

Afstudeerscriptie

Bijlagen

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

Bijlage A: Extra gegevens behaaglijkheid

In deze bijlage wordt overige informatie besproken met betrekking tot de behaaglijkheid in een kantoorvoorziening.

Temperatuur klimaatklasse

Bij het onderzoeken of het kantoor behaaglijk is, is de klimaattemperatuur van groot belang. Hoe stabiel de temperatuur hoe aangenamer de behaaglijkheid in het gebouw. De klimaatklasse bepaald hoeveel temperatuurspeling het klimaat mag hebben in de winter en in de zomer. Dit is in de onderstaande Tabel 21 weergegeven.

Tabel 21 'Temperatuur klimaatklassen'

	Klimaatklasse A	Klimaatklasse B	Klimaatklasse C
Winter	22,0°C ± 1,0	22,0°C ± 2,0	22,0°C ± 3,0
Zomer	24,5 °C ± 1,0	24,5 °C ± 1,5	24,5 °C ± 2,5

Luchtsnelheid klimaatklasse

De luchtsnelheid in het kantoorgebouw is ook onderverdeeld in verschillende klimaatklasse. In de onderstaande Tabel 22 worden de maximale luchtsnelheden [m/s] weergegeven van de verschillende klimaatklassen.

Tabel 22 'Luchtsnelheid klimaatklassen'

	Klimaatklasse A	Klimaatklasse B	Klimaatklasse C
Max. luchtsnelheid zomer [m/s]	0,12	0,19	0,24
Max. luchtsnelheid winter [m/s]	0,10	0,16	0,21

Alpha- of bètaklimaat

Een Alphaklimaat kan worden ontworpen wanneer er geen mechanische koeling wordt toegepast, beïnvloeding via te openen ramen mogelijk is en de kledingisolatie kan worden gevarieerd. Een Bètaklimaat kan worden ontworpen als er mechanische koeling is en er geen beïnvloedingsmogelijkheden zijn.

Predicted Mean Vote bepalen

De eerste methode om de thermische behaaglijkheid te testen is door de Predicted Mean Vote (PMV) te bepalen. De PMV is de voorspellend index van de gemiddelde waarde van de stemmen van een groep personen. Bij de bepaling van de PMV spelen de volgende parameters uit Tabel 23 een rol:

Tabel 23 'Bepalen van de PMV'

Bepalen van de Predicted Mean Vote
• Warmteweerstand van de kleding • Activiteiten niveau van de gebruiker • Luchttemperatuur • Gemiddelde stralingstemperatuur • Relatieve luchtvochtigheid • Luchtsnelheid

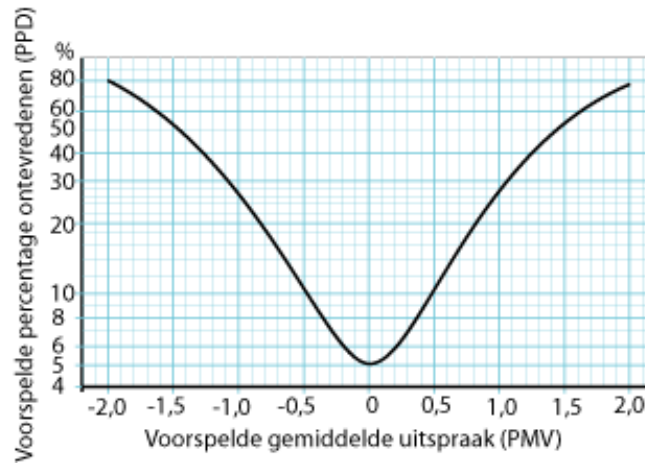
Het klimaat in een gebouw wordt volgens het 'Predicted Mean Vote' geplaatst en beoordeeld in een schaal van -3 tot +3:

- +3 Heet klimaat
- +2 Warm klimaat
- +1 Enigszins warm klimaat
- 0 Neutraal klimaat
- 1 Enigszins koel klimaat
- 2 Koel klimaat
- 3 Koud klimaat

Een klimaat wordt als behaaglijk beschouwd als het een Predicted Mean Vote (PMV) behaald tussen de -0,5 en 0,5.

Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) bepalen

De 'Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)' bepaalt het percentage ontevreden van een groep personen over het klimaat in het gebouw. De PDD-waarde kan bepaald worden nadat de PMV-waarde zijn vastgelegd. De PDD-waarde bepalen gaat volgens het onderstaande Figuur 44 .

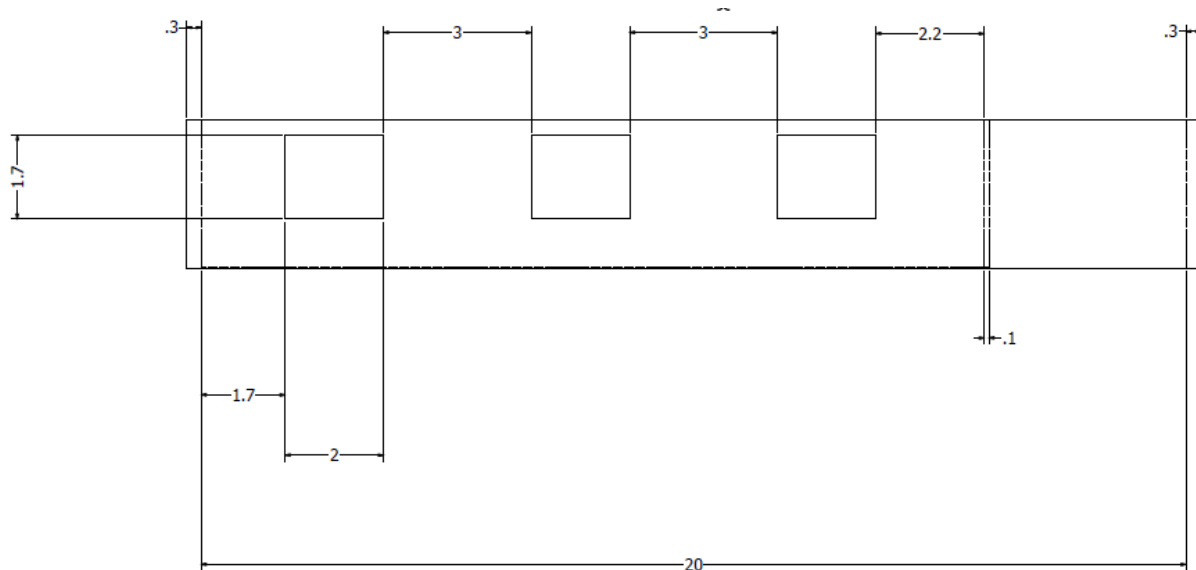


Figuur 44 'PDD en PMV'

De curve in het bovenstaande Figuur 44 is symmetrisch en hieruit blijkt dat er altijd een ontevredenheid minimum van 5% is, ongeacht hoe 'goed' of 'slecht' het klimaat in het gebouw is. Bij een PMV tussen -0,5 en +0,5 (wenselijk) heeft de PDD een maximale ontevredenheid van 10%.

Bijlage B: Kantoor specificaties

In het onderstaande Figuur 45 zijn de afmetingen weergegeven vanaf de zijkant. Ook hier zijn de afmetingen weergegeven in meters. Aan de oost- en westkant bevinden zich ramen, waarvan de afmetingen onderstaand in Figuur 45 zijn weergegeven. De onderstaande figuur is één verdieping; het hele kantoor bestaat uit 3 identieke verdiepingen.



Figuur 45 'Buitengevel aanzicht'

Persoonsbezetting in het kantoor

In het kantoor zijn er per verdieping drie werkruimtes ontworpen. In deze ruimtes geldt er een maximaal persoonsbezetting en dus een maximaal aantal werkplekken. Hoe deze persoonsbezetting is bepaald wordt in deze bijlage beschreven.

Elke werknemer heeft een minimum aantal m^2 nodig om een gunstige en veilige werkplek te hebben. Het minimumaantal m^2 dat een persoon nodig heeft voor een gunstige en veilige werkplek is vastgelegd in NEN1824. In het ontwerp van het kantoor wordt gekeken hoeveel werkplekken er aanwezig zijn per verdieping. In NEN1824 staat dat een persoon een minimale werkplek nodig heeft van $8 m^2$.

In de onderstaande Tabel 24 is een deel uit NEN1824 weergegeven over de minimumoppervlakte van een werkruimte per werknemer.

Tabel 24 'Minimumoppervlakte werknemer'

Element	Minimumoppervlakte
De medewerkers	4 m ² voor iedere werkplek die gewoonlijk langer dan 2 h per dag door een of meer medewerkers wordt gebruikt, inclusief ruimte voor een werkstoel en circulatie- en bewegingsruimte op de werkplek
De werktafel	1 m ² voor een werkplek met LCD/TFT-beeldscherm of laptop
	2 m ² voor een werkplek met CRT-beeldscherm
	1 m ² voor een lees/schrijfvak
	2 m ² voor een vlak voor uitleg van tekeningen of gelijkwaardig
De kasten	1 m ² voor elke vrijstaande kast
	0,5 m ² voor elk (verrijdbaar) ladeblok
De vergaderruimte	2 m ² per persoon. Gebruik van audiovisuele middelen (opstelling van en zichtlijnen naar) kan extra vloeroppervlak noodzakelijk maken
De overlegruimte	1,5 m ² per persoon

Aan de hand van de bovenstaande gegevens is voor het kantoor de persoonsbezetting bepaald. In de onderstaande Tabel 25 is de persoonsbezetting per verdieping en van het totale kantoor weergegeven.

Tabel 25 'Persoonsbezetting'

Ruimte (per verdieping)	Persoonsbezetting (per verdieping)
Werkruimte 1	16
Werkruimte 2	16
Werkruimte 3	6
Totaal ²¹	38
Ruimte (totale kantoor)	Persoonsbezetting (totale kantoor)
Werkruimtes	114
Totaal	114

²¹ In de vergaderruimte(s) is er van uitgegaan dat deze niet standaard bezet zijn.

Bijlage C: Warmteverlies berekeningen formules

In deze bijlage wordt uitgelegd hoe de warmteverlies berekeningen worden uitgevoerd.²²

Transmissie berekeningen

Transmissie muren

$$Q_{\text{muren}} = A_{\text{muren}} \cdot U_{\text{muren}} \cdot \Delta T$$

Met: Q_{muren} = transmissie door de muren [W]
 A = oppervlakte muren [m^2]
 U = warmtedoorgangscoefficient muren [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Transmissie ramen

$$Q_{\text{ramen}} = A_{\text{ramen}} \cdot U_{\text{ramen}} \cdot \Delta T$$

Met: Q_{ramen} = transmissie door de ramen [W]
 A = oppervlakte ramen [m^2]
 U = warmtedoorgangscoefficient ramen [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Transmissie dak

$$Q_{\text{dak}} = A_{\text{dak}} \cdot U_{\text{dak}} \cdot \Delta T$$

Met: Q_{dak} = transmissie door het dak [W]
 A = oppervlakte dak [m^2]
 U = warmtedoorgangscoefficient dak [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Infiltratie berekening

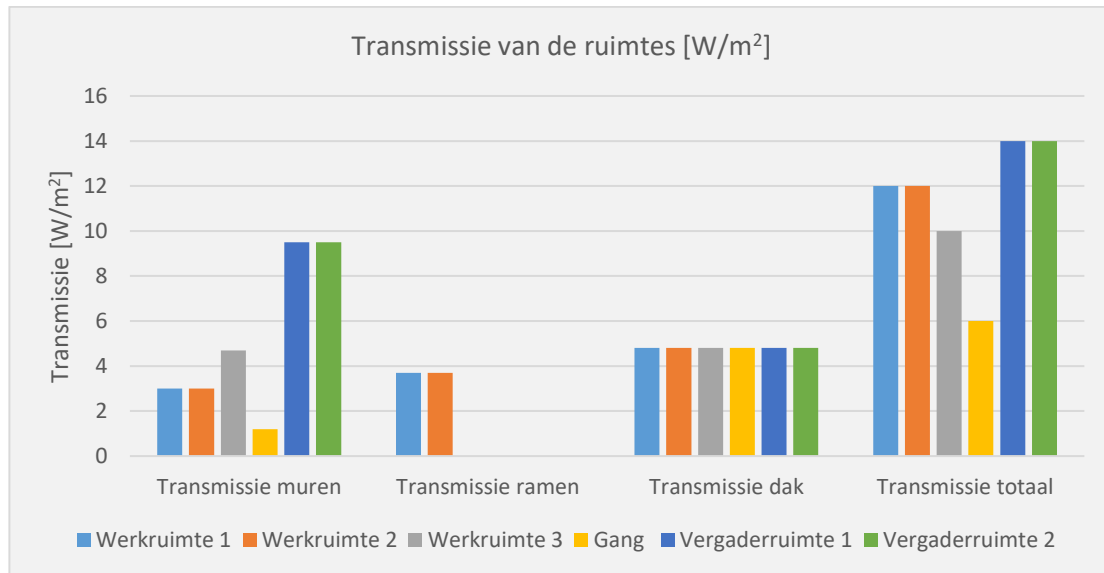
$$Q_{\text{infiltratie}} = \phi v \cdot \rho \cdot c_p \cdot A_{\text{gevel}} \cdot \Delta T$$

Met: $Q_{\text{infiltratie}}$ = infiltratieverlies [W]
 ϕv = luchtvolumestroom [$\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$]
 ρ = dichtheid lucht [kg/m^3]
 c_p = soortelijke warmte lucht [J/kgK]
 A = oppervlakte gevel [m^2]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

²² Conform ISSO-publicatie 53 'Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen'

Bijlage D: Warmteverlies berekeningen resultaten**Transmissie [W/m^2]**

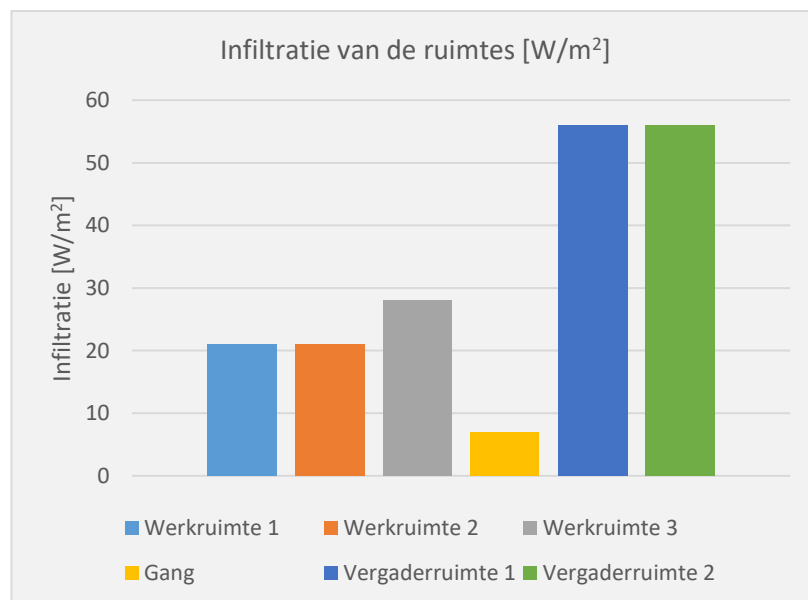
Het onderstaande Figuur 46 geeft de transmissie (bij $-10\text{ }^\circ\text{C}$) in [W/m^2] aan van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 46 'Transmissie ruimtes [W/m^2 ']

Infiltratie [W/m^2]

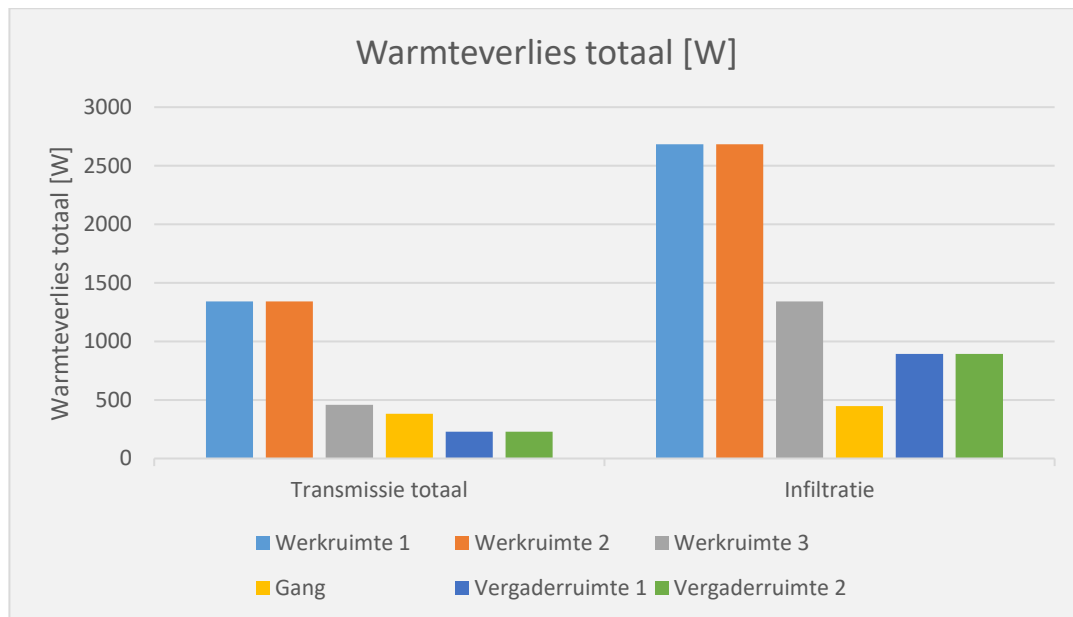
Het onderstaande Figuur 47 geeft de infiltratie (bij $-10\text{ }^\circ\text{C}$) in [W/m^2] aan van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 47 'Infiltratie ruimtes [W/m^2 ']

Warmteverlies totaal [W]

Het onderstaande Figuur 48 geeft het totale warmteverlies weer (bij -10 °C) in [W] van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 48 'Warmteverlies totaal [W]'

Bijlage E: Koellast berekeningen formules

In deze bijlage wordt uitgelegd hoe de warmteverlies berekeningen worden uitgevoerd.

Transmissie muren

$$Q_{\text{muren}} = A_{\text{muren}} \cdot U_{\text{muren}} \cdot \Delta T$$

Met: Q_{muren} = transmissie door de muren [W]
 A = oppervlakte muren [m^2]
 U = warmtedoorgangscoefficient muren [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Transmissie ramen

$$Q_{\text{ramen}} = A_{\text{ramen}} \cdot U_{\text{ramen}} \cdot \Delta T$$

Met: Q_{ramen} = transmissie door de ramen [W]
 A = oppervlakte ramen [m^2]
 U = warmtedoorgangscoefficient ramen [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Transmissie dak

$$Q_{\text{dak}} = A_{\text{dak}} \cdot U_{\text{dak}} \cdot \Delta T$$

Met: Q_{dak} = transmissie door het dak [W]
 A = oppervlakte dak [m^2]
 U = warmtedoorgangscoefficient dak [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Infiltratie berekening

$$Q_{\text{infiltratie}} = \phi v \cdot \rho \cdot c_p \cdot A_{\text{muren}} \cdot \Delta T$$

Met:

- $Q_{\text{infiltratie}}$ = infiltratieverlies [W]
- ϕv = luchtvolumestroom [$\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$]
- ρ = dichtheid lucht [kg/m^3]
- c_p = soortelijke warmte lucht [J/kgK]
- A = oppervlakte muren [m^2]
- ΔT = temperatuurverschil tussen buiten en binnen [K]

Interne warmteproductie

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{personen}} + Q_{\text{laptop}} + Q_{\text{verlichting}}$$

Interne warmteproductie personen

$$Q_{\text{personen}} = P_{\text{persoon}} \cdot n_{\text{personen}}$$

Met:

- Q_{personen} = warmteproductie personen [W]
- P_{persoon} = warmteafgifte persoon [W]
- n_{personen} = aantal personen [-]

Interne warmteproductie laptop

$$Q_{\text{laptops}} = P_{\text{laptop}} \cdot n_{\text{laptops}}$$

Met:

- Q_{laptops} = warmteproductie laptops [W]
- P_{laptop} = warmteafgifte laptop [W]
- n_{laptops} = aantal laptops [-]

Interne warmteproductie verlichting

$$Q_{\text{verlichting}} = P_{\text{verlichting}} \cdot A_{\text{verdieping}}$$

Met:

- $Q_{\text{verlichting}}$ = warmteproductie verlichting [W]
- $P_{\text{verlichting}}$ = warmteafgifte verlichting [W/m^2]
- $A_{\text{verdieping}}$ = oppervlakte per verdieping [m^2]

Zontoetreding

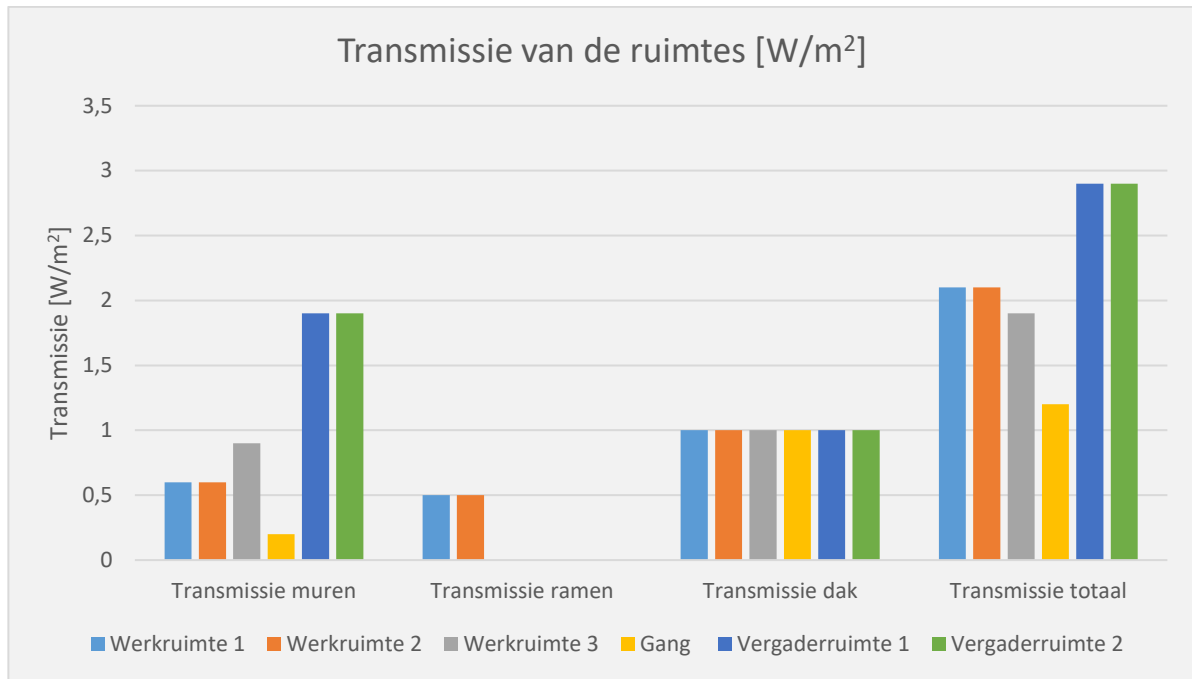
$$Q_{\text{zontoetreding}} = A_{\text{raam}} \cdot n_{\text{ramen}} \cdot ZTA \cdot q_{\text{straling}}$$

Met:

- $Q_{\text{zontoetreding}}$ = zontoetreding [W]
- A_{raam} = oppervlakte raam [m^2]
- n_{ramen} = aantal ramen [-]
- ZTA = zontoetredingsfactor
- q_{straling} = globale zonnestraling [W/m^2]

Bijlage F: Koellastberekeningen resultaten**Transmissie [W/m^2]**

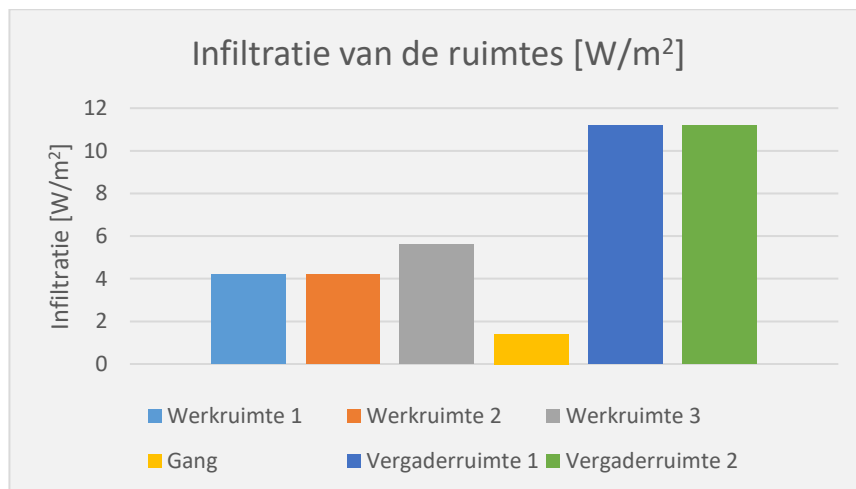
Het onderstaande Figuur 49 geeft de transmissie (bij 30 °C) in [W/m^2] aan van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 49 'Transmissie van de ruimtes [W/m^2 ']

Infiltratie [W/m^2]

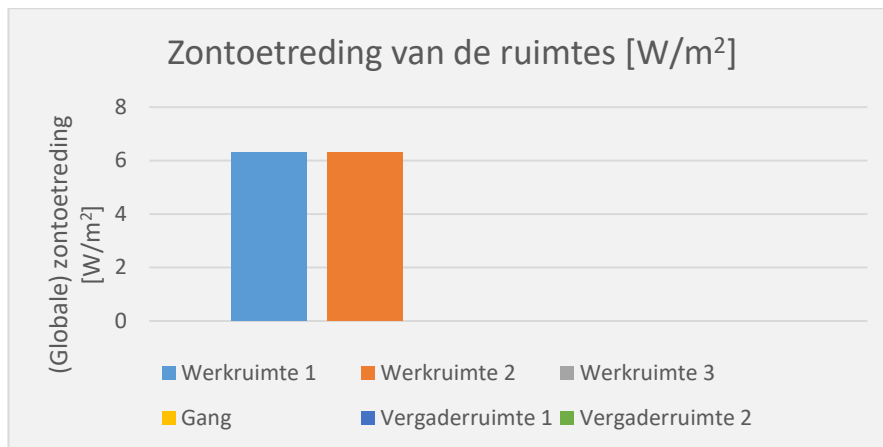
Het onderstaande Figuur 50 geeft de infiltratie (bij 30 °C) in [W/m^2] aan van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 50 'Infiltratie van de ruimtes [W/m^2 ']

(Globale) zontoetreding [W/m^2]

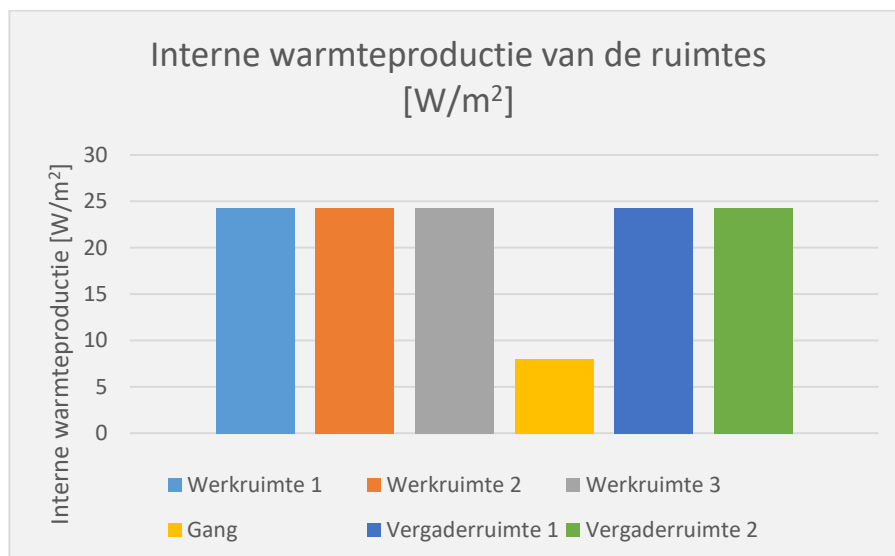
Het onderstaande Figuur 51 geeft de (globale) zontoetreding in [W/m^2] aan van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 51 'Zontoetreding van de ruimtes [W/m^2 ']

Interne warmteproductie [W/m^2]

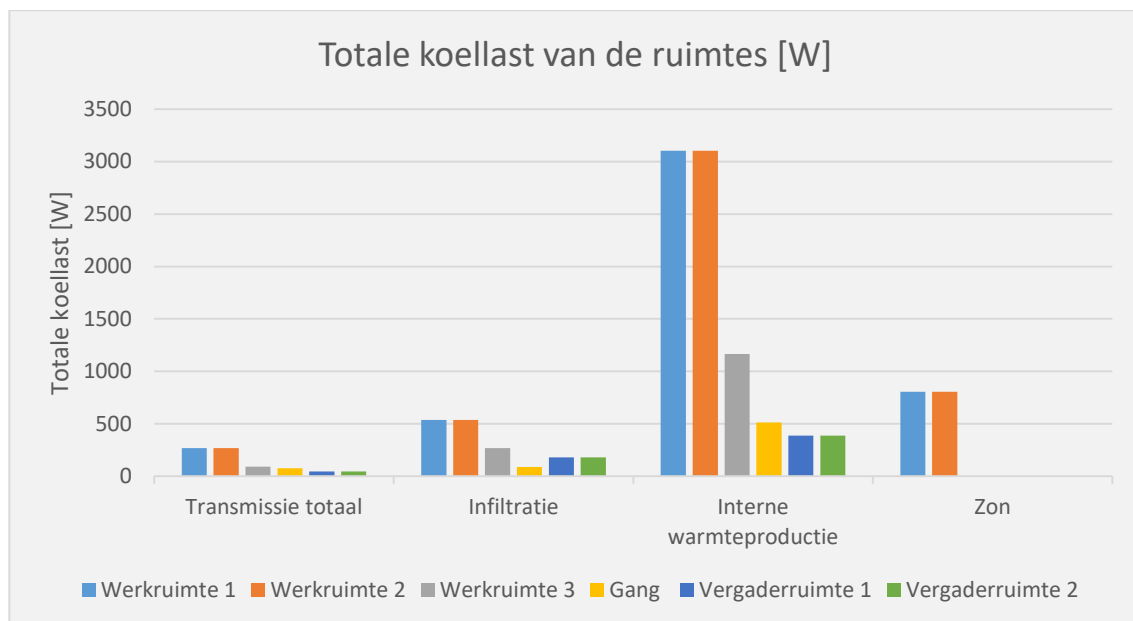
Het onderstaande Figuur 52 geeft de interne warmteproductie in [W/m^2] aan van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 52 'Interne warmteproductie van de ruimtes [W/m^2 ']

Totaal koellast [W]

Het onderstaande Figuur 53 geeft de totale koellast weer (bij 30 °C) in [W] van de 2^e verdieping (maximaal), onderverdeeld in 3 werkruimtes en 2 vergaderruimtes en de gang.



Figuur 53 'Totaal koellast van de ruimtes [W]'

Bijlage G: Ventilatievermogen bepalen

In bouwbesluit is opgenomen wat de minimale ventilatie eis is per persoon in een kantoorvoorziening. In de onderstaande Tabel 26 is berekend dat de minimale ventilatie in het kantoor 2668 m³/h (0,74 m³/s) is.

Tabel 26 'Ventilatie berekening'

Waarde	Berekening	Resultaat
Minimale ventilatie eis	-	6,5 dm ³ /persoon
Ventilatie per verdieping	6,5 [dm ³ /s/persoon] · 38 [personen]	247 dm ³ /s
Ventilatie totale kantoor	247 [dm ³ /s] · 3 [verdiepingen]	741 dm ³ /s
Ventilatie totale kantoor (m ³ /h)	741 [dm ³ /s] · 3,6	2668 m ³ /h

Bijlage H: Warmteverlies- en koellast rekenprogramma

Om gestructureerd warmteverlies- en koellast de berekeningen te maken en eenvoudig aan te passen is ervoor gekozen om een rekenmodel te maken in Excel. Dit rekenmodel bestaat uit een invoerblad, rekenbladen en de warmteverlies- en koellastberekeningen. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe het rekenmodel is opgebouwd.

Algemene uitleg rekenmodel

Het rekenmodel bestaat uit de volgende worksheets:

- Invoerblad
- Interne warmteproductie
- Zontoetreding
- Transmissie muren
- Transmissie ramen
- Transmissie dak
- Transmissie vloer
- Transmissie totaal
- Infiltratie
- Warmteverlies + koellast berekeningen

Invoerblad

In het invoerblad worden ontwerpeisen en gebouweisen handmatig ingevoerd. In het onderstaande Figuur 54 is het invoerblad weergegeven. Aan de hand van deze gegevens uit het invoerblad worden de transmissie- en koellast berekeningen uitgevoerd.

Afmetingen gebouw		Afmetingen vergaderruimte	
Lengte gebouw [m]	20	Lengte vergaderruimte [m]	4
Breedte gebouw [m]	20	Breedte vergaderruimte [m]	4
Hoogte gebouw [m]	3	Hoogte vergaderruimte [m]	3
Dikte muren [m]	0,3		
Ramen		Overig	
Aantal ramen Oost [-]	3	Cp,lucht [J/kgK]	1005
Aantal ramen West [-]	3	p,lucht [kg/m ³]	1,2
Lengte ramen [m]	1,7		
Breedte ramen [m]	2		
ZTA	0,55		
U-waarde			
Buitenmuren [W/m ² ·K]	0,21	(Rc = 4,5)	
Begane grond [W/m ² ·K]	0,27	(Rc = 3,5)	
Dak [W/m ² ·K]	0,16	(Rc = 6)	
HR++ glas [W/m ² ·K]	1,10		
Interne warmtewinsten			
Aantal personen aanwezig per verdieping [-]	38		
Aantal personen aanwezig per vergaderruimte [-]	2		
Warmteafgifte persoon [W]	100		
Warmteafgifte laptop [W]	30		
Warmteafgifte verlichting [W]	8		
Temperatuur		Buitentemperatuur Binnentemperatuur	
Januari		-10	20
Augustus		30	24

Figuur 54 'Invoerblad rekenmodel'

Warmteverlies berekening

Aan de hand van het invoerblad worden de warmteverlies berekeningen uitgevoerd in het rekenmodel. In het onderstaande Figuur 55 zijn de resultaten van de warmteverlies berekening van de rekentool weergegeven.

2e verdieping												
Werkruimte 1	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak	Trans muren [W]	Trans ramen [W]	Trans dak [W]	Trans totaal [W]	Infiltratie [W]
Januari	-10	20	61,8	10,2	0,21	1,10	0,16	389	337	614	1340	2683
Werkruimte 2	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak					
Januari	-10	20	61,8	10,2	0,21	1,10	0,16	389	337	614	1340	2683
Werkruimte 3	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak					
Januari	-10	20	36	0	0,21	0,00	0,16	227	0	230	457	1342
Gang	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak					
Januari	-10	20	12	0	0,21	0,00	0,16	76	0	307	383	447
Vergaderruimte 1	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak					
Januari	-10	20	24	0	0,21	0,00	0,16	151	0	77	228	894
Vergaderruimte 2	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak					
Januari	-10	20	24	0	0,21	0,00	0,16	151	0	77	228	894
											3977	8944
Verdieping niveau												
	Trans muren	Trans vloer	Trans dak	Trans raam		Trans tot [W]	Infiltratie [W]					
Begane grond												
Januari	1383	1080	0	673		3137	4472					
1e verdieping												
Januari	1383	0	0	673		2057	4472					
2e verdieping												
Januari	1383	0	1920	673		3977	4472					
					totaal	9170	13416					
					Trans + inf	22586						

Figuur 55 'Rekentool warmteverlies berekening'

Koellast berekening

Aan de hand van het invoerblad worden de koellast berekeningen uitgevoerd in het rekenmodel. In het onderstaande Figuur 56 zijn de resultaten van de koellast berekening van de rekentool weergegeven.

2e verdieping														
Werkruimte 1	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren	Opp raam	U-waarde muur	U-waarde raam	U-waarde dak	Trans muren [W]	Trans ramen [W]	Trans dak [W]	Trans totaal [W]	Infiltratie [W]	Interne warmteprod [W]	Zon [W]
Augustus	30	24	61,8	10,2	0,21	1,10	0,16	78	67	123	268	537	3104	806
Werkruimte 2	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren		Uwaarde muur									
Augustus	30	24	61,8	10,2	0,21	1,10	0,16	78	67	123	268	537	3104	806
Werkruimte 3	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren		Uwaarde muur									
Augustus	30	24	36	0	0,21	0	0,16	45	0	46	91	268	1164	0
Gang	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren		Uwaarde muur									
Augustus	30	24	12	0	0,21	0	0,16	15	0	61	77	89	512	0
Vergaderruimte 1	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren		Uwaarde muur									
Augustus	30	24	24	0	0,21	0	0,16	30	0	15	46	179	388	0
Vergaderruimte 2	Tbuiten	Tbinnen	Opp muren		Uwaarde muur									
Augustus	30	24	24	0	0,21	0	0,16	30	0	15	46	179	388	0
											795	1789		1612
Verdieping niveau														
	Trans muren	Trans vloer	Trans dak	Trans raam		Transmissie tot [W]	Infiltratie [W]	Interne warmteprod	Zontoetreding					
Begane grond														
Augustus	277	0	0	135		411	894	8140	1612	11058				
1e verdieping														
Augustus	277	0	0	135		411	894	8140	1612	11058				
2e verdieping														
Augustus	277	0	384	135		795	894	8140	1612	11442				
						totaal	1618	2683	24420	4837				
						Trans+infiltr+interne+zon	33558							

Figuur 56 'Rekentool koellast berekening'

Bijlage I: Voorbeeld keuzematrix

In deze bijlage wordt een voorbeeld weergegeven van de werking van de keuzematrix.

Weging

De weging (1 t/m 5) geeft in verhouding aan hoe belangrijk de wens is. Een 1 betekent dat de wens een lage prioriteit heeft, een 5 betekent een hoge prioriteit.

Scores

De score (1 t/m 5) geeft aan hoe goed/slecht de opwekkings- of afgiftesysteem scoort op de wens. Een score van 1 betekent laag, een score van 5 hoog.

Totaal beoordeling

Om een totaal beoordeling te geven aan de mogelijke opwekkings- en afgiftesystemen wordt de weging vermenigvuldigd met de score. Dit gebeurt voor elke wens en wordt vervolgens opgeteld tot een eindbeoordeling. In de onderstaande Tabel 27 is een voorbeeld gegeven van een gedeelte van de keuzematrix.

Tabel 27 'Voorbeeld gedeelte van de keuzematrix'

Eis	Weging (1 t/m 5)	Score (1 t/m 5): Lucht-water warmtepomp	Score (1 t/m 5): Water-water warmtepomp (lussen)	Score (1 t/m 5): CV-ketel
Is de opwekking gasloos?	5	5	5	1
Wordt er door de overheid subsidie geleverd?	3	4	5	1
Totaal beoordeling (weging x score)		37	40	8

Bijlage J: Wensen keuzematrix

Wordt de warmte gasloos opgewekt?

Het doel van het onderzoek is om een gasloos klimaatinstallatie te ontwerpen. Zodra een warmteopwekking niet gasloos is, valt het dus automatisch af voor een eventueel ontwerp.

Geschikt voor utiliteit?

In deze eis wordt er gekeken of het opwekkings- of afgiftesysteem geschikt is voor de utiliteit. Er zijn opwekkings- of afgiftesystemen die wel de warmte- en koudevraag kunnen leveren, maar om andere redenen in de praktijk nooit worden toegepast in de utiliteitsbouw.

Is het geschikt voor zowel verwarmen als koelen?

In deze wens wordt er gekeken of het opwek systeem zowel kan koelen als verwarmen. Als deze combinatie mogelijk is hoeft het koelen en verwarmen niet op verschillende systemen worden opgewekt.

Verwarmd het systeem gelijkmatig?

Hierbij wordt bepaald of het afgiftesysteem de ruimte gelijkmatig verwarmd of vooral plaatselijk. Zo verwarmd een klimaatplafond gelijkmatig, maar een stralingspaneel verwarmd alleen objecten en mensen direct en niet de omgeving.

Is het klimaat zelf regelbaar?

Bij deze wens wordt gekeken of het klimaat in het kantoor zelf regelbaar is door de gebruiker door bijvoorbeeld het gebruikt van een (slimme) thermostaat, waarbij de temperatuur zelf geregeld kan worden naar wens.

Is het klimaat snel regelbaar?

Hoe snel het klimaat regelbaar is hangt af hoe snel het klimaat kan koelen en verwarmen. Bijvoorbeeld: Als een radiator wordt aangezet geeft deze direct warmte af. Een vloerverwarming moet eerst opwarmen voor het zijn warmte afgeeft. Een radiator is dus snel regelbaar.

Zijn de temperaturen van de vergaderruimte en werkruimte onafhankelijk regelbaar?

De vergaderruimtes en de werkruimtes hebben niet dezelfde warmte- en of koudevraag. Daarom moet het klimaat voor de vergader- en werkruimtes apart geregeld worden. Er is dus een wens dat het klimaat in de vergader- en werkruimtes onafhankelijk van elkaar geregeld kan worden.

Is er een 'slimme' voorverwarmings-regeling aanwezig?

Het klimaat in het kantoorgebouw staat 's nachts uit. Echter moet het klimaat wel behaaglijk zijn zodra de eerste werknemers in het kantoor aanwezig zijn. Hiervoor moet het klimaat voorverwarmen. Om dit te realiseren moet er een slimme voorverwarming zijn die automatisch wordt ingeschakeld, zodat het klimaat behaaglijk is zodra de werknemers in het kantoor zijn.

Is er een korte opwarmtijd?

Wanneer de voorverwarmings-regeling aan moet hangt af van hoe snel het opwekkings-en afgiftesysteem opwarmt. Bij deze wens worden de concepten beoordeeld op hoe kort hun opwarmtijd is.

Is er weinig onderhoud nodig?

Als een opwek/afgifte systeem veel onderhoud nodig heeft is dit niet alleen nadelig vanwege de kosten, maar ook omdat het klimaat dan niet optimaal gerealiseerd kan worden. Het systeem wordt dus beoordeeld of het veel of weinig onderhoud nodig heeft.

Is er sprake van geluidshinder?

Geluidshinder op de werkvloer in het kantoor is zeker niet wenselijk. Daarom wordt er beoordeeld in de keuzematrix hoeveel geluidshinder het systeem heeft.

Neemt het systeem veel ruimte in beslag?

In deze wens worden de opwekkings- en afgiftesystemen beoordeeld op hoeveel ruimte ze in beslag nemen. Als het systeem veel ruimte in beslag neemt heeft dit nadelige gevolgen.

Is de tocht beperkt?

Volgens de NEN7730 moet de tocht beperkt zijn. Het ene afgifte systeem heeft meer 'last' van tocht dan het andere. In de keuzematrix is onderscheidt gemaakt over hoeveel ongewenste tocht de systemen afgeven.

Veiligheid

De opwekkings- en afgiftesystemen moeten ook veilig zijn. Zo kan een radiator heel heet worden en is dat minder veilig dan een klimaatplafond.

Is er aanbouw nodig voor het systeem?

Bij de keuze voor een water-water of bodem-water warmtepomp moet er in de grond geboord worden voor bijvoorbeeld een 'WKO'. In dat geval is er aanbouw nodig om het systeem te realiseren. In de keuzematrix worden de opwekkings- en afgiftesystemen geranked of het aanbouw of niet nodig heeft.

Kan het dienen als hoofdverwarming?

Sommige opwekkingssystemen kunnen niet genoeg vermogen leveren voor het gehele gebouw. In dat geval kan het dus niet dienen als hoofdverwarming/koeling maar alleen voor het bijverwarmen/koelen.

Wat zijn de investeringskosten?

Bij deze wens is er onderzoek gedaan of de investeringskosten van de opwekkings- en afgiftesysteem duur of relatief goedkoop zijn. Dit is belangrijk omdat er bij een keuze voor de goedkoopste optie wordt gekozen.

Is de levensduur gunstig?

Bij deze wens wordt er onderzoek gedaan naar de levensduur van de opwekkers en afgiftesystemen. De levensduur hangt af van veel factoren, maar voor dit onderzoek is er een globale inventarisatie gemaakt en beoordeeld van 1 t/m 5. Hoe langere levensduur het systeem hoe gunstiger voor de installatie.

Is het jaargemiddelde rendement hoog? (SCOP)

Om te bepalen of het opwekkingssysteem een hoog rendement heeft wordt er gekeken naar de Seasonal Coëfficiënt of Performance. Dit is het gemiddelde rendement over het hele jaar, omdat het rendement van een warmtepomp afhankelijk is van de buitentemperatuur. Voor deze wens geldt hoe hoger de SCOP hoe hoger de score.

Is er sprake van Investeringsubsidie Duurzame Energie?

Voor bepaalde (duurzame) opwekkingssystemen zoals een warmtepomp wordt er door de overheid een subsidie geleverd. Dit is voordelig voor de investeringskosten, daarom wordt er hiernaar gekeken. Als het een hoge subsidie vergoeding krijgt van de overheid scoort het een 5, als het geen subsidie ontvangt een 1.

Bijlage K: Keuzematrix warmteopwekking en -afgifte

In het onderstaande Figuur 57 is de keuzematrix voor warmte opwekkings-en afgiftesystemen weergegeven.

Warmte afgiftesysteem									
Eis	Weging	Radiatoren	Ventilatorconvectoren	Water vloerverwarming	Klimaatplafond	Multi Split unit			
Geschikt voor utiliteit?	5	5	5	5	5	5			
Is het geschikt voor zowel verwarmen als koelen?	5	1	5	5	5	2			
Verwarmd het systeem gelijkmatig?	5	1	2	5	5	2			
Is het klimaat zelf regelbaar?	3	3	3	5	5	5			
Is het klimaat snel regelbaar?	1	5	5	1	1	5			
Is er een 'slimme' 'voorverwarm'-regeling aanwezig?	3	4	4	5	5	5			
Is er een korte opwarmtijd?	2	5	5	1	1	5			
Wat zijn de investeringskosten? (1 = duur, 5 = goedkoop)	5	3	3	3	1	4			
Is de levensduur gunstig?	5	5	1	3	5	3			
Is er weinig onderhoud nodig? (1 = veel, 5 = weinig)	5	4	1	4	4	3			
Is er sprake van geluidshinder?	5	2	1	5	5	2			
Neeft het systeem veel gebruiksruimte in beslag?	5	1	2	5	5	2			
Is de tocht beperkt?	5	3	1	5	5	2			
Veiligheid	5	2	5	5	5	5			
Totaal		171	166	248	278	175			
Percentage van het ideaal		58	56	84	94	59			

Warmteopwekking									
Eis	Weging	Stadsverwarming	WP: Lucht/water	WP: B/NV (verticale tussen)	WP: Water-water	Elektrische CV-ketel	Multi Split unit		
Wordt de warmte gasloos opgewekt?	5	5	5	5	5	5	5		
Geschikt voor utiliteit?	5	5	5	5	3	5	5		
Is het geschikt voor zowel verwarmen als koelen?	4	1	5	5	5	1	3		
Wat zijn de investeringskosten? (5 = laag)	5	5	3	1	1	5	3		
Is het jaargemiddelde rendement hoog? (SCOP)	4	1	3	4	5	1	1		
Is het onderhoudsrijk? (ja = 1, nee = 5)	4	5	1	3	3	3	1		
Investeringssubsidie Duurzame Energie?	4	1	5	5	5	5	1		
Is er sprake van geluidshinder? (ja = 1, nee = 5)	2	3	1	3	5	5	2		
Neeft het systeem veel ruimte in beslag? (ja = 1, nee = 5)	4	1	4	2	1	5	2		
Is er aanbouw nodig voor het systeem? (ja = 1, nee = 5)	3	1	5	1	2	5	5		
Kan het dienen als hoofdverwarming?	3	5	5	5	5	5	5		
Totaal		135	169	155	152	167	128		
Percentage van het ideaal		63	79	72	71	78	60		

Figuur 57 'Keuzematrix warmte opwekkings- en afgiftesystemen'

Bijlage L: Keuzematrix koudeopwekking en -afgifte

In het onderstaande Figuur 58 is de keuzematrix voor koude opwekkings- en afgiftesystemen weergegeven.

Koel afgiftesysteem							
Eis	Weging	Ventilatorconvectoren	Waternvloerkoeling	Klimaatplafond	Wandkoeling	Multi Split unit	Inductie apparaten
Geschikt voor utiliteit?	5	5	5	5	5	5	5
Is het geschikt voor zowel verwarmen als koelen?	5	5	5	5	5	2	5
Koelt het systeem gelijkmatig?	5	2	5	5	3	2	3
Is het klimaat zelf regelbaar?	3	3	5	5	5	5	5
Is het klimaat snel regelbaar?	1	5	1	1	1	5	5
Is er een 'slimme' voorkeel-regeling aanwezig?	3	5	5	5	5	5	3
Is er een korte opwarmtijd? (koelen)	2	5	1	1	1	5	4
Wat zijn de investeringskosten? (1 = duur, 5 = goedkoop)	5	3	5	2	5	4	5
Is de levensduur gunstig?	5	1	3	5	3	3	3
Is er sprake van geluidshinder?	1	1	5	5	5	2	5
Neeemt het systeem veel ruimte in beslag?	5	2	5	5	5	2	2
Is de tocht beperkt?	5	1	5	5	5	2	2
Veiligheid	5	5	5	5	4	5	5
Totaal		160	228	223	213	172	189

Koel opwekking						
Eis	Weging	WP: Lucht-water	WP: Bodem-water	WP: Water-water	Adiabatische koeling	Multi Split unit
Wordt de warmte gasloos opgewekt?	5	5	5	5	5	5
Geschikt voor utiliteit?	5	5	5	5	5	3
Is het geschikt voor zowel verwarmen als koelen?	5	5	5	5	2	3
Wat zijn de investeringskosten?	5	3	1	1	2	4
Is het jaargemiddelde rendement hoog? (SCOP)	4	3	5	5	3	1
Is het energieverbruik hoog? (kWh)	5	3	4	5	2	1
Is het onderhoudsrijk? (ja = 1, nee = 5)	3	1	4	3	5	5
Investeringssubsidie Duurzame Energie?	3	5	5	5	4	1
Is er sprake van geluidshinder? (ja = 1, nee = 5)	1	1	4	5	5	2
Neeemt het systeem veel ruimte in beslag? (ja = 1, nee = 5)	5	5	1	1	3	2
Is er aanbouw nodig voor het systeem? (ja = 1, nee = 5)	4	1	1	1	2	5
Kan het dienen als hoofdverwarming?	3	5	5	5	5	5
Totaal		196	175	178	162	149

Figuur 58 'Keuzematrix koude opwekkings- en afgiftesystemen

Bijlage M: Gegevens warmtepomp/koelmachine

Voor het selecteren van de juiste lucht/water

In hoofdstuk 7 is beschreven dat de opwekker als lucht/water koelmachine het maximale benodigde koelvermogen kan leveren. Het onderstaande Figuur 59 laat zien dat bij een koelvermogen van 34 [kW]²³ het type 30RQ-026 hoort.

Koelcapaciteiten volgens EN14511-3:2013



30RQ units

LWT °C		Condensorlucht intredetemperatuur, °C															
		20				25				30				35			
		Qc	EER	q	Δp	Qc	EER	q	Δp	Qc	EER	q	Δp	Qc	EER	q	Δp
		kW	kW/kW	l/s	kPa	kW	kW/kW	l/s	kPa	kW	kW/kW	l/s	kPa	kW	kW/kW	l/s	kPa
017	5	17,3	4,49	0,83	47	16,6	4,00	0,80	44	15,9	3,49	0,76	40	15,1	3,02	0,72	36
021		21,5	4,24	1,04	61	20,8	3,79	1,00	57	20,0	3,39	0,96	54	19,1	2,98	0,92	49
026		28,2	4,14	1,36	67	27,3	3,68	1,31	63	26,3	3,26	1,26	59	25,1	2,86	1,21	54
033		34,8	4,41	1,68	84	33,8	3,95	1,63	79	32,5	3,52	1,57	73	31,1	3,08	1,49	67
040		43,1	4,03	2,06	37	41,3	3,60	1,98	35	39,5	3,19	1,89	32	37,5	2,79	1,79	29
017	7	18,3	4,68	0,88	52	17,6	4,17	0,85	48	16,9	3,65	0,81	44	16,0	3,16	0,77	40
021		22,8	4,41	1,10	66	22,0	3,94	1,06	62	21,2	3,52	1,02	58	20,2	3,10	0,97	54
026		29,9	4,32	1,44	74	29,1	3,85	1,40	70	27,9	3,42	1,35	65	26,7	3,00	1,28	60
033		36,7	4,58	1,77	92	35,5	4,10	1,71	86	34,2	3,66	1,65	80	32,7	3,21	1,58	73
040		45,6	4,19	2,19	41	43,8	3,75	2,10	38	41,9	3,32	2,01	35	39,7	2,91	1,90	32
017	10	20,0	4,96	0,96	60	19,2	4,42	0,93	56	18,4	3,89	0,89	51	17,5	3,38	0,84	46
021		24,8	4,64	1,20	75	24,0	4,16	1,16	71	23,1	3,73	1,11	66	22,0	3,29	1,06	61
026		32,6	4,58	1,58	86	31,7	4,09	1,53	81	30,5	3,65	1,47	76	29,2	3,22	1,41	69
033		39,4	4,80	1,90	104	38,2	4,31	1,85	98	36,8	3,87	1,78	91	35,2	3,40	1,70	83
040		49,8	4,42	2,39	48	47,8	3,96	2,30	44	45,6	3,52	2,19	40	43,2	3,09	2,08	37
017	15	23,2	5,45	1,13	77	22,4	4,87	1,08	72	21,4	4,33	1,04	66	20,4	3,78	0,98	60
021		28,6	5,00	1,39	93	27,6	4,49	1,34	87	26,5	4,05	1,28	81	25,3	3,60	1,22	75
026		36,5	4,90	1,77	104	35,3	4,40	1,71	97	34,0	3,94	1,65	90	32,5	3,48	1,57	83
033		44,6	5,20	2,16	129	43,4	4,69	2,11	122	41,9	4,23	2,03	114	40,2	3,75	1,95	105
040		-	-	-	-	55,4	4,27	2,67	57	52,9	3,79	2,55	52	50,2	3,35	2,42	47
017	18	25,4	5,74	1,23	90	24,4	5,14	1,19	84	23,4	4,59	1,13	77	22,2	4,01	1,08	70
021		31,0	5,18	1,50	105	29,9	4,67	1,45	99	28,7	4,22	1,39	92	27,3	3,76	1,33	85
026		38,5	5,06	1,87	113	37,3	4,55	1,81	106	35,9	4,08	1,74	99	34,3	3,62	1,66	90
033		48,2	5,43	2,34	148	46,9	4,92	2,28	140	45,3	4,45	2,20	131	43,5	3,96	2,11	121
040		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,7	3,49	2,64	55

Verklaring:

LWT Wateruitredetemperatuur, °C
 Qc Koelcapaciteit, kW
 EER Energie efficiëntieverhouding, kW/kW
 q Waterdebiet koeler, l/s
 Δp Koeler drukverlies, kPa

Toepassing:

Standaard units, koudemiddel: R-410A
 Temperatuursligging koeler: 5 K
 Vloeistof koeler: gekoeldwater
 Vervuilingfactor: 0,18 x 10⁻⁴ (m² K)/W
 De opgegeven capaciteiten zijn in overeenstemming met EN 14511-3:2013.

Figuur 59 'Koelcapaciteiten koelmachine 30RQ-026, Carrier'

²³ Met een condensorlucht intredetemperatuur van 30°C en een wateruitredetemperatuur van 15°C

De koelmachine type 30RQ-026 kan voor koeling het maximale benodigde koelvermogen leveren. In het onderstaande Figuur 60 is te zien dat het type 30RQ-026 als lucht/water warmtepomp een vermogen van 16 [kW] kan leveren²⁴.

Verwarmingscapaciteiten volgens EN14511-3:2013



30RQ units

		Luchtintredetemperatuur bij de lucht-warmtewisselaar, db (nb), °C																							
		-15 (-16)				-10 (-11)				-7 (-8)				2 (1)				7 (6)				12 (11)			
LWT	°C	Qh kW	COP kW/ kW	q l/s	Δp kPa	Qh kW	COP kW/ kW	q l/s	Δp kPa	Qh kW	COP kW/ kW	q l/s	Δp kPa	Qh kW	COP kW/ kW	q l/s	Δp kPa	Qh kW	COP kW/ kW	q l/s	Δp kPa	Qh kW	COP kW/ kW	q l/s	Δp kPa
017	30	9,0	2,42	0,47	15	9,7	2,60	0,54	19	10,2	2,71	0,58	22	12,8	3,27	0,74	35	17,8	4,41	0,85	45	20,4	4,88	0,97	57
021		11,5	2,38	0,61	22	12,3	2,53	0,68	26	12,9	2,64	0,74	30	16,2	3,21	0,94	45	22,4	4,34	1,06	55	25,6	4,81	1,22	69
026		15,5	2,34	0,82	22	16,9	2,51	0,94	28	17,8	2,63	1,02	33	22,7	3,23	1,31	52	31,4	4,36	1,49	67	35,8	4,83	1,70	86
033		-	-	-	-	19,0	2,54	1,06	29	20,0	2,65	1,14	34	25,3	3,22	1,46	55	35,1	4,35	1,67	71	40,1	4,82	1,90	91
040		-	-	-	-	24,0	2,55	1,31	45	24,8	2,60	1,42	53	30,0	2,98	1,81	84	39,8	3,74	2,06	108	49,7	4,49	2,35	140
017	35	8,9	2,18	0,47	15	9,6	2,32	0,54	19	10,1	2,42	0,58	21	12,5	2,90	0,73	33	17,6	3,97	0,84	42	20,0	4,42	0,95	54
021		11,4	2,17	0,61	21	12,2	2,30	0,68	26	12,8	2,40	0,74	29	15,9	2,91	0,93	43	22,2	3,96	1,06	53	25,3	4,38	1,21	66
026		15,2	2,09	0,81	21	16,6	2,25	0,93	27	17,5	2,35	1,01	31	22,1	2,88	1,29	50	31,0	3,96	1,48	64	35,4	4,39	1,68	82
033		17,2	2,15	0,92	22	18,8	2,30	1,06	29	19,7	2,39	1,14	33	24,7	2,90	1,45	52	34,6	3,96	1,65	67	39,6	4,39	1,88	87
040		-	-	-	-	23,8	2,33	1,30	44	24,7	2,39	1,41	51	29,6	2,74	1,78	80	39,1	3,44	2,03	103	48,9	4,13	2,32	133
017	40	-	-	-	-	9,4	2,05	0,54	18	9,8	2,13	0,58	21	12,1	2,53	0,73	32	17,3	3,55	0,82	40	19,7	3,95	0,94	51
021		-	-	-	-	11,9	2,04	0,68	25	12,4	2,13	0,74	29	15,4	2,59	0,92	42	21,9	3,62	1,05	51	24,9	4,00	1,19	63
026		-	-	-	-	16,0	1,97	0,92	26	16,9	2,06	1,00	30	21,2	2,53	1,28	48	30,5	3,56	1,45	61	34,8	3,98	1,66	78
033		-	-	-	-	18,1	2,02	1,04	27	19,1	2,11	1,13	32	23,8	2,54	1,43	50	34,1	3,57	1,63	64	38,8	3,98	1,85	82
040		-	-	-	-	16,6	1,86	1,30	43	17,2	1,98	1,40	49	29,4	2,52	1,77	77	40,9	3,33	2,00	98	48,0	3,77	2,28	125
017	45	-	-	-	-	-	-	-	-	9,5	1,87	0,58	20	11,6	2,21	0,72	30	17,0	3,17	0,81	38	19,2	3,52	0,92	48
021		-	-	-	-	-	-	-	-	12,1	1,86	0,73	28	14,8	2,27	0,92	40	21,6	3,27	1,03	49	24,5	3,62	1,17	60
026		-	-	-	-	-	-	-	-	16,3	1,80	0,99	29	20,3	2,20	1,25	45	29,8	3,19	1,43	57	34,0	3,57	1,63	73
033		-	-	-	-	-	-	-	-	18,2	1,83	1,11	30	22,7	2,21	1,40	47	33,3	3,18	1,59	60	37,9	3,55	1,81	77
040		-	-	-	-	-	-	-	-	12,7	1,36	1,40	48	28,1	2,21	1,75	74	40,9	3,08	1,97	92	46,9	3,42	2,24	118
017	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	1,96	0,71	29	16,7	2,82	0,80	36	18,8	3,12	0,90	45
021		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	1,99	0,91	39	21,3	2,90	1,02	47	24,0	3,23	1,15	57
026		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,7	1,93	1,23	43	29,1	2,82	1,39	54	33,0	3,15	1,58	68
033		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,9	1,94	1,37	44	32,2	2,80	1,54	55	36,5	3,12	1,75	70
040		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,0	1,84	1,73	71	40,0	2,77	1,94	88	45,7	3,07	2,18	110

Verklaring:

LWT

Waterluchtredetemperatuur, °C

Qh

Verwarmingscapaciteit, kW

COP

Vollast rendement, kW/kW

q

Waterdebiet water-warmtewisselaar, l/s

Δp

Drukverlies water-warmtewisselaar, kPa

Toepassing:

Standaardunits, koudemiddel: R-410A

Temperatuurinstelling water-warmtewisselaar: 5 K voor LWT waarden <50 °C

Vloeistof water-warmtewisselaar: water

Vervuilsfactor: 0.18 x 10⁻⁴ (m² K)/W

De opgegeven capaciteiten zijn in overeenstemming met EN 14511-3:2013.

Verklaring:

LWT Wateruitredetemperatuur, °C
Qh Verwarmingscapaciteit, kW
COP Vollast rendement, kW/kW
q Waterdebiet water-warmtewisselaar, l/s
Δp Drukverlies water-warmtewisselaar, kPa

Toepassing:

Standaardunits, koudemiddel: R-410A
Temperatuurstijging water-warmtewisselaar: 5 K voor LWT waarden <50 °C
Vloeistof water-warmtewisselaar: water
Vervuilingfactor: 0,18 x 10⁴ (m² K)/W
De opgegeven capaciteiten zijn in overeenstemming met EN 14511-3:2013.

Figuur 60 'Verwarmingscapaciteiten warmtepomp 30RQ-026, Carrier'

In het onderstaande Figuur 61 is de COP voor het gebruik als warmtepomp weergegeven.

30RQ		017	021	026	033	040
Gebruik als airconditioner - conform EN14511-3 : 2013*						
Conditie 1						
Nominale koelcapaciteit	kW	16,0	20,2	26,7	32,7	39,8
EER	kW/kW	3,17	3,11	3,01	3,21	2,92
Eurovent klasse, koeling		A	A	B	A	B
ESEER	kW/kW	3,61	3,44	3,36	3,58	3,25
Conditie 2						
Nominale koelcapaciteit	kW	22,2	27,4	34,3	43,6	55
EER	kW/kW	4,02	3,76	3,62	3,96	3,5
Gebruik als airconditioner**						
Conditie 1						
Nominale koelcapaciteit	kW	16,2	20,4	27,0	33,1	40
EER	kW/kW	3,29	3,24	3,13	3,36	2,98
Conditie 2						
Nominale koelcapaciteit	kW	22,5	27,7	34,7	44,2	55,5
EER	kW/kW	4,27	4,00	3,84	4,25	3,62
Gebruik als warmtepomp - conform EN14511-3:2013*						
Conditie 1						
Nominale verwarmingscapaciteit	kW	17,0	21,7	29,9	33,3	40,9
COP	kW/kW	3,18	3,28	3,20	3,19	3,09
Eurovent klasse, verwarming		B	A	A	B	B
Conditie 2						
Nominale verwarmingscapaciteit	kW	17,6	22,2	31,0	34,7	39,2
COP	kW/kW	3,99	3,98	3,98	3,98	3,45

Figuur 61 'COP 30RQ-026 warmtepomp'

²⁴ Met een luchtintredetemperatuur bij de lucht-warmtewisselaar van 16°C en een wateruitredetemperatuur van 40°C

In het onderstaande Figuur 62 is het subsidie²⁵ bedrag te weergegeven van de warmtepomp/koelmachine type 30RQ-26 (Carrier).

Carrier	30PHC090STD	17	€ 2.850	www.carrier.nl	KA01316
Carrier	30PHC100HEE	18	€ 2.800	www.carrier.nl	KA01317
Carrier	30PH100HEE	18	€ 2.800	www.carrier.nl	KA01318
Carrier	30PH100STD	19	€ 2.900	www.carrier.nl	KA01319
Carrier	30PHC100STD	19	€ 2.900	www.carrier.nl	KA01320
Carrier	30RQ026	19	€ 2.900	www.carrier.nl	KA01335
Carrier	30RQ026-H	19	€ 2.900	www.carrier.nl	KA01340
Carrier	61AF-022	19	€ 3.050	www.carrier.nl	KA01361
Carrier	30RQ033	21	€ 3.100	www.carrier.nl	KA01336
Carrier	30RQ033-H	21	€ 3.100	www.carrier.nl	KA01341
Carrier	30PHC120HEE	22	€ 3.350	www.carrier.nl	KA01321
Carrier	30PH120STD	22	€ 3.200	www.carrier.nl	KA01322
Carrier	30PHC120STD	22	€ 3.200	www.carrier.nl	KA01323
Carrier	30PH120HEE	22	€ 3.350	www.carrier.nl	KA01324
Carrier	61AF-030	23	€ 3.450	www.carrier.nl	KA01362
Carrier	30PHC160STD	26	€ 3.600	www.carrier.nl	KA01325

Figuur 62 'Subsidie warmtepomp'

²⁵ Bron: Investeringsubsidie Duurzame Energie, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)

Bijlage N: Afgiftecalculator water vloerverwarming en -koeling

In deze bijlage zijn de gegevens voor de water vloerverwarming- en koeling die voortkomen uit de calculator van WTC. In het onderstaande Figuur 63 is te zien wat uit er de calculatie komt.

Vloerverwarming / Koeling

Koeling

Ja

Hart op hart afstand

150

mm

Buis type

PE-RT 16x2

Temperaturen

Ruimtetemperatuur

20

°C

Aanvoertemperatuur verwarmen

40

°C

Retourtemperatuur verwarmen

30

°C

Ruimtetemperatuur koelen

24

°C

Aanvoertemperatuur koelen

15

°C

Retourtemperatuur koelen

20

°C

Vloeropbouw

print

Vloerafwerking

Tapijt

Afwerkvloer

Zand/cement

Dikte afwerkvloer

50

mm

Isolatie

Geen

Afgifte vloerverwarming *

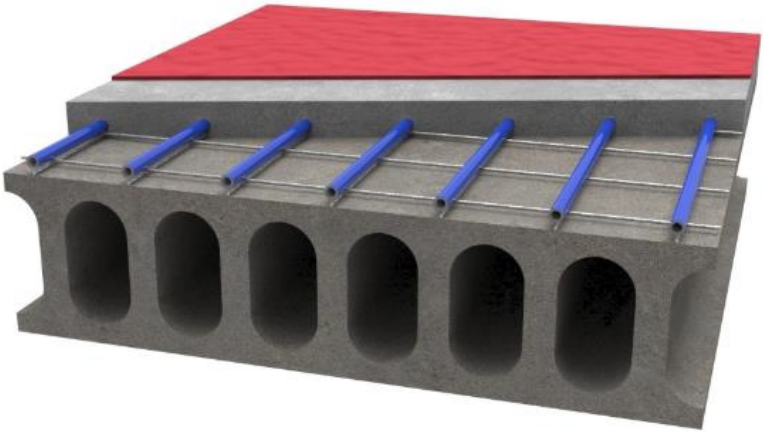
54 W/m²

gem. vloertemperatuur 25.3 °C

Opname vloerkoeling *

20 W/m²

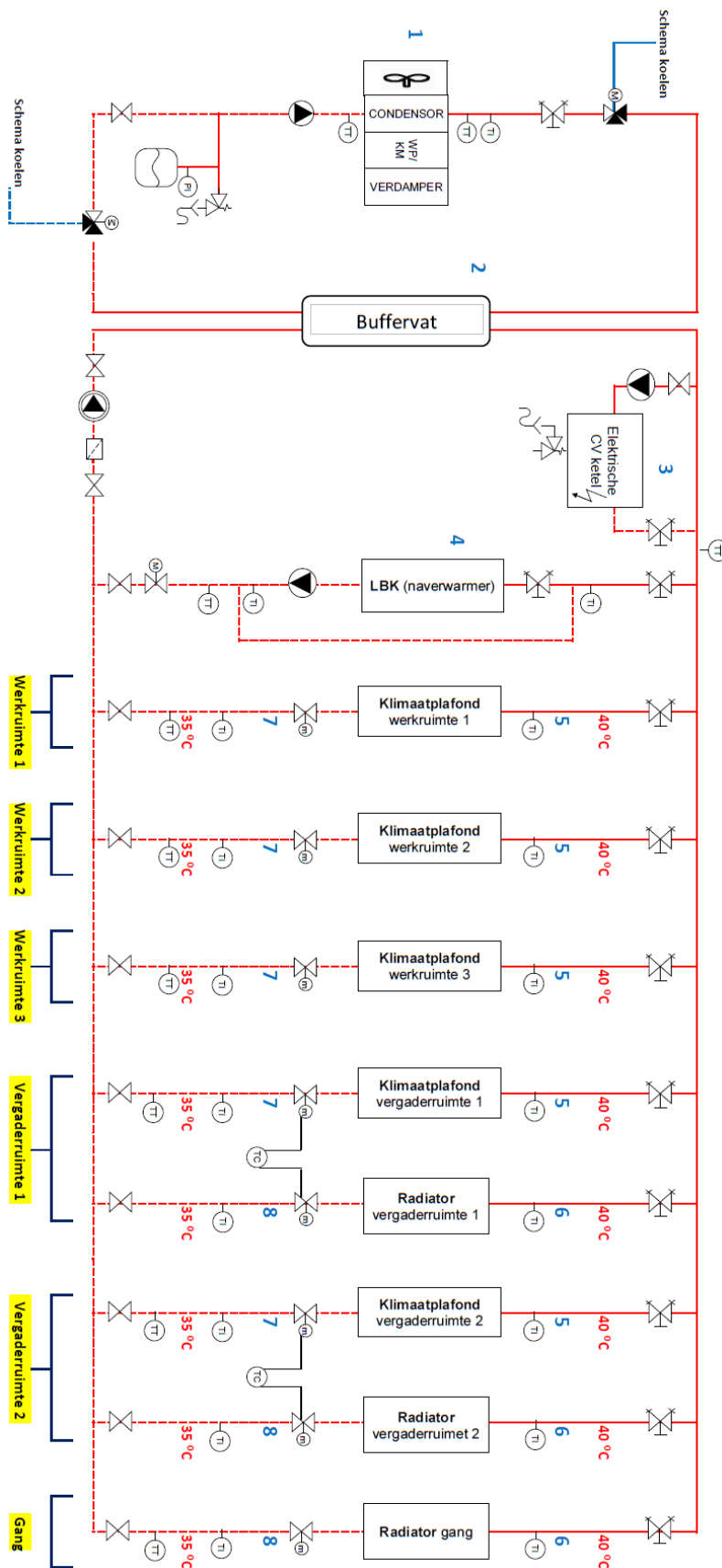
gem. vloertemperatuur 20.9 °C



Figuur 63 'Vloerverwarming afgifte calculator'

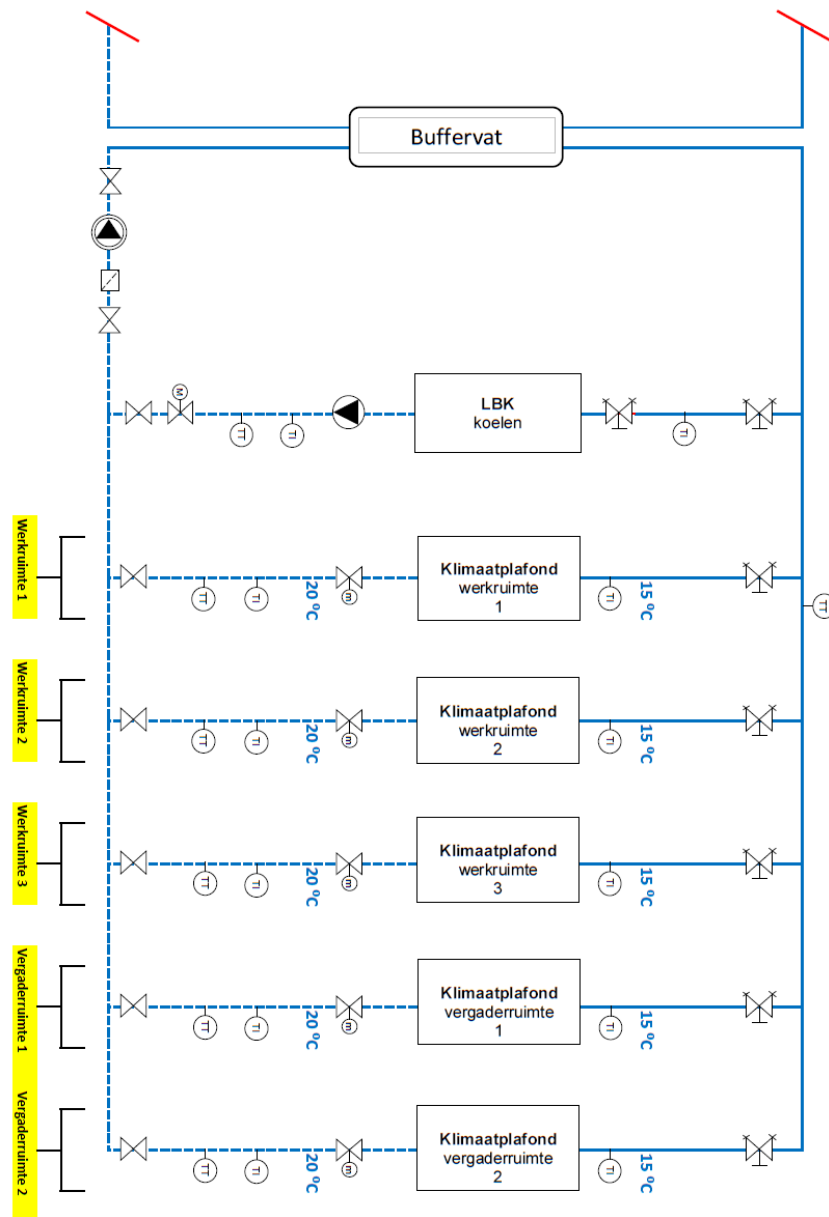
Bijlage O: Principeschema's

In het onderstaande Figuur 64 is het principeschema voor verwarmen weergegeven.



Figuur 64 'Principeschema verwarmen'

In het onderstaande Figuur 65 is het prinsipschema voor koelen weergegeven.



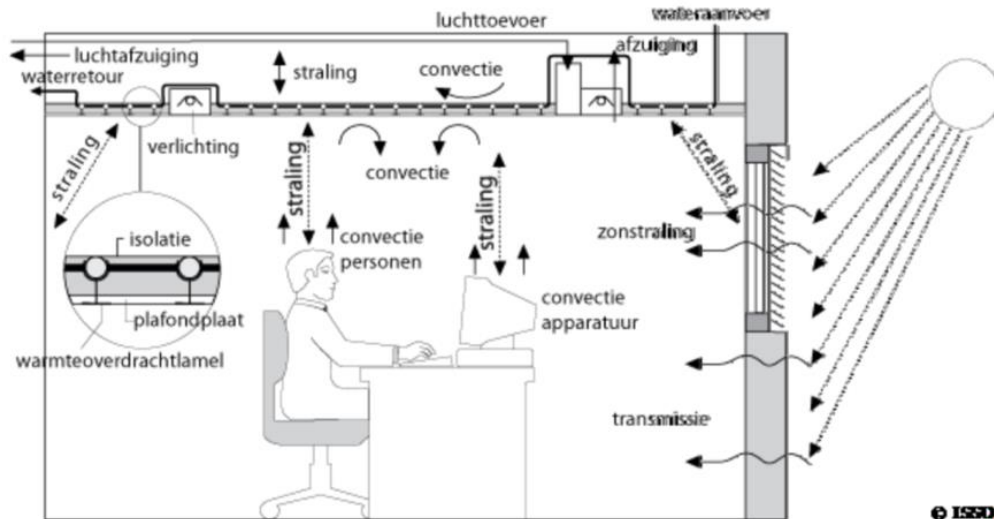
Figuur 65 'Principeschema koelen'

Bijlage P: Klimaatplafond, radiatoren en vloerverwarming

Klimaatplafond

Werking klimaatplafond

In het onderstaande Figuur 66 is de werking van het klimaatplafond weergegeven.



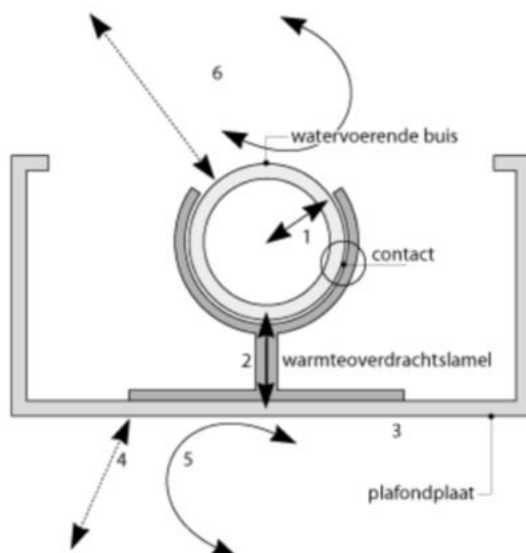
Figuur 66 'Werking klimaatplafond'

Warmte- en koude overdracht bij klimaatplafond

Warmte- en koude uitwisseling van het klimaatplafond met de ruimte wordt bepaald door het verschil tussen de oppervlaktetemperatuur van het plafond en:

- De temperatuur van de ruimte-omwanden (stralingsoverdracht 70%)
- De temperatuur van de ruimtelucht en de luchtsnelheid (convectieoverdracht 30%)

In het onderstaande Figuur 67 is de warmte/koude overdracht weergegeven van de leiding waar het water door heen stroomt en wordt afgegeven aan de ruimte.



- 1 = overdracht van water → leiding
- 2 = overdracht leiding → plafondpaneel
- 3 = temperatuurverdeling in het paneel
- 4 = overdracht aan ruimte d.m.v. straling
- 5 = overdracht aan ruimte d.m.v. convectie
- 6 = overdracht aan plenum

Figuur 67 'Warmte- en koudeoverdracht klimaatplafond'

Onderhoud klimaatplafond

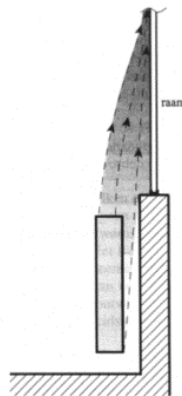
Het klimaatplafond wordt toegepast in een kantoorgebouw waarbij geen strenge hygiëne eisen zijn zoals in bijvoorbeeld een ziekenhuis of laboratorium. Onderhoud aan het klimaatplafond is nodig voor:

- Hygiëne
- Handhaven van de optimale prestaties
 - Capaciteit
 - Effectiviteit
 - Rendement
- Levensduur
- Visuele redenen

Radiatoren

Warmteoverdracht

De (dubbel)plaats (laagtemperatuur) radiator heeft een warmteoverdracht van convectie (70%) en deels straling (30%). In de onderstaande Figuur 68 is de warmteoverdracht bij radiatoren weergegeven.



Figuur 68 'Warmteoverdracht radiatoren'

De convectiewarmte heeft een indirect vorm van verwarming. De radiator zuigt de koude lucht van onder aan en warmt deze op. De verwarmde lucht stijgt omhoog, koelt af en zakt dan weer naar beneden.

Onderhoud radiator

Net als het klimaatplafond heeft een radiator geen hoge onderhoudseisen omdat het gebruikt wordt in een kantoor en geen strenge onderhoudsvoorschriften heeft zoals in een OK of ziekenhuis.

Onderhoud aan de radiator is nodig omdat:

- Ontluchten; er zit lucht in de radiator waardoor er ongewenste geluiden kunnen optreden en het rendement van de radiator hierdoor afneemt
- Stof; de radiator slaat stof op. Af en toe stof afnemen is nodig om ervoor te zorgen dat er geen stof wordt verspreid in de lucht.

Bijlage Q: Investerings- en energiekosten

In deze bijlage wordt extra informatie gegeven van de kosten van het ontwerp VS een traditionele gas installatie.

Investeringskosten

In de onderstaande Tabel 28 en Tabel 29 is weergegeven waar de investeringskosten van het all-electric ontwerp en een traditioneel (gas CV-ketel) installatie uit bestaan.

Tabel 28 'Investering all-electric'

All-electric ontwerp		
	€/kW	Investering [€]
Lucht/water warmtepomp	€536,-	€8.576 voor (16 kW)
Elektrische CV-ketel	€321,-	€3.852 voor (12 kW)
Subsidie ²⁶		– €2900,-
Totaal		€9.528,-

Tabel 29 'Investering traditionele installatie'

Traditionele (gas CV-ketel) installatie		
	€/kW	Investering [€]
(Gas) CV-ketel	€43,-	€1204,-
Totaal		€1.204,-

²⁶ Geldt voor lucht/water warmtepomp type 30RQ-unit Carrier, RVO 'Investeringsubsidie Duurzame Energie

Bijlage R: Bedrijfsbeoordeling

Bedrijfsbeoordeling uitvoering afstudeeropdracht

De Haagse Hogeschool, Faculteit voor Technology, Innovation & Society Delft

Naam student	Quinten Mollema
Studentnummer	13099299
Opleiding student	Werktuigbouwkunde
Afstudeer periode	Shift 1 2018 (27/08/2018 tot 20/12/2018)
Naam bedrijf	Croonwolver&dros
Naam bedrijfsbegeleider	Jeroen Drijver

Wat is uw oordeel over de prestatie van de student tijdens de afstudeerperiode, onderscheiden naar de volgende punten:

O = onvoldoende; T = twijfelachtig; V = voldoende; G = goed; U = uitstekend

	O	T	V	G	U
Inzicht			X		
Systematische aanpak				X	
Kwaliteit gegevensverzameling			X		
Kwaliteit (tussen)rapportage				X	
Theoretische kennis			X		
Praktische inzicht				X	
Nauwkeurigheid/zorgvuldigheid			X		
Houding en optreden				X	
Zelfstandigheid				X	
Werktempo				X	
Totale beoordeling				X	

Paraaf bedrijfsbegeleider



Paraaf student



Z.O.Z.

Verdere op- en aanmerkingen over de student en/of de afstudeeropdracht.

Inzicht: heeft laten zien nieuwe kennis voldoende snel eigen te kunnen maken
Systematische aanpak: De opdracht is op een gestructureerde en systematische wijze aangepakt.
Kwaliteit gegevensverzameling: Bronvermelding en –registratie heeft tijdens de uitvoering enige bijstelling geverg. Hierdoor is in de eindfase wel wat extra tijdsdruk ontstaan. Ook voor de juiste keuzes is een degelijke onderbouwing noodzakelijk.
Kwaliteit (tussen)rapportage: De informatie uitwisseling met zowel de bedrijfsbegeleider als met de begeleider is tussentijds prima ingevuld.
Theoretische kennis: De opdracht vroeg eigenlijk op gezette tijden om meer (diepgaande) kennis van klimaatinstallaties dan paraat voorhanden. Ook het schakelen tussen (onderbouwde) aannames en tot in detail onderzoeken is een uitdaging gebleken.
Praktische inzicht: het doorgronden van de stof en tot juiste informatie verwerken ging prima.
Nauwkeurigheid/zorgvuldigheid: Voldoende, met name in het begin is de impact en importantie van <i>de juiste</i> waarden niet direct op waarde geschat. Maar dat is in het vervolg snel aangepast.
Houding en optreden: Prima, professionele serieuze houding naar zowel de inhoud van de taak als de omgeving.
Zelfstandigheid: Prima, Quinten heeft laten zien goed zelfstandig te kunnen werken en daar waar nodig de samenwerking zelf opgezocht. Het tussentijds verifiëren (van resultaten) kan nog beter.
Werktempo: Goed, door gestructureerd te werken en tijdig bij te sturen (en zo nodig extra gas te geven) is voorkomen dat aan het eind een bovenmatige inspanning moest worden geleverd.

Datum: 18/12/2018

Voor akkoord bedrijfsbegeleider:



Datum: 18/12/2018

Voor gezien student:

