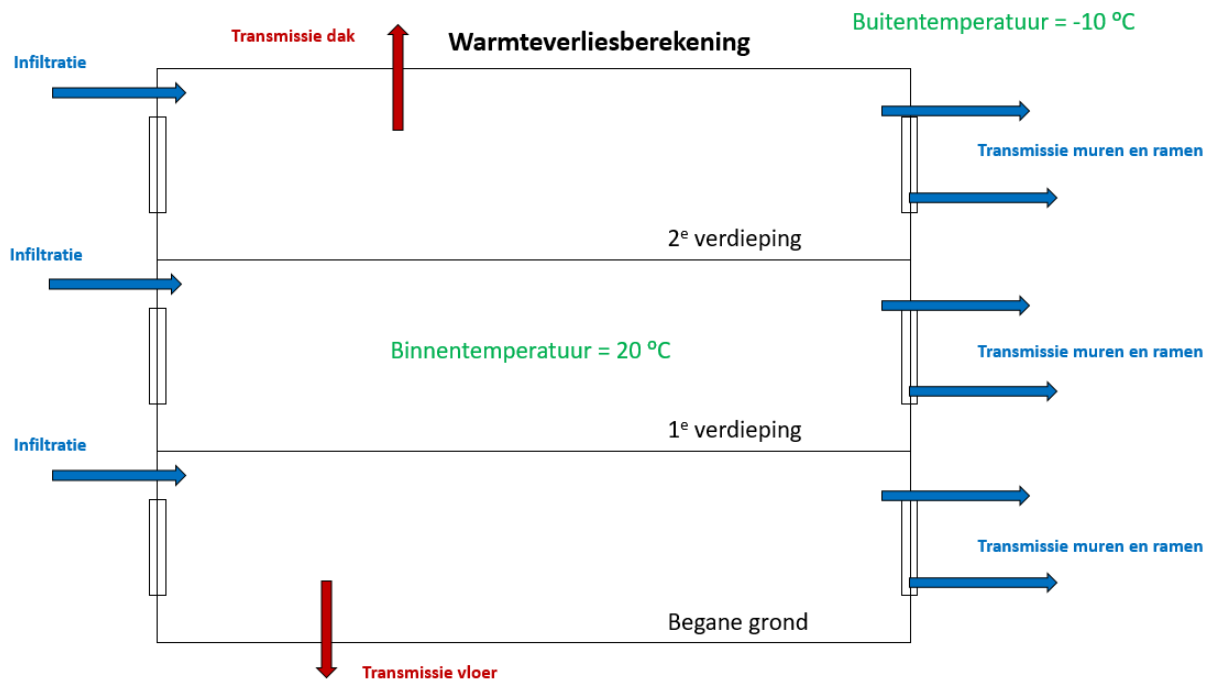
⁷ Eis maximale temperatuur van het binnenklimaat in de zomer

⁸ Eis minimale basisontwerp buitentemperatuur in de winter

⁹ Eis minimale temperatuur van het binnenklimaat in de winter

5.4. Situatieschets warmteverlies berekening per verdieping

Het kantoor bestaat uit drie verdiepingen met identieke ruimtes. Echter heeft niet elke verdieping hetzelfde warmteverlies. In het onderstaande Figuur 12 is te zien welke verdieping met welke factoren rekening dient te houden in de warmteverlies berekening.



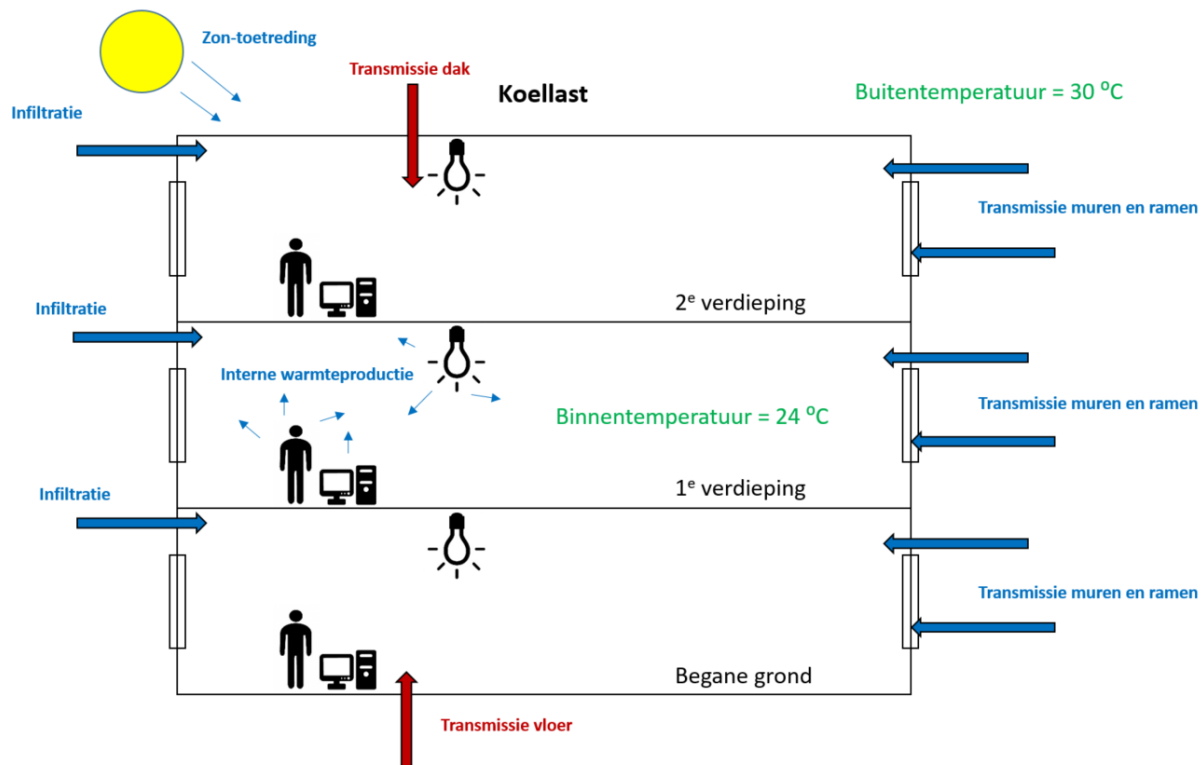
Figuur 12 'Situatieschets warmteverlies berekening'

In de bovenstaande Figuur 12 is te zien dat elke verdieping te maken heeft met infiltratie en transmissie door de muren/ramen (**blauwe pijlen**), maar dat de begane grond en de 2^e verdieping ook transmissie hebben door de vloer/dak (**rode pijlen**). Tussen de verdiepingen vindt geen transmissie plaats omdat elke ruimte op de verdieping dezelfde temperatuur heeft.

Om deze reden moet er op verdiepingsniveau bekeken worden welke verdieping het grootste verwarmingsvermogen nodig heeft, wat voortkomt uit de warmteverlies berekening. Aan de hand van deze warmteverlies berekening wordt vervolgens in hoofdstuk 5 een warmteverlies berekening gemaakt op ruimteniveau (werkruimtes, vergaderruimtes en gang).

5.5. Situatieschets koellast berekening per verdieping

Het kantoor bestaat uit drie verdiepingen met identieke ruimtes. Echter heeft niet elke verdieping dezelfde koellast. In het onderstaande Figuur 13 is te zien welke verdieping met welke factoren rekening dient te houden in de koellast berekening.



Figuur 13 'Situatieschets koellast berekening'

In de bovenstaande Figuur 13 is te zien dat elke verdieping te maken heeft met infiltratie, interne warmteproductie, transmissie door de muren/ramen en zontoetreding¹⁰ (blauwe pijlen). Echter hebben de begane grond en 2^e verdieping ook nog transmissie door het dak/vloer.

Net als bij de warmteverlies berekening moet er eerst op verdiepingsniveau bekeken worden welke verdieping het grootste koelvermogen nodig heeft, wat voorkomt uit de koellastberekening. Aan de hand van deze koellastberekening wordt vervolgens in hoofdstuk 5 een koellastberekening gemaakt op ruimteniveau (werkruimtes, vergaderruimtes en gang).

¹⁰ Hierbij is uitgegaan van gemiddelde globale zonnstraling in Augustus, zie uitgangspunten hoofdstuk 5.3

5.6. Invloeden warmteverlies- en koellast berekening

In deze paragraaf wordt beschreven met welke invloeden er voor de warmteverlies- en koellastberekening wordt gerekend.

5.6.1. Invloeden bij warmteverlies berekening

In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe de transmissie van de muren/ramen/vloer/dak en de infiltratie invloed hebben op de warmteverlies berekening van het kantoor. De uitgangspunten van de warmteverlies berekeningen zijn terug te vinden in Tabel 7 'Uitgangspunten'.

Transmissie muren/ramen/vloer/dak

In het kantoor gaat er energie verloren doordat de warmte van binnen het kantoor (20°C) naar buiten gaat (-10 °C) via transmissie door de muren/ramen/vloer en dak. Hoe groot de transmissie is hangt af van de warmtedoorgangscoefficient van de muren/ramen/dak/vloer, het oppervlakte en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten.

Infiltratie

Behalve warmteverlies door transmissie is er ook warmteverlies door infiltratie. Het infiltratieverlies is het gevolg van wind die op het kantoor staat en binnendringt in het kantoor. De lucht die binnendringt gaat via naden en kieren in de schil van het kantoor. Er is infiltratie van buiten (-10 °C) naar binnen (20 °C). De berekeningen en formules van de warmteverlies berekeningen (transmissie en infiltratie) zijn terug te vinden in bijlage C. De resultaten van de transmissie en infiltratie zijn terug te vinden in bijlage D.

5.6.2. Invloeden bij koellastberekening

In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe de transmissie, infiltratie, zontoetreding en interne warmteproductie (personen/apparatuur/verlichting) invloed hebben op de koellastberekening van het kantoor. De uitgangspunten van de koellast berekeningen zijn terug te vinden in Tabel 7.

Transmissie muren/ramen/vloer/dak

In het kantoor wordt er energie 'gewonnen' doordat de warmte van buiten het kantoor (30 °C) naar binnen gaat (24 °C) via transmissie door de muren/ramen/dak en vloer. Hoe groot de transmissie is hangt af van de warmtedoorgangscoefficient, het oppervlakte en het temperatuursverschil tussen buiten en binnen.

Infiltratie

Behalve 'warmteontwikkeling' door transmissie is er ook 'warmteontwikkeling' door infiltratie. De infiltratie is het gevolg van wind die op het kantoor staat en binnendringt in het kantoor. De lucht die binnendringt, gaat via naden en kieren in de schil van het gebouw. De isolatie van het gebouw bepaald hoeveel lucht er door de gaten en kieren gaat en dus hoe groot de infiltratie is. Er is dus infiltratie van buiten (30 °C) naar binnen (24°C).

Zontoetreding (globaal)

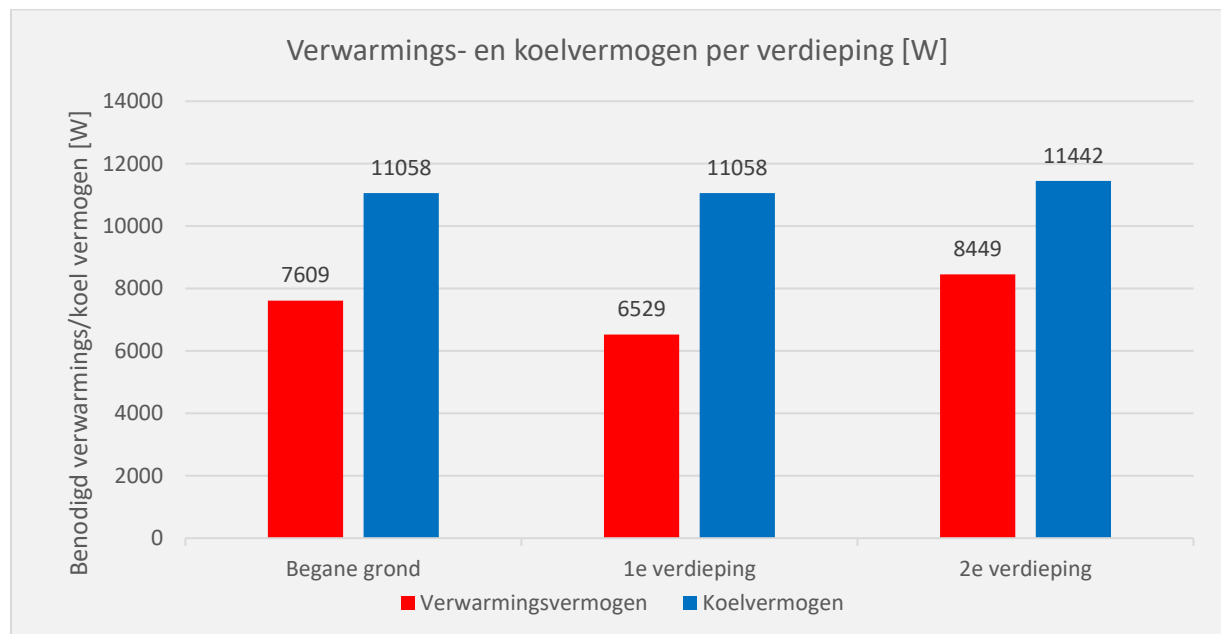
Bij de koellastberekening moet de invloed van het zonlicht op het kantoor worden meegenomen in de berekening. In de werkruimtes heeft de zon direct invloed omdat er zonlicht op de ramen straalt. In de vergaderruimtes heeft de zon geen direct invloed omdat hier geen ramen bevinden, zoals te zien in Figuur 10. Voor het berekenen van de invloed van de zon is er uitgegaan van de gemiddelde (globale) zoninstraling in de zomer en is er geen zonwering toegepast, dit is terug te lezen in de afbakeningen.

Interne warmteproductie personen/apparatuur/verlichting

Bij de koellastberekening moet er rekening worden gehouden met de interne warmteproductie vanuit het kantoor. De interne warmteproductie bestaat uit personen, apparatuur en de verlichting. Onder apparatuur verstaan we laptop; er is geen rekening gehouden met overige apparatuur zoals koffiezetapparaten, printers etc. Dit is aangegeven in de afbakening. De berekeningen en formules van de koellast berekeningen (transmissie, infiltratie, zontoetreding en interne warmteproductie) zijn terug te vinden in bijlage E. De resultaten van de transmissie, infiltratie, zontoetreding en interne warmteproductie zijn terug te vinden in bijlage F.

5.7. Resultaat warmteverlies- en koellastberekening per verdieping

Het resultaat van de warmteverlies- en koellastberekening per verdieping is in Figuur 14 weergegeven.



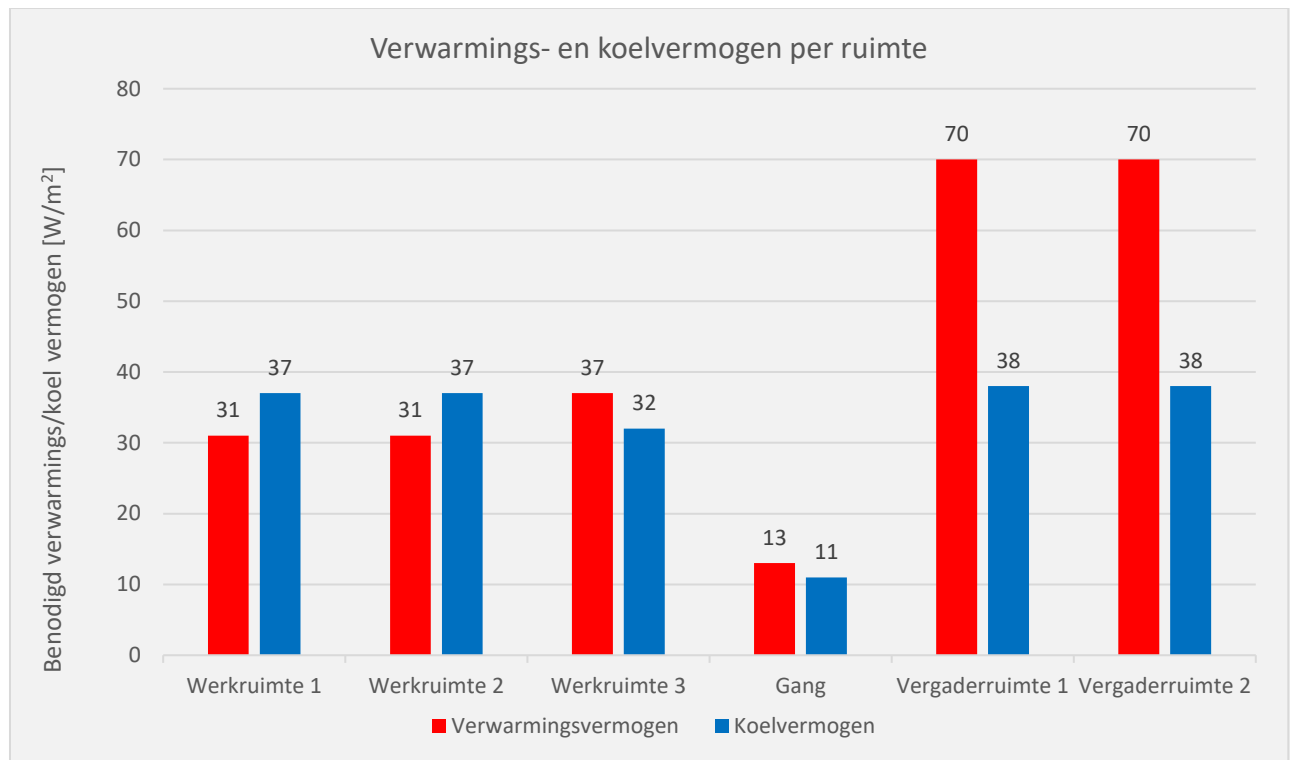
Figuur 14 'Resultaat benodigd verwarmings- en koelvermogen per verdieping'

De bovenstaande Figuur 14 laat zien dat de 2^e verdieping (bovenste) van het kantoor zowel het grootste benodigde **verwarmings**- als **koelvermogen** nodig heeft ten gevolge van de warmteverlies/koellast berekening. Het grootste **koelvermogen** komt doordat de 2^e verdieping transmissie heeft door het dak, waarbij de begane grond en 1^e verdieping dit niet hebben. Het grootste **verwarmingsvermogen** is het gevolg van transmissie door het dak van de 2^e verdieping. De 1^e verdieping heeft geen transmissie door het dak of vloer. De begane grond heeft transmissie door de vloer, maar dit is kleiner dan de transmissie door het dak van de 2^e verdieping.

Dit resultaat betekent dat het benodigde **verwarmings**- en **koelvermogen** per ruimte (hoofdstuk 5.8) berekend moet worden op de 2^e verdieping. Hierdoor wordt er berekend wat het maximale verwarmings- en koelvermogen per ruimte moet zijn en dit kan later invloed hebben op de keuze van de installatie.

5.8. Resultaat warmteverlies- en koellastberekening per ruimte

In het bovenstaande hoofdstuk is het resultaat dat het benodigde verwarmings- en koelvermogen het grootst is op de 2^e verdieping. Om te bepalen wat het maximale benodigde verwarmingsvermogen [W] per ruimte [m²] is, wordt er in dit hoofdstuk de warmteverlies- en koellast berekening per ruimte behandeld. Het resultaat van de warmteverlies- en koellast berekening per ruimte is in het onderstaande Figuur 15 weergegeven. De tussenresultaten zijn terug te vinden in bijlage H.



Figuur 15 'Resultaat maximaal benodigd verwarmings- en koelvermogen per ruimte'

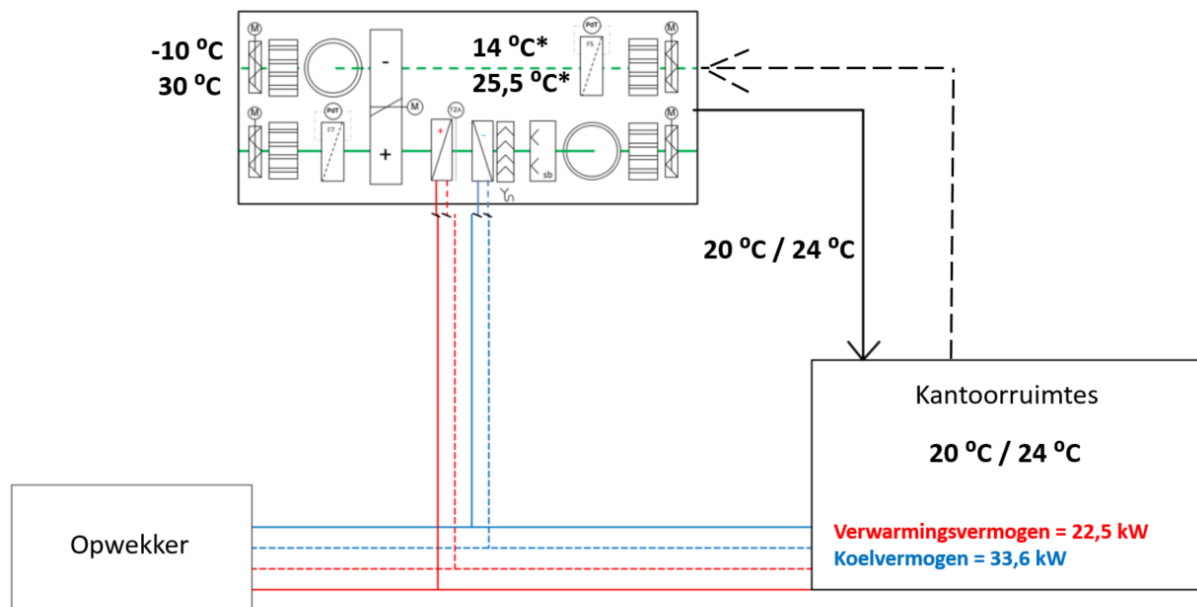
Het bovenstaande Figuur 15 geeft weer dat:

- Het **verwarmingsvermogen** [W] per ruimteoppervlakte [m²] in de vergaderruimtes het hoogst is [**70 W/m²**].
 - Dit komt omdat de vergaderruimtes verhoudingsgewijs meer oppervlakte muur heeft dan bij de andere ruimtes en daardoor meer transmissie en infiltratie.
- Het **koelvermogen** [W] per ruimteoppervlakte [m²] is in alle ruimtes ongeveer gelijk behalve in de gang.
 - Dit komt omdat werk- en vergaderruimtes personen¹¹ zitten, in de gang niet.
 - Het verschil tussen werkruimtes 1/2 [**37 W/m²**] en werkruimte 3 [**32 W/m²**] komt doordat werkruimtes 1/2 zontoetreding hebben door de ramen. Werkruimte 3 heeft geen ramen.

¹¹ Volgens NEN1824 is de minimale werkoppervlakte 8 m² per persoon. Er wordt verwezen naar bijlage B voor de verdeling van de persoonsbezetting in de ruimtes.

5.9. Ventilatieberekening luchtbehandelingskast

In deze paragraaf wordt beschreven wat voor vermogen de luchtbehandelingskast nodig heeft ten behoeve van ventilatielucht. Het vermogen van de opwekker van de installatie hangt af van het te verwarm/koel vermogen van de ruimtes en van de ventilatie die nodig is in de zomer en in de winter in het kantoor. In het onderstaande Figuur 16 is een schema weergegeven van de luchtbehandelingskast (LBK), de kantoorruimtes en de opwekker.



* = warmtewiel rendement 75%

Figuur 16 'Schema LBK, kantoorruimtes en opwekker'

In het bovenstaande Figuur 16 is te zien dat er is gekozen om met dezelfde temperatuur als de ruimtetemperatuur¹² (isotherm) te ventileren.

Met de bovenstaande situatie schets kan vervolgens het ventilatievermogen van de luchtbehandelingskast bepaald worden. Het bepalen van het ventilatievermogen moet voor zowel de zomer- als wintersituatie.

In bouwbesluit is opgenomen wat de minimale ventilatie eis is per persoon in een kantoorvoorziening. In bijlage G is berekend dat de minimale ventilatie in het kantoor $2668\text{ m}^3/\text{h}$ ($0,74\text{ m}^3/\text{s}$) is. Aan de hand hiervan is in de onderstaande Tabel 8 het ventilatievermogen van het kantoor bepaald.

Tabel 8 'Ventilatievermogen kantoor bepalen'

Periode	Formule	Eenheden
	$Q = \dot{v} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$	$[\text{W}] = [\text{m}^3/\text{s}] \cdot [\text{kg}/\text{m}^3] \cdot [\text{J}/\text{kgK}] \cdot [\text{K}]$
Winter	$Q = 0,74 \cdot 1,22 \cdot 1005 \cdot (20-14)$	$Q = 5443\text{ [W]} = 5,4\text{ [kW]}$
Zomer	$Q = 0,74 \cdot 1,22 \cdot 1005 \cdot (25,5-24)$	$Q = 1361\text{ [kW]} = 1,4\text{ [kW]}$

¹² Binnentemperatuur winter = 20 °C (zie Tabel 7 'Uitgangspunten')
Binnentemperatuur zomer = 24 °C (zie Tabel 7 'Uitgangspunten')

5.10. Conclusie verwarmings- koel- en ventilatievermogen

In dit hoofdstuk is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

“Wat is het resultaat van het bepalen van het verwarmings- koel- en ventilatievermogen?”

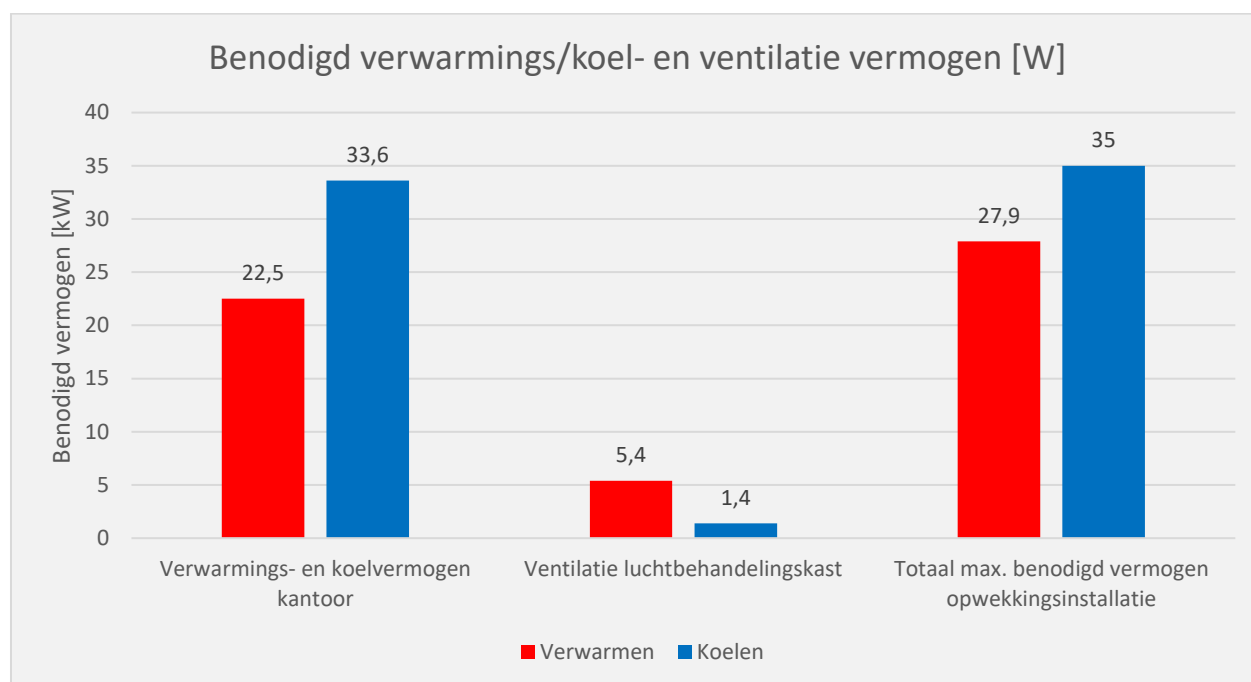
Om te bepalen hoeveel de installatie moet verwarmen, koelen en ventileren is in de bovenstaande hoofdstukken het maximale vermogen hiervoor bepaald. Waar dit te vinden is, is in de onderstaande Tabel 9 weergegeven.

Tabel 9 'Verwarm, koel en ventilatievermogen overzicht'

	Hoe bepaald?	Welk hoofdstuk?
Verwarmingsvermogen	Warmteverlies berekening	Hoofdstuk 5.7 en 5.8
Koelvermogen	Koellast berekening	Hoofdstuk 5.7 en 5.8
Ventilatievermogen	Ventilatie berekening	Hoofdstuk 5.9

Resultaat maximaal vermogen verwarmings- koel- en ventilatievermogen

In het onderstaande Figuur 17 is een grafiek van het eindresultaat van het maximaal benodigde verwarmings-, koel en ventilatievermogen [kW] voor de installatie weergegeven. Voor het bepalen van het totale maximale benodigde vermogen van de opwekkingsinstallatie (voor koelen en verwarmen) wordt de ventilatie opgeteld bij het verwarmings- en koelvermogen.



Figuur 17 'Maximaal benodigde vermogen installatie'

De bovenstaande Figuur 17 is ter verduidelijking nog een keer in Tabel 10 weergegeven op de volgende bladzijde.

In de onderstaande Tabel 10 is te zien wat het maximale benodigde verwarmings- en koelvermogen van de installatie is voor het kantoor en het maximale benodigd vermogen van de luchtbehandelingskast ten behoeve van de ventilatielucht.

Tabel 10 'Totaal verwarmings- en koelvermogen'

	Verwarmingsvermogen	Koelvermogen
Kantoor	22,5 [kW]	33,6 [kW]
Luchtbehandelingskast	5,4 [kW]	1,4 [kW]
Totaal	28 [kW]	35 [kW]

De onderzoeksvraag van dit hoofdstuk luidt:

“Wat is het resultaat van het bepalen van het verwarmings- koel- en ventilatievermogen?”

Het resultaat is dat de opwekker(s) van de installatie een maximaal benodigd verwarmingsvermogen heeft van **28 [kW]** in de winter en een koelvermogen van **35 [kW]** in de zomer. Dit is inclusief het maximaal benodigd vermogen van de luchtbehandelingskast ten behoeve van de ventilatielucht.

6. Keuzematrix

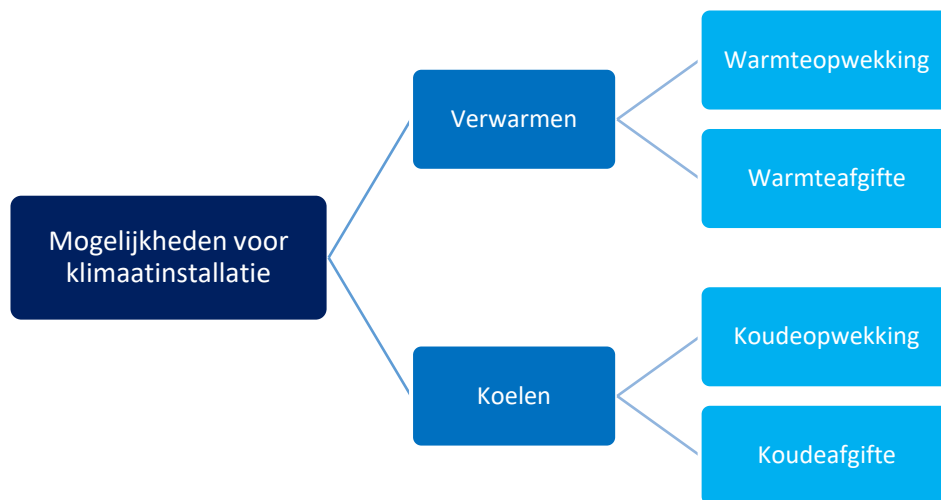
De klimaatinstallatie bestaat uit drie systemen: opwekkingssysteem, afgiftesysteem en de luchtbehandelingskast. Om tot een ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie te komen moet er eerst een keuze gemaakt worden uit wat voor opwekkings- en afgiftesysteem de installatie bestaat. Om deze keuze te maken is er gebruik gemaakt van een keuzematrix. In dit hoofdstuk wordt de keuzematrix en de resultaten die hieruit volgen behandeld. De deelvraag van dit hoofdstuk is: "Wat zijn de beste concepten die voortkomen uit de keuzematrix?".

6.1. Wat is het doel van de keuzematrix?

Het doel van het opstellen van een keuzematrix is om een keuze te maken tussen de verschillende opwekkings- en afgiftesystemen. Aan de hand van deze keuze wordt er later in dit rapport het ontwerp uitgewerkt. De mogelijke opwekkings- en afgiftesystemen worden beoordeeld aan de hand van wensen die zijn opgesteld in samenwerking met de opdrachtgever. Een voorbeeld van de werking van de keuzematrix is terug te vinden in bijlage I. De wensen zijn terug te vinden in bijlage J.

6.2. Mogelijke warmte/koude opwekkings- en afgiftesystemen

De te ontwerpen (gasloze) klimaatinstallatie bestaat uit een luchtbehandelingskast, een opwekkingssysteem en een afgiftesysteem(en). In de keuzematrix worden de mogelijke opwekkings- en afgiftesystemen beoordeeld. Dit is gedaan voor zowel koeling als verwarming. In het onderstaande Figuur 18 is weergegeven hoe de mogelijkheden voor een klimaatinstallatie verdeeld zijn.



Figuur 18 'Opbouw mogelijke warmte/koude opwekkers en afgifte'

Vervolgens zijn alle warmte/koude opwekkers en afgiftesystemen getoetst volgens de keuzematrix. Echter zijn niet alle mogelijkheden opgenomen in de keuzematrix omdat ze niet voldoen aan de volgende twee primaire eisen:

- Is de warmte/koude opwekking gasloos?
- Is het geschikt voor kantoorvoorzieningen?

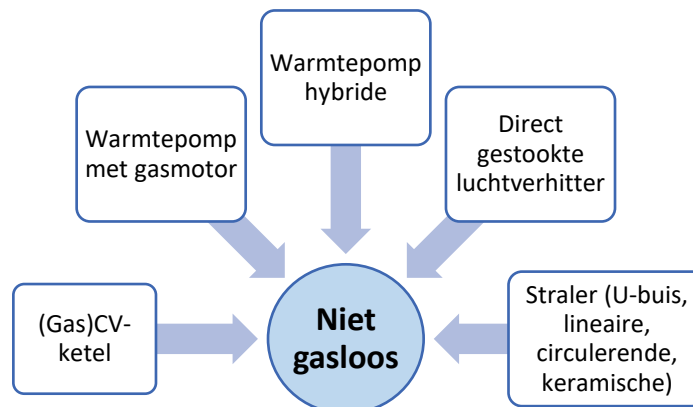
Is de warmte/koude opwekking gasloos?

De eis 'is de opwekking gasloos' is van belang omdat het doel van het onderzoek is dat de klimaatinstallatie gasloos functioneert. Als een opwekkingsstelsel niet gasloos is voldoet hij niet aan de eis en is deze niet opgenomen in de keuzematrix.

Is het geschikt voor kantoorvoorzieningen?

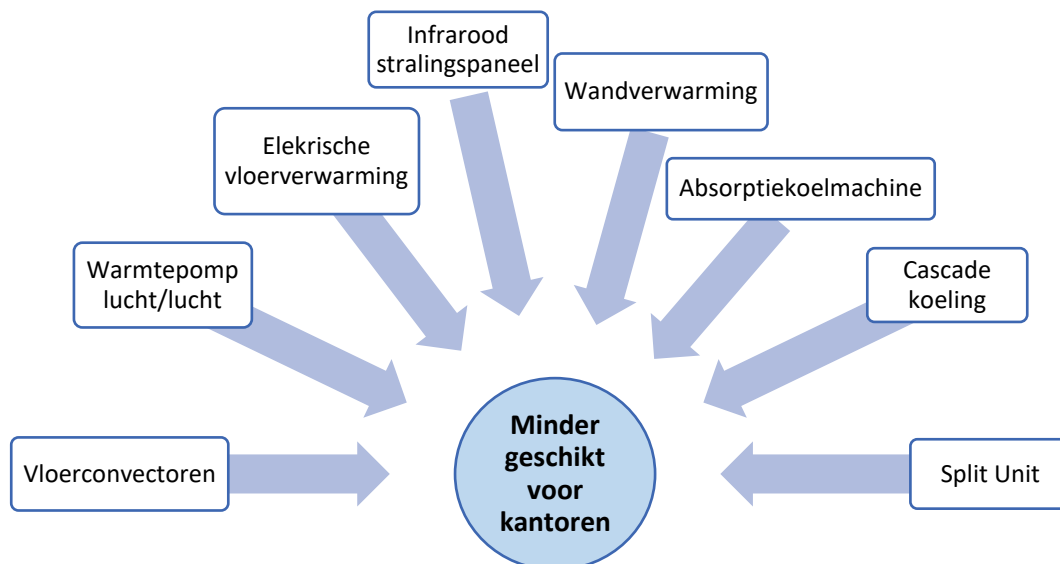
De eis 'is het geschikt voor kantoorvoorzieningen?' is van belang omdat het te onderzoeken gebouw gedefinieerd is als een kantoorpand. Als het opwekkings- of afgiftesysteem niet geschikt is voor kantoorvoorzieningen voldoet hij niet aan de eis en is deze niet opgenomen in de keuzematrix.

De onderstaande mogelijke opwekkers uit Figuur 19 voldoen niet aan de eis 'gasloos' en zijn daarom niet opgenomen in de keuzematrix:



Figuur 19 'Niet gasloos opwekkers'

De onderstaande opwekkings- en afgiftesystemen uit Figuur 20 voldoen minder aan de eis 'geschikt voor kantoorvoorziening' en zijn daarom niet opgenomen in de keuzematrix.



Figuur 20 'Minder geschikt voor kantoren opwekkers en afgifte'

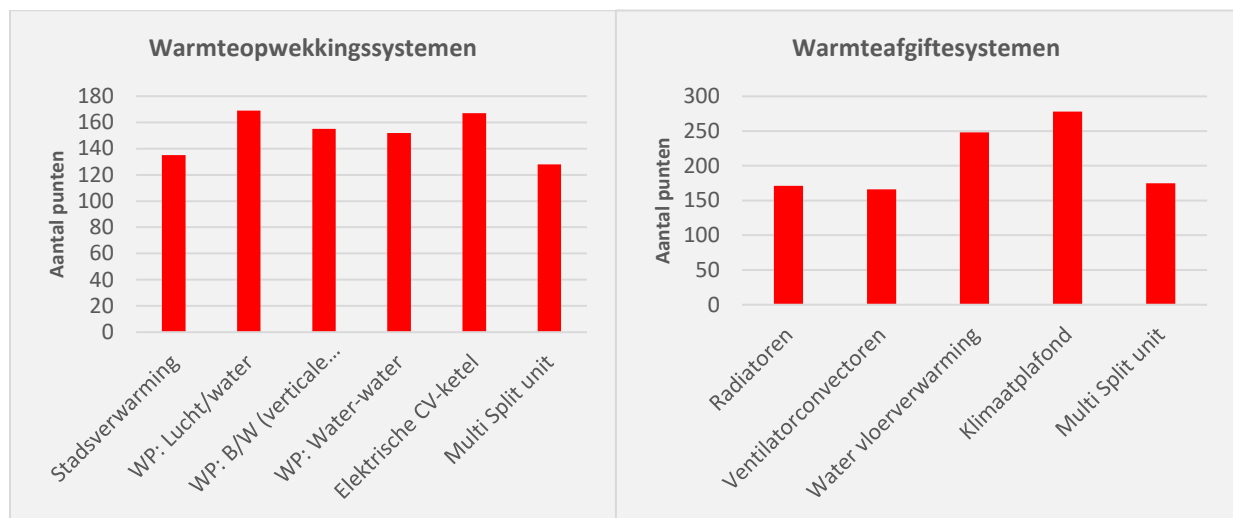
6.3. Conclusie keuzematrix

De deelvraag van dit hoofdstuk luidt als volgt: “Wat zijn de beste concepten die voorkomen uit de keuzematrix?”. Het antwoord hierop wordt behandeld in deze paragraaf.

In de onderstaande figuren zijn de resultaten weergegeven die voortkomen uit de keuzematrix. Hierbij zijn in de staafdiagrammen de totaalscores weergegeven van opwekking en afgifte voor zowel verwarmen als koelen.

Warmteopwekkings- en afgiftesystemen

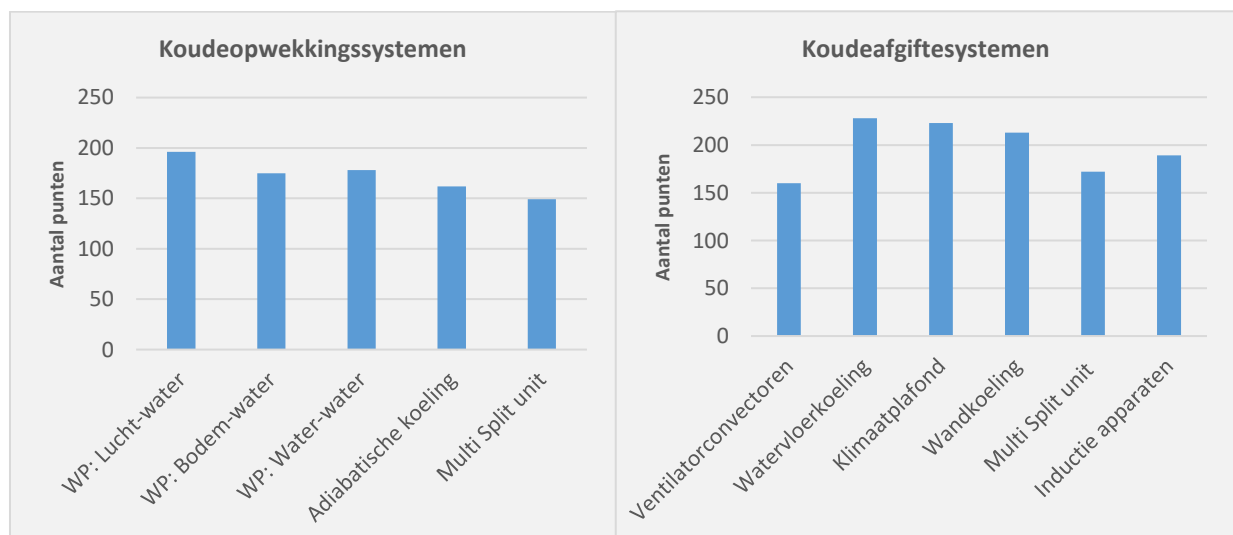
In het onderstaande Figuur 21 is te zien welke warmteopwekkings- en afgiftesystemen aan de hand van de wensen uit bijlage J de hoogste score hebben.



Figuur 21 'Keuzematrix resultaat warmteopwekkings- en afgiftesystemen'

Koudeopwekkings- en afgiftesystemen

In het onderstaande Figuur 22 is te zien welke koudeopwekkings- en afgiftesystemen aan de hand van de wensen uit bijlage J de hoogste score hebben.



Figuur 22 'Keuzematrix resultaat koudeopwekkings- en afgiftesystemen'

De deelvraag van dit hoofdstuk luidt als volgt: “Wat zijn de beste concepten die voorkomen uit de keuzematrix?”

Het resultaat op de deelvraag is in de onderstaande Tabel 11 weergegeven. Hierin is te zien wat de beste concepten zijn voor de opwekkings- en afgiftesystemen. Deze beste concepten volgen uit het resultaat van de bovenstaande keuzematrices.

Tabel 11 'Opwekkings- en afgiftesysteem'

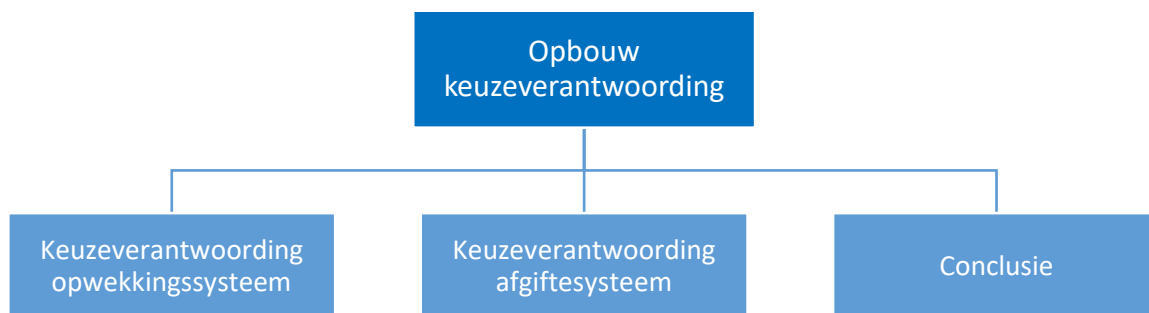
Opwekkingssysteem	
Warmte opwekkingssysteem	Koude opwekkingssysteem
Warmtepomp: Lucht/water	Koelmachine: Lucht/water
Elektrische CV-ketel	
Afgiftesysteem	
Warmte afgiftesysteem	Koude afgiftesysteem
Klimaatplafond	Klimaatplafond
Water vloerverwarming	Water vloerkoeling

Ontwerpfase

7. Keuzeverantwoording voor de klimaatinstallatie

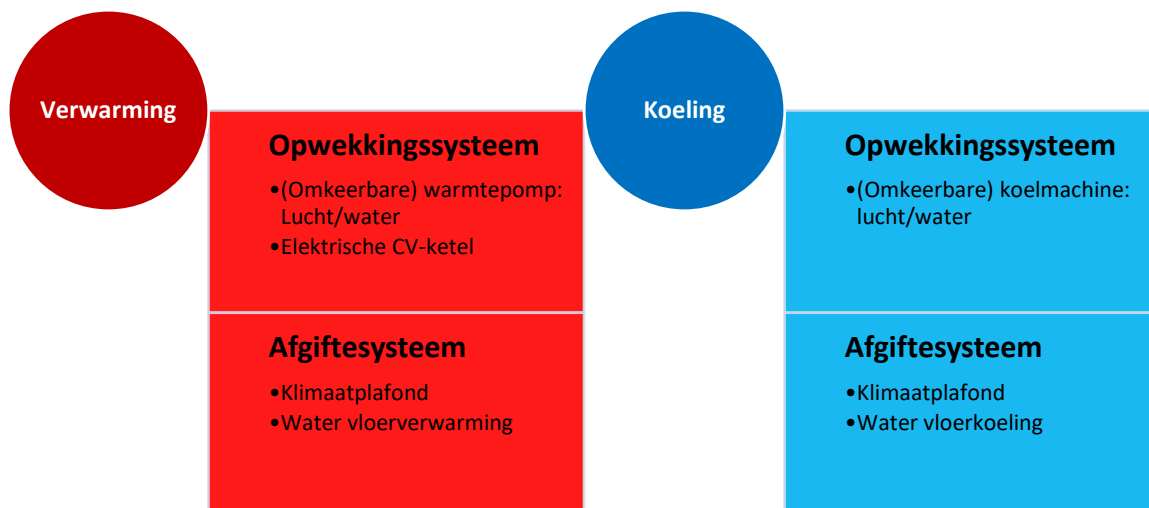
In de keuzematrix is er een keuze gemaakt in opwekkings- en afgiftesystemen. In dit hoofdstuk worden op basis van de resultaten van de keuzematrix een ontwerp voor een all-electric klimaatinstallatie uitgewerkt. De deelvraag van dit hoofdstuk luidt als volgt: "Wat is de keuzeverantwoording voor het ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie?"

Het hoofdstuk is opgebouw uit de volgende onderwerpen uit het onderstaande Figuur 23:



Figuur 23 'Opbouw keuzeverantwoording'

In het onderstaande Figuur 24 zijn voor zowel verwarming als koeling de opwekkings- en afgiftesystemen die de hoogste punten hebben uit de keuzematrix weergegeven. In de volgende twee paragrafen wordt de keuze verantwoord.



Figuur 24 'Verwarming en koeling systemen'

7.1. Keuzeverantwoording opwekkingssysteem

In deze paragraaf wordt de keuzeverantwoording voor het opwekkingssysteem uitgelegd. Uit de bovenstaande Figuur 24 volgt dat er voor **warmteopwekkingssysteem** gekozen wordt voor een omkeerbare lucht/water warmtepomp en voor de **koudeopwekkingssysteem** een omkeerbare lucht/water koelmachine. Deze keuze is gemaakt om de volgende redenen:

- De (omkeerbare) **lucht/water warmtepomp** kan in de zomer dienen als koeling; dan heet het een **lucht/water koelmachine**.
- De **lucht/water warmtepomp**, **elektrische CV-ketel** en de **lucht/water koelmachine** scoren de hoogste punten voor warmteopwekking in de keuzematrix.
- De **lucht/water warmtepomp** heeft lage investeringskosten in verhouding tot een warmtepomp met verticale bodemwarmtewisselaar.
 - De elektrische CV-ketel kan alleen dienen voor verwarming en niet voor koeling.

7.1.1. (Deel)conclusie

Het opwekkingssysteem is voor **verwarming** een **lucht/water warmtepomp** en voor **koeling** een **lucht/water koelmachine**. Het grote voordeel hiervan is dat er maar één opwekkingssysteem aangeschaft wordt die dient voor zowel verwarming (warmtepomp) als koeling (koelmachine).

7.2. Verhouding lucht/water warmtepomp & koelmachine

In het bovenstaande hoofdstuk is beschreven dat er voor de warmteopwekking gekozen is voor een lucht/water warmtepomp en voor de koudeopwekking een lucht/water koelmachine. Het grote voordeel hiervan is dat er maar 1 opwekkingssysteem gebruikt wordt. In de winter dient het opwekkingssysteem als een (lucht/water) warmtepomp en in de zomer als een (lucht/water) koelmachine.

In de onderstaande Tabel 12 is weergegeven wat het geleverde vermogen is als het opwekkingssysteem wordt gebruikt als **(lucht/water) warmtepomp** en als **(lucht/water) koelmachine**. Deze gegevens komen uit de 'Product Selectie Data'¹³ van de leverancier Carrier. De 'Product Selectie Data' gegevens die zijn gebruikt zijn terug te vinden in bijlage M. De benodigd vermogens komen voort uit de warmteverlies- en koellast berekeningen.

Tabel 12 'Vermogens warmtepomp/koelmachine'

	Benodigd vermogen [kW]	Water intrede/ uittrede	Geleverde vermogen [kW]	Te kort aan vermogen [kW]
(Omkeerbare) warmtepomp	28 [kW]¹⁴	40 / 35 °C	16 [kW]	12 [kW]
(Omkeerbare) koelmachine	35 [kW]¹⁵	15 / 20 °C	35 [kW]	0 [kW]

In het bovenstaande Tabel 12 is te zien dat de opwekker is geselecteerd om het benodigde koelvermogen te leveren zodat hier geen aanvullend systeem voor nodig is (**35 kW van 35 kW**). Echter, als de opwekker als (omkeerbare) warmtepomp dient kan het benodigde vermogen niet worden geleverd (**16 kW van 28 kW**). Voor de opwekking van het overige benodigde verwarmingsvermogen van 12 kW (16 – 28 kW) wordt er gebruik gemaakt van een elektrische CV-ketel.

¹³ 30RQ-units koel- en verwarmingscapaciteiten volgens EN14511-3:2013

¹⁴ Bij een luchtintredetemperatuur bij de lucht-warmtewisselaar van -10 °C

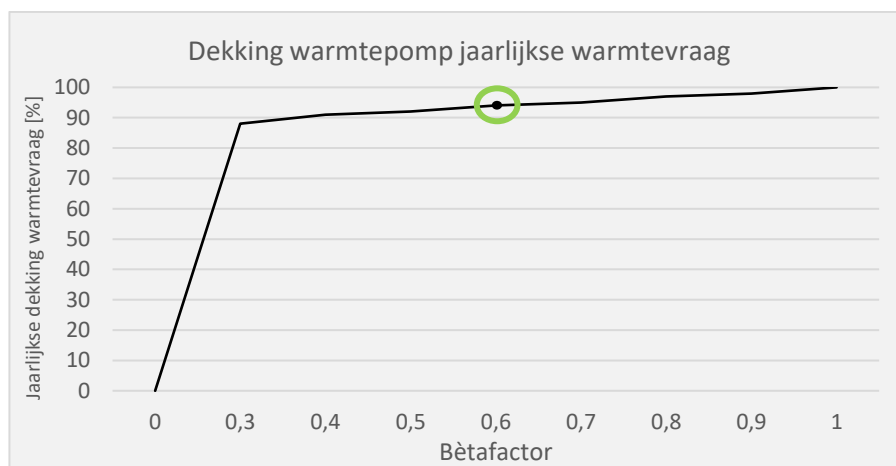
¹⁵ Bij een condensorlucht intredetemperatuur van 30 °C

7.2.1. Jaarlijkse dekking lucht/water warmtepomp en elektrische CV

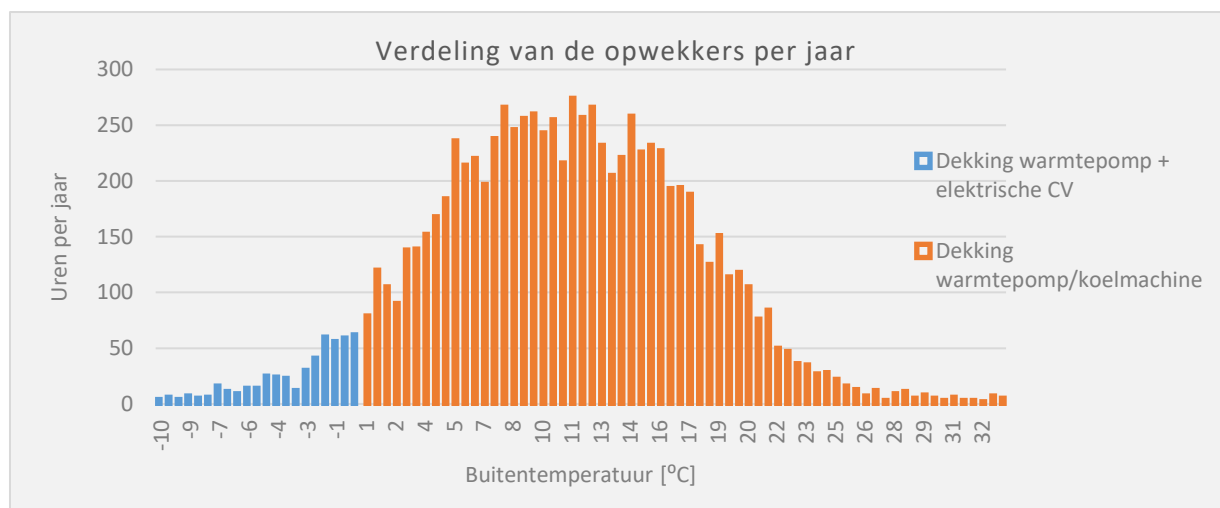
In het ontwerp van de installatie voor **verwarmen** geldt de lucht/water warmtepomp als hoofdvoorziening en wordt de elektrische CV-ketel ingezet als de warmtevraag groter is dan het maximaal geleverde vermogen van de warmtepomp. In Figuur 25 is de verhouding tussen de jaarlijkse dekking van de warmtevraag en bètafactor weergegeven. De bètafactor geeft het percentage van het totaal maximaal benodigde vermogen weer.

De warmtepomp heeft een benodigd verwarmingsvermogen van **28 kW** maar kan een verwarmingsvermogen leveren van **16 kW** (zie Tabel 12 'Vermogens warmtepomp/koelmachine'). Dit betekent dat de warmtepomp een bètafactor heeft van 0,6 ($16 \text{ kW} / 28 \text{ kW} = 60\%$). De jaarlijkse dekking van de warmtevraag bij een bètafactor van 0,6 is 94% (**groen** omcirkeld in Figuur 25).

De overige **40%** van het verwarmingsvermogen (12 kW) wordt geleverd door de elektrische CV-ketel. Dit klinkt nadelig omdat een elektrische CV-ketel een lagere COP¹⁶ heeft dan de lucht/water warmtepomp en daardoor hoge energiekosten. Echter wordt het verwarmingsvermogen van de extra 12 [kW] maar voor 6% van de jaarlijkse warmtevraag ingezet (er zijn maar een paar uur per jaar dat het tussen 0 en -10 °C is). Dit is weergegeven in Figuur 26.



Figuur 25 'Dekking warmtepomp jaarlijkse warmtevraag'

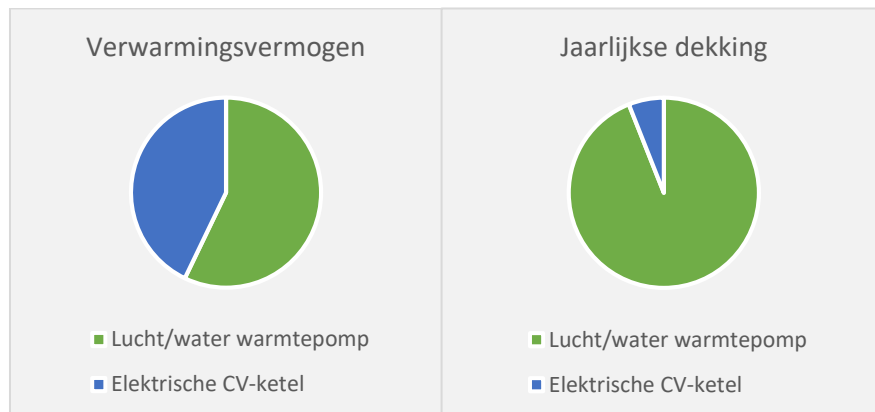


Figuur 26 'Aantal uren per jaar dekking opwekkers'

¹⁶ COP elektrische CV-ketel is 1

De COP van de lucht/water warmtepomp is 3,98 (30RQ-unit, PSD Carrier)

In het onderstaande Figuur 27 is het verwarmingsvermogen (links) en de jaarlijkse dekking (rechts) weergegeven van de lucht/water warmtepomp en de elektrische CV-ketel.



Figuur 27 'Verhouding warmtepomp en elektrische CV'

7.2.2. (Deel)conclusie

De klimaatinstallatie bestaat uit een opwekkingssysteem waarbij de verhouding van het geleverde vermogen en de dekking van het jaar in de onderstaande Tabel 13 is weergegeven.

Tabel 13 'Verhouding opwekkingssysteem'

Opwekkingssysteem verwarming/koeling	Lucht/water warmtepomp	Elektrische CV-ketel	Lucht/water koelmachine
Geleverd vermogen	16 kW	12 kW	35 kW
Warmte/koude dekking van het jaar	94% van het jaar	6% van het jaar	100% van het jaar

7.3. Keuzeverantwoording afgiftesysteem

In deze paragraaf wordt de keuzeverantwoording voor het afgiftesysteem uitgelegd. In Figuur 24 is te zien dat er voor het **warmte afgiftesysteem** gekozen wordt voor een klimaatplafond of water vloerverwarming en voor het **koude afgiftesysteem** een klimaatplafond of water vloerkoeling.

Deze keuze is gemaakt om de volgende redenen:

- Een klimaatplafond en water vloerverwarming/koeling werken zowel in de zomer voor koeling als in de winter voor verwarming
- **Klimaatplafond en water vloerverwarming** scoren de hoogste punten voor het warmte afgiftesysteem in de keuzematrix
- **Klimaatplafond en water vloerkoeling** scoren de hoogste punten voor het koude afgiftesysteem in de keuzematrix
- Een klimaatplafond en water vloerverwarming/koeling zijn een laagtemperatuur afgiftesysteem (LT) voor verwarming en een hoog temperatuur afgiftesysteem voor koeling, wat zorgt voor een hoog rendement van de lucht/water warmtepomp en lucht/water koelmachine

7.3.1. Keuzeverantwoording klimaatplafond en water vloerverwarming/koeling

In hoofdstuk 5.8 is berekend wat het maximale benodigde verwarmings- en koelvermogen [W] per ruimteoppervlak [m²] van het kantoor is. Dit is in het onderstaande Figuur 28 nog een keer weergegeven.

Vergaderruimte 1 70 W/m² 38 W/m²	Werkruimte 3 37 W/m² 32 W/m²	Vergaderruimte 2 70 W/m² 38 W/m²
Werkruimte 1 31 W/m² 37 W/m²	Gang 13 W/m² 11 W/m²	Werkruimte 2 31 W/m² 37 W/m²

Figuur 28 'Overzicht verwarmings- en koelvermogen ruimtes'

Uit de keuzeverantwoording voor het afgiftesysteem blijkt dat er tussen een klimaatplafond of vloerverwarming/koeling gekozen moet worden. In de onderstaande Tabel 14 is weergegeven wat het maximaal afgiftevermogen [W] per oppervlakte [m²] is van een klimaatplafond (verwarming/koeling) en water vloerverwarming/koeling is. Dit maximaal afgifte is bepaald om te voorkomen dat er kans is op condens of dat er te veel warmte wordt afgegeven wat een niet comfortabel klimaat veroorzaakt.

Tabel 14 'Maximaal afgifte [W/m²] systemen'

Afgiftesysteem	Maximaal afgifte [W/m ²]	Bron
Klimaatplafond (verwarming)	50 [W/m ²]	ALMO
Water vloerverwarming	50 [W/m ²]	WTH 'Grensverleggend comfort'
Klimaatplafond (koeling)	50 [W/m ²]	ALMO
Water vloerkoeling	20 [W/m ²]	WTH 'Grensverleggend comfort'

Met behulp van het maximaal benodigde verwarmings- en koelvermogen per ruimte [W/m²] (Figuur 28) en de maximale afgifte [W/m²] van een klimaatplafond of water vloerverwarming/koeling (Tabel 14), kan er bekeken worden welk afgiftesysteem toepasbaar is per ruimte.

Omdat het goedkoper en eenvoudiger is om één soort afgiftesysteem voor het gehele kantoor te selecteren die bruikbaar is voor zowel verwarming als koeling, is in de onderstaande Tabel 15 weergegeven of het afgiftesysteem toepasbaar is in de ruimtes (met behulp van Figuur 28 en Tabel 14).

✓ betekent dat het toepasbaar is in de ruimte.

Tabel 15 'Toepasbaarheid afgiftesysteem'

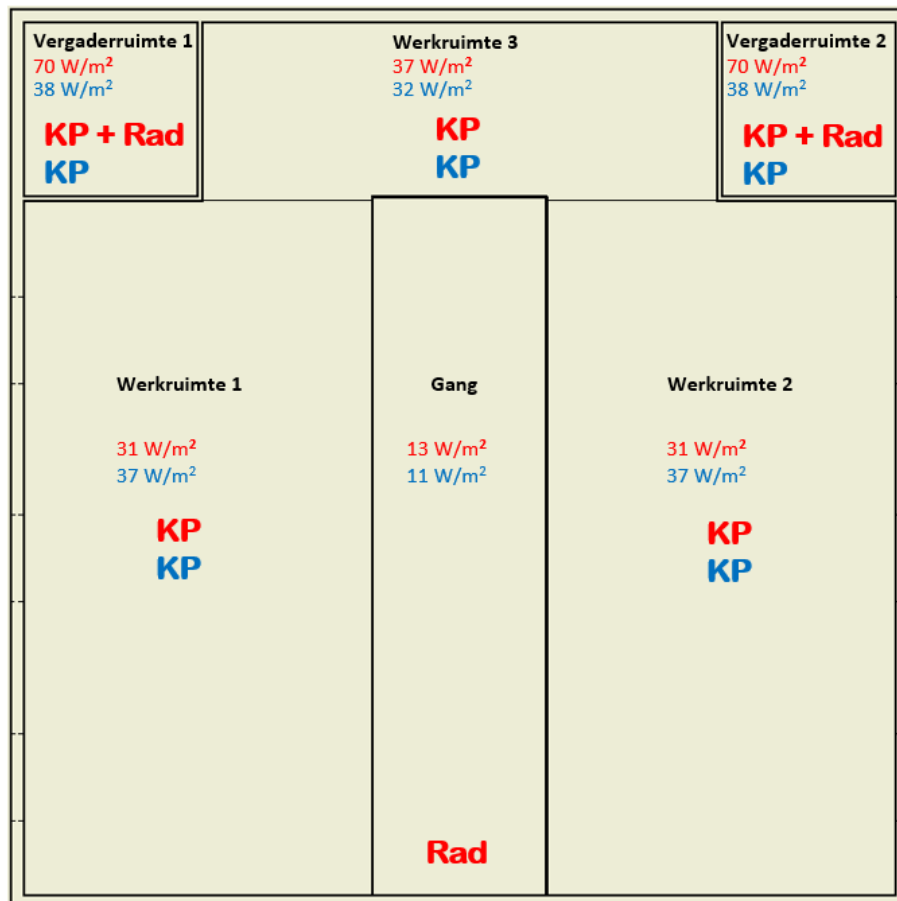
	Klimaatplafond (verwarming)	Water vloerverwarming	Klimaatplafond (koeling)	Water vloerkoeling
Werkruimte 1	✓	✓	✓	
Werkruimte 2	✓	✓	✓	
Werkruimte 3	✓	✓	✓	
Gang	✓	✓	✓	✓
Vergaderruimte 1	✓	✓	✓	
Vergaderruimte 2	✓	✓	✓	

In het bovenstaande Tabel 15 is te zien dat een klimaatplafond voor elke ruimte geschikt is voor zowel verwarming als koeling. Echter hebben de vergaderruimtes meer verwarmingsvermogen per oppervlakte [70 W/m²] nodig dan het klimaatplafond kan leveren [50 W/m²]. Daarom is ervoor gekozen om extra radiatoren te plaatsen die de overige 20 [W/m²] kunnen leveren in de vergaderruimtes.

Ook is in Figuur 28 te zien dat de gangen maar weinig verwarmings- en koelvermogen [W] per oppervlakte [m²] nodig hebben, 13 en 11 [W/m²]. Omdat de gang geen werkplek is, mag de temperatuur daar hoger of lager zijn. Om kosten te besparen is er daarom voor gekozen om in de gang enkel een (laagtemperatuur) radiator te plaatsen zodat het niet te koud wordt in de winter.

7.3.2. (Deel)conclusie keuzeverantwoording afgiftesysteem

In het onderstaande Figuur 29 is per ruimte het afgifte(n) systeem weergegeven. Hier is te zien dat in elke ruimte klimaatplafonds worden toegepast voor zowel **verwarming** als **koeling**. Daarnaast worden in de vergaderruimtes extra (laagtemperatuur) radiatoren geplaatst voor verwarming. Dit is omdat de vergaderruimtes meer verwarmingsvermogen vragen [W/m^2] dan een klimaatplafond maximaal kan leveren. Tot slot wordt in de gang enkel een radiator geplaatst omdat hier weinig verwarmings- en koelvermogen gevraagd wordt en de temperatuureis voor een werkplek hier niet geldt omdat het geen vaste werkplek is. Daarom mag de temperatuur hier een paar graden hoger/lager zijn, als het maar niet te koud wordt.



Figuur 29 'Afgiftesysteem per ruimte'

KP = klimaatplafond ten behoeve van verwarming

KP = klimaatplafond ten behoeve van koeling

Rad = (laagtemperatuur) radiator ten behoeve van verwarming

7.4. Conclusie keuzeverantwoording voor de klimaatinstallatie

In dit hoofdstuk luidt de deelvraag: “Wat is de keuzeverantwoording voor het ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie?”

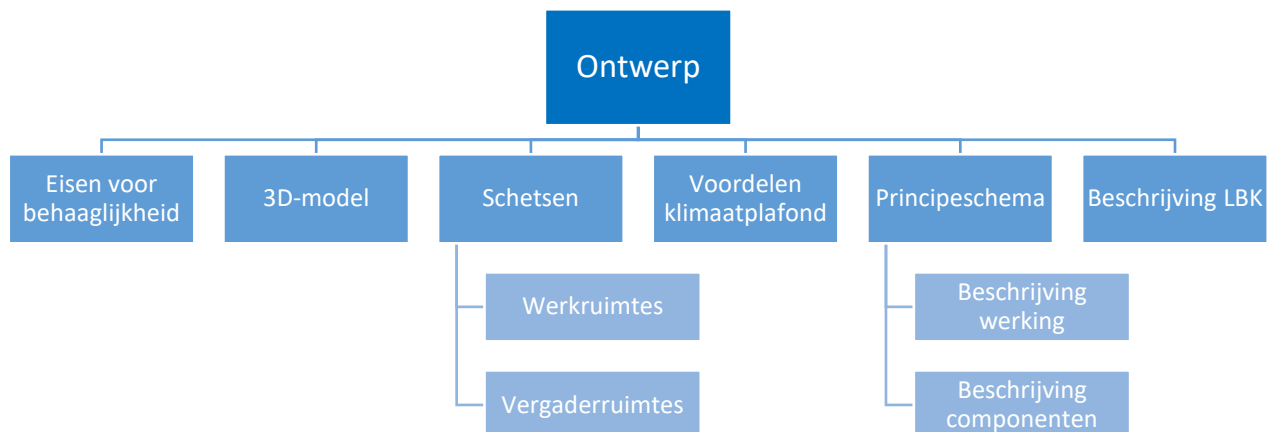
De keuzeverantwoording van dit hoofdstuk bestaat uit twee delen:

- Keuzeverantwoording opwekkingssysteem
- Keuzeverantwoording afgiftesysteem

Voor beide systemen is in dit hoofdstuk de keuzeverantwoording behandeld. Voor het opwekkingssysteem is gekozen voor een omkeerbare lucht/water warmtepomp en –koelmachine. Dit omdat het één systeem is wat voor zowel verwarming als koeling gebruikt kan worden. De elektrische CV-ketel wordt gebruikt wanneer de warmtevraag groter is dan het maximaal geleverde vermogen van de warmtepomp. Voor het afgiftesysteem is voor elke ruimte gekozen voor een klimaatplafond voor zowel verwarming als koeling. In de vergaderruimtes zijn naast een klimaatplafond ook (laagtemperatuur) radiatoren geplaatst omdat de vergaderruimtes meer verwarmingsvermogen (W) per ruimteoppervlakte [m^2] nodig hebben.

8. Ontwerp

Nu de keuzeverantwoording voor het opwekkings- en afgiftesysteem van de klimaatinstallatie behandeld is wordt er gekeken naar het ontwerp van de klimaatinstallatie. De deelvraag van dit hoofdstuk luidt: “Wat voor ontwerp voor een all-electric klimaatinstallatie wordt er gemaakt?” In het onderstaande Figuur 30 is de opbouw van dit hoofdstuk weergegeven.



Figuur 30 'Opbouw hoofdstuk ontwerp'

8.1. Eisen voor behaaglijkheid

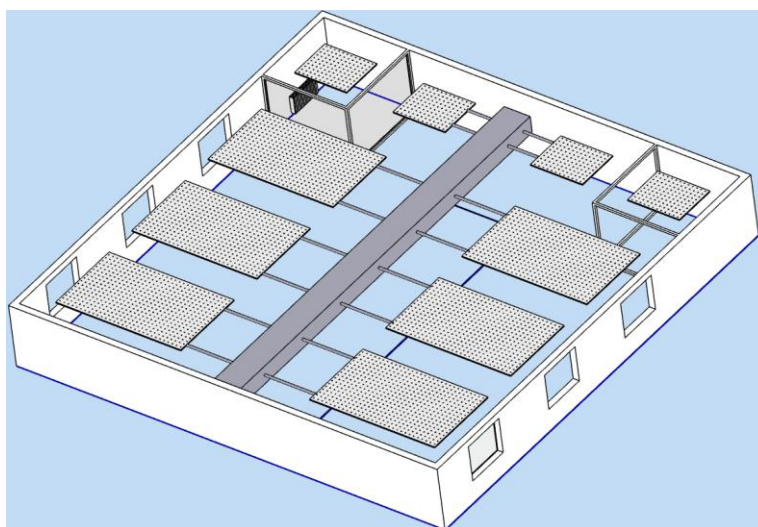
In hoofdstuk 3 is er onderzoek gedaan naar de minimale eisen voor de behaaglijkheid in een kantoorgebouw. Bij het maken van een ontwerp moet het ontwerp hier minimaal aan voldoen. De belangrijkste eisen¹⁷ zijn in de onderstaande Tabel 16 nog een keer weergegeven.

Tabel 16 'Eisen voor behaaglijkheid'

Eis	Zomer	Winter
Predicted Mean Vote (PMV)	-0,2 – +0,2	-0,2 – +0,2
Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)	< 6%	< 6 %
Operatieve temperatuur binnenklimaat	23 – 26 °C ¹⁸	20 – 24 °C ¹⁹
Vloertemperatuur	19 – 29 °C	19 – 29 °C
Luchttemperatuurverschil (0,1 – 1 m)	< 2 °C	< 2 °C
Draught Rating max. (gemiddelde lichtsnelheid)	0,12 m/s	0,10 m/s
Stralingsasymmetrie ten gevolge van ramen	23 °C	10 °C
Stralingsasymmetrie ten gevolge van plafond	14 °C	5 °C
Luchtvochtigheid	30 – 70 %	30 – 70 %

8.2. 3D-ontwerp van één verdieping

Het klimaatplafond bestaat uit eilanden die de werkruimtes 1/2/3 en de vergaderruimtes 1/2 voorziet van verwarming en koeling. In het onderstaande Figuur 31 is een 3D-model van een enkele verdieping weergegeven van het ontwerp.



Figuur 31 '3D-model ontwerp 1'

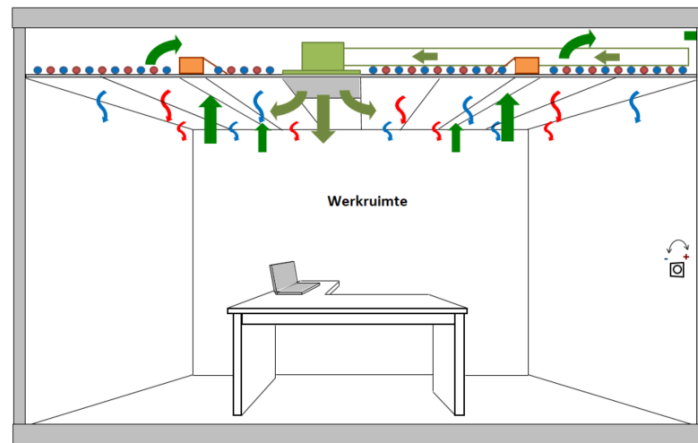
¹⁷ Deze eisen gelden bij een klimaatklasse A, NEN-ISO 7730

¹⁸ Kledingswaarde 0,5 clo = ondergoed, T-shirt, licht broek, lichte kousen en schoenen

¹⁹ Kledingswaarde 1,0 clo = ondergoed, blouse, broek, jas, kouse en schoenen

8.3. Werkruimte

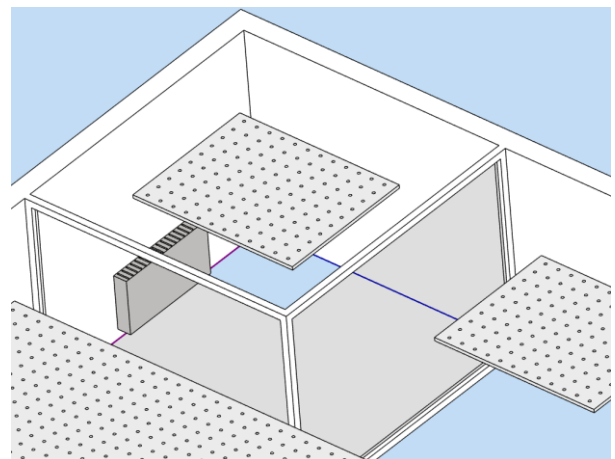
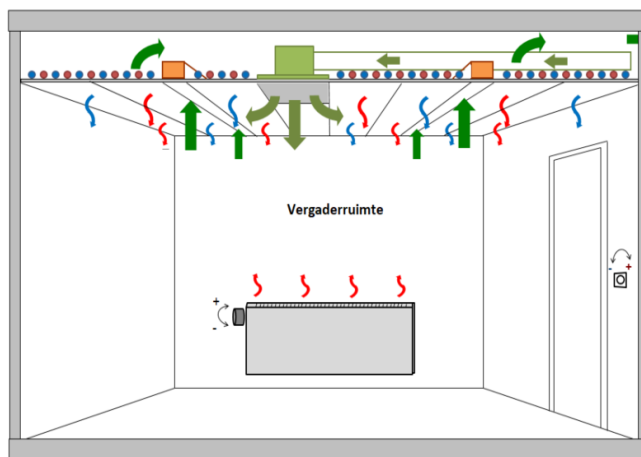
Zoals uitgelegd in hoofdstuk 4 bestaat een verdieping uit drie werkruimtes, een gang en twee vergaderruimtes. In het onderstaande Figuur 32 is een werkruimte weergegeven. Hier is te zien dat zich enkel een klimaatplafond aanwezig is die ingezet wordt voor zowel verwarming als koeling.



Figuur 32 'Klimaatplafond werkruimte'

8.4. Vergaderruimte

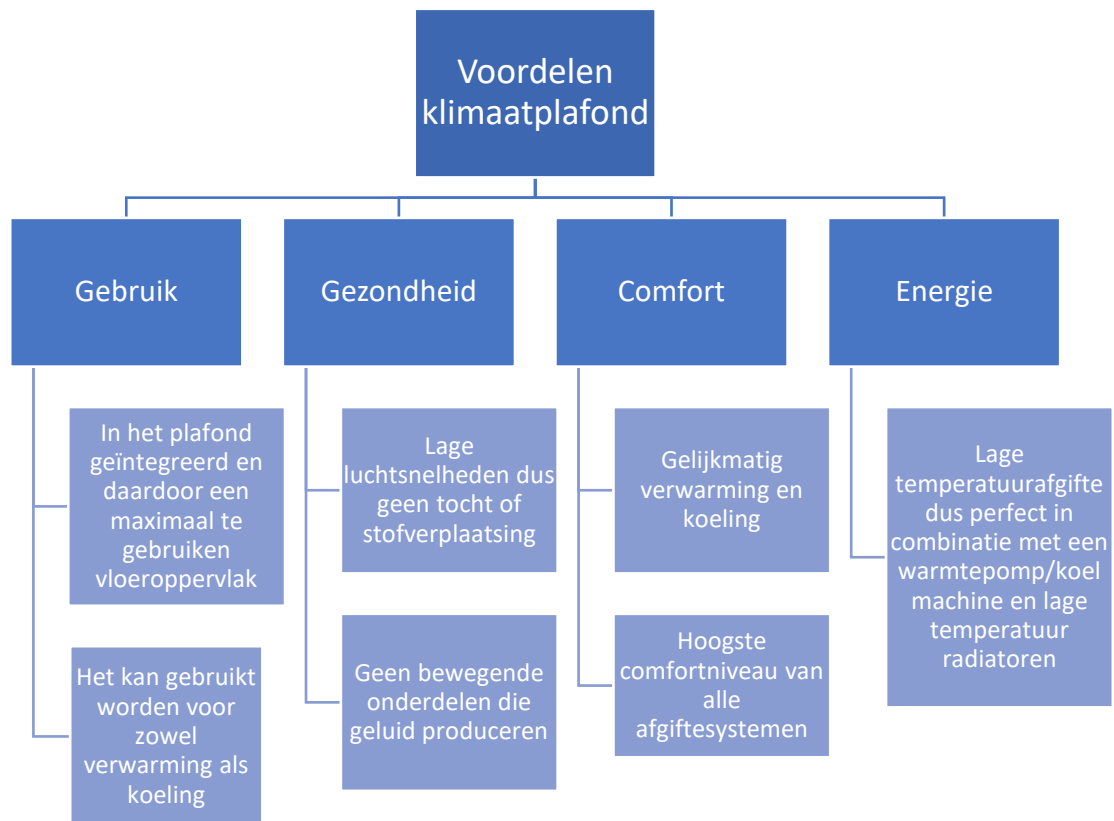
Zoals in bovenstaande hoofdstukken besproken beschikken de werkruimtes alleen over een klimaatplafond. De vergaderruimtes beschikken zowel over een klimaatplafond als (laag temperatuur) radiatoren. De vergaderruimtes hebben een (laag temperatuur) radiator nodig omdat er anders het maximale benodigde verwarmvermogen (70 W/m^2) niet gerealiseerd kan worden. In het onderstaande Figuur 33 is een vergaderruimte weergegeven.



Figuur 33 'Vergaderruimte'

8.5. Voordelen klimaatplafond

In het onderstaande Figuur 34 zijn de voordelen van het toepassen van een klimaatplafond weergegeven. De voordelen zijn opgedeeld in gebruik, gezondheid, comfort en energie.



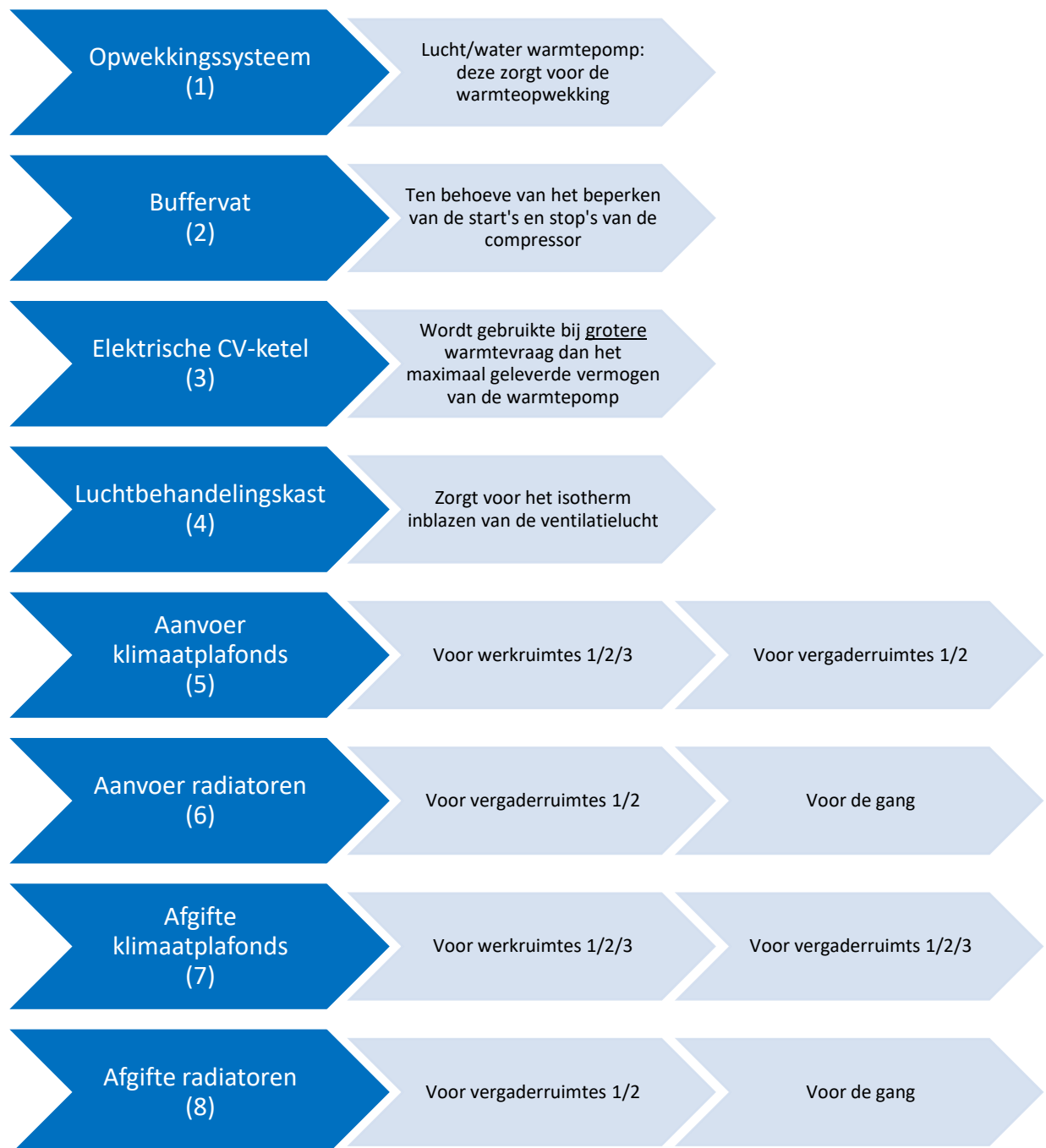
Figuur 34 'Voordelen klimaatplafond'

8.6. Principeschema verwarmen

In de bijlage O is het principeschema van het ontwerp voor verwarmen weergegeven. Dit principeschema geldt voor het verwarmen van één verdieping van het kantoor. De overige twee verdiepingen zijn identiek qua indeling en hebben dezelfde principeschema's. In de onderstaande paragraaf wordt het principeschema puntsgewijs beschreven. Deze beschrijving geldt voor het verwarmen van één verdieping van het kantoor.

8.6.1. Beschrijving principeschema verwarmen

In het onderstaande Figuur 35 is de beschrijving van het principeschema van het ontwerp voor verwarmen (bijlage O) weergegeven. De nummers 1 t/m 8 in de beschrijving corresponderen met de **blauwe** nummers uit het principeschema voor verwarmen van het ontwerp.



Figuur 35 'Beschrijving principeschema'

8.6.2. Beschrijving componenten principeschema

In deze paragraaf worden de componenten²⁰ van het principeschema uitgelegd om duidelijk te maken hoe de klimaatinstallatie werkt. In de onderstaande Tabel 17 zijn de functies van de componenten uit de principeschema's weergegeven.

Tabel 17 'Beschrijving componenten principeschema'

Component	Naamgeving	Functie
	Inregelklep	Deze bevinden zich voor elk afgiftesysteem. Om in elke werk- en vergaderruimte het gewenste vermogen te behalen wordt met behulp van inregelafsluiters het waterdebiet begrensd en geregeld.
	Motorbediende regelafluiser	Deze bevinden zich net als de inregelklep voor elk afgiftesysteem. De motorbediende regelafluiters bepalen hoeveel warm/koud water er door het afgiftesysteem stroomt aan de hand van de warmte/koudevraag. Dit gebeurt door de klep meer open of dicht te sturen (0 – 100%).
	Pomp	Dit zorgt ervoor dat het water door de leidingen wordt getransporteerd van en naar de Interne warmteproductie en afgiftesystemen.
	Toerengeregelde pomp	Pompt aan de hand van het benodigde debiet het water rond. Dit zorgt ervoor dat de pomp niet onnodig veel rondpompt. Het gebruik van een toerengeregelde pomp draagt bij aan de energiebesparing.
	Temperatuur-indicator	De temperatuur indicator zorgt ervoor dat het eenvoudig is om de temperatuur af te lezen per werk- of vergaderruimte door middel van een thermometer in de leiding.
	Temperatuur-transmitter	Meet de temperatuur in ruimte en geeft deze temperatuur door aan de temperatuur controller.
	Temperatuur-controller	Stuurt aan de hand van de gewenste ruimtetemperatuur en de gemeten ruimtetemperatuur de motorbediende regelafluiser aan

8.7. Principeschema koelen

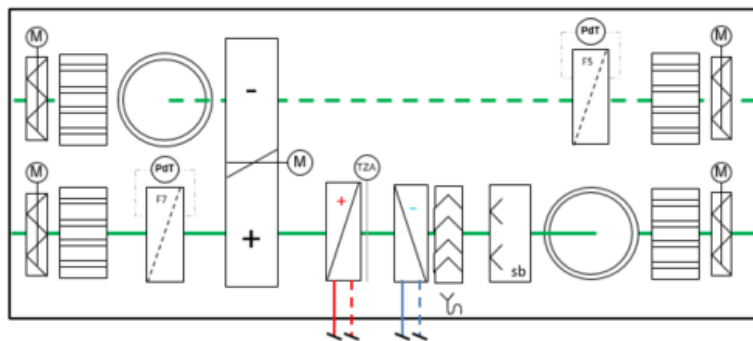
In de bijlage O is het principeschema van het ontwerp voor koelen weergegeven. Dit principeschema geldt voor het koelen van één verdieping van het kantoor. De overige twee verdiepingen zijn identiek en hebben dezelfde principeschema's. De beschrijving van het principeschema van koelen is bijna hetzelfde als bij verwarmen. Het verschil is dat de opwekker nu dient als koelmachine en dat de klimaatplafonds dienen als koelen.

8.8. Beschrijving luchtbehandelingskast

Zoals in hoofdstuk 5.9 beschreven wordt de ventilatie in het kantoor geregeld met de luchtbehandelingskast. Hierbij wordt de lucht verversd volgens de minimale eis ($0,74 \text{ m}^3/\text{s}$) en wordt er met dezelfde temperatuur ingeblazen als de ruimtetemperatuur in het kantoor. Om een energiezuiniger te zijn wordt er gebruikt gemaakt van warmteterugwinning met behulp van een warmtewiel.

²⁰ Deze componenten worden gebruikt voor de principeschema's voor zowel verwarming als koeling

In het onderstaande Figuur 36 is een schematische tekening weergegeven van de luchtbehandelingskast.



Figuur 36 'Schematische weergave LBK'

Van de luchtbehandelingskast (Figuur 36) is in de onderstaande Tabel 18 de werking van de componenten uitgelegd. Hierbij is het symbool, de naamgeving en de werking weergegeven.

Tabel 18 'Beschrijving componenten LBK'

Symbool	Naamgeving	Werking
	Regelkleppen	Regelkleppen worden toegepast om de luchtstroom af te sluiten of aan te passen
	(Lucht)filter	De filter zorgt ervoor dat de lucht doorstroomt maar verontreinigingen achter blijven in het filter. Dit zorgt voor schone lucht
	Druppelvanger	De druppelvanger zorgt ervoor dat er geen condens optreedt in de buurt van kritische onderdelen zoals de ventilator
	Ventilator	De ventilator zorgt voor de toe- en afvoer van de lucht door de installatie
	Warmtewiel	Het warmtewiel zorgt voor warmteterugwinning met een rendement van 75 – 85%. Dit levert dus energiebesparing op van de installatie
	Verwarmingsbatterij	De verwarmingsbatterij verwarmd de lucht op tot de gewenste inblaastemperatuur van de ruimte
	Koelbatterij	De koelbatterij koelt de lucht tot de gewenste inblaastemperatuur van de ruimte
	Bevochtiger	De bevochtiger zorgt ervoor dat de lucht over de juiste minimale luchtvochtigheid beschikt
	Geluidsdemper	De geluidsdempers beperken het geluid in de LBK tot de minimale geluidseis

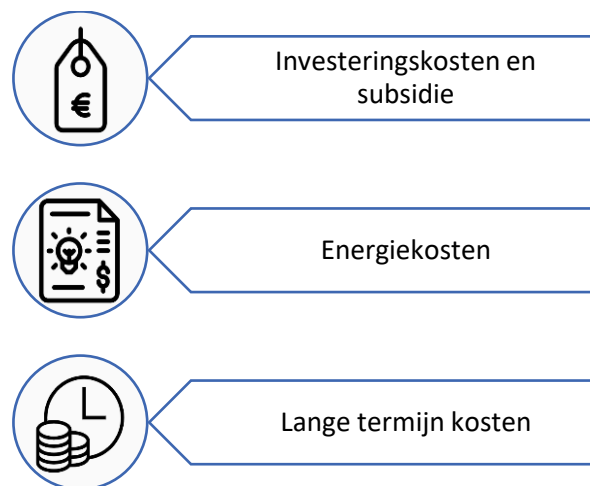
9. Advies

Aan de hand van het ontwerp voor een gasloze klimaatinstallatie wordt in dit hoofdstuk een advies gegeven. Dit advies bestaat uit een kostenvergelijking, de stakeholderanalyse, de conclusie en aanbevelingen. De deelvraag van dit hoofdstuk luidt: “Wat voor advies kan er worden uitgebracht over het gasloze klimaatinstallatie ontwerp?”

9.1. Kosten all-electric VS traditionele (gas)installatie

Om de all-electric (lucht/water warmtepomp + elektrische CV-ketel) klimaatinstallatie te vergelijken met een traditionele gasinstallatie (CV-ketel) wordt er onderzoek gedaan naar de kosten. Het grote verschil tussen de kosten van het all-electric en een traditionele (gas)installatie zijn de investerings- en energiekosten. De investeringskosten van het all-electric ontwerp liggen hoger dan een traditionele (gas)installatie. Echter zijn de energiekosten per jaar lager bij het all-electric ontwerp dan bij een traditionele (gas)installatie.

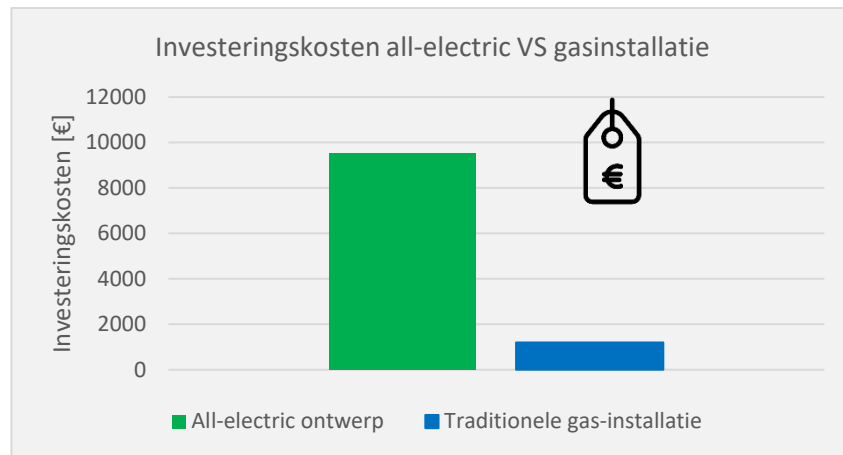
In het onderstaande Figuur 37 is weergegeven hoe de paragraaf ‘kosten’ is opgebouwd



Figuur 37 'Opbouw kosten'

9.1.1. Investeringskosten

De investeringskosten zijn de eenmalige kosten voor het aanschaffen van opwekking van de all-electric installatie (de lucht/water + elektrische CV) en de traditionele (gas)installatie (gasgestookte CV-ketel). In het onderstaande Figuur 38 is te zien wat het verschil is in investeringskosten voor het all-electric ontwerp en de traditionele (gas)installatie. In bijlage Q staan deze investeringskosten uitgewerkt.

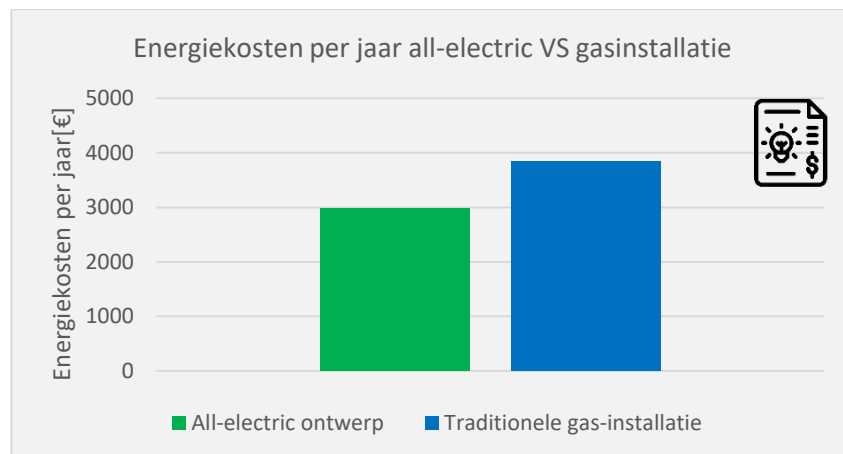


Figuur 38 'Investeringskosten all-electric VS gasinstallatie'

In het bovenstaande Figuur 38 is te zien dat de investeringskosten van het **all-electric ontwerp** 7 keer hoger zijn dan bij een **traditionele (gas)installatie**.

9.1.2. Energiekosten

De energiekosten zijn de jaarlijkse kosten voor het verbruik van de installatie. In de onderstaande Figuur 39 zijn de energiekosten per jaar van het all-electric ontwerp en een traditionele gasinstallatie weergegeven.

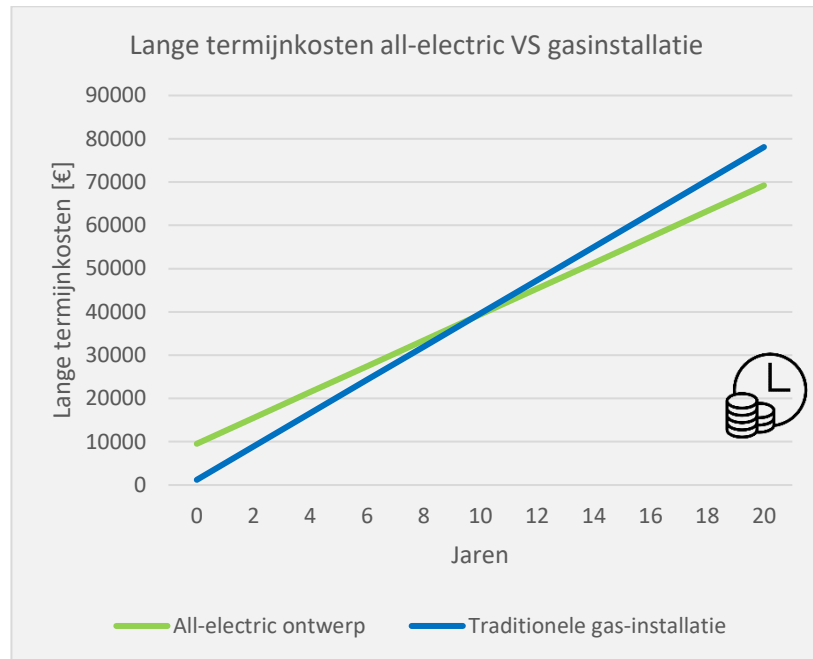


Figuur 39 'Energiekosten all-electric VS gas installatie'

In de bovenstaande Figuur 39 is te zien dat de jaarlijkse energiekosten van het **all-electric ontwerp** bijna 30% lager zijn dan bij een **traditionele (gas)installatie**.

9.1.3. (Deel)conclusie kosten

Om een realistische overweging te maken tussen de all-electric en de traditionele (gas)installatie wordt er gekeken over een langere periode. In het onderstaande Figuur 40 is een verdeling van de kosten na een langere periode van de all-electric en traditionele (gas)installatie weergegeven.



Figuur 40 'Lange termijnkosten all-electric VS gasinstallatie'

Uit de bovenstaande Figuur 40 kan het met betrekking tot de kosten van een all-electric ontwerp en een traditionele (gas)installatie het volgende worden geconcludeerd:

Investing

De investeringskosten van het **all-electric ontwerp** groter dan van een **traditionele (gas)installatie**.

Na 15 jaar

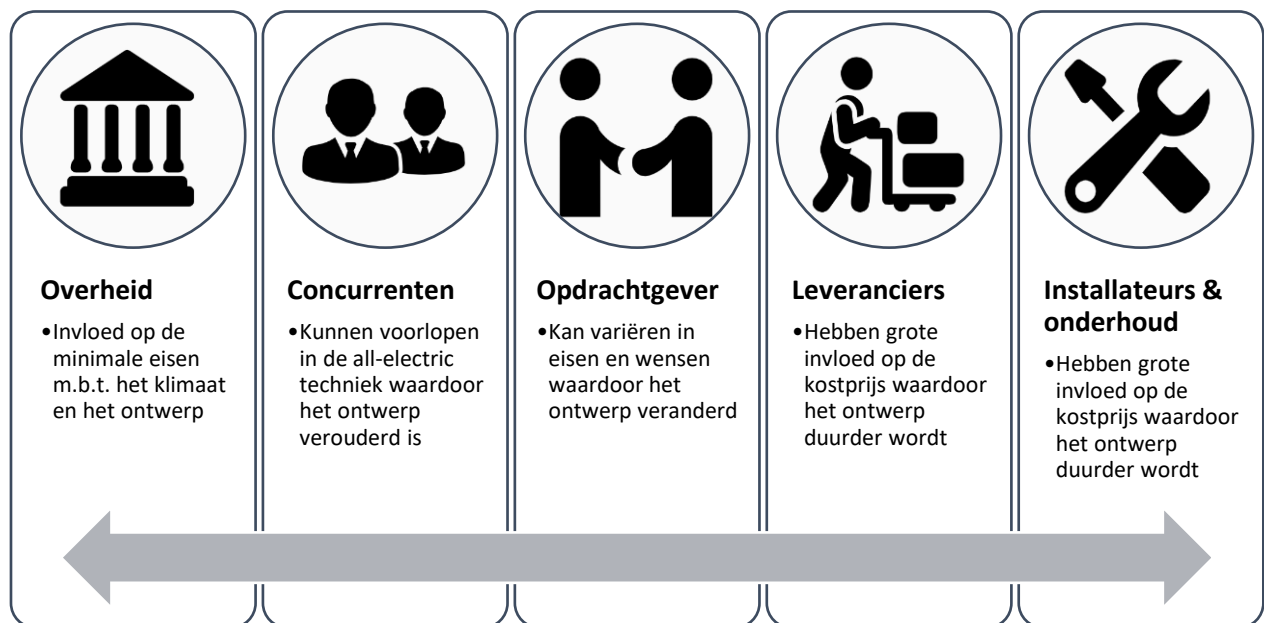
Ondanks de hogere investering is na 15 jaar het **all-electric ontwerp** bijna voordeliger dan een **traditionele (gas)installatie**. Dit komt door de lagere jaarlijkse energiekosten van het **all-electric ontwerp**.

9.2. Stakeholderanalyse

In deze paragraaf wordt een stakeholderanalyse van het onderzoek naar een all-electric klimaatinstallatie uitgevoerd. De stakeholderanalyse is nodig om te onderzoeken welke groepen of organisaties invloed kunnen hebben op het onderzoek.

Betrokken partijen

Bij de stakeholderanalyse is het belangrijk om de betrokken partijen te identificeren die eventueel invloed hebben op het onderzoek. Bij het ontwerpen van een all-electric klimaatinstallatie zijn er vijf partijen die het ontwerp kunnen beïnvloeden. In het onderstaande Figuur 41 zijn deze partijen weergegeven en wat hun invloed op het ontwerp kan zijn.



Figuur 41 'Betrokken partijen stakeholderanalyse'

10. Conclusie en aanbevelingen

Om in 2030 de helft minder broeikasgassen uit te stoten dan in 1990 moet er in de sector klimaatinstallatie overgestapt worden naar een gasloze installatie. Het gevolg hiervan is dat er in de ontwerpfase nieuwe ontwerpen gemaakt moeten worden dan de traditionele (gas)installaties. Zo moet er gebruik worden gemaakt van nieuw opwekkings- en afgiftesystemen die alsnog een comfortabel klimaat kunnen realiseren. De probleemstelling luidde als volgt: “Wat voor nieuwe klimaatinstallatie moet er ontworpen worden als er wordt overgestapt van gas naar gasloos in een kantoorgebouw?” Het antwoord in dit onderzoek is dat er een installatie ontworpen is die gasloos is en volledig functioneert op all-electric. Voor specifiek dit onderzoek zijn daar de volgende deelconclusies uit gekomen. De doelstelling was om te kijken welke keuzes in de ontwerpfase genomen moeten worden om een behaaglijk comfortniveau te realiseren van een all-electric klimaatinstallatie aan de hand van de condities van een kantoorgebouw. Deze doelstelling is volbracht door het maken van een nieuw installatieontwerp die berust op ‘all-electric’. Onderstaand zijn de deelconclusies op de deelvragen weergegeven die het volbrengen van de doelstelling onderbouwen.

Wat zijn de minimale klimaateisen in een kantoor?

In hoofdstuk 3 zijn de minimale klimaateisen om een comfortabel klimaat in een kantoor te realiseren weergegeven. Deze eisen hebben vooral betrekking op temperatuur, tocht en luchtvochtigheid.

Wat voor kantoorgebouw wordt er gedefinieerd?

Het ontwerp van het (fictieve) kantoor is gebaseerd op minimale bouweisen. Veel van deze bouweisen komen voort uit Bouwbesluit, NEN-normen en ISSO-publicaties. Voor dit onderzoek is een kantoor gedefinieerd van 3 verdiepingen met werk- en vergaderruimtes die minimaal voldoet aan de bouweisen.

Wat is het resultaat van het bepalen van het verwarmings- en koelvermogen?

Het resultaat is dat het maximale benodigde vermogen van de opwekkingsinstallatie 27,9 kW moet zijn voor verwarmen en 35 kW voor koelen. Deze vermogens komen voort uit de warmteverlies-koellast- en ventilatieberekeningen.

Wat zijn de beste concepten die voortkomen uit de keuzematrix?

De beste concepten die voortkomen uit de keuzematrix zijn voor de warmteopwekking een lucht/water warmtepomp en een elektrische CV-ketel. Voor de koudeopwekking is het beste een lucht/water koelmachine. Voor het warmte-afgiftesysteem zijn de beste concepten een klimaatplafond of water vloerverwarming. Voor het koude-afgiftesysteem zijn de beste concepten een klimaatplafond of water vloerkoeling.

Wat is de keuzeverantwoording voor het ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie?

Voor het opwekkingssysteem is er gekozen voor een omkeerbare lucht/water warmtepomp en een omkeerbare koelmachine. Hierbij is een ontwerp gekozen waarbij de koeling de volledige koelvraag kan dekken en de elektrische CV-ketel wordt ingeschakeld zodra de warmtepomp niet de volledige warmtevraag kan dekken. Voor het afgiftesysteem is er gekozen om voor elke ruimte een klimaatplafond te gebruiken voor verwarming en koeling. In de ruimtes waar meer vermogen [W] per ruimteoppervlak [m²] wordt gevraagd, wordt gebruik gemaakt van een (laagtemperatuur) radiator.

Wat voor advies kan er worden uitgebracht over het all-electric ontwerp?

De investeringskosten in een all-electric installatie liggen hoger dan van een traditionele gasinstallatie. Echter zijn de energiekosten van een all-electric systeem lager dan van een traditionele gasinstallatie. Daarom is het over een langere periode voordeliger om te investeren in een all-electric installatie.

De conclusie is dat er in de ontwerpfase van een all-electric installatie met betrekking tot realiseren van het klimaatcomfort, keuzes van opwekkings- en afgiftesystemen, berekeningen, kosten, en consequenties andere keuzes genomen moeten worden dan bij een traditionele gasinstallatie.

Aanbevelingen

Aan de hand van het ontwerp van de all-electric klimaatinstallatie worden er aanbevelingen gedaan. Deze aanbevelingen moeten worden uitgevoerd om het onderzoek naar een gasloze klimaatinstallatie verder uit te werken. De aanbevelingen zijn in de onderstaande Tabel 19 weergegeven.

Tabel 19 'Aanbevelingen'

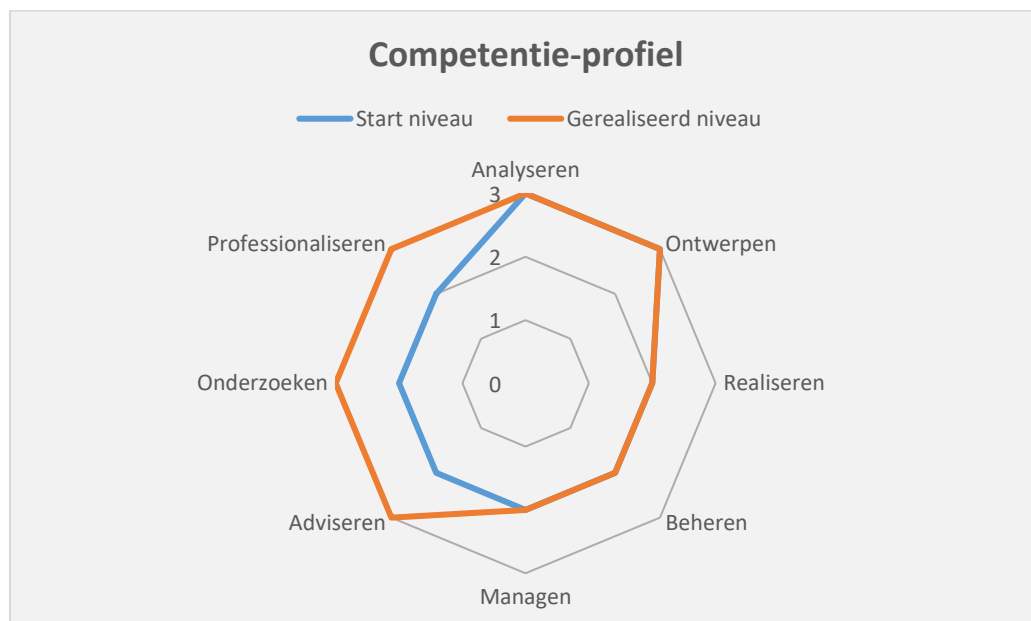
Aanbeveling	Uitleg
VABI-berekeningen	De warmteverlies- en koellast berekeningen van het kantoor zijn handmatig uitgevoerd. Om de gestandaardiseerd uit te voeren moet er een programma zoals VABI worden gebruikt. Dit zorgt ervoor dat complexere berekeningen over bijvoorbeeld zontoetreding nauwkeuriger worden uitgevoerd.
Kosten uitwerken	Om een betere vergelijking tussen een all-electric installatie en een gasinstallatie te maken moeten de kosten verder worden uitgewerkt. Hierbij moeten bijvoorbeeld de installatie- en onderhoudskosten worden bepaald. Ook moet er verder onderzoek gedaan worden naar de toekomstige prijsverhouding tussen gas en elektriciteit
Elektrisch vermogen	Door het toepassen van een all-electric installatie moet onderzocht worden wat het gevolg is voor het elektrisch vermogen in het kantoor.
Opslag van energie	Er moet onderzoek gedaan worden naar het opslaan en vervolgens gebruiken van energie.
Toepasbaarheid onderzoeken	Er moet onderzocht worden of het all-electric ontwerp in meerdere soorten gebouwen toepasbaar is of alleen in dit specifieke (fictieve) kantoor.
Realisatie	Er moet in de realisatiefase van dit ontwerp onderzocht worden of het

Competenties verantwoording

Tijdens de opleiding werktuigbouwkunde ontwikkelt de student verschillende competenties. De competenties worden gedurende de opleiding ontwikkelt tot een hoger niveau, of op hetzelfde niveau gehouden. De 8 verschillende competenties zijn terug te vinden in Figuur 42. In dit hoofdstuk wordt besproken hoe ver de competenties zijn ontwikkeld tijdens de afstudeerstage.

Competentieprofiel

Tijdens de opleiding werktuigbouwkunde zijn verschillende competenties tot een bepaald niveau (van 1 t/m 3) ontwikkeld. De **blauwe lijn** in het onderstaande Figuur 42 geeft de competenties voor het afstuderen weer. De **rode lijn** geeft de competenties na het afstuderen weer.



Figuur 42 'Competentieprofiel werktuigbouwkunde'

Tijdens de afstudeerstage zijn er drie competenties ontwikkelt van niveau 2 naar 3:

- Onderzoeken
- Adviseren
- Professionaliseren

De volgende competenties zijn tijdens de afstudeerstage op hetzelfde niveau gehouden als het startniveau:

- Analyseren
- Ontwerpen
- Realiseren
- Beheren
- Managen

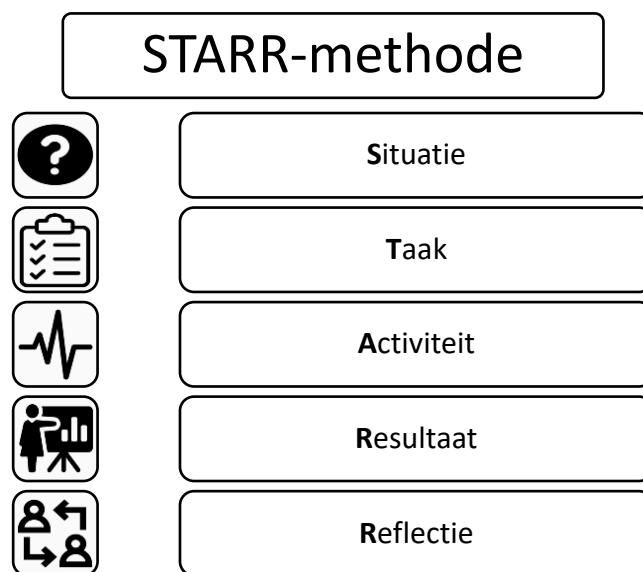
In de onderstaande Tabel 20 is te zien met welk hoofdstuk als bewijslast de competenties zijn ontwikkeld tot een hoger niveau.

Tabel 20 'Bewijslast competenties'

Ontwikkelde competentie	Start niveau	Gerealiseerd niveau	Bewijslast
Adviseren	2	3	Hoofdstuk 6 'Keuzematrix' Hoofdstuk 7 'Keuzeverantwoording' Hoofdstuk 9 'Advies' 'Aanbevelingen'
Onderzoeken	2	3	Hoofdstuk 3 'Klimaateisen comfort' Hoofdstuk 4 'Ontwerpeisen' Hoofdstuk 6 'Keuzematrix'
Professionaliseren	2	3	'Competenties' Bijlage R 'Bedrijfsbeoordeling'

STAR-methode

De competenties die in niveau zijn gestegen zijn beoordeeld volgens de STAR-methode, deze is weergegeven in het onderstaande Figuur 43. Om te onderzoeken of de competenties en de beoogde niveaus behaald zijn is er gebruikt gemaakt van de bron "Competentie-niveaus HHS-TIS-opleiding Werktuigbouwkunde, dr. ir. F.M. de Wit".



Figuur 43 'STARR-methode'

De competenties die tijdens het afstuderen van niveau 2 naar 3 zijn gestegen worden in dit hoofdstuk behandeld. Onder competentie-niveau 3 verstaan we:

- Aard van de taak:
complex, ongestructureerd, verbetert methoden en past normen aan de situaties aan
- Aard van de context:
onbekend; complex, multidisciplinair in praktijk
- Mate van zelfstandigheid:
zelfstandig

Adviseren

Situatie: de kantoorvoorziening moet gasloos worden, waarbij een all-electric klimaatinstallatie wordt toegepast.

Taak: het onderbouwend uitbrengen van een advies voor een all-electric klimaatinstallatie voor een (fictief) kantoorgebouw.

Activiteit: deelcompetentie 6c: *“Zelfstandig in overleg met relevante partijen de onbekende en complexe klantbehoefte vertalen naar technisch & economisch haalbare oplossingen in een multidisciplinaire omgeving”*. Ik heb zelfstandig in overleg met relevante partijen (de opdrachtgever en betrokkene) de klantbehoefte (een all-electric klimaatinstallatie) vertaald naar een ontwerp en verantwoord advies. Ook is er onderzoek gedaan naar de economische haalbaarheid met behulp van kostenbepaling en een stakeholderanalyse.

Resultaat: het resultaat is een onderbouwend ontwerp van een all-electric klimaatinstallatie voor een kantoorvoorziening.

Reflectie: ik heb zelfstandig het stappenplan voor ‘opstellen van een ontwerpen’ doorlopen en met behulp van deze gestructureerde aanpak daadwerkelijk een ontwerp en advies uitgebracht. Hierdoor heb ik het competentie-niveau 3 behaald.

Onderzoeken

Situatie: om een all-electric klimaatinstallatie te ontwerpen is er onderzoek nodig naar klimaat- en ontwerpeisen.

Taak: het onderzoek doen naar de klimaat- en ontwerpeisen van een kantoorvoorziening. Ook is er onderzoek naar mogelijke warmte/koude opwekkings- en afgiftesystemen gedaan.

Activiteit: deelcompetentie 7b: *“Zelfstandig (wetenschappelijk) literatuur en eigen/andere informatiebronnen selecteren en verkrijgen om zich verder in de onbekende en complexe vraagstelling te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen kunnen valideren in een multidisciplinaire context”*. Ik heb onderzoek gedaan naar de klimaat- en ontwerpeisen voor een comfort klimaat in een kantoorvoorziening. Dit heb ik gedaan door ISSO-publicaties, NEN-normen en Bouwbesluit te gebruiken waardoor ik een betrouwbaarheid valideer van het verzamelen van gegevens voor de eisen.

Resultaat: het resultaat zijn tabellen die een overzicht weergeven van behaaglijkheidseisen die invloed hebben op het klimaat; temperatuur, ventilatie en luchtvochtigheid. Daarnaast zijn er ook tabellen opgesteld en gebruikt met minimale bouwweisen voor een kantoorvoorziening. Ook is er voor de keuzematrix (hoofdstuk 6) onderzoek gedaan welke warmte/koude opwekkings- en afgiftesystemen kunnen functioneren in een kantoor en zijn ze getest aan wensen van de opdrachtgever.

Reflectie: bovenstaande deelonderzoeken zijn onderbouwd en gevalideerd op betrouwbare bronnen. Dit toont aan dat de competenties onderzoeken gestegen is van niveau 2 tot 3.

Professionaliseren

Situatie: verantwoordelijk voor het zelfstandig realiseren van een (complexe) ontwerpopdracht van een all-electric klimaatinstallatie.

Taak: het maken van een all-electric klimaatinstallatie voor een kantoorvoorziening waarbij de minimale thermische behaaglijkheid en comfort gerealiseerd kan worden.

Activiteit: deelcompetentie 8d: *“Op een constructieve wijze zelfstandig onbekende en complexe feedback kunnen geven en ontvangen, zowel op gedrag als inhoud in een multidisciplinaire context”.*

Ik heb (zelfstandig) feedback ontvangen en gegeven voor het succesvol uitvoeren van de deelonderzoeken. Deze gedachte-uitwisseling vond elke vrijdagmiddag plaats met Ricardo Dumont (systeemontwerper Croonwolter&dros). Daarnaast heb ik zelf contact opgenomen met de cost-engineer om advies te vragen over de kosten van het ontwerp.

Resultaat: tijdens de afstudeerstage heeft de student zich professioneel opgesteld richting het bedrijf. Ik was flexibel met betrekking tot het monitoren van de planning en flexibel met het verzetten van afspraken.

Reflectie: uit de bedrijfsbeoordeling blijkt dat voor ‘houding en optreden’ een ‘goed’ is gescoord. Dit draagt bij aan de competentie professionaliseren.

Literatuurlijst

- BRIS Bouwbesluitonline 2012. (2011, Augustus). *Bouwbesluit 2012*. Opgehaald van Bouwbesluit Online.
- Cenergie. (sd). Ontwerpmethode voor keuze van opwekkings- en afgiftesystemen. In J. Fronhoffs. Brussels Instituut Voor Milieubeheer.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018). *Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen van eindverbruikers*. Opgehaald van StatLine:
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81309NED&D1=0-1%2C3%2C5%2C7-8%2C11%2C15&D2=0&D3=a&D4=a&HD=121114-1344&HDR=G1%2CG2%2CT&STB=G3>
- Engineer, C. T. (2008). Klimaatjaar.
- Estimator, C. C. (sd). Kosten warmte/koude opwekkers en afgifte.
- H.T.C. Kuling. (2009). *Handboek Hydraulische Schakelingen*. Wolter & Dros.
- ISSO. (2002). *Handboek Installatietechniek*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (1990). *Researchrapport 5 Ontwerp binnencondities en thermische behaaglijkheid in gebouwen*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (1991). *ISSO 19 Thermisch binnenklimaat aanbevelingen*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (1996). *ISSO 33 Kengetallen en vuistregels*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (1998). *ISSO 43 Concepten voor klimaatinstallaties*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2002). *ISSO 69 Model voor de beschrijving van de werking van een klimaatinstallatie*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2004). *ISSO 49 Kwaliteitseisen vloer- en wandverwarming en vloer- en wandkoeling*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2007). *ISSO 75.2 Handleiding energieprestatie advies utiliteitsgebouwen*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2007). *ISSO 81 Handboek integraal ontwerpen van warmtepompinstallaties voor utiliteitsgebouwen*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2013). *ISSO 75.1 Handleiding energieprestatie utiliteitsgebouwen*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2014). *ISSO 74 Thermische Behaaglijkheid*. Stichting ISSO.
- ISSO Kennisbank. (2015). *ISSO Kleintje binnenklimaat*. Stichting ISSO.

- ISSO Kennisbank. (2017). *ISSO 53 Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen*. Stichting ISSO.
- KlimaatBeheer. (2018). *Prestatiegericht binnenklimaat met klimaatklassen*. Opgehaald van KlimaatBeheer energie- & Installatieadviseurs.
- NEN 1824. (2010). *Ergonomische eisen voor de oppervlakte van (werkplekken in) administratieve ruimtes en kantoren*. Stichting Nederlands Normalisatie-Instituut.
- NEN. (1999). NPR-CR 1752. In *Ventilatie van gebouwen - Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden*. Stichting Nederlands Normalisatie-Instituut.
- NEN. (2005). ISO 7730. In *Klimaatomstandigheden* (p. 52). Stichting Nederlands Normalisatie-Instituut.
- RVO. (2016). *Investeringsubsidie Duurzame Energie (ISDE)*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- TU Delft Sectie Klimaatontwerp. (2011). *Programma van Eisen en Wensen voor het binnenmilieu*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- VABI. (2018). *VABI Elements Handleiding*. Vabi Software bv.
- Velds, C. (2017). *Zonnestraling in Nederland*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).
- Wit, F. d. (sd). *Competentie-niveaus HHS-TIS-opleiding Werktuigbouwkunde*. Delft: De Haagse Hogeschool.
- WTH, G. c. (2018). *Afgifte berekening calculator*. Dordrecht.