

Regimeoptimalisatie van bestaande koelinstallatie doormiddel van technische en economische analyse van een labo toepassing

Door: Rani Op de Beeck

Hogeschoolpromoter: Geert De Nies

Bedrijfspromoter: Marc Vangoidsenhoven

PBA Elektromechanica
Afstudeerrichting Klimatisering

**Bachelorproef voorgedragen tot het behalen
van de graad en het diploma van bachelor**

Campus De Nayer

Woord vooraf

Om mijn diploma bachelor Elektromechanica afstudeerrichting Klimatisering te behalen, moet ik in de laatste fase van mijn opleiding een bachelorproef tot stand brengen. Dit heb ik gedaan bij Telenet in Mechelen. Na een eerste contact met Ronny Verbruggen (Team Manager) in mei 2025 hebben ze een interessant en uitdagend eindwerk gezocht. Bij het voorstellen van de probleemstelling is een eerste contact met mijn bedrijfspromotor Marc Vangoidsenhoven (Build Expert) gelegd. Hij heeft mij tijdens de volledige duur van de stage steeds geholpen en begeleid. Ik kon altijd met al mijn vragen bij hem terecht, hiervoor wil ik hem graag bedanken. Daarnaast wil ik ook graag het volledige DCI-team (Data Center Infrastructure) bedanken, ik kon bij hen ook altijd terecht met bijkomende vragen over de bijkomende infrastructuur van een datacenter. Ook wil ik graag Joeri Brion (Head Technician, Vinci Facilities Belgium) om mij de nodige inzichten te leren in de onderhouden van alle verschillende installaties. Als laatste wil ik graag Geert De Nies bedanken, hij was mijn hogeschool promotor en heeft mij gedurende de stage steeds tips gegeven.

Tijdens de stageperiode heb ik veel bijgeleerd over datacenters en over alle bijkomende infrastructuur die hierbij komt kijken.

Rani Op de Beeck
Mechelen, Mei 2026

Samenvatting

Dit eindwerk gaat over de inefficiënte luchthuishouding en een mogelijke regimeaanpassing van de koelinstallatie in het labo van Telenet in Mechelen. In het labo worden alle mogelijke servers en toestellen getest die worden gebruikt in server rooms, bij particulieren thuis en in de verschillende kasten op straat. Er is geen duidelijke luchthuishouding aanwezig in het labo waardoor er geen zicht is op mogelijke hotspot vorming. Daarnaast zijn de klimaatkasten in het labo verouderd. De verschillende servers in het labo blazen niet in dezelfde richting uit waardoor lokaal sommige toestellen warme uitblaaslucht gebruiken om hun elektronica te kunnen afkoelen. Dit zorgt voor een exponentiële groei van de warmtelast.

Om de mogelijke problemen en beperkingen van de huidige opstelling in kaart te brengen zijn er verschillende luchttemperatuur-, water temperatuur- en water debiet metingen uitgevoerd. Daarnaast is er ook gebruik gemaakt van een warmtebeeldcamera om mogelijke hotspots op te sporen.

Om aan energiebesparing te doen zou er op termijn overgeschakeld worden op een hoger koelregime. Aangezien huidige klimaatkasten verouderd zijn, gaan ze bij dit hoger regime niet genoeg vermogen kunnen leveren. Om te bepalen of de mogelijke investering interessant is, wordt er een terugverdientijd berekening toegepast aan de hand van de mogelijke energiebesparing.

Inhoudstafel

1. INLEIDING	14
2. PROBLEEMSTELLING	15
3. SITUERING	16
3.1. Schematische voorstelling	16
3.1.1. Koelmachine, dry cooler en uitbreiding	16
3.1.2. Technische ruimte	17
3.1.3. Afgiftesystemen	17
3.1.3.1. Koeling data noord	18
3.1.3.2. Koeling data zuid	18
3.1.3.3. Koeling labo klimaatkasten -plafond units	19
3.1.3.4. Koeling labo klimaatkasten	20
3.2. Werking dry cooler	21
3.3. Werking chiller	23
3.4. Labo	26
3.4.1. Werking klimaatkasten	27
3.5. Datalokalen	30
3.6. Plafondunits testruimte	31
3.7. Gebouwenbeheer systeem	32
4. METINGEN	34
4.1. Meettoestellen	34
4.1.1. Warmtebeeld camera	34
4.1.2. Testo 440	35
4.1.3. Oventrop OV -DMC3	35
4.2. Meetmethode	36
4.2.1. Hotspots labo	36
4.2.2. Luchttemperatuurmetingen klimaatkasten	37
4.2.3. Watertemperatuur metingen klimaatkasten	38
4.2.4. Debietmetingen en inregeling TA-kranen klimaatkasten	39
4.3. Meetresultaten	40
4.3.1. Afbeeldingen warmtebeeldcamera	40
4.3.2. Luchttemperatuur meting hotspot	43
4.3.3. Luchtcondities klimaatkasten	44
4.3.4. Watertemperatuur klimaatkasten	51
4.3.5. Gemeten en ingeregeld debiet klimaatkasten	53
5. BEREKENINGEN	54
5.1. Bepalen huidig vermogen klimaatkasten	54
5.1.1. Luchtzijdig vermogen	54
5.1.2. Waterzijdig vermogen	55
5.2. Bepalen theoretische vermogens afgiftesystemen	56
5.3. Bepalen effectief vermogen dry cooler	57

5.4. Bepalen effectief vermogen koelmachine	57
6. MOGELIJKE OPLOSSINGEN	58
6.1. Regime verhoging	58
6.1.1. Jaarlijks verbruik regime 8/14°C	58
6.1.2. Jaarlijks verbruik regime 20/25°C	59
6.1.3. Vergelijking jaarlijks verbruik van de regimes	60
6.2. Nieuwe klimaatkasten	61
6.2.1. Optie 1: klimaatkasten Mitsubishi volgens offerte spie	61
6.2.2. Optie 2: klimaatkasten Stulz volgens offerte Imtech	62
6.2.3. Optie 3: klimaatkasten Mitsubishi volgens Mitsubishi	63
6.2.4. Vergelijking opties klimaatkasten	63
6.3. Noodkoeling	64
6.4. Sturing klimaatkast 2	64
6.5. Zonwering	64
6.6. Corridors maken	64
6.6.1. Cold corridor	64
6.6.2. Hot aisle	65
6.7. Indeling labo optimaliseren	65
6.8. Vloer dichtmaken	67
6.9. Regeling koelmachine en dry cooler	68
6.10. Vergelijking mogelijke oplossingen	69
7. ECONOMISCHE ANALYSE	70
7.1. Optie 1: klimaatkasten Mitsubishi volgens offerte spie	71
7.1.1. Terugverdiëntijd	71
7.1.2. Overzicht inkomsten en uitgaven	72
7.1.3. Boekhoudkundige opbrengstvoet	73
7.1.4. Grafische bepaling van de terugverdiëntijd	73
7.2. Optie 2: klimaatkasten Stulz volgens offerte Imtech	74
7.2.1. Terugverdiëntijd	74
7.2.2. Overzicht inkomsten en opbrengsten	75
7.2.3. Boekhoudkundige opbrengstvoet	76
7.2.4. Grafische bepaling van de terugverdiëntijd	76
7.3. Optie 3: klimaatkasten Mitsubishi volgens Mitsubishi	77
7.3.1. Terugverdiëntijd	77
7.3.2. Overzicht inkomsten en opbrengsten	78
7.3.3. Boekhoudkundige opbrengstvoet	79
7.3.4. Grafische bepaling van de terugverdiëntijd	79
7.4. Vergelijking opties	80
8. BESLUIT	81
9. LITERATUURLIJST	82
10. BIJLAGEN	83

Lijst met tabellen

Tabel 1: Lijst met afkortingen en symbolen	9
Tabel 2: Tabel met gebruikte grootheden en eenheden	10
Tabel 3: Specificaties klimaatkasten	20
Tabel 4: Voorgeschreven gegevens dry cooler	22
Tabel 5: Voorgeschreven gegevens koelmachine	25
Tabel 6: Verklaring onderdelen labo	26
Tabel 7: Voorgeschreven gegevens klimaatkasten labo neXt CW.U.S 078.H6	27
Tabel 8: Verklaring onderdelen Figuur 13	28
Tabel 9: Verklaring onderdelen Figuur 14	28
Tabel 10: Voorgeschreven gegevens klimaatkasten energielokaal neXt CW.O.S 022.H3	29
Tabel 11: Voorgeschreven gegevens ventiloconvectoren datalokalen SH228/4R	30
Tabel 12: Voorgeschreven gegevens plafondunits melody 122A 2TFC	31
Tabel 13: Verklaring onderdelen Figuur 28	36
Tabel 14: Verklaring aanduiding schematische voorstelling klimaatkast	38
Tabel 15: Luchttemperatuur metingen hotspots in rack	43
Tabel 16: Debietmeting TA kranen klimaatkasten	53
Tabel 17: Inregeling TA kranen klimaatkasten	53
Tabel 18: Overzicht theoretische vermogens afgiftesystemen	56
Tabel 19: Elektrisch verbruik regime 8/14°C	59
Tabel 20: Elektrisch verbruik regime 20/25°C	60
Tabel 21: Overzicht kosten en besparing regime verhoging	60
Tabel 22: Huidige en nieuwe koelvermogens klimaatkasten	61
Tabel 23: Vermogens van optie 1	61
Tabel 24: Investerings- en onderhoudskosten optie 1. (Spie, 2025)	61
Tabel 25: Vermogens van optie 2	62
Tabel 26: Investerings- en onderhoudskosten optie 2. (Imtech, 2023)	62
Tabel 25: Vermogens van optie 3	63
Tabel 26: Investerings- en onderhoudskosten optie 3.	63
Tabel 27: Vergelijking investering- en onderhoudskosten alternatieve klimaatkasten	63
Tabel 28: Vergelijking mogelijke oplossingen	69
Tabel 29: Overzicht netto investeringskost optie 1	71
Tabel 30: Optie 1: kosten en opbrengsten (jaar 0-10)	72
Tabel 31: Optie 1: kosten en opbrengsten (jaar 11-20)	72
Tabel 32: Overzicht netto investeringskost optie 2	74
Tabel 33: Optie 2: kosten en opbrengsten (jaar 0-10)	75
Tabel 34: Optie 2: kosten en opbrengsten (jaar 11 - 20)	75
Tabel 35: Overzicht netto investeringskost optie 3	77
Tabel 36: Optie 3: kosten en opbrengsten (jaar 0-10)	78
Tabel 37: Optie 3: kosten en opbrengsten (jaar 11 - 20)	78

Lijst met figuren

Figuur 1: Schematische voorstelling chiller en dry cooler	16
Figuur 2: Schematische voorstelling technische ruimte	17
Figuur 3: Schematische voorstelling koeling data noord	18
Figuur 4: Schematische voorstelling koeling data zuid	18
Figuur 5: Schematische voorstelling plafond units testruimte	19
Figuur 6: Schematische voorstelling koeling labo klimaatkasten deel 1	20
Figuur 7: Schematische voorstelling koeling labo klimaatkasten deel 2	20
Figuur 8: Dry cooler	21
Figuur 9: Schematische voorstelling chiller	23
Figuur 10: Chiller	23
Figuur 11: Log p-h verschillende koelregimes (HVAC-ENG, n.d.)	24
Figuur 12: Indeling laboruimte	26
Figuur 13: Principeschema klimaatkasten labo	28
Figuur 14: Principeschema klimaatkasten energielokaal	28
Figuur 15: Klimaatkast labo	29
Figuur 16: Klimaatkast energielokaal	29
Figuur 17: Ventilconvector datalokalen	30
Figuur 18: Plafondunit	31
Figuur 19: Visuele weergave GBS koude productie labo blok F	32
Figuur 20: Visuele weergave GBS plattegrond gelijkvloers blok F	32
Figuur 21: Visuele weergave GBS plafondunit	33
Figuur 22: Visuele weergave GBS ventilconvector data lokalen	33
Figuur 23: Warmtebeeldcamera van Testo	34
Figuur 24: Testo 440	35
Figuur 25: Testo meetsonde CO ₂ , luchtvochtigheid en temperatuur	35
Figuur 26: Testo oppervlaktevoeler (Testo, n.d.)	35
Figuur 27: Oventrop OV-DMC3 met bijhorende meetnaalden	35
Figuur 28: Visuele weergave applicatie Oventrop	35
Figuur 29: Plattegrond labo met locaties en richtingen warmtebeeld metingen	36
Figuur 30: Meetpunten luchttemperatuurmeting klimaatkasten	37
Figuur 31: Uitblaasttemperatuur meting klimaatkasten	37
Figuur 32: Meetpunten temperatuurmeting waterzijdig	38
Figuur 33: TA-kraan meting klimaatkasten labo	39
Figuur 34: Warmtebeeldfoto locatie D (temperatuurschaal 21°C tot 42°C)	40
Figuur 35: Gewone foto locatie D	40
Figuur 36: Warmtebeeldfoto locatie E (temperatuurschaal 25°C tot 54°C)	40

Figuur 37: Gewone foto locatie E	40
Figuur 38: Warmtebeeldfoto locatie H (temperatuurschaal 19°C tot 56°C)	41
Figuur 39: Gewone foto locatie H	41
Figuur 40: Warmtebeeldfoto locatie J (temperatuurschaal 17°C tot 46°C)	41
Figuur 41: Gewone foto locatie J	41
Figuur 42: Warmtebeeldfoto locatie K (temperatuurschaal 26°C tot 56°C)	42
Figuur 43: Gewone foto locatie K	42
Figuur 44: Warmtebeeldfoto locatie L (temperatuurschaal 15°C tot 40°C)	42
Figuur 45: Gewone foto locatie L	42
Figuur 46: Plattegrond labo	43
Figuur 47: Temperatuurmetingen klimaatkast 1	44
Figuur 48: Temperatuurmetingen klimaatkast 2	45
Figuur 49: Temperatuurmetingen klimaatkast 3	46
Figuur 50: Temperatuurmetingen klimaatkast 4	47
Figuur 51: Temperatuurmetingen klimaatkast 5	48
Figuur 52: Temperatuurmetingen klimaatkast 6	49
Figuur 53: Mollier diagram klimaatkast 1 (meting 16 maart) (CAIROX)	50
Figuur 54: Watertemperatuur metingen klimaatkast 1	51
Figuur 55: Watertemperatuur metingen klimaatkast 2	51
Figuur 56: Watertemperatuur metingen klimaatkast 3	51
Figuur 57: Watertemperatuur metingen klimaatkast 4	52
Figuur 58: Watertemperatuur metingen klimaatkast 5	52
Figuur 59: Watertemperatuur metingen klimaatkast 6	52
Figuur 60: Grafiek luchtzijdig vermogen klimaatkasten	54
Figuur 61: Grafiek waterzijdig vermogen klimaatkasten	55
Figuur 62: Gemiddelde dagelijkse temperatuur op maandbasis (KMI, 2025)	58
Figuur 63: Percentage koude productie per maand regime 8/14°C	58
Figuur 64: Percentage koude productie per maand regime 20/25°C	59
Figuur 65: Visuele weergave nieuwe luchtcirculatie labo	65
Figuur 66: Racks met overmatige bekabeling	66
Figuur 67: Rack met beperkte toestellen	66
Figuur 68: Openingen in de verhoogde vloer onder de racks	67
Figuur 69: Openingen in de verhoogde vloer achter de klimaatkasten	67
Figuur 70: Visuele weergave van foutieve regeling in het GBS	68
Figuur 71: Optie 1 grafische weergave van de opbrengsten en terugverdiëntijd	73
Figuur 72: Optie 2 grafische weergave van de opbrengsten en terugverdiëntijd	76
Figuur 73: Optie 3 grafische weergave van de opbrengsten en terugverdiëntijd	79
Figuur 74: Vergelijken verschillende opties op vlak van terugverdiëntijd	80

Lijst met afkortingen en symbolen

Afkorting	Verklaring
ARR	Accounting rate of return, de verhouding tussen de winst die verkregen wordt door de investering en de kosten hiervan.
CW	Chilled water
COP	Coëfficiënt of performance, geeft de efficiëntie van een koelinstallatie weer. Synoniem van EER
EER	Energy efficiency ratio, hoe hoger de EER hoe zuiniger de installatie werkt. Synoniem van COP.
GBS	Gebouwenbeheersysteem
Glycol	Antivries dat aan water wordt toegevoegd
Hotspot	Een bepaalde locatie waar zich veel warmte ophoopt dat niet/moeilijk gekoeld kan worden.
ISP	Inside plant, afdeling van Telenet dat de indeling van de racks bepaald in alle server ruimtes
KK	Klimaatkast
KV-waarde	Geeft het debiet aan dat door een regelkraan gaat bij een bepaalde stand met een drukverschil van 1 bar (Grundfos, n.d.)
PP	Payback period of terugverdientijd. Is de tijdspanne om de investeringskosten te recupereren en om het risico van de investering te bepalen.
Rack	Meestal een metalen kast waar servers en apparatuur in zitten.

Tabel 1: Lijst met afkortingen en symbolen

Tabel met gebruikte grootheden en eenheden

<u>Grootheid</u>	<u>Betekenis</u>	<u>Eenheid</u>	<u>Betekenis</u>
AV	Absolute luchtvochtigheid	g/kg	Gram per kilogram
c	Soortelijke warmte	J/kgK	Joule per kilogram Kelvin
E	Energie	kWh MWh	Kilowattuur Megawattuur
H	Enthalpie	kJ/kg	Kilojoule per kilogram
Δh	Enthalpieverschil	kJ/kg	Kilojoule per kilogram
<i>m</i>	Massadebiet	kg/s kg/h	Kilogram per seconde Kilogram per uur
Δp	Drukverschil	Pa	Pascal
Q	Vermogen	W kW	Watt Kilowatt
RV	Relatieve luchtvochtigheid	%	Procent
T	Temperatuur	K	Kelvin
t	Temperatuur	°C	Graden Celsius
ΔT	Temperatuurverschil	K	Kelvin
<i>v</i>	Volumedebiet	m ³ /h	Kubieke meter per uur
ρ	Massadichtheid	kg/m ³	Kilogram per kubieke meter

Tabel 2: Tabel met gebruikte grootheden en eenheden

Opstartverslag



Opstartverslag bachelorproef student + promotoren

Gegevens student(en)	
Student 1: Rani Op de Beeck Opleiding: Elektromechanica GSM: 0474 70 84 26	Student 2: Klik of tik om tekst in te voeren. Opleiding: Kies een item. GSM: Klik of tik om tekst in te voeren.
Gegevens bedrijf/ instelling	
Naam: Telenet Adres: Liersesteenweg 4, 2800 Mechelen Tel: 015 33 30 00	
Gegevens bedrijfspromoter	
Naam: Marc Vangoidsenhoven Functie: Built expert Afdeling: Data center infrastructuur	Tel/GSM: +32 473 21 00 61 Email: marc.vangoidsenhoven@telenetgroup.be

Gegevens bachelorproef

Titel bachelorproef

Regimeoptimalisatie van bestaande koelinstallatie doormiddel van technische en economische analyse voor een labo-toepassing.

Omschrijving van het probleem

De laboruimte van Telenet in Mechelen wordt momenteel gekoeld doormiddel van klimaatkasten die werken met een ijswaterregime van 6/12°C. Om energie te besparen zou dit waterregime verhoogd moeten worden naar 20/25°C. De primaire ijswaterproductie is reeds vervangen door een nieuwe installatie die op beide regimes kan werken. Hierdoor stelt de vraag zich of het financieel en economisch haalbaar is om de huidige klimaatkasten te vervangen door nieuwe klimaatkasten die met een ijswaterproductie van 20/25°C werken. Ook moet er gekeken worden of het praktisch haalbaar is om de oude klimaatkasten af te breken en te vervangen door nieuwe klimaatkasten.

Er moet onderzocht worden of de indeling van het labo aangepast moet worden om duidelijke warmtestromen te krijgen om deze gericht en efficiënt te kunnen koelen. Op dit moment wordt de warme lucht gecirculeerd en worden er bepaalde hotspots verkregen die nadelig zijn voor de werking van de infrastructuur. Op het koelsysteem van het labo zijn ook nog een bureauruimte en enkele datalokalen aangesloten. Deze ruimtes moeten ook in rekening gebracht worden bij het uitrekenen van de nieuwe klimaatkasten zodat ook deze ruimtes nog voldoende gekoeld worden wanneer het ijswaterregime verhoogd wordt.

Doelstellingen van de bachelorproef (kwantitatief en meetbaar)

Het doel van dit onderzoek is om de haalbaarheid en de impact van een regimeaanpassing van 6/12°C naar 20/25°C te analyseren voor het klimaatlabo en al de gekoppelde installaties zoals de extra datalokalen en bureauruimte.

- Op basis van temperatuurmetingen bepalen welke klimaatkasten geschikt zijn voor het nieuwe regime.
- Onderzoeken of het praktisch haalbaar is om de oplossing te realiseren. Is er voldoende plaats in de ruimte om de nieuwe klimaatkasten te plaatsen.

Een mogelijke terugverdientijd bepalen aan de hand van meetgegevens uit het verleden en actuele temperatuur en energiemetingen.

Gewenst resultaat: wat moet er (minimaal) opgeleverd worden?

- Een technisch dossier opstellen met alle meetgegevens
- Het evalueren van de bestaande infrastructuur en bepalen wat hier de knelpunten en beperkingen zijn
- In kaart brengen van de investeringskosten en de mogelijke terugverdientijd
- Nagaan of de klimaatkasten, plafondunits en datalokaal units kunnen functioneren met het nieuwe koelwaterregime van 20/25°C.

Wat is de planning (activiteiten van de student + includeer ook planning m.b.t. het schrijven van de scriptie)?

Elke week een klein verslag/document maken waarin verwerkt wordt wat ik in die week heb gedaan en met wat er nog gedaan moet worden. Op regelmatige basis een deel scriptie doorsturen bv om de 3 weken.

Week 1: Installatie in kaart brengen (opbouw en werking)

Week 2: Meetgegevens huidige installatie verzamelen en analyseren.

Week 3: Eerste deel van de scriptie doorsturen voor feedback.

Week 4: Huidige klimaatkasten, plafond-units en ventilo's analyseren en bepalen of deze vernieuwd moeten worden.

Week 5-6: Tussentijdse presentatie voorbereiden en indienen, mogelijke knelpunten installatie in kaart brengen.

Week 7: Tussentijdse presentatie.

Week 8: Onderzoek mogelijke alternatieven voor klimaatkasten.

Week 9: Mogelijke terugverdientijd in kaart brengen.

Week 10: Potentiële energiewinsten berekenen en analyseren.

Week 11: Poster maken.

Week 12: Poster indienen.

Week 13: Volledige scriptie doorsturen voor nazicht.

Week 14: Eindpresentatie maken en indienen;

Opgemaakt te Mechelen

op 28/01/2026

Handtekeningen

Bedrijfspromotor

Hogeschoolpromotor

Student 1

Student 2



Vangoethem-Deenen M.

Digitaal ondertekend
Geert De Nies



1. Inleiding

Telenet group is de grootste provider voor internet, mobiele diensten en TV binnen België. Telenet is opgericht in 1996 en is sinds 2023 volledig eigendom van Liberty Global. Het hoofdkantoor in Mechelen is het hart van het bedrijf. Op deze locatie is ook de server farm aanwezig. Naast de server farm zijn er nog 5 switch locaties en ongeveer een 50 kopstations verspreid over Vlaanderen. Vanuit de kopstations wordt er verder gegaan naar particulieren en business klanten. In totaal heeft Telenet ongeveer een 2 miljoen eigen klanten. Bij het uitbreiden van het hoofdkantoor is er in de nieuwe blokken een laboruimte voorzien om al de apparatuur en toestellen te kunnen uittesten.

Om het labo te koelen wordt momenteel gebruik gemaakt van een regime van 8/14°C. Dit is een betrouwbaar regime maar het heeft wel een relatief hoog energieverbruik. Dit is zowel economisch als ecologisch nadelig. Aangezien de energieprijzen steeds stijgen en er klimaatnormen gehaald moeten worden is het interessant om een regime verhoging naar 20/25°C toe te passen. Dit zorgt enerzijds voor een besparing op vlak van energie en anderzijds voor een verlaging van de CO₂-uitstoot. Door deze verhoging zou er minder met een koelmachine gewerkt moeten worden en kan er meer gebruik gemaakt worden van free cooling.

Door de verhoging van het regime worden de huidige afgiftesystemen zoals de klimaatkasten, ventiloconvectoren en plafond units onderzocht of deze nog voldoende koelvermogen gaan kunnen leveren. Daarnaast wordt de luchthuishouding in het labo geëvalueerd, aangezien dit ook een belangrijke rol speelt op vlak van luchtverdeling en mogelijke hotspot vorming in huidig onderzoek.

Dit eindwerk heeft als doel om te onderzoeken of een mogelijke regimeverhoging technisch en economisch haalbaar is. Eerst wordt er een analyse van de huidige installatie uitgevoerd op de koude productie, klimaatkasten en de luchthuishouding. Daarna worden verschillende mogelijke investering en oplossingen geëvalueerd. Tot slot wordt de economische analyse uitgevoerd aan de hand van een terugverdientijdberekening. Op basis van de verschillende analyses wordt er een mogelijke oplossing aangeboden.

2. Probleemstelling

In het huidig labo van Telenet Mechelen zijn er verschillende klimaatkasten aanwezig. Bij de aanvang van het onderzoek werd ervan uitgegaan dat er gewerkt werd met een regime van 6/12°. Na het opvragen en analyseren van de datasheets is gebleken dat er in realiteit met een regime van 8/14°C wordt gewerkt. In het labo is het warm, de huidige klimaatkasten bereiken het ingestelde setpunt niet met het huidig waterregime. De energie kosten om op dit regime te koelen zijn bovendien zeer hoog en de efficiëntie hiervan is beperkt.

Ondertussen zijn er nieuwe koel strategieën op de markt om datacenters te koelen met een hoger koelregime, dit regime zou bijvoorbeeld 20/25°C kunnen zijn. Door een hoger koelregime toe te passen wordt er minder diep gekoeld, hierdoor wordt er energie bespaard. Deze energiewinst is interessant op lange termijn aangezien datacenters steeds groter worden door de opkomst van AI en het data verbruik dat exponentieel blijft groeien. De koelmachine die het systeem koelt is geschikt voor dit hoger temperatuurregime.

Daarnaast moet onderzocht worden of de klimaatkasten nog gaan voldoen bij een hoger koelregime. Als deze niet voldoen, moeten alternatieve modellen geselecteerd worden. Hierbij wordt er voornamelijk rekening gehouden met de beperkte inbouwruimte.

Naast de koelmachine is ook een dry cooler aanwezig om het labo te koelen. Deze kan enkel koelen als de buitentemperatuur voldoende laag is. Op dit moment, als er gewerkt wordt met een regime van 8/14°C, ligt de grens op 8°C buitentemperatuur. Dit is enkel haalbaar in de winter en beperkt in het tussenseizoen. Door het koelregime op te trekken zou er meer met free cooling gewerkt kunnen worden. De omschakel temperatuur naar free cooling zou dan ook opgetrokken kunnen worden. Het doel is om zo min mogelijk met de koelmachine te moeten gaan koelen om de energiekost te beperken.

Hetzelfde ijswatercircuit voedt ook plafondunits die in een aangrenzende ruimte hangen. In deze ruimte staat nog apparatuur en zijn er werkplekken voorzien. Door de aanwezigheid van een glazen buitenwand zorgt dit in de zomer voor een extra warmtebron. Daarnaast zijn er ook nog 5 datalokalen die gekoeld worden via hetzelfde ijswatercircuit. Deze lokalen worden momenteel gekoeld met ventiloconvectoren. De impact op deze units moet ook geëvalueerd worden zodat deze lokalen nog voldoende gekoeld kunnen worden.

Tot slot moet de indeling van het labo geëvalueerd worden om de luchthuishouding te kunnen optimaliseren. Momenteel wordt de warme lucht gecirculeerd waardoor er mogelijks hotspots kunnen ontstaan.

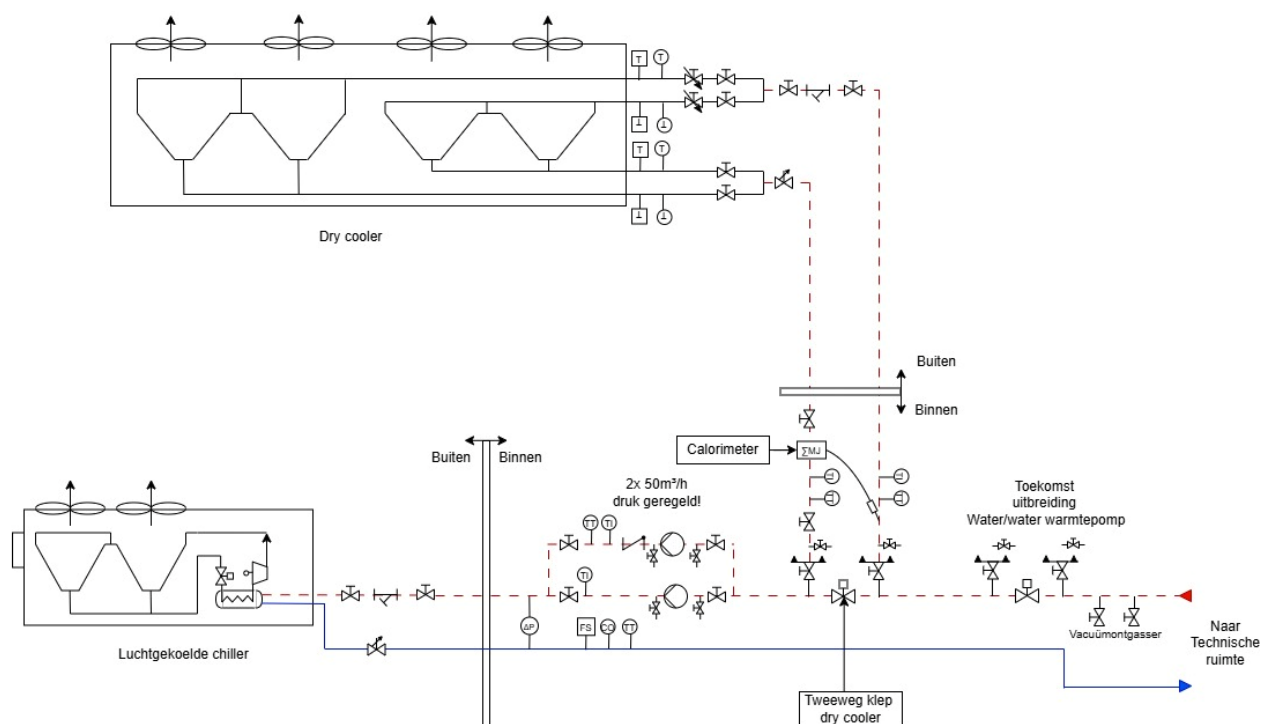
3. Situering

3.1. Schematische voorstelling

De schema's in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op het PID-schema dat opgenomen is in het As Built dossier van de aanpassingen die in 2025 gerealiseerd zijn. De koelmachine, de dry cooler en de installatie in de technische ruimte zijn toen vernieuwd. De afgiftesystemen dienen nog vernieuwd te worden.

Het schema is terug te vinden in Bijlage_01_PID Hydraulisch Koeling. Alle vermogens en bevochtigingscapaciteit zijn overgenomen uit het bestaande PID-schema. De effectieve vermogens worden in een volgend hoofdstuk bepaald op basis van de uitgevoerde metingen.

3.1.1. Koelmachine, dry cooler en uitbreiding



Figuur 1: Schematische voorstelling chiller en dry cooler

In Figuur 1 is de dry cooler en de koelmachine weergegeven die zich op het dak bevinden. Het binnen gedeelte is opgesteld in de technische ruimte en wordt opgesplitst in 2 schema's. Bovenstaand schema geeft het deel weer dat zich het dichtst tegen de koelmachine bevindt.

Linksboven in het schema is de dry cooler weergegeven. Het ijswater stroomt niet standaard door de dry cooler, dit wordt geregeld door de tweewegklep van de dry cooler. Wanneer deze volledig openstaat, gaat het volledige debiet over de luchtgekoelde chiller. Zodra de buitentemperatuur voldoende laag is, sluit de klep en wordt er gebruik gemaakt van free cooling. Na de dry cooler is er een calorimeter aanwezig, deze bepaald het koelvermogen op basis van een debiet en ΔT meting.

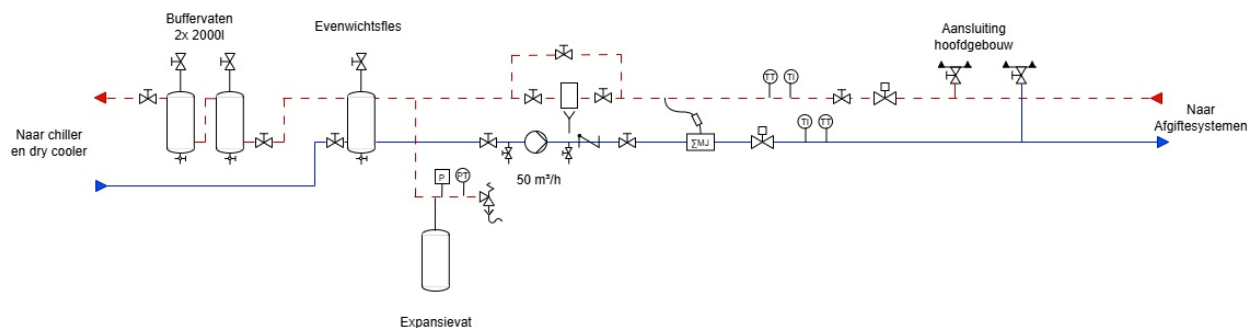
Vervolgens wordt het water aangezogen door twee redundante pompen, elk met een debiet van 50 m³/h. Deze zijn voorzien van een terugslagklep. De pompen worden via een frequentiesturing aangestuurd op basis van de systeemdrukken.

Onder de dry cooler is de koelmachine weergegeven. Intern bevat deze een koelcyclus waarbij het ijswater via een warmtewisselaar (verdampelaar van de koelcyclus) zijn warmte afgeeft aan het koudemiddel. Het ijswater stroomt continu door de chiller. Dit wil niet zeggen dat deze altijd in werking is. De huidige regeling laat momenteel wel nog toe dat de dry cooler en chiller gelijktijdig in dienst zijn.

De buitenleidingen zijn voorzien van een elektrische tracing, dit is een elektrische verwarming om bevriezing te voorkomen, aangezien er geen glycol in het systeem aanwezig is. Glycol is een antivries vloeistof dat wordt gebruikt om bevriezing te voorkomen. Het gebruik van glycol wordt beperkt, aangezien dit de soortelijke warmte van het water verlaagt en het koelvermogen met ongeveer 10% zakt. De tracing wordt automatisch ingeschakeld als de buitentemperatuur onder de 5°C zakt.

Ten slotte is in de technische ruimte een aansluiting voorzien om op termijn een water/water warmtepomp op aan te sluiten. Hiermee kan de warmte die uit het labo onttrokken wordt, gerecupereerd worden voor de verwarming van de kantoren in de winter. De warmteproductie in het labo kan beschouwd worden als een constante warmtebron.

3.1.2. Technische ruimte



Figuur 2: Schematische voorstelling technische ruimte

In Figuur 2 wordt de andere helft van de technische ruimte weergegeven. De evenwichtsfles zorgt voor een constant debiet over de koelmachine en vangt debietschommelingen op aan de zijde van de afgiftesystemen. Hierdoor ontstaat er een hydraulische scheiding tussen beide pomp circuits.

De pompen aan de zijde van de koelmachine zorgen voor het debiet door de evenwichtsfles en de koelmachines. De pomp aan de andere zijde van de evenwichtsfles zorgt ervoor dat het ijswater door de afgiftesystemen circuleert. Door de verschillende aansluithoogtes van de aanvoer en afvoer ontstaat er een temperatuurgelaagdheid in het vat.

De buffervaten hebben elk een capaciteit van 2000 liter en zitten in de retour van het ijswatercircuit. Hun voornaamste functie is om het pendelgedrag van de chiller tegen te gaan.

Het expansievat is aangesloten op de retour van de afgiftesystemen en vangt de drukschommelingen op in de installatie. Hier is ook een veiligheidsklep voorzien die bij overdruk het water uit het circuit kan afdrukken.

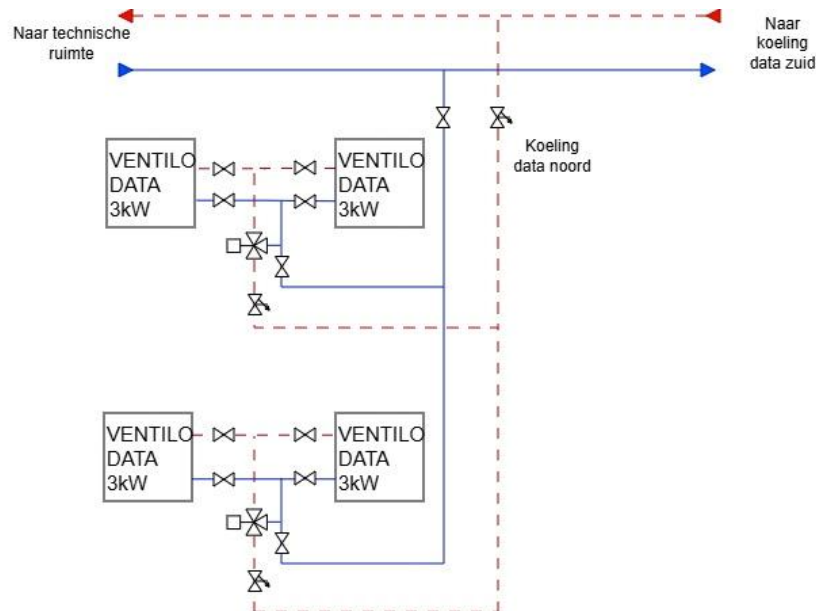
Tot slot is er een koppeling gerealiseerd met de ijswaterproductie van de kantoren. Deze dient als redundantie zodat het labo wel nog gekoeld kan blijven bij defect of onderhoud aan de koelmachine. Tussen beide systemen is een hydraulische scheiding gerealiseerd met behulp van een warmtewisselaar.

3.1.3. Afgiftesystemen

De afgifte systemen worden onderverdeeld in 3 hoofdkringen: *koeling data noord*, *koeling data zuid* en *koeling labo klimaatkasten*. Deze aftakkingen worden elk ingeregeld met behulp van een TA kraan zodat elke kring het vereiste debiet ontvangt.

3.1.3.1. Koeling data noord

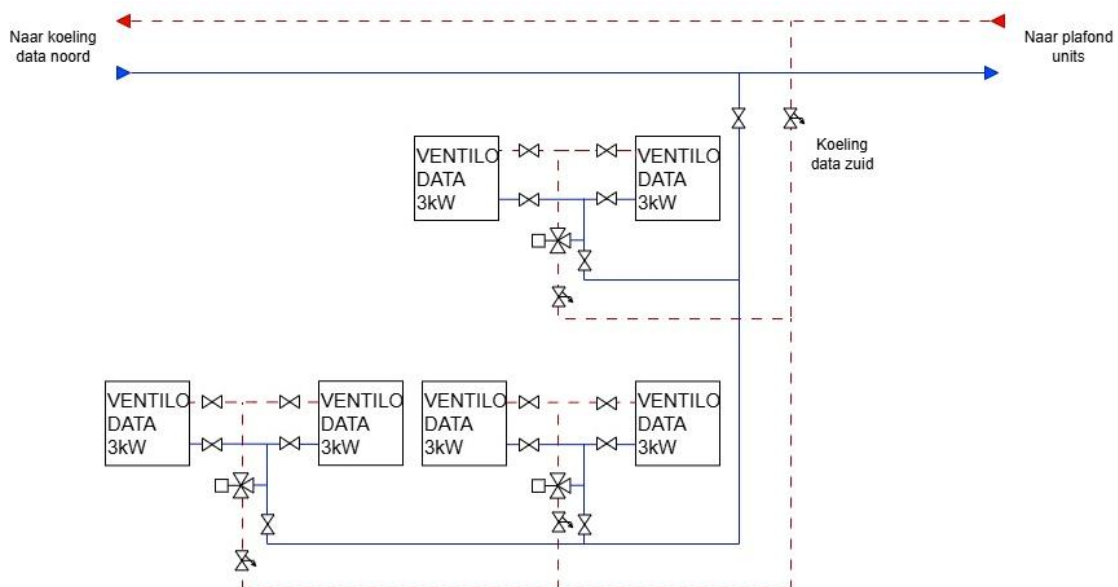
Aan *koeling data noord* zijn 4 ventiloconvectoren aangesloten, met telkens 2 units per data lokaal. In deze lokalen bevinden zich servers, waarbij er per verdieping 1 datalokaal aanwezig is. Elke ventiloconvector heeft een koelvermogen van 3 kW. Per datalokaal is een driewegklep voorzien die de toevoer- en retourleiding mengt zodat het water met de gepaste temperatuur door de ventiloconvector stroomt.



Figuur 3: Schematische voorstelling koeling data noord

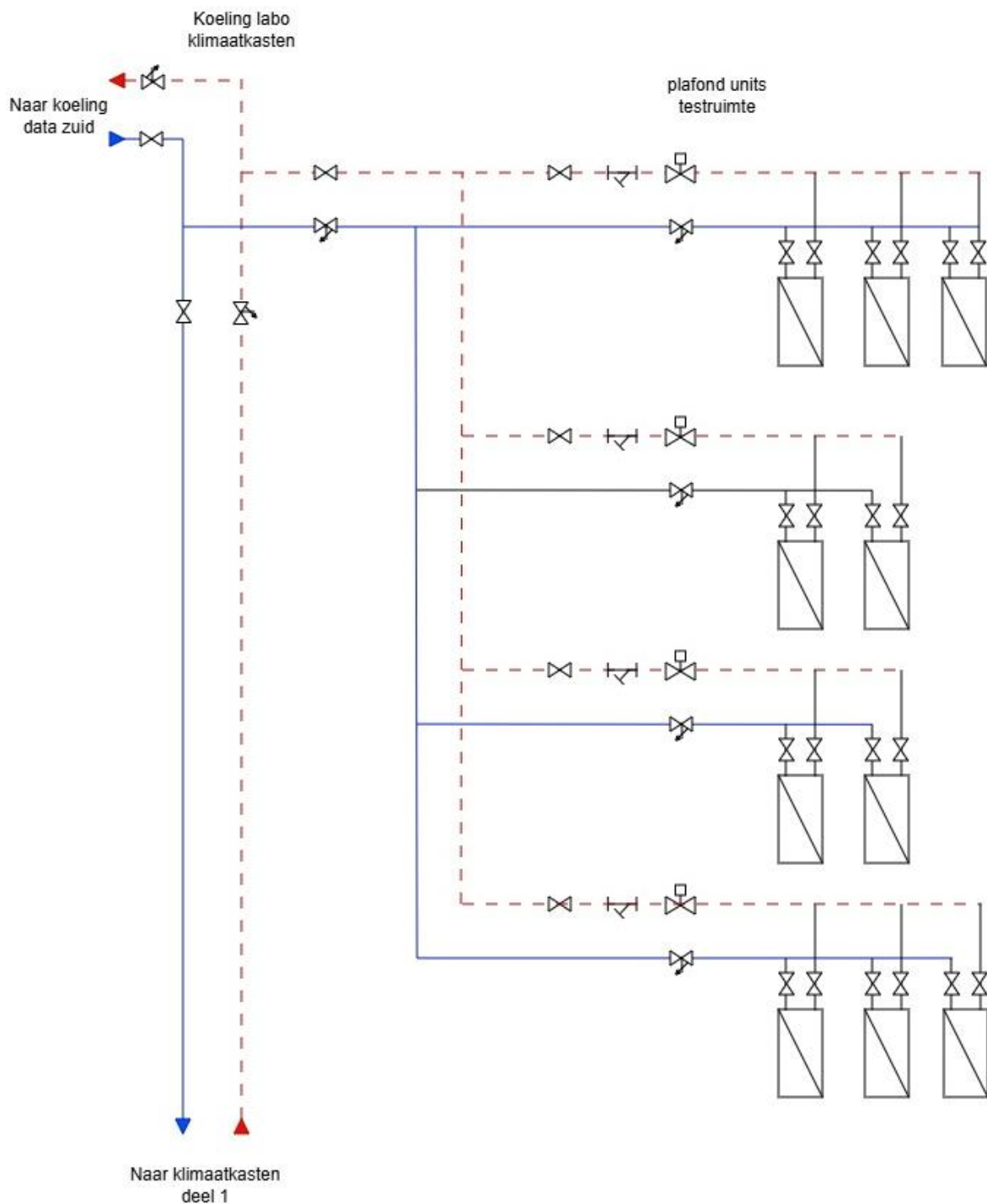
3.1.3.2. Koeling data zuid

Aan *koeling data zuid* zijn 6 ventiloconvectoren aangesloten, verdeeld over 3 datalokalen met telkens 2 units per lokaal. Elke ventiloconvector heeft een koelvermogen van 3 kW. Per datalokaal is een driewegklep voorzien die de toevoer- en retourleiding mengt zodat het water met de gepaste temperatuur door de ventiloconvector stroomt. Alle ventilo convectoren zijn van het merk Aircotech Europa met type sigma SH228/4R.



Figuur 4: Schematische voorstelling koeling data zuid

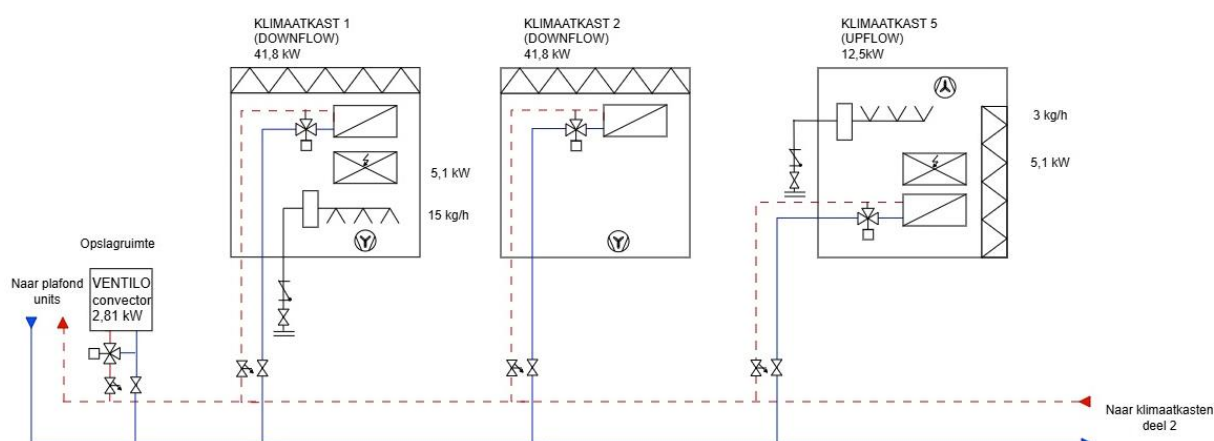
3.1.3.3. Koeling labo klimaatkasten -plafond units



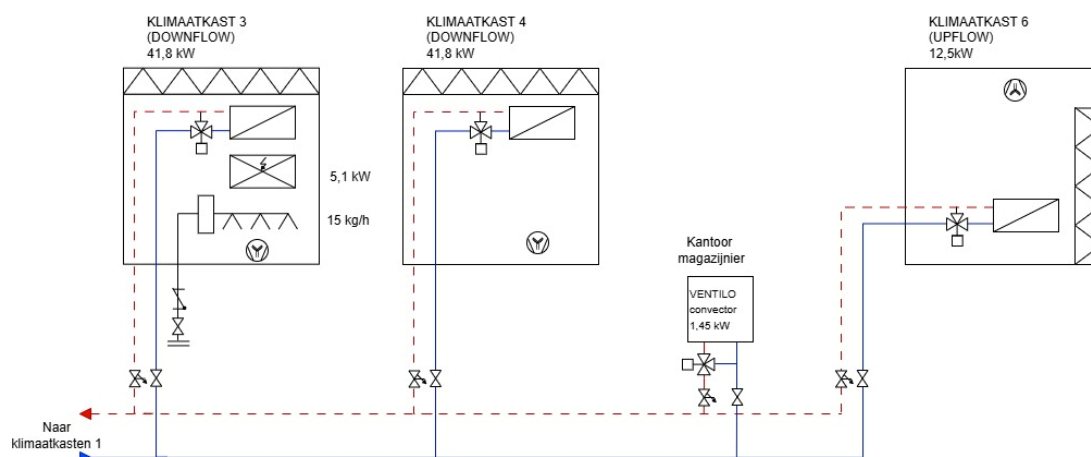
Figuur 5: Schematische voorstelling plafond units testruimte

De laatste kring in het systeem betreft *koeling labo klimaatkasten*. Deze kring staat in voor de koeling van het labo van Telenet Mechelen, evenals de aangrenzende ruimte waar testopstellingen zijn opgesteld. Deze ruimte wordt gekoeld met plafondunits van het merk Ciat met type melody WA123 die zich allemaal in dezelfde ruimte bevinden. In de proefruimte is een aanzienlijke hoeveelheid apparatuur aanwezig, wat leidt tot een bijkomende warmteproductie. Daarnaast zijn er langs de zijkanten raampartijen aanwezig. Deze zorgen voornamelijk in de zomer voor een extra warmtebron. Bovenstaande figuur geeft de kring met de plafondunits weer.

3.1.3.4. Koeling labo klimaatkasten



Figuur 6: Schematische voorstelling koeling labo klimaatkasten deel 1



Figuur 7: Schematische voorstelling koeling labo klimaatkasten deel 2

In het laatste gedeelte van het circuit zijn er nog 6 klimaatkasten aanwezig. Onderstaande tabel geeft de specificaties per klimaatkast weer.

	KK01	KK02	KK03	KK04	KK05	KK06
Vermogen	41,8 kW	41,8 kW	41,8 kW	41,8 kW	12,5 kW	12,5 kW
Bevochtiging	15 kg/h	/	15 kg/h	/	3 kg/h	/
Locatie	Labo	Labo	Labo	Labo	Energie lokaal	Energie lokaal
Upflow/downflow	Downflow	Downflow	Downflow	Downflow	Upflow	Upflow

Tabel 3: Specificaties klimaatkasten

De aanwezige bevochtigingsfunctie in de klimaatkasten wordt in de huidige situatie niet gebruikt. De regeling van de klimaatkasten gebeurt uitsluitend op basis van temperatuurmetingen, aangezien de luchtvochtigheid in deze ruimte geen primaire parameter is.

Daarnaast zijn er nog 2 kleine ventiloconvectoren aangesloten op het circuit, die nog 2 afzonderlijke lokalen koelen, deze zijn van het merk Aircotech – Eurapo met type sigma SV228/3+1 en met type sigma SV216/3+1.

3.2. Werking dry cooler

Bij de dry cooler is intern geen koelcyclus aanwezig. De installatie werkt uitsluitend als de buitentemperatuur voldoende laag is om het ijswater tot de gewenste temperatuur te kunnen afkoelen. In het huidige regime start de dry cooler met werken van zodra de buitentemperatuur onder de 8°C zakt. Het ijswater stroomt hierbij door de warmtewisselaar terwijl de ventilatoren de buitenlucht over de lamellen trekken. Op deze manier kan het ijswater zijn overvloedige warmte afgeven aan de buitenlucht. Dit principe staat bekend onder de naam free cooling en wordt voornamelijk toegepast in de tussenseizoenen en in de winter.

Het belangrijkste voordeel van dit principe is het lage energieverbruik aangezien enkel de ventilatoren energie verbruiken. De ventilatoren worden frequentie gestuurd. Een nadeel is dat de batterijen minder lang meegaan en verhoogde slijtage ondervinden. Wanneer vocht op de koelvinnen komt, kan dit niet verdampen zoals bij de condensor van een chiller. Hierdoor gaat dit na een tijd de koelvinnen aantasten waardoor deze verpulveren en het warmtewisselend oppervlak afneemt. Doordat dit oppervlak afneemt daalt het nuttig koelvermogen van de dry cooler ook. Dit proces ontwikkelt zich over meerdere jaren voordat dit effectief merkbaar wordt. Ter vergelijking: condensor van de chiller heeft meestal een temperatuur van ongeveer 50°C, wat aanzienlijk hoger ligt de buitentemperatuur waarmee de dry cooler werkt. Om de levensduur te verlengen worden coatings op de lamellen gezet.



Figuur 8: Dry cooler

Door over te schakelen op een hoger koelregime kan de dry cooler vaker worden ingezet. Bij een regime van 20/25°C (waarvoor de dry cooler ontworpen is) kan deze al functioneren vanaf dat de buitentemperatuur onder de 16°C zakt. Hierdoor verhoogt het gebruik in de tussenseizoenen. Wat leidt tot een energiebesparing. Bovendien wordt de chiller minder belast wat de levensduur ervan verlengt. Bij dit hoger regime beschikt de dry cooler over een nuttig vermogen van 300 kW. De dry cooler die wordt gebruikt voor de koeling van het labo is van het merk Trane met type EK3C 2490.6/ 4 – 98%.

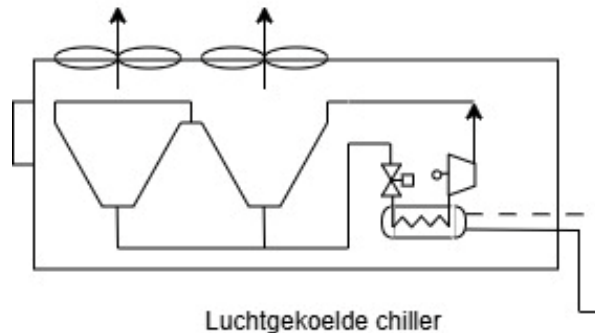
Voorgeschreven gegevens dry cooler		
Luchtdebiet	124.117	m³/h
	34,48	m³/s
Koelbatterij		
Koelvermogen	303,2	kW
Luchttemperatuur	16,4	°C
Luchtvochtigheid	50	%RV
Water in	25	°C
Water uit	20	°C
Delta T	5	°C
Water debiet	52,3	m³/h
	52.300	l/h
Water snelheid	0,9	m/s
Warmtewisselend oppervlak	2764,9	m²

Tabel 4: Voorgeschreven gegevens dry cooler

Bovenstaande gegevens komen uit de datafiche van de dry cooler dat is opgesteld door Spie, zij hebben in 2024 de vernieuwing van dry cooler gerealiseerd. Dit document kan teruggevonden worden in de bijlage als Bijlage_02_Drycooler.

3.3. Werking chiller

In onderstaande afbeelding wordt de chiller schematisch weergegeven. De termen chiller en koelmachine worden door elkaar gebruikt, maar betekenen hetzelfde.



Figuur 9: Schematische voorstelling chiller

Intern in de chiller bevindt zich een koelcyclus. De installatie is gevuld met het koudemiddel R1234ze. Het koudemiddel wordt door de compressor uit de verdamper aangezogen en op hoge druk gebracht zodat het via de condensor zijn warmte kan afgeven aan de omgeving. De condensor is luchtgekoeld, de ventilatoren op de chiller trekken de buitenlucht door de condensor waardoor er een warmte uitwisseling met de omgeving mogelijk is. Hierna passeert het koudemiddel het expansieventiel, waar de temperatuur en druk daalt. Daarna stroomt het koudemiddel opnieuw naar de verdamper waar het ijswater wordt afgekoeld. Vervolgens keert het koudemiddel terug naar de compressor waarop de cyclus zich continu herhaalt.

In onderstaande afbeelding is de huidige chiller zichtbaar die gebruikt wordt voor de koeling van het labo. Deze is opgesteld op het dak op een verhoogde structuur zodat er steeds voldoende luchttoevoer is om door de condensor te trekken.



Figuur 10: Chiller

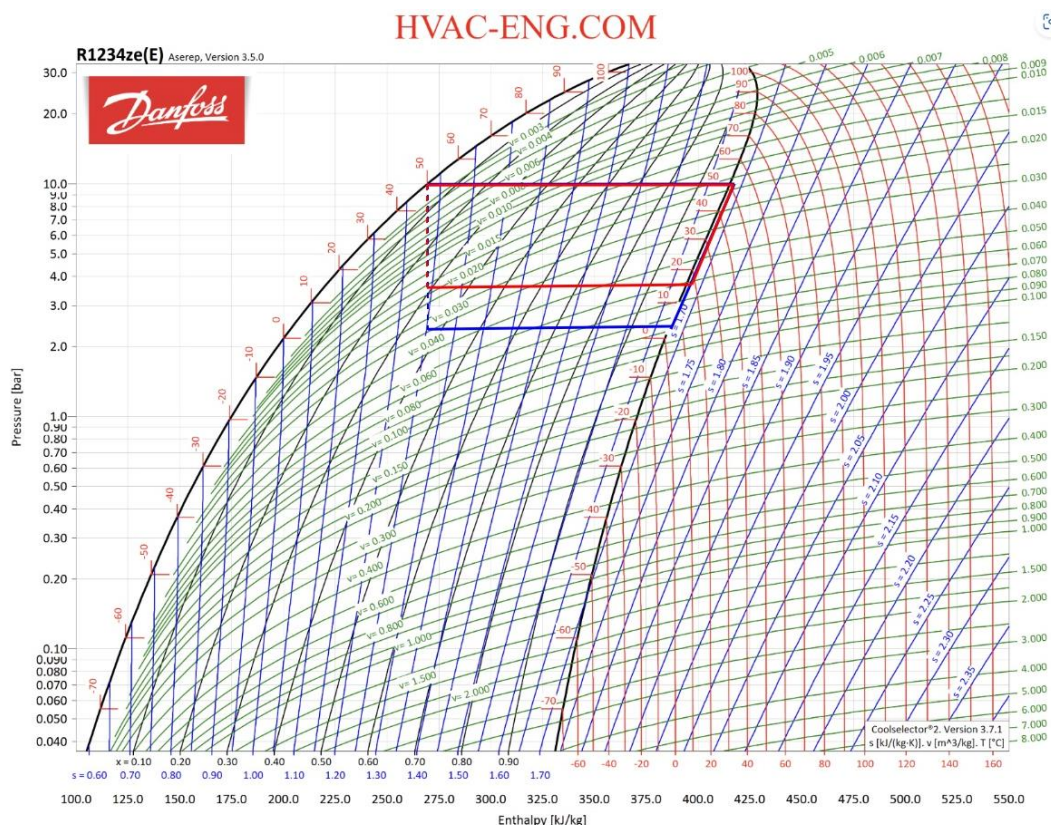
De chiller wordt voornamelijk ingezet tijdens de zomerperiode, wanneer de buitentemperaturen te hoog zijn om met de dry cooler te werken. In de tussenseizoenen wordt de keuze bepaald door de buitentemperatuur. De chiller is van het merk Trane met type GVAF 105 XSE LN. De interne compressor is een turbocor compressor van Danfoss. Deze is geselecteerd op basis van een relatief constante warmteproductie. De compressor moet steeds op minimaal 20% deellast werken, frequent starten en stoppen is nadelig voor dit type. De compressor is frequentie gestuurd en kan moduleren tussen 75 en 300 kW.

De koelmachine kan in theorie werken op het hoger koelwaterregime. Momenteel wordt er gewerkt op een regime van 8/14°C, aangezien alle ventiloconvectoren, plafondunits en klimaatkasten oorspronkelijk gedimensioneerd en ingeregeld zijn op dit regime. De koelmachine is ontworpen voor een buitentemperatuur van 40°C om ook bij extreme weersomstandigheden voldoende koelvermogen te kunnen garanderen. Het nuttig koelvermogen bedraagt 300 kW.

Bij een overschakeling naar een koelwaterregime van 18/24°C wordt de ontwerpconditie behouden. De EER stijgt in dat geval van 3,55 (bij 8/14°C) naar 4,69 (bij 18/24°C), omdat de compressor minder thermische arbeid moet leveren. Dit effect is ook zichtbaar in een log p-h-diagram.

In het log p-h-diagram stelt de blauwe cyclus de werking bij 8/14°C voor, terwijl de rode cyclus de werking bij 18/24°C weergeeft. De schuine lijn rechts geeft de compressiearbeid weer. Door beide cycli te vergelijken is waarneembaar dat de compressor minder arbeid moet leveren bij het hoger regime. De systeemdrukken in de koelmachine blijven beperkt tot maximaal ongeveer 10 bar bij een buitentemperatuur van 40°C. De condensor temperatuur bedraagt dan ongeveer 50°C en is bij beide cyclussen gelijk aangezien deze wordt bepaald door de buitentemperatuur.

De verdampertemperatuur bedraagt bij de blauwe cyclus ongeveer 3°C en 13°C bij de rode cyclus. Dit wordt gedaan om een temperatuurverschil van 5 graden te verkrijgen tussen het koudemiddel en ijswater.



Figuur 11: Log p-h verschillende koelregimes (HVAC-ENG, n.d.)

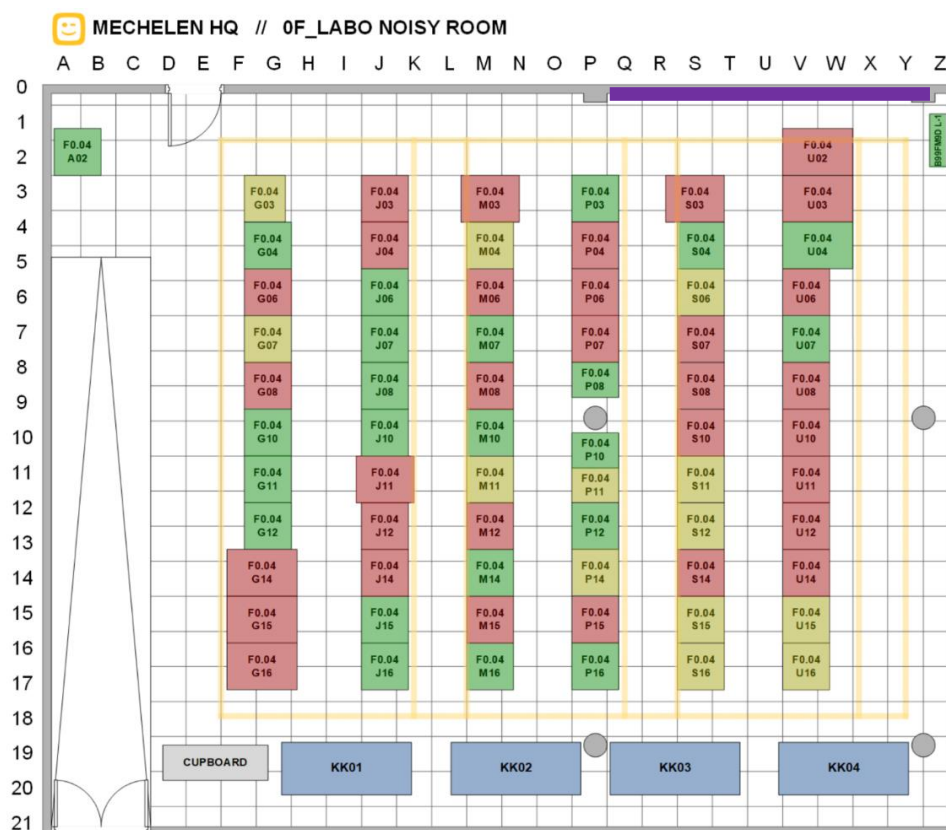
Voorgeschreven gegevens koelmachine				
Luchtdebiet condensor	159.840	m³/h		
	44,4	m³/s		
	Regime 8/14°C		Regime 18/24°C	
Koelvermogen	299,7	kW	299,7	kW
Luchttemperatuur in	40	°C	40	°C
Water in	14	°C	24	°C
Water uit	8	°C	18	°C
Delta T	6	°C	6	°C
Nominaal water debiet	11,9	l/s	12	l/s
	42.840	l/h	43.200	l/h
Minimum water debiet	8,8	l/s	8,8	l/s
	31.680	l/h	31.680	l/h
Maximum water debiet	32,3	l/s	32,3	l/s
	116.280	l/h	116.280	l/h
EER	3,55		4,69	

Tabel 5: Voorgeschreven gegevens koelmachine

Bovenstaande gegevens komen uit de datafiche van de koelmachine. Deze technische fiche is opgesteld door spie. Zij hebben in 2024 de vernieuwing van de koelmachine gerealiseerd. Dit document kan teruggevonden worden in de bijlage als Bijlage_03_Koelmachine.

3.4. Labo

Het labo van Telenet beschikt over een verhoogde vloer met uitneembare tegels. Onder deze vloer ligt bekabeling en diverse leidingen. Via deze ruimte wordt de afgekoelde lucht in het lokaal verspreidt. Door het hoge geluidsniveau veroorzaakt door al de apparatuur en de ventilatoren van de klimaatkasten staat de ruimte intern bekend als de noisy room. Onderstaande figuur geeft de indeling van het labo schematisch weer.



Figuur 12: Indeling laboruimte

Tabel 6 geeft de betekenis van de verschillende onderdelen in het labo weer.

Symbol	Betekenis	Symbol	Betekenis
KK01	Klimaatkast waarbij het cijfer het volgnummer van de kast is.		Betonnen pilaar
F0.04 G16	Racks met de grootste warmteopwekking	F0.04 J16	Racks dat met de minste warmteopwekking
F0.04 S16	Racks met een gemiddelde warmteopwekking		Weergave verhoogde vloer. Elke tegel is 60x60 cm.
	Raampartij in het labo		

Tabel 6: Verklaring onderdelen labo

De indeling in de ruimte wordt bepaald door ISP (inside plant). Zij wijzen de racks toe aan de verschillende afdelingen die ruimte nodig hebben in het labo. Door historische groei van het labo is er geen duidelijk beeld van welke apparatuur nog actief in gebruik is en welke in principe al verwijderd zouden kunnen worden. Hierdoor wijkt de effectieve warmtelast af van de ontwerpwaarden waarop de klimaatkasten zijn gedimensioneerd.

3.4.1. Werking klimaatkasten

De klimaatkasten in het labo werken volgens een downflow principe. Hierbij wordt de lucht bovenaan de ruimte aangezogen en door de warmtewisselaar gezogen. Vervolgens wordt de afgekoelde lucht dan onder de vloer uitgeblazen. Op de locaties waar de afgekoelde lucht de ruimte terug mag binnenstromen zijn vloertegels met luchtdoorlaat voorzien. Hierdoor kan er gericht gekoeld worden en kunnen mogelijke hotspots worden vermeden. In theorie ontstaat er hierdoor een duidelijke luchtstroom waarbij de warme lucht door de koudere lucht omhoog wordt verdrongen.

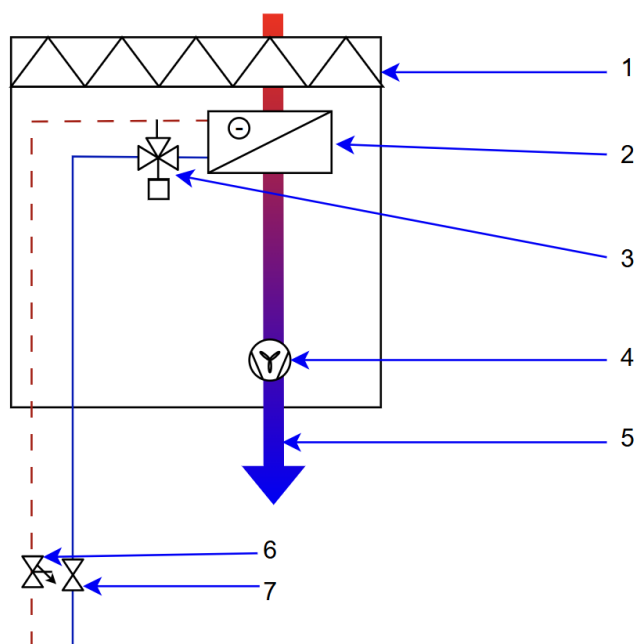
De ventilatoren van de kasten zijn frequentie-gestuurd. Voor de warmtewisselaar in de klimaatkast bevindt zich een 3-wegklep die het water debiet door de koelbatterij regelt. Het effectief debiet door de batterij is niet gekend. De klimaatkast uit het labo is weergegeven in Figuur 15. De klimaatkasten werken momenteel op vol vermogen, aangezien de warmtelast in het labo geleidelijk aan gegroeid is tot de huidige toestand. Op het moment dat de klimaatkasten in dienst zijn genomen werd het systeem gevuld met een water-glycolmengsel. Dit zorgt voor een lager vermogen dan wanneer er alleen met water wordt gewerkt. Hierdoor wijkt het vermogen op de datafiches af van het effectief vermogen dat de klimaatkasten momenteel maximaal kunnen leveren.

Onderstaande tabel geeft de specificaties weer van de klimaatkasten die in het labo aanwezig zijn.

Voorgeschreven gegevens klimaatkasten labo neXt CW.U.S 078.H6		
Luchtdebiet	14.850	m ³ /h
	4,125	m ³ /s
Koelbatterij		
Koelvermogen	41,8	kW
Luchttemperatuur in	22	°C
Luchtvochtigheid in	50	%RV
Glycol	30	%
Water in	8	°C
Water uit	14	°C
Delta T	6	°C
Water debiet	6,6	m ³ /h
	6600	l/h
Afmetingen		
Breedte	2155	mm
Diepte	860	mm
Hoogte	1980	mm

Tabel 7: Voorgeschreven gegevens klimaatkasten labo neXt CW.U.S 078.H6

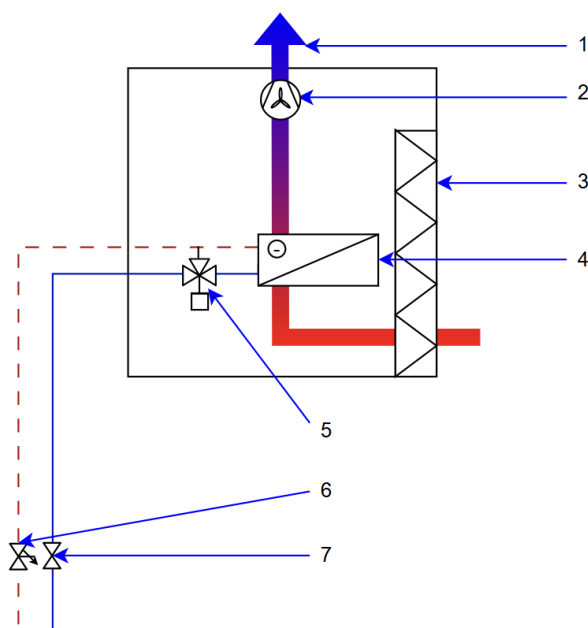
Onderstaande figuren zijn prinsipeschema's van de huidige klimaatkasten. Er wordt schematisch weergegeven hoe de lucht zich door de kast verplaatst.



Figuur 13: Prinsipeschema klimaatkasten labo

Nr.	Onderdeel
1.	Luchtfilter en aanzuig klimaatkast
2.	Koelbatterij
3.	3-weg kraan met bypass
4.	Ventilator met uitblaas onder de vloer
5.	Stroming van de lucht door de klimaatkast met temperatuurindicatie (Downflow principe)
6.	TA-kraan
7.	Handkraan

Tabel 8: Verklaring onderdelen Figuur 13



Figuur 14: Prinsipeschema klimaatkasten energielokaal

Nr.	Onderdeel
1.	Stroming van de lucht door de klimaatkast met temperatuurindicatie (Upflow principe)
2.	Ventilator met uitblaas langs de bovenkant
3.	Luchtfilter en aanzuigklimaatkast
4.	Koelbatterij
5.	3-weg kraan met bypass
6.	TA-kraan
7.	Handkraan

Tabel 9: Verklaring onderdelen Figuur 14

De overige 2 klimaatkasten bevinden zich in een afzonderlijk energielokaal. Het vereist koelvermogen is in deze ruimte beperkter, aangezien er minder apparatuur aanwezig is die warmte produceert. De klimaatkasten in het energielokaal werken volgens het upflow principe. Hierbij wordt de warme ruimtelucht onderaan aangezogen. Het aanzuigrooster is zichtbaar op Figuur 16. Vervolgens wordt de warme lucht door de warmtewisselaar gezogen waar het ijswater doorstroomt. De ventilatoren blazen daarna de afgekoelde lucht bovenaan de ruimte terug in. De ventilatoren zijn frequentie gestuurd. Voor de warmtewisselaar in de klimaatkast bevindt zich een 3-wegklep die het waterdebiet door de koelbatterij regelt. Met de huidige klimaatkasten wordt een ruimtekoeling gerealiseerd.



Figuur 15: Klimaatkast labo



Figuur 16: Klimaatkast energielokaal

In onderstaande tabel kan de voornaamste gegevens van de klimaatkasten die in het energielokaal staan worden teruggevonden.

Voorgeschreven gegevens klimaatkasten energielokaal neXt CW.O.S 022.H3		
Luchtdebiet	5.460	m ³ /h
	1,52	m ³ /s
Koelbatterij		
Koelvermogen	12,5	kW
Temperatuur in	22	°C
	50	%RV
Glycol	30	%
Water in	8	°C
Water uit	14	°C
Delta T	6	°C
Water debiet	2	m ³ /h
	2000	l/h
Afmetingen		
Breedte	1085	mm
Diepte	750	mm
Hoogte	1925	mm

Tabel 10: Voorgeschreven gegevens klimaatkasten energielokaal neXt CW.O.S 022.H3

De gegevens van beide types van klimaatkasten komen uit de technische steekkaart van de klimaatkasten. Dit document is in 2006 opgesteld door Cegelec toen ze de installatie hebben gebouwd. Dit document kan teruggevonden worden in de bijlage als Bijlage_04_Huidige klimaatkasten.

3.5. Datalokalen

In de datalokalen bevinden zich servers die voor elk verdiep werken. Deze ruimtes moeten eveneens gekoeld worden om oververhitting te voorkomen. Momenteel zijn deze aangesloten op hetzelfde ijswatercircuit. De ruimtes worden gekoeld met 2 identieke ventiloconvectoren dat elk een vermogen hebben van 3kW. Het debiet dat door de convectoren gaat wordt geregeld met een 3-wegklep.

Voorgeschreven gegevens ventiloconvectoren datalokalen SH228/4R		
Luchtdebiet	1.000	m³/h
	0,28	m³/s
Koelbatterij		
Koelvermogen	3	kW
Luchttemperatuur in	21	°C
Luchtvochtigheid in	50	%RV
Glycol	30	%
Water in	8	°C
Water uit	14	°C
Delta T	6	°C
Water debiet	0,468	m³/h
	468	l/h

Tabel 11: Voorgeschreven gegevens ventiloconvectoren datalokalen SH228/4R

In onderstaande figuur is de ventiloconvector worden zichtbaar, deze hangt tegen het vals plafond. De convector blaast de koude lucht bovenaan in de ruimte uit zodat deze naar beneden kan dalen.



Figuur 17: Ventiloconvector datalokalen

De gegevens van de ventiloconvectoren zijn afkomstig uit de technische steekkaart, een document dat in 2006 werd opgesteld door Cegelec bij de realisatie van de installatie. De vermogens in dit document zijn gebaseerd op een water-glycolmengsel. Daardoor ligt het huidige maximaal vermogen hoger dan de waarden die op de datafiche vermeld staat aangezien in de huidige situatie water wordt gebruikt als afgiftemedium. Dit document kan teruggevonden worden in bijlage als Bijlage_05_Ventiloconvectoren data lokalen.

3.6. Plafondunits testruimte

De plafondunits die in de testruimte zijn geïnstalleerd, zijn van het merk CIAT type melody 122A 2TFC. Deze zijn geïntegreerd in het vals plafond en koelen de ruimte. In de ruimte bevinden zich verschillende proefopstelling. Bij het dimensioneren van de installatie kon de evolutie van de warmtelast in deze ruimte moeilijk ingeschat worden.

Voorgeschreven gegevens plafondunits melody 122A 2TFC		
Luchtdebiet	820	m ³ /h
	0,23	m ³ /s
Koelbatterij		
Koelvermogen	4280	W
Luchttemperatuur in	27	°C
Luchtvochtigheid in	50	%RV
Water in	7	°C
Water uit	12	°C
Delta T	5	°C

Tabel 12: Voorgeschreven gegevens plafondunits melody 122A 2TFC

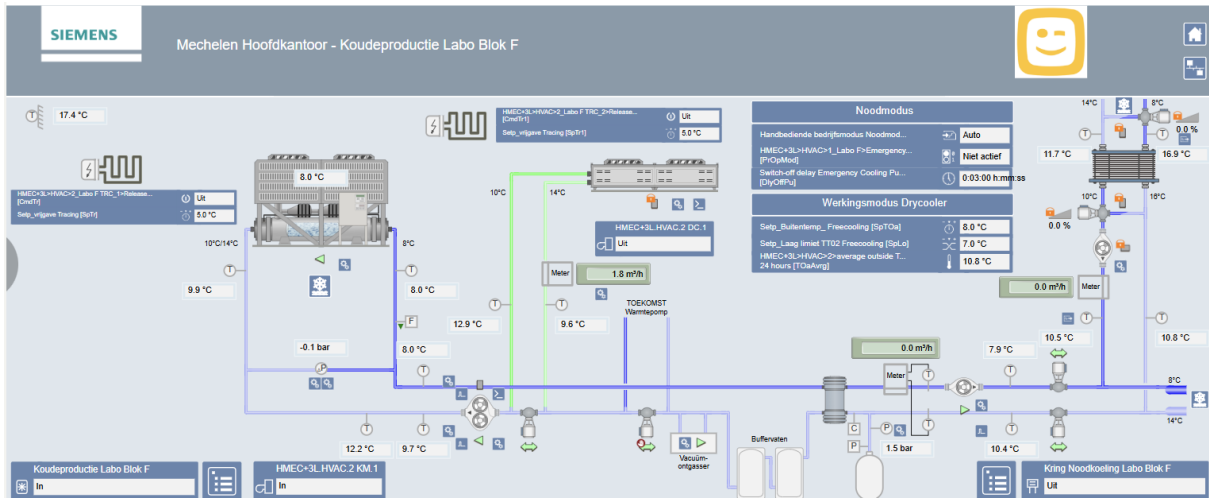
De gegevens van de plafondunits komen uit de technische fiche van CIAT. Deze kan teruggevonden worden als bijlage Bijlage_06_Plafondunits CIAT melody cassette-type-fan-coil-units-euroconfort. De units blazen koude lucht horizontaal de ruimte in langs het plafond. Door het Coandă-effect blijft de luchtstraal tegen het plafond aanliggen, waardoor er een gelijkmatige luchtverdeling ontstaat. Vervolgens daalt de afgekoelde lucht geleidelijk neer in de ruimte.



Figuur 18: Plafondunit

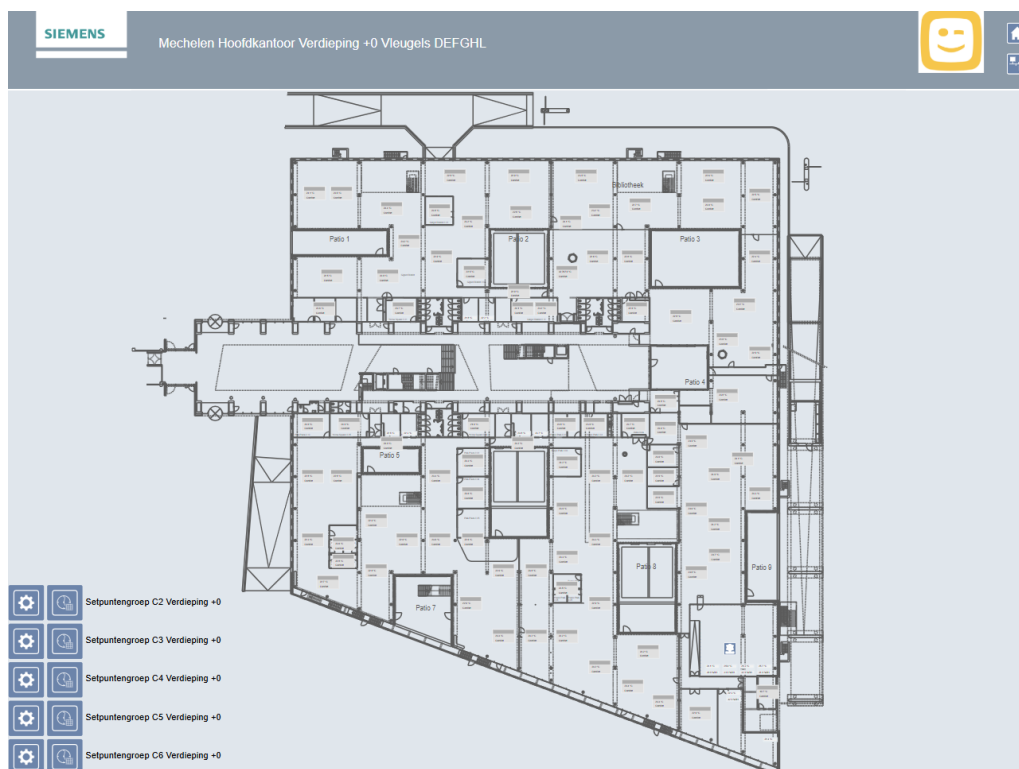
3.7. Gebouwenbeheer systeem

De installatie wordt gemonitord en geregeld via een gebouwenbeheersysteem (GBS). In dit systeem is er een visuele weergave van de installatie geïntegreerd, gekoppeld aan alle sensoren en metingen. Bij een defect of storing wordt er een melding gestuurd. Het gebouwenbeheersysteem dat gebruikt wordt is Desigo CC, de software is ontwikkeld door Siemens. Alle installaties binnen Telenet group worden via dit systeem gemonitord en aangestuurd. Het is een gesloten systeem waardoor wijzigingen altijd door Siemens moet worden uitgevoerd.



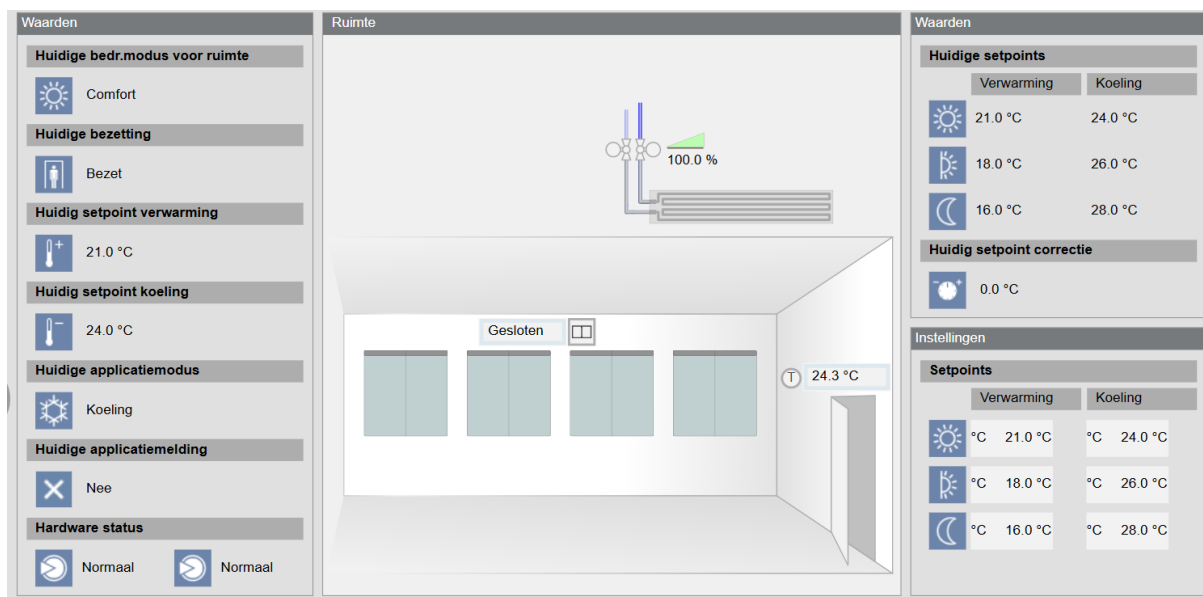
Figuur 19: Visuele weergave GBS koude productie labo blok F

Binnen het GBS is per verdiep en per gebouw een plattegrond beschikbaar. Op deze plattegrond is een overzicht van de ruimte temperatuur per lokaal aanwezig. Vanuit dit overzicht kan doorgedaan worden naar de verschillende afgiftesystemen. Per ruimte en systeem kunnen de setpunten worden aangepast en kan de werking gemonitord worden.



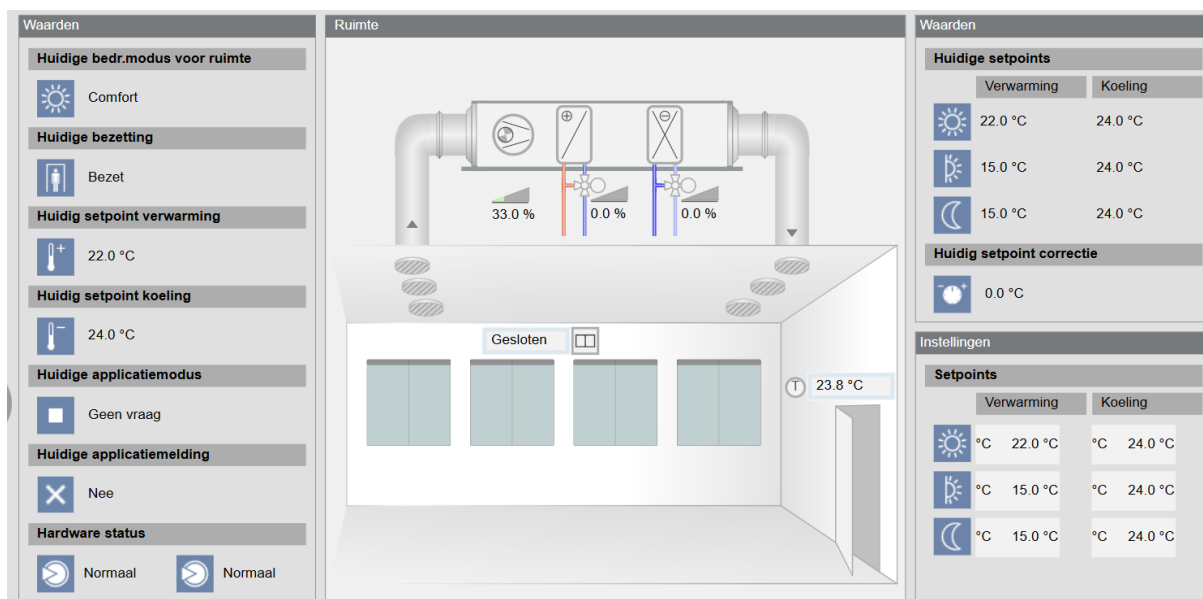
Figuur 20: Visuele weergave GBS plattegrond gelijkvloers blok F

Volgende gegevens van de plafondunits kunnen in het GBS worden teruggevonden: de stand van de 2-weg kraan, de setpoints en de ruimtetemperatuur. Onderstaande figuur geeft de visuele weergave weer.



Figuur 21: Visuele weergave GBS plafondunit

De ventiloconvectoren in de data ruimtes kunnen ook gemonitord worden. Volgende gegevens kunnen worden teruggevonden: de stand van de 3-weg kraan, de huidige ingestelde setpunten en de ruimtetemperatuur. Onderstaande figuur geeft de visuele weergave weer. De verwarmingsbatterij wordt niet gebruikt en is ook niet aangesloten.



Figuur 22: Visuele weergave GBS ventiloconvector data lokalen

4. Metingen

4.1. Meettoestellen

4.1.1. Warmtebeeld camera

Er wordt gebruik gemaakt van een warmtebeeld camera van Testo, type 883 om het labo in kaart te brengen. Deze werkt op basis van infrarood licht. Hierbij worden de voornaamste hotspots opgespoord, en wordt er eveneens onderzocht of er zones zijn waar de gekoelde lucht ongewenst naar boven komt. Dit wordt uitgevoerd om te evalueren of de indeling van het labo moet worden aangepast om gericht te koelen. De emissiegraad van de te meten materialen moet in de camera correct worden ingesteld om correcte metingen te kunnen uitvoeren. Glanzende metalen oppervlakken kunnen een vertekend temperatuurbeeld geven doordat deze een andere emissiecoëfficiënt hebben dan de meest voorkomende bouwmaterialen. De camera bepaalt automatisch de meest relevante temperatuurschaal per foto om de verschillende zones in kaart te kunnen brengen.



Figuur 23: Warmtebeeldcamera van Testo

4.1.2. Testo 440

Om de luchttemperaturen te bepalen wordt er gebruikt gemaakt van een multifunctioneel meetinstrument van Testo, type 440. Dit toestel wordt via bluetooth verbonden met een meetsonde die het CO₂-gehalte, de luchtvochtigheid en de temperatuur meet. Met deze combinatie wordt het binnenklimaat van het labo in kaart gebracht. Op deze manier kunnen zowel de aanzuig- en de uitblaastemperatuur van de klimaatkasten gemeten worden. Op basis hiervan kan het luchtzijdig vermogen bepaald worden. Daarnaast worden de hotspots die met behulp van de warmtebeeldcamera zijn geïdentificeerd ook opgemeten met dit meetinstrument om te bepalen welke luchttemperatuur deze toestellen de ruimte instuurt.



Figuur 24: Testo 440



Figuur 25: Testo meetsonde CO₂,
luchtvochtigheid en temperatuur



Figuur 26: Testo oppervlaktevoeler
(Testo, n.d.)

Om een benadering van de watertemperaturen van het ijswaterregime te bekomen, wordt gebruik gemaakt van een oppervlaktevoeler die tegen de buitenkant van de buis wordt geplaatst. Deze oppervlakte voeler wordt aangesloten op de Testo 440. Hierdoor kunnen de metingen gelijktijdig worden uitgevoerd.

4.1.3. Oventrop OV -DMC3

In de retourleiding van de klimaatkast is een TA kraan aanwezig om het waterdebiet te regelen. Om het debiet door deze regelkranen te bepalen wordt er gebruikt gemaakt van een meetsysteem van Oventrop, type OV-DMC3. Op het toestel worden meetnaalden aangesloten die compatibel zijn met de TA-kranen. Het meetsysteem wordt via Wifi verbonden met een applicatie op de GSM. In de applicatie moet het type van de kraan en ingestelde stand worden ingegeven. Vervolgens berekent het meetsysteem dan het waterdebiet dat door de TA kraan stroomt. De verschildruk dat de kraan genereerd wordt via dezelfde applicatie weergegeven. De kv-waarde van de kraan wordt ook bepaald aan de hand van de gemeten waardes en de ingestelde stand van de kraan.



Figuur 27: Oventrop OV-DMC3 met bijhorende meetnaalden

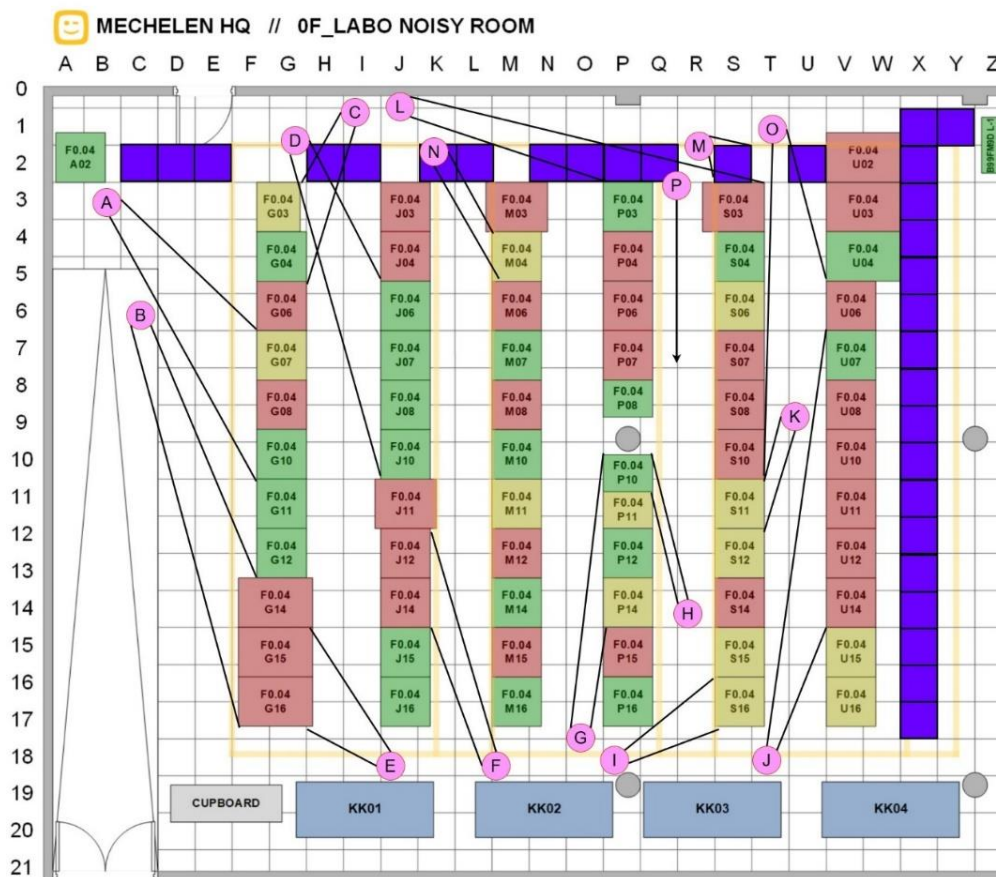


Figuur 28: Visuele weergave applicatie Oventrop

4.2. Meetmethode

4.2.1. Hotspots labo

Om de mogelijke hotspots in kaart te brengen is er gebruik gemaakt van een warmtebeeldcamera. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de oppervlaktetemperatuur van de apparatuur. Om alles overzichtelijk in kaart te brengen is er gewerkt met de plattegrond van het labo. In onderstaande figuur zijn de locaties weergegeven op de plattegrond. Van elke positie is een thermische opname als een gewone foto gemaakt, zodat deze naast elkaar kunnen worden geanalyseerd.



Figuur 29: Plattegrond labo met locaties en richtingen warmtebeeld metingen

Symbol	Betekenis	Symbol	Betekenis
KK01	Klimaatkast waarbij het cijfer het volgnummer van de kast is.		Betonnen pilaar
F0.04 G16	Racks met de grootste warmteopwekking	F0.04 J16	Racks dat met de minste warmteopwekking
F0.04 S16	Racks met een gemiddelde warmteopwekking		Weergave verhoogde vloer. Elke tegel is 60x60 cm.
	Locatie en richting van genomen afbeelding		Tegels met lucht doorlaat

Tabel 13: Verklaring onderdelen Figuur 29

De meest relevante beelden die met de camera gemaakt zijn kunnen teruggevonden worden in hoofdstuk 4.3.1. De overige beelden kunnen teruggevonden worden in bijlage als Bijlage_07_Warmtebeeldfoto's. De temperatuurschaal is variabel per foto, dit is zodat de verschillende temperatuurzones zo goed mogelijk in beeld komen.

Op basis van de gemaakte beelden zijn er zones ontdekt met een verhoogde oppervlaktetemperatuur. Om te bepalen of deze apparatuur ook een hoge luchttemperatuur de ruimte in stuurt is er gewerkt met de Testo 440 met bijhorende meetsonde. De sonde wordt ter hoogte van de uitblaas van de apparatuur geplaatst om de uitblaastemperatuur te meten. De meethoogte varieert aangezien de sonde op de hoogte waar de warme apparatuur hangt wordt gehouden.

4.2.2. Luchttemperatuurmetingen klimaatkasten

De luchttemperatuur van de klimaatkasten werden gemeten met de Testo 440 en bijhorende meetsonde. De werking van dit toestel is toegelicht in hoofdstuk 0. De aanzuigluchttemperatuur wordt ± 10 cm boven de kast gemeten om te vermijden dat de meetsonde beïnvloed wordt door de straling van de koelbatterij.

De uitblaas temperatuur wordt zo dicht mogelijk bij de kast gemeten. Voor elke klimaatkast is een meetpunt voorzien waarbij de sonde onder de verhoogde vloer wordt geplaatst om de uitblaastemperatuur te kunnen meten. De afstand tussen de kast en het meetpunt is voor alle kasten identiek. De gemeten uitblaastemperatuur kan echter beïnvloed door meerdere kasten aangezien alle klimaatkasten van het labo onder de vloer uitblazen. Voor de klimaatkasten van het energielokaal wordt de sonde boven het uitblaas rooster gehouden.

De absolute luchtvochtigheid en de enthalpie waarde van de gemeten lucht kan worden bepaald door de meetresultaten uit te zetten in een mollier diagram.

In onderstaande figuren zijn de meetpunten weergegeven. De sonde wordt steeds op dezelfde locaties per klimaatkast geplaatst om de meetresultaten onderling te kunnen vergelijken. De doorvoeren in de vloer worden na de meting opnieuw afgesloten om verlies aan koude lucht te vermijden. De rode cirkels duiden in Figuur 30 de meetpunten aan.



Figuur 30: Meetpunten luchttemperatuurmeting klimaatkasten



Figuur 31: Uitblaastemperatuur meting klimaatkasten

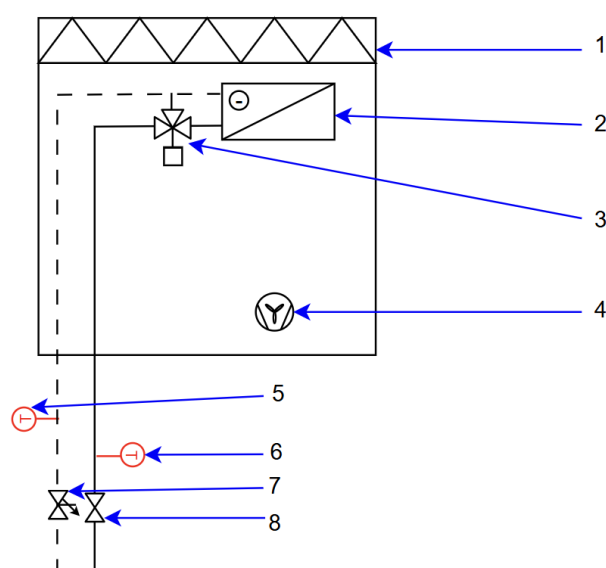
4.2.3. Watertemperatuur metingen klimaatkasten

Om het waterregime dat door de klimaatkasten gaat te bepalen wordt er gebruik gemaakt van een oppervlaktevoeler. Dit meetinstrument is toegelicht in hoofdstuk 0. De oppervlaktevoeler meet de temperatuur van de leidingen waar het water doorheen stroomt. Dit is een benadering van de effectieve watertemperatuur in de leiding.

De oppervlakte voeler wordt geplaatst op het gedeelte voor de 3-wegklep. Dit wordt gedaan aangezien het debiet dat effectief door de batterij gaat niet gekend is doordat de stand van de kraan onbekend is. Het totaal debiet dat door de klimaatkast gaat is wel geweten. Waardoor de totale ΔT over de volledige kast kan worden gemeten en gebruikt voor de vermogensberekening.

In onderstaande afbeelding is een schematische voorstelling van de klimaatkast weergegeven. De rode meetpunten geven de locaties aan waar de oppervlaktevoeler tegen de buitenzijde van de leiding wordt geplaatst. Dit zijn geen vaste meetpunten, hierdoor zijn de temperatuurmetingen steeds een moment opname. Lokaal wordt de isolatie van de leiding verwijderd om rechtstreeks op de leiding te meten.

Onderstaande figuur is de schematische voorstelling van de waterzijdige meetpunten. In bijhorende tabel worden de verschillende componenten van de klimaatkast toegelicht. De aanzuig en uitblaas zijn bij de klimaatkasten van het energielokaal omgekeerd.



Figuur 32: Meetpunten temperatuurmeting waterzijdig

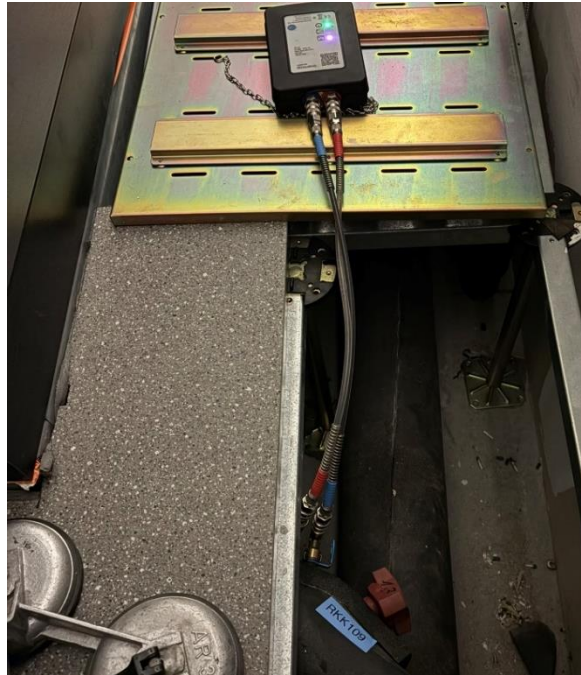
Nr.	Component
1.	Luchtfilter en aanzuig klimaatkast
2.	Koelbatterij
3.	3-weg kraan met bypass
4.	Ventilator met uitblaas onder de vloer
5.	Meetlocatie retourtemperatuur ijswater
6.	Meetlocatie toevoer temperatuur ijswater
7.	TA-kraan
8.	Handkraan

Tabel 14: Verklaring aanduiding schematische voorstelling klimaatkast

De ingaande en uitgaande watertemperatuur worden per klimaatkast weergegeven in grafieken waarbij een onderverdeling wordt gemaakt op basis van de datum wanneer de metingen zijn uitgevoerd.

4.2.4. Debietmetingen en inregeling TA-kranen klimaatkasten

Om het debiet door elke klimaatkast te bepalen, wordt er gebruikt gemaakt van een debietmeter. Dit meetinstrument is toegelicht in hoofdstuk 4.1.3. Het gemeten debiet is nodig om in een volgend hoofdstuk het effectief koelvermogen van de klimaatkasten te kunnen berekenen. De TA-kranen van de klimaatkasten in het labo bevinden zich achter de kasten en onder de vloer. Om deze te kunnen meten worden de bovenliggende vloertegels verwijderd. Vervolgens worden de meetnaalden op de voorziene meetpunten in de kraan geplaatst. Hierna kan het meetsysteem het debiet berekenen. In onderstaande afbeelding wordt de meetmethode weergegeven. Deze procedure is voor elke kraan herhaald.



Figuur 33: TA-kraan meting klimaatkasten labo

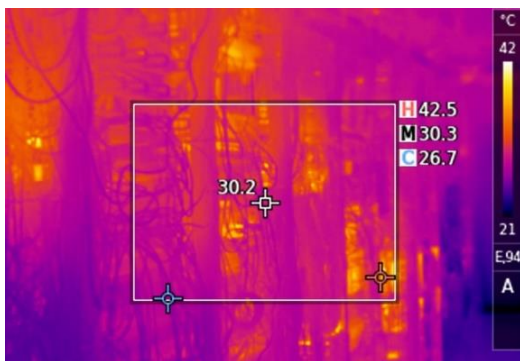
4.3. Meetresultaten

4.3.1. Afbeeldingen warmtebeeldcamera

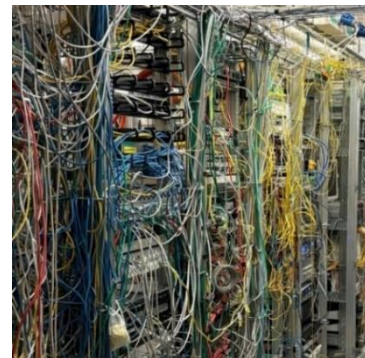
Tijdens het uitvoeren van de metingen met de warmtebeeldcamera werden volgende temperaturen op de displays van de klimaatkasten afgelezen:

- Klimaatkast 1: 24,9°C
- Klimaatkast 2: 26,4°C
- Klimaatkast 3 en 4: 26°C

Onderstaande afbeeldingen zijn getrokken vanuit locatie D. Hieruit blijkt dat de opgewekte warmte lokaal blijft hangen door de grote hoeveelheid aan kabels. Deze kabels belemmeren de luchtcirculatie waardoor er mogelijke hotspots kunnen ontstaan. Daarnaast zijn in de racks zones zichtbaar waar de oppervlaktetemperatuur oploopt tot 30 à 35°C. Deze hotspots bevinden zich voornamelijk bij de servers die communiceren met glasvezel. Dit is te herkennen aan de dunne lichtgele bekabeling die van en naar de apparatuur loopt.



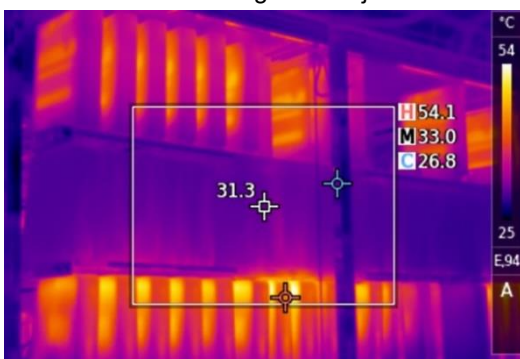
Figuur 34: Warmtebeeldfoto locatie D
(temperatuurschaal 21°C tot 42°C)



Figuur 35: Gewone foto locatie D

Onderstaande afbeeldingen zijn genomen vanuit locatie E. In dit rack bevinden zich verschillende modems die worden getest en gebruikt. Er is een duidelijk temperatuurverschil waarneembaar tussen de modems die actief in gebruik zijn en de modems die niet meer gebruikt worden.

De actieve modems vertonen hoge oppervlaktetemperaturen aan de voorzijde en zijkant met waardes tussen de 40°C en 45°C. Aan de andere zijde van het rack bevinden zich eveneens actieve modems. Doordat deze met hun achterzijde naar elkaar gericht zijn, beïnvloeden deze elkaar continu. Dit bemoeilijkt de warmte afvoer. De modems die niet in gebruik zijn hebben hierdoor een oppervlaktetemperatuur van ongeveer 30°C.



Figuur 36: Warmtebeeldfoto locatie E
(temperatuurschaal 25°C tot 54°C)

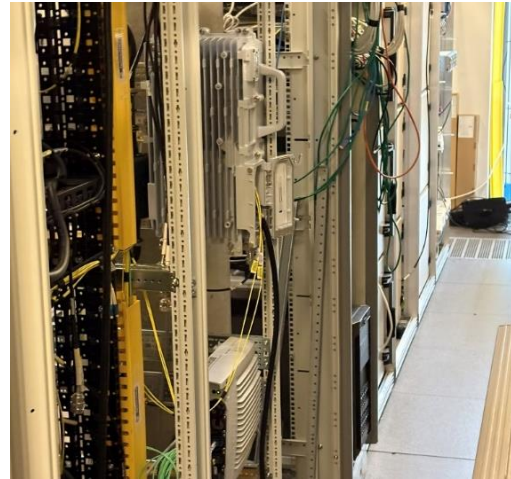


Figuur 37: Gewone foto locatie E

Onderstaande afbeeldingen zijn genomen vanuit locatie H. Er is duidelijk waarneembaar dat zich lokaal een hotspot bevindt, dit is afkomstig van een apparaat met een oppervlaktetemperatuur van ongeveer 50°C. Dit toestel is aangesloten met glasvezel en is voorzien van verschillende koelvinnen. Het apparaat is eveneens zichtbaar aan de andere zijde van het rack. De profielen van de racks zijn van metaal en geven geen betrouwbare indicatie van de oppervlaktetemperatuur weer.

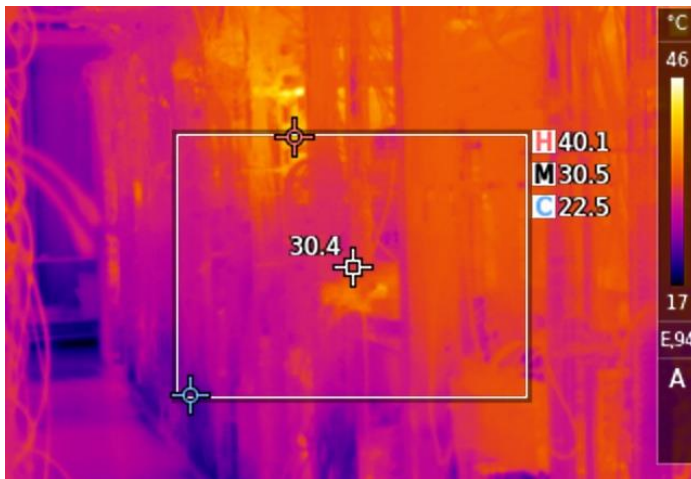


Figuur 38: Warmtebeeldfoto locatie H (temperatuurschaal 19°C tot 56°C)

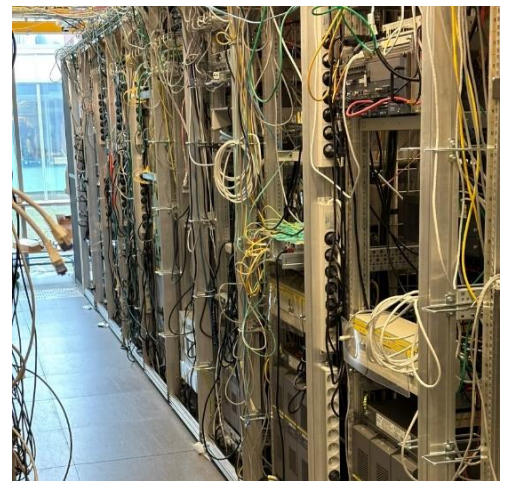


Figuur 39: Gewone foto locatie H

Onderstaande afbeeldingen zijn genomen vanuit locatie J en geven zicht op gang U. In deze zone is de grootste warmteopwekking waarneembaar. Er zijn meerdere zones waar de oppervlaktetemperatuur oploopt tot ongeveer 40°C. Daarnaast is duidelijk te zien dat de gekoelde lucht het bovenste gedeelte in de racks niet bereikt. Hierdoor kan de apparatuur moeilijk gekoelde lucht aanzuigen om te kunnen koelen.



Figuur 40: Warmtebeeldfoto locatie J (temperatuurschaal 17°C tot 46°C)



Figuur 41: Gewone foto locatie J

Onderstaande afbeeldingen zijn genomen vanuit locatie K. In deze afbeeldingen is een toestel zichtbaar waar glasvezel op toekomt en vertrekt. Er is een duidelijk temperatuurverschil waarneembaar tussen de metalen behuizing, de glasvezel bekabeling en de kunststof onderdelen. De bekabeling in de directe omgeving van het toestel vertonen verhoogde oppervlaktetemperaturen. Dit toestel bevindt zich in gang U waar de meeste warmte wordt opgewekt. De vaststelling dat apparatuur die communiceert via glasvezel zorgt voor een grote bijdrage in de warmteopwekking kan doorgetrokken worden in het volledige labo.



Figuur 42: Warmtebeeldfoto locatie K (temperatuurschaal 26°C tot 56°C)



Figuur 43: Gewone foto locatie K

Onderstaande afbeeldingen zijn genomen vanuit locatie L. In deze afbeeldingen is een deel van de verhoogde vloer en de racks zichtbaar. Er worden 2 types vloertegels gebruikt om de gekoelde lucht de ruimte binnen te laten. Enerzijds zijn er metalen tegels met een structuur van kleine perforaties. De oppervlaktetemperatuur van deze tegels kan niet betrouwbaar worden geïnterpreteerd met de huidige instellingen van de warmtebeeldcamera.

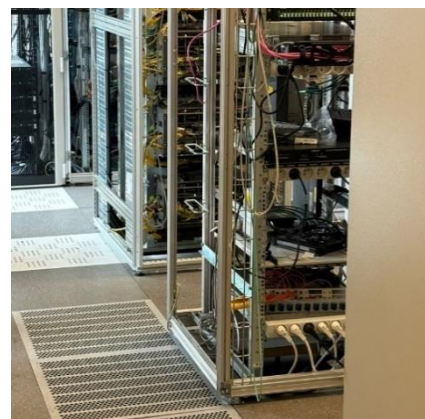
Anderzijds zijn er tegels met ronde openingen in een schaakbordpatroon. Deze kunnen wel nauwkeurig gemeten worden. Hieruit blijkt dat de uitstromende luchttemperatuur ongeveer 20°C bedraagt.

Daarnaast is duidelijk waarneembaar dat op bepaalde locaties de tegels onder de racks niet aanwezig zijn waardoor gekoelde lucht ongecontroleerd de ruimte binnenstroomt. De apparatuur in de omliggende racks vertonen hierdoor hogere oppervlaktetemperaturen.

De gekoelde lucht dat de ruimte wordt ingeblazen bereikt niet de gewenste hoogte. Dit is ook waarneembaar in de afbeeldingen, onderaan zijn blauwe zones (lage temperatuur) terwijl de temperatuur naar boven toeneemt dit is zichtbaar aan de oranje en gele zones.



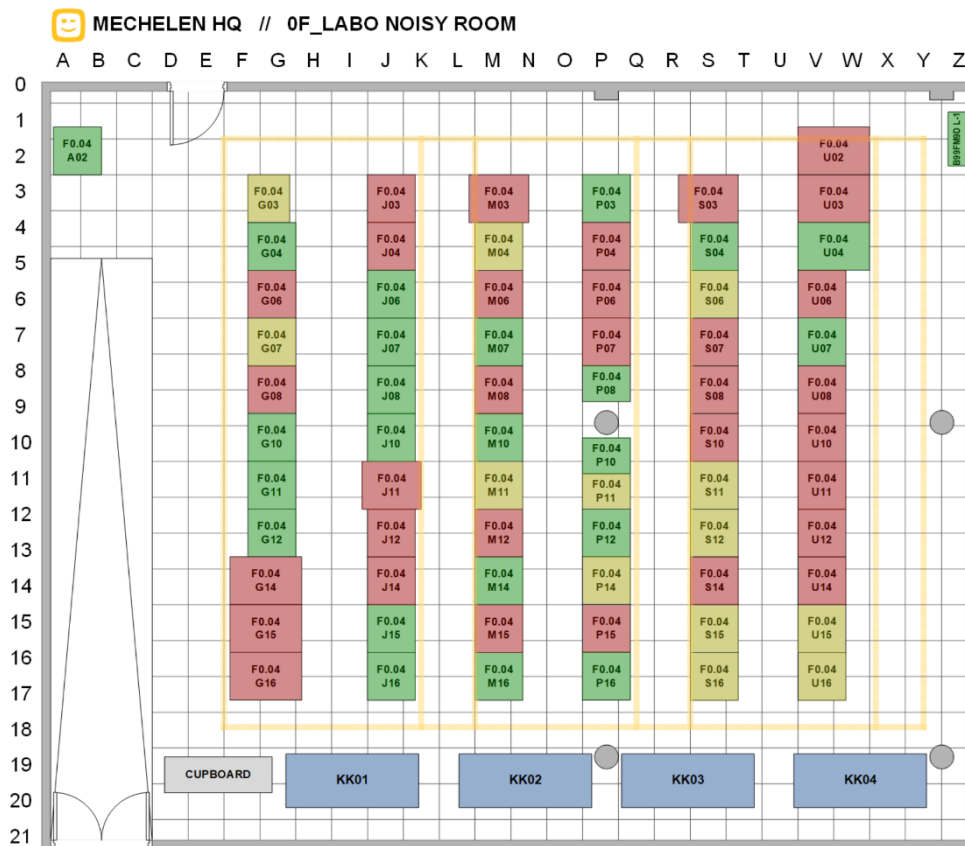
Figuur 44: Warmtebeeldfoto locatie L (temperatuurschaal 15°C tot 40°C)



Figuur 45: Gewone foto locatie L

4.3.2. Luchttemperatuur meting hotspot

De locatie van de gekozen racks in de labo ruimte kunnen teruggevonden worden in onderstaande figuur. De locatie is opgebouwd uit een letter en cijfercode.



Figuur 46: Plattegrond labo

Alle temperatuurmetingen zijn momentopnames. Aangezien er regelmatig bekabeling wordt aangepast of verplaatst, kan het zijn dat de uitblaastemperatuur varieert. In onderstaande tabel wordt weergegeven welke racks geselecteerd zijn en wat de gemeten uitblaastemperatuur en absolute vochtigheid bedraagt.

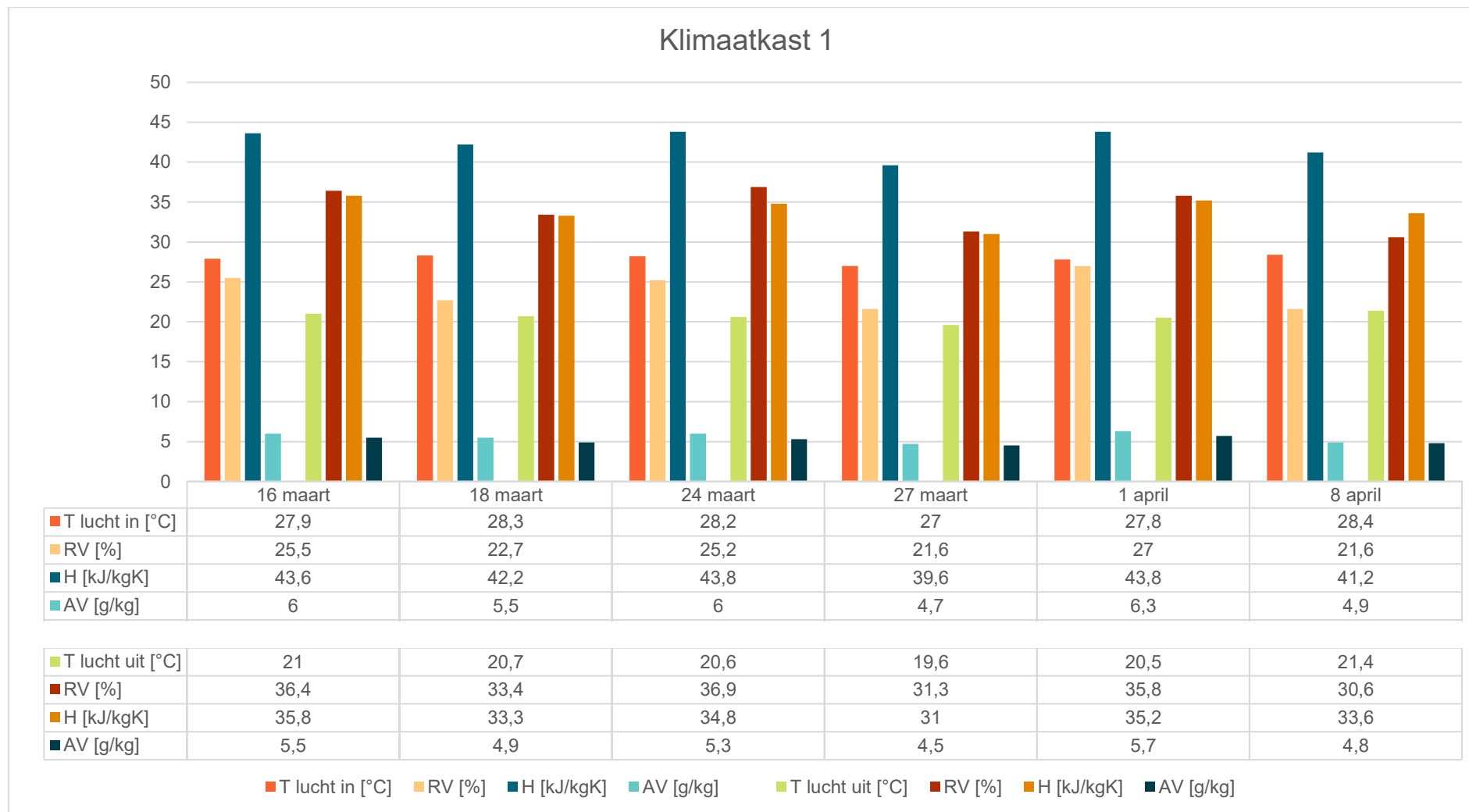
Rack	Temperatuur [°C]	RV [%]
G08	26,6	30,5
G16	26,9	36,7
M04	34,3	21
P14	33,1	22,2
S14	32,9	27,1
U06	31,7	24,5
U12	22,5	21

Rack	Temperatuur [°C]	RV [%]
G15	26,3	30,9
J04	27,2	30
P10	28	34,7
S11	45	15,6
U03	30,9	24,7
U10	32,9	22,3
U15	26	38

Tabel 15: Luchttemperatuur metingen hotspots in rack

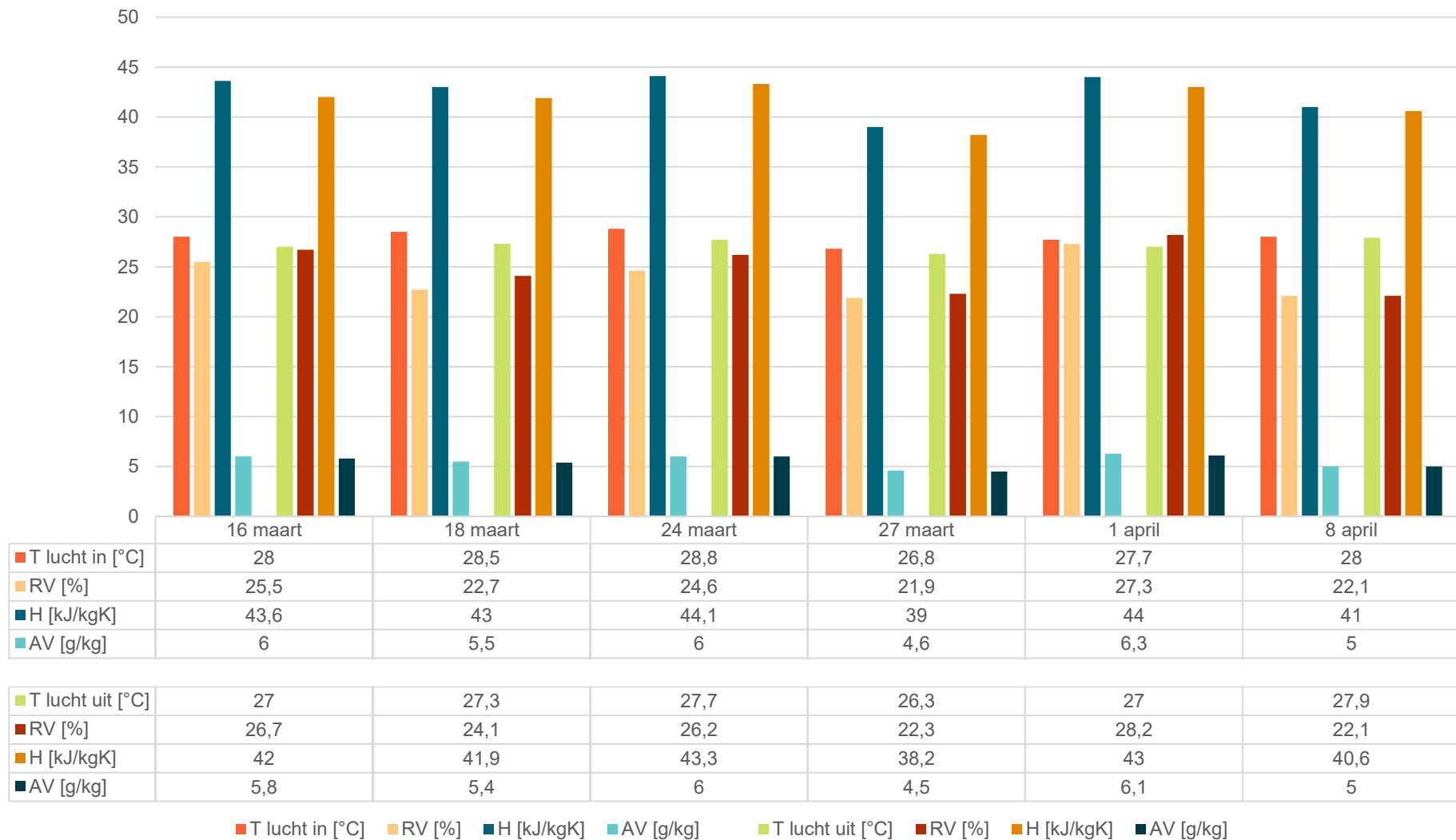
In bepaalde racks loopt de uitblaas temperatuur aanzienlijk op. Dit is onder andere te wijten aan het feit dat niet alle apparatuur naar dezelfde richting uitblaast. Hierdoor wordt de warme lucht van het ene toestel aangezogen om in het andere toestel de elektronica af te koelen. Dit leidt tot een vicieuze cirkel waarbij er steeds warmere lucht gecreëerd en gecirculeerd wordt.

4.3.3. Luchtcondities klimaatkasten



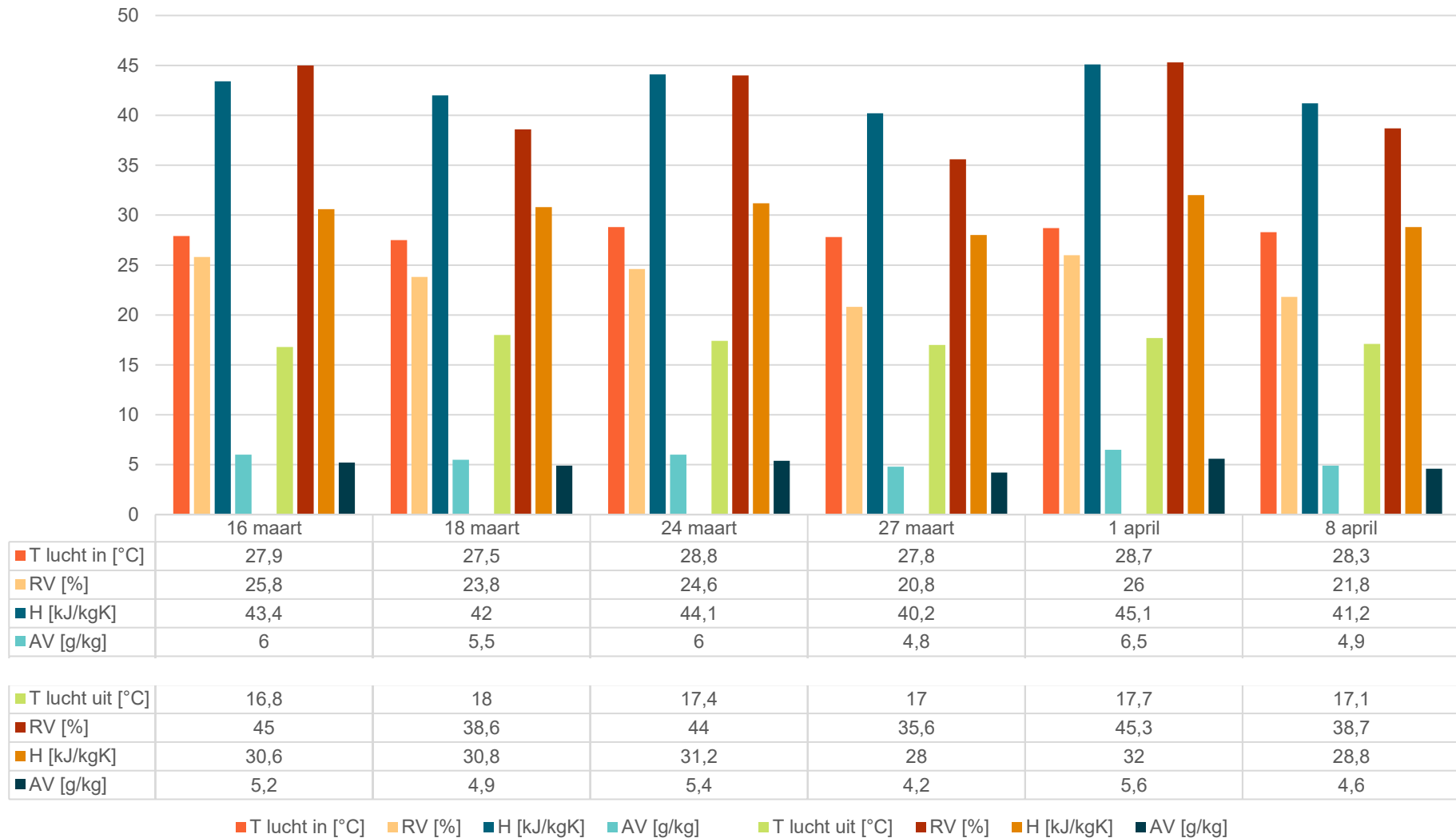
Figuur 47: Temperatuurmetingen klimaatkast 1

Klimaatkast 2



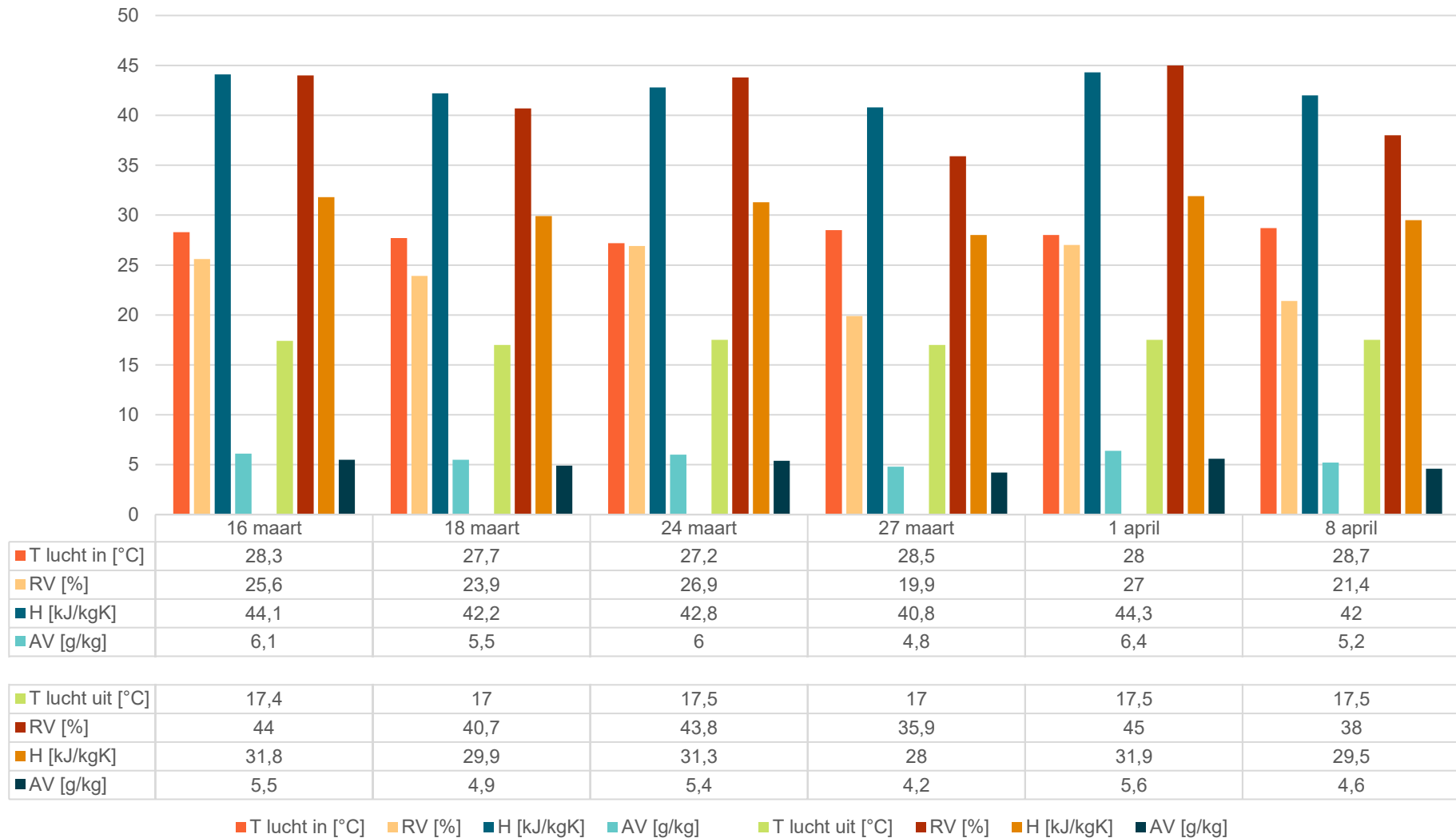
Figuur 48: Temperatuurmetingen klimaatkast 2

Klimaatkast 3



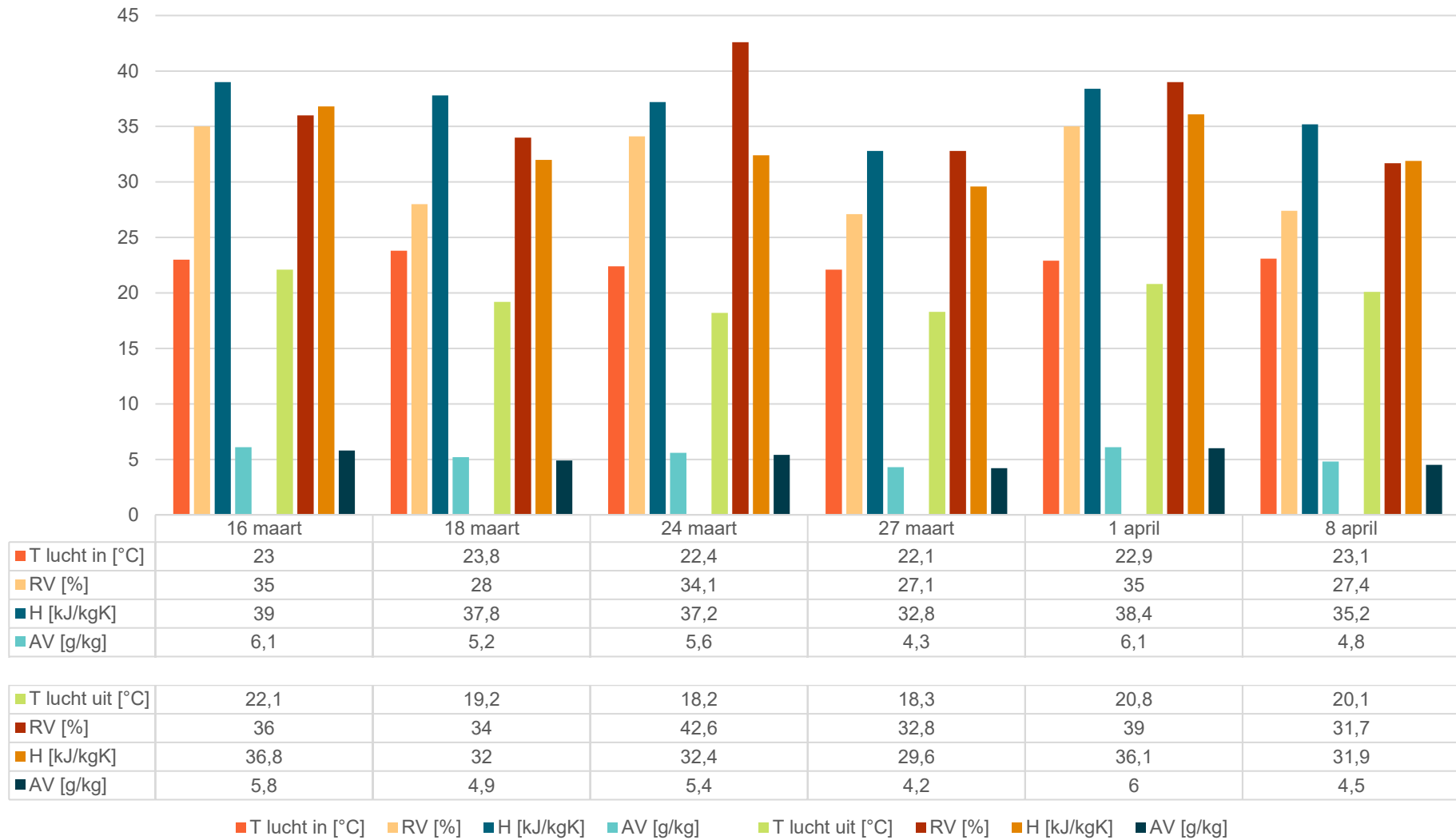
Figuur 49: Temperatuurmetingen klimaatkast 3

Klimaatkast 4



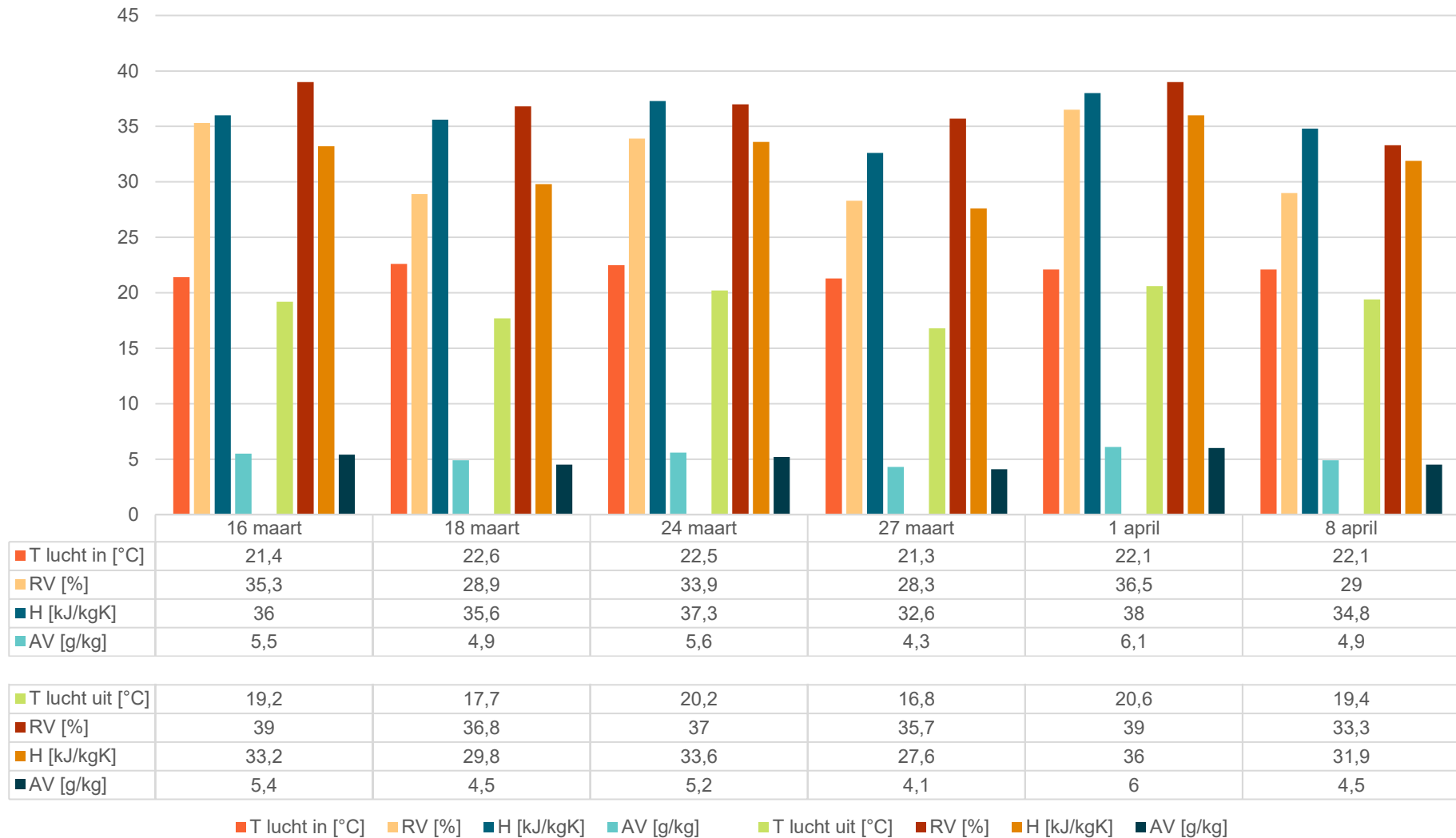
Figuur 50: Temperatuurmetingen klimaatkast 4

Klimaatkast 5



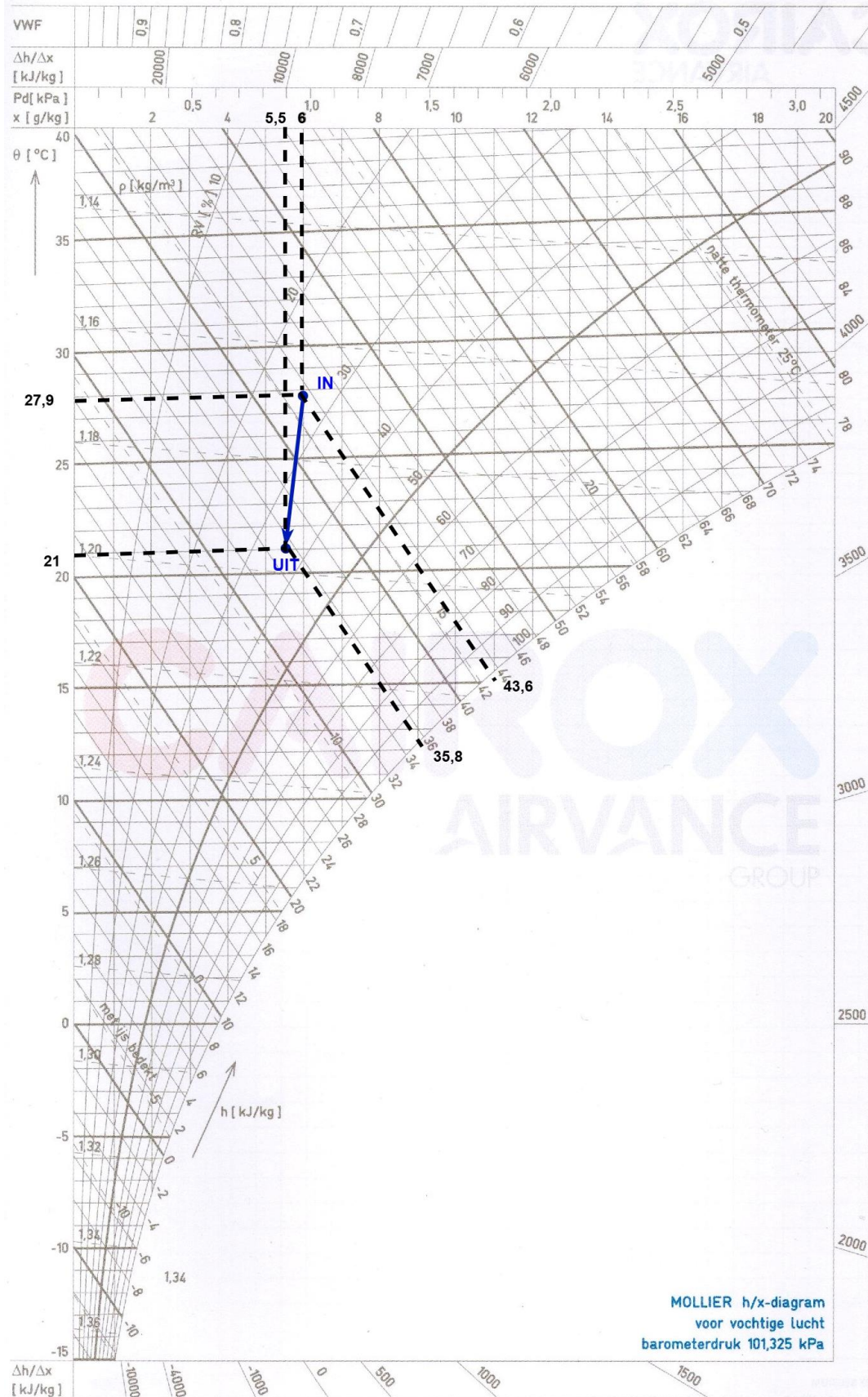
Figuur 51: Temperatuurmetingen klimaatkast 5

Klimaatkast 6



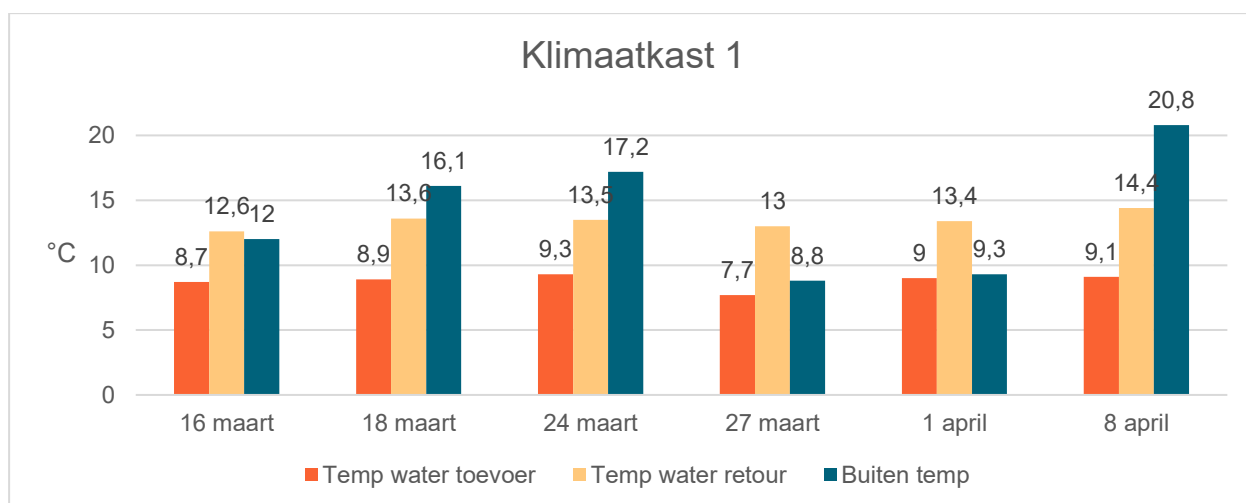
Figuur 52: Temperatuurmetingen klimaatkast 6

In onderstaande afbeelding kan als voorbeeld het mollier diagram van klimaatkast 1 worden teruggevonden.

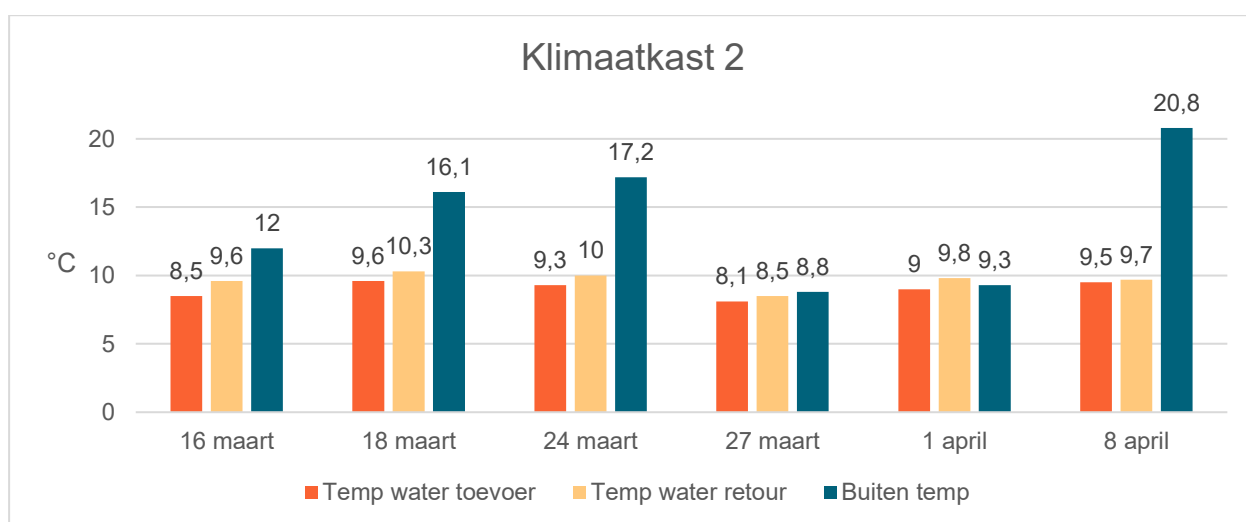


Figuur 53: Mollier diagram klimaatkast 1 (meting 16 maart) (CAIROX)

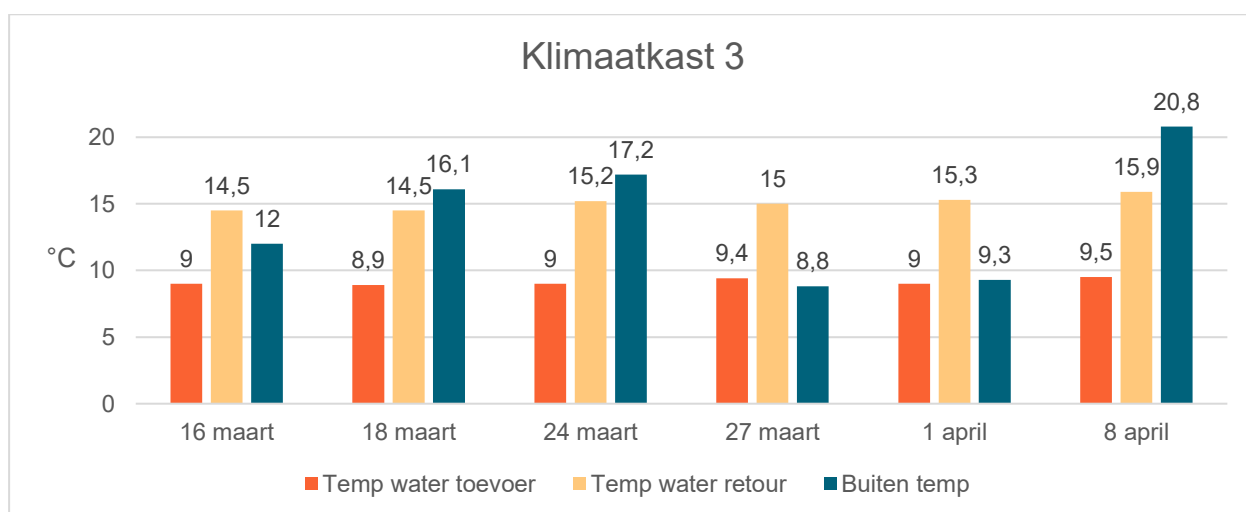
4.3.4. Watertemperatuur klimaatkasten



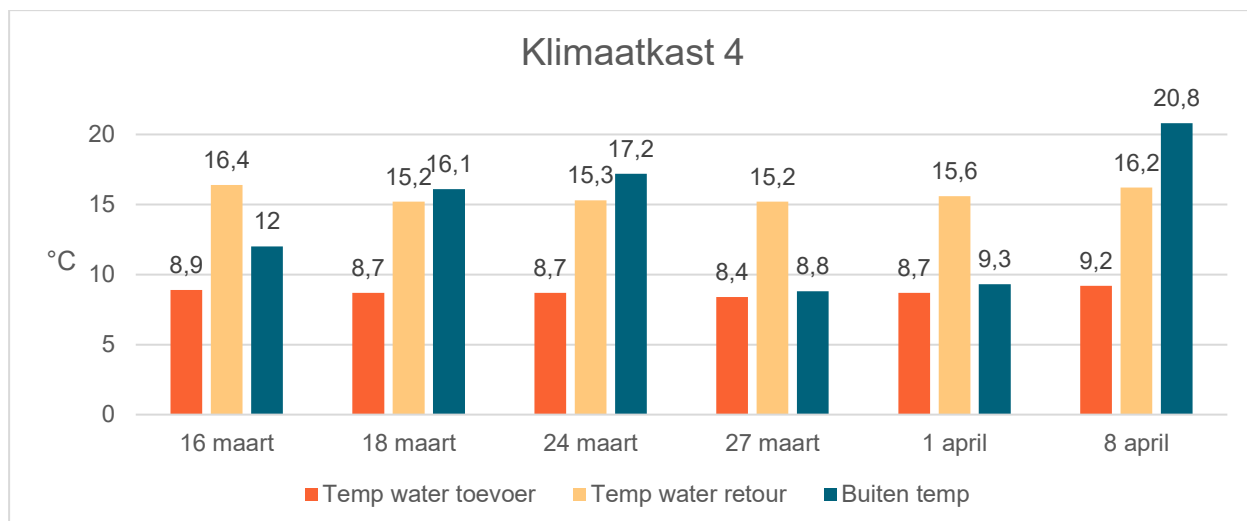
Figuur 54: Watertemperatuur metingen klimaatkast 1



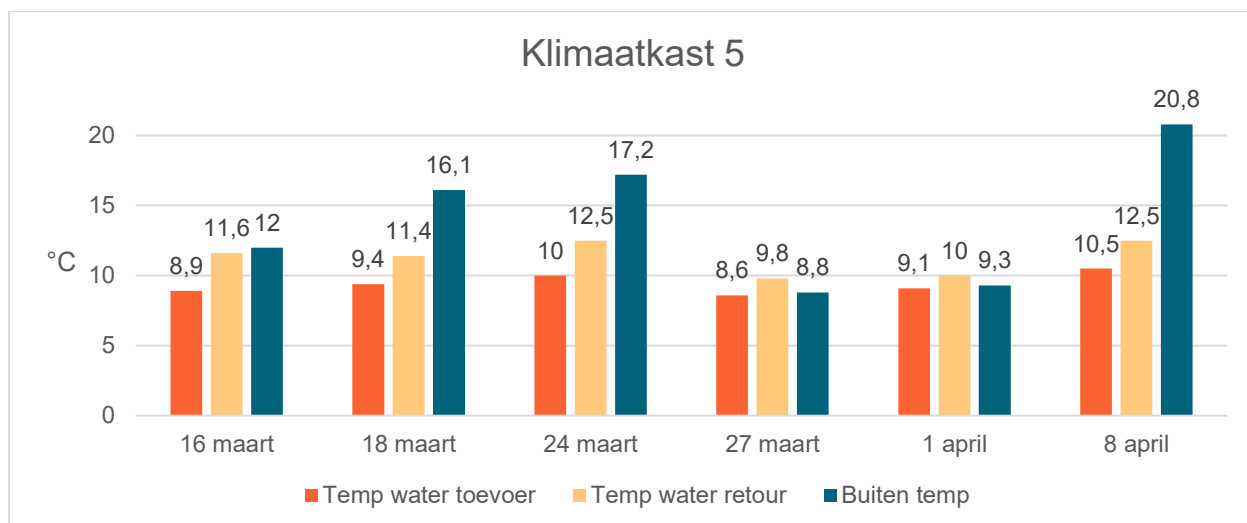
Figuur 55: Watertemperatuur metingen klimaatkast 2



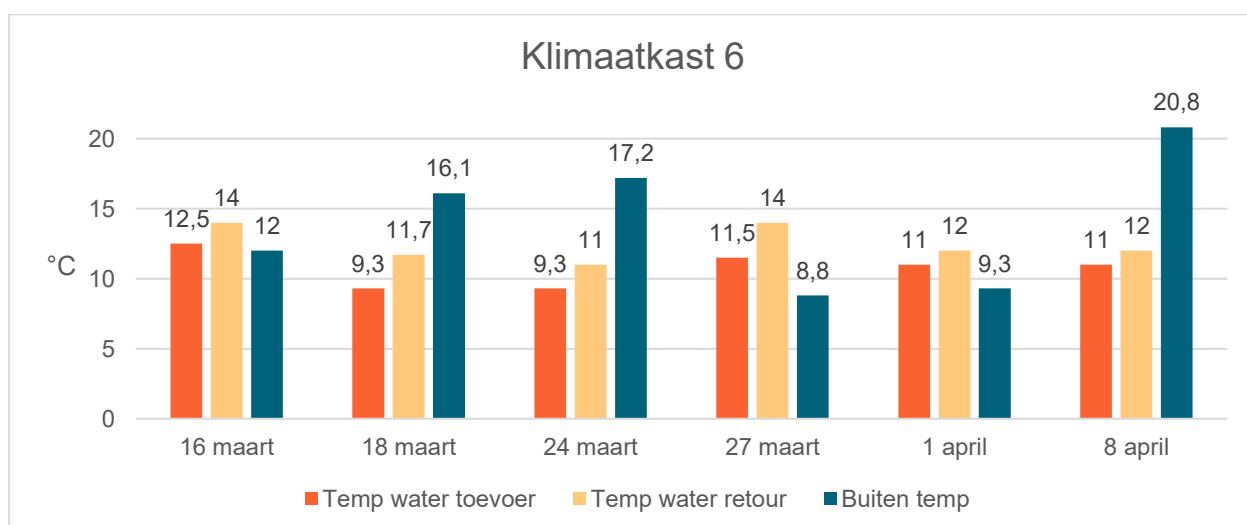
Figuur 56: Watertemperatuur metingen klimaatkast 3



Figuur 57: Watertemperatuur metingen klimaatkast 4



Figuur 58: Watertemperatuur metingen klimaatkast 5



Figuur 59: Watertemperatuur metingen klimaatkast 6

4.3.5. Gemeten en ingeregeld debiet klimaatkasten

In het labo zijn de TA-kranen geïnstalleerd van het type IMI TA STAD 50, deze zijn identiek voor de 4 klimaatkasten. De TA-kranen in het energielokaal zijn van het type IMI TA STAD 25.

Eerst is het huidig debiet en drukverschil van de kranen gemeten om te bepalen welk debiet er momenteel naar elke kast gaat. Deze waarden zijn vergeleken met het PID-schema en de datafiches om de overeenstemming te controleren.

	KK01	KK02	KK03	KK04	KK05	KK06
Soort TA kraan	STAD 50	STAD 50	STAD 50	STAD 50	STAD 25	STAD 25
Stand	1,3	1,3	1,3	4	2,4	4
KV-waarde [m³/h]	5,7	5,7	5,7	32,3	4,94	8,59
ΔP [Pa]	101.700	103.700	247.500	20.000	90.000	43.600
Gemeten debiet [m³/h]	5,745	5,801	8,962	14,446	4,683	5,673

Tabel 16: Debietmeting TA kranen klimaatkasten

Op basis van de vergelijking kan er geconcludeerd worden dat de kranen niet correct zijn ingeregeld. Voor de klimaatkasten KK01 tot en met KK04 is er een voorgeschreven debiet van 6,6 m³/h, wat bij geen enkele van de kasten overeenkomt. Voor de klimaatkasten KK05 en KK06 is het een voorgeschreven debiet van 2 m³/h, het effectief debiet ligt in realiteit veel hoger.

Daarom worden de TA-kranen opnieuw ingeregeld zodat elke klimaatkast het voorgeschreven debiet ontvangt. Onderstaande tabel geeft de ingeregelde waarden weer.

	KK01	KK02	KK03	KK04	KK05	KK06
Soort TA kraan	STAD 50	STAD 50	STAD 50	STAD 50	STAD 25	STAD 25
Stand	1,4	1,4	1,05	1,5	1,4	1,4
KV-waarde [m³/h]	6,23	6,23	4,37	6,76	1,91	1,91
ΔP [Pa]	110.500	114.400	247.500	97.800	111.900	118.700
Ingeregeld debiet [m³/h]	6,547	6,662	6,869	6,686	2,021	2,081

Tabel 17: Inregeling TA kranen klimaatkasten

5. Berekeningen

5.1. Bepalen huidig vermogen klimaatkasten

Om een correcte vergelijking te maken tussen het luchtzijdig en waterzijdig vermogen worden de luchttemperatuur- en oppervlaktetemperatuur metingen op dezelfde dag en kort na elkaar uitgevoerd. Als deze metingen niet bijna gelijktijdig gebeuren, zijn deze niet vergelijkbaar aangezien er in het labo ook externe invloeden zijn. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met een meetnauwkeurigheid. De berekende vermogens zijn bijgevolg een benadering van het effectief geleverd vermogen.

5.1.1. Luchtzijdig vermogen

Het luchtzijdig vermogen van de klimaatkasten wordt berekend met onderstaande vergelijking.

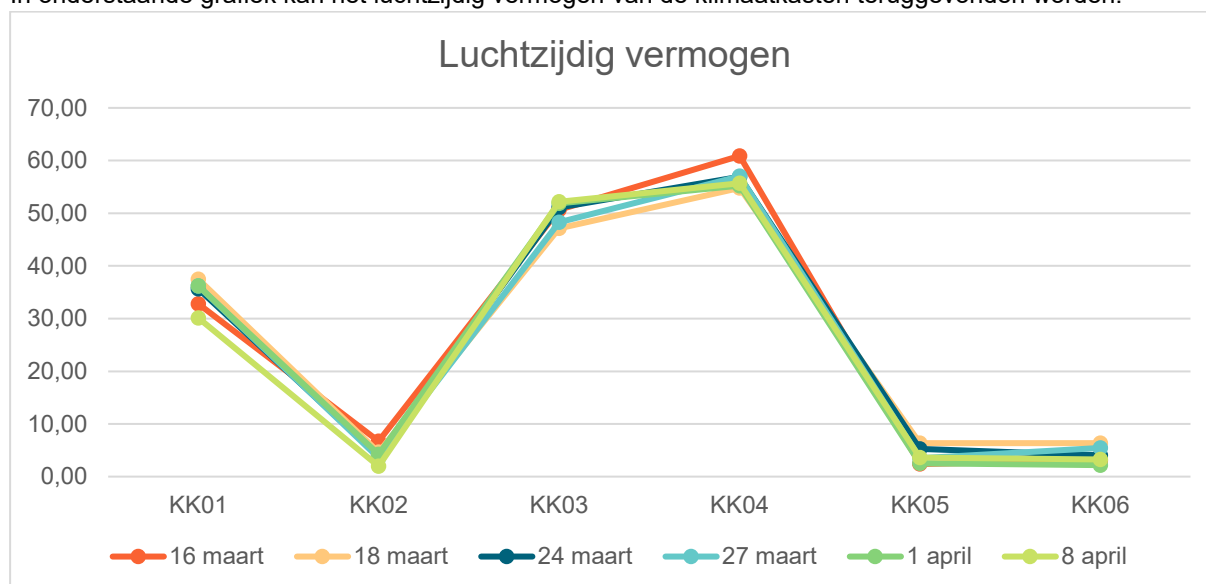
$$Q = \frac{\dot{v} \cdot \rho}{3600} \cdot \Delta h \quad \text{Vergelijking 5-1}$$

- Q = koelvermogen [kW]
- $\dot{v}$ = volumedebiet [m^3/h]
- ρ = massadichtheid [kg/m^3]
- Δh = enthalpieverschil tussen de in- en uitgaande lucht [kJ/kg]

Het proces in de klimaatkasten wordt uitgezet op een mollier diagram om het enthalpieverschil te bepalen. De in- en uitblaas temperatuur van elke kast zijn terug te vinden in hoofdstuk 4.3.3.

Het volumedebiet wordt bepaald op basis van het toerental van de ventilatoren. Het nominaal volumedebiet bedraagt $14.850 \text{ m}^3/\text{h}$ bij 100%. Aangezien de ventilatoren frequentie gestuurd zijn, varieert het debiet. Op het display van de kast kan het percentage worden afgelezen en omgezet worden naar een debiet. Er wordt geen rekening gehouden met verouderingsverlies en een mogelijke afwijking in de omzetting. Dit introduceert een mogelijke foutmarge.

In onderstaande grafiek kan het luchtzijdig vermogen van de klimaatkasten teruggevonden worden.



Figuur 60: Grafiek luchtzijdig vermogen klimaatkasten

Op basis van de berekening blijkt dat de klimaatkasten niet allemaal hetzelfde koelvermogen leveren. Dit wordt verklaard door de ongelijke warmtelast in het labo. De grootste warmteproductie bevindt zich in de gangen rond KK03 en KK04 staat.

Daarnaast levert KK02 bijna geen koelvermogen aan de ruimte. De oorzaak is een defecte servomotor van de 3-weg klep. Ondertussen is deze klep manueel dicht gezet zodat er geen bypass meer ontstaat. Het defect is gemeld aan de verantwoordelijke onderhoudsfirma. Het is zorgwekkend aangezien de klimaatkasten de ruimte niet gekoeld krijgen tot aan de ingestelde ruimte temperatuur. Hierdoor werkt KK02 de andere kasten rechtstreeks tegen waardoor deze harder moeten gaan werken om de ruimte te kunnen koelen.

KK05 en KK06 staan in een apart energielokaal, de klimaatkasten vertonen een stabiel en vergelijkbaar vermogen maar liggen lager dan het vooropgesteld vermogen.

5.1.2. Waterzijdig vermogen

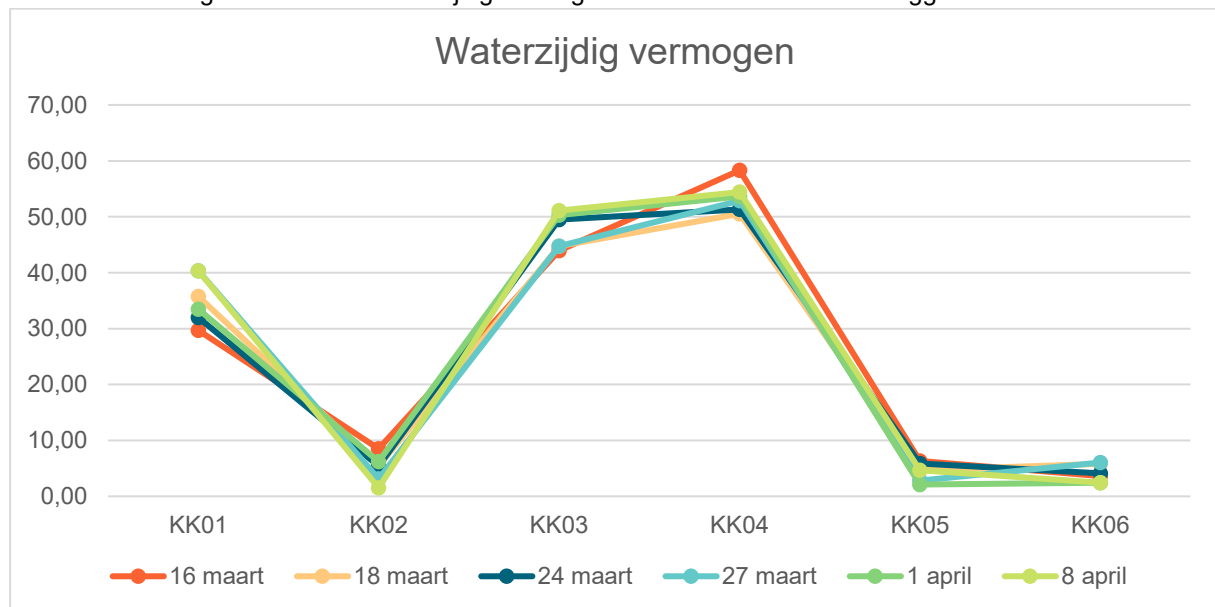
Het waterzijdig vermogen van de klimaatkasten wordt berekend met onderstaande vergelijking.

$$Q = \frac{\dot{v} \cdot \rho}{3600} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{Vergelijking 5-2}$$

- Q = koelvermogen [kW]
- $\dot{v}$ = volumedebiet [m^3/h]
- ρ = massadichtheid [kg/m^3]
- c = soortelijke warmte van water [kJ/kgK]
- ΔT = verschil tussen de toevoer- en retourtemperatuur van het water [K]

De toevoer- en retourtemperatuur per klimaatkast zijn terug te vinden in hoofdstuk 4.3.4. De soortelijke warmte van water is 4,186 kJ/kgK. Dit is een constante en is voor alle klimaatkasten identiek. Het volumedebiet aan water dat door de kasten gaat is bepaald in hoofdstuk 4.3.5.

In onderstaande grafiek kan het waterzijdig vermogen van de klimaatkasten teruggevonden worden.



Figuur 61: Grafiek waterzijdig vermogen klimaatkasten

De conclusies van bij het luchtzijdig vermogen kunnen doorgetrokken worden naar het waterzijdig vermogen aangezien er een goede overeenkomst is tussen beide vermogens rekening houdend met mogelijke meetfouten.

5.2. Bepalen theoretische vermogens afgiftesystemen

Vergelijking 5-2 wordt gebruikt om het theoretisch vermogen van de verschillende afgiftesystemen te bepalen voor zowel het huidig als toekomstig koelregime.

	Regime 8/14°C	Regime 20/25°C
Klimaatkasten Labo	45,96 kW	38,30 kW
Klimaatkasten energielokaal	14,06 kW	11,72 kW
Plafond units	5,136 kW	4,27 kW
Ventiloconvectoren	3,27 kW	2,72 kW

Tabel 18: Overzicht theoretische vermogens afgiftesystemen

De nieuwe berekende theoretisch vermogens bij het hoger regime liggen lager dan de huidig theoretisch vermogens. Dit komt doordat het temperatuurverschil in het hoger regime minder is dan bij het huidig.

De klimaatkasten in het labo bereiken momenteel het ingestelde setpunt niet, terwijl het berekend nieuw vermogen lager zou liggen dan het huidig vermogen. Hierdoor zullen deze units niet voldoen bij een hoger regime. Bovendien zijn de klimaatkasten verouderd waardoor vervanging noodzakelijk is.

Bij een overschakeling naar een hoger regime wordt de ruimte temperatuur verhoogd naar ongeveer 30°C. In het labo, energielokaal en de data lokalen vormt dit geen probleem aangezien hier uitsluitend servers aanwezig zijn. In de testruimte is dit echter niet aanvaardbaar aangezien hier medewerkers rondlopen en werken. Deze ruimte kan bijgevolg niet gekoeld worden met het verhoogd regime, hierdoor is er een andere koeloplossing vereist in deze ruimte.

De ventiloconvectoren in de datalokalen kunnen behouden blijven, aangezien de warmtelast in deze ruimtes beperkt is.

5.3. Bepalen effectief vermogen dry cooler

Om het effectief vermogen van de dry cooler te bepalen zijn verschillende gegevens nodig. De buitentemperatuur tijdens bedrijf, de exacte watertemperaturen van het ijswaterregime en het volumedebiet aan water dat door de dry cooler stroomt.

Aangezien het volumedebiet van de lucht niet bepaald kan worden en alleen de toevoer luchttemperatuur gekend is, wordt het vermogen waterzijdig benaderd. Deze berekening vormt een benadering van het effectief vermogen aangezien meerdere externe factoren hier invloed op hebben. In het GBS is een calorimeter aanwezig op het circuit van de dry cooler. Deze meet het debiet en de temperatuur in de toevoer- en retourleiding. Hieruit blijkt dat het gemiddeld volumedebiet ongeveer 48,76 m³/h bedraagt.

Om het vermogen te bepalen wordt er gebruik gemaakt van onderstaande formule:

$$Q = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{Vergelijking 5-3}$$

- Q = koelvermogen [kW]
- $\dot{m}$ = massadebiet [kg/s]
- c de soortelijke warmte van water [kJ/kgK]
- ΔT het verschil tussen de toevoer en retourtemperatuur van het water [K]

Uit de metingen in het GBS blijkt dat de gemiddelde toevoertemperatuur 11,4°C bedraagt en de retourtemperatuur 9,2°C.

Hieruit volgt dat het gemiddeld vermogen van de dry cooler gelijk is aan ongeveer 124 kW. Dit ligt lager dan het opgegeven vermogen door de fabrikant. Dit kan verklaard worden doordat het temperatuurverschil tussen de toevoer en de retour lager ligt dan waarop de dry cooler is gedimensioneerd. Bovendien waren de buitencondities variabel tijdens het uitvoeren van de metingen.

5.4. Bepalen effectief vermogen koelmachine

Om het effectief vermogen van de koelmachine te bepalen zijn er verschillende gegevens nodig. De watertemperaturen van het ijswaterregime en het volumedebiet aan water dat door de koelmachine gaat.

Er is geen debietmeter aanwezig op de koelmachine. Aangezien bij de werking met dry cooler hetzelfde hydraulisch circuit gebruikt wordt. Kan er aangenomen worden dat het volumedebiet aan water eveneens 48,76 m³/h bedraagt.

Het vermogen wordt op dezelfde manier bepaald als bij de dry cooler.

Uit de metingen in het GBS blijkt dat de gemiddelde toevoertemperatuur 9,7°C bedraagt en de retourtemperatuur 7,8°C.

Hieruit volgt dat het gemiddeld vermogen van de koelmachine gelijk is aan ongeveer 111 kW. Dit is lager dan het voorgeschreven vermogen volgens de fabrikant. Dit kan verklaard worden doordat het temperatuurverschil tussen de toevoer- en retourtemperatuur lager is dan voorgeschreven. De metingen werden uitgevoerd in het tussenseizoen en niet in de zomer met maximale warmtelast.

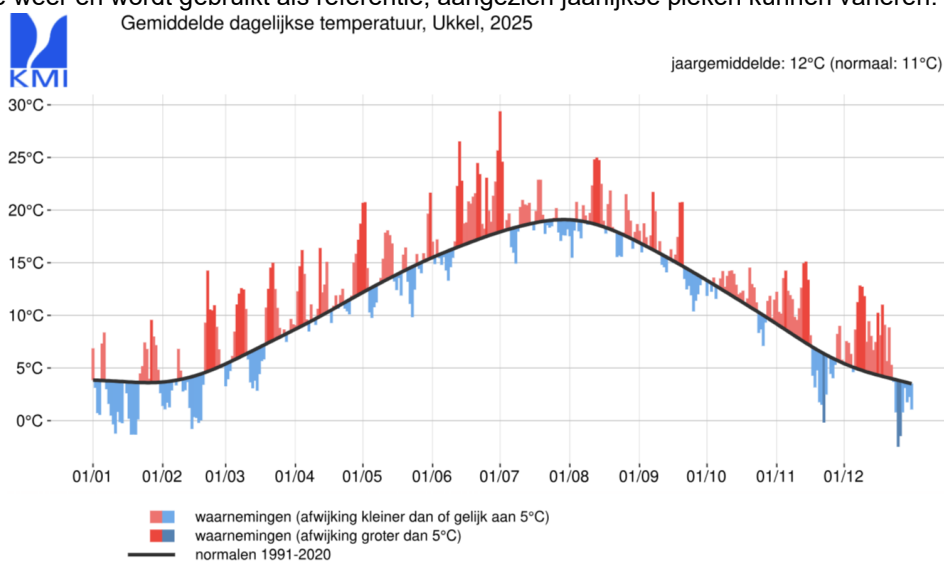
6. Mogelijke oplossingen

6.1. Regime verhoging

6.1.1. Jaarlijks verbruik regime 8/14°C

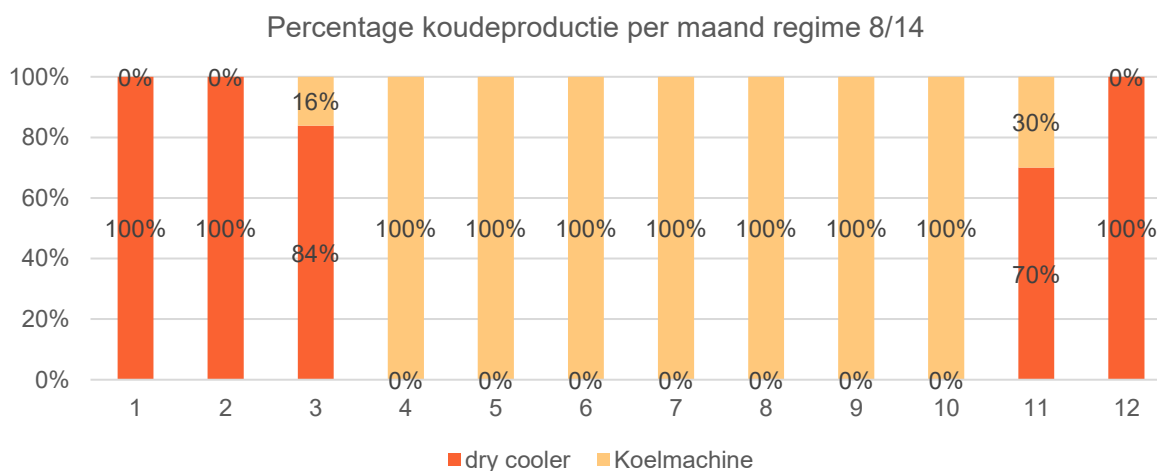
Momenteel wordt gewerkt met een ijswaterregime van 8/14°C. Hierbij ligt de grens voor het gebruik van free cooling op een maximale buitentemperatuur van 8°C. Hierdoor is het gebruik van free cooling op jaarbasis beperkt.

Op de website van het Koninklijk Meteorologisch Instituut kan de gemiddelde dagtemperatuur voor de periode 1991-2020 geraadpleegd worden. Hieruit volgt onderstaande grafiek. De zwarte lijn geeft het normaal gemiddelde weer en wordt gebruikt als referentie, aangezien jaarlijkse pieken kunnen variëren.



Figuur 62: Gemiddelde dagelijkse temperatuur op maandbasis (KMI, 2025)

Hieruit volgt dat er ongeveer 137 dagen per jaar zijn wanneer de dry cooler ingezet kan worden. Dit situeert zich voornamelijk in de winterperiode en slechts beperkt in de tussenseizoenen. In onderstaande figuur wordt de verhouding tussen de het gebruik van de dry cooler en koelmachine weergegeven.



Figuur 63: Percentage koude productie per maand regime 8/14°C

Momenteel levert de koelmachine een gemiddeld koelvermogen van 111 kW. Aan de hand van de opgegeven COP kan het elektrisch verbruik van de koelmachine bepaald worden. De COP bedraagt bij een regime van 8/14°C 3,58.

$$COP = \frac{Q_{nuttig}}{Q_{compr}}$$

Vergelijking 6-1

$$Q_{compr} = \frac{Q_{nuttig}}{COP}$$

$$Q_{compr} = \frac{111}{3,58} = 31 \text{ kW}$$

- COP= coëfficiënt of performance
- Q_{nuttig} = het nuttig koelvermogen in kW
- Q_{compr} = het elektrisch vermogen van de compressor in kW

Hieruit volgt dat het elektrisch verbruik van de koelmachine 31 kW bedraagt. Dit komt overeen met het uur verbruik van de koelmachine. In Tabel 19 wordt een overzicht gegeven van het elektrisch verbruik voor zowel de koelmachine als de dry cooler

	Verbruik per uur [kWh]	Dag verbruik [kWh]	Jaar verbruik [MWh]
Koelmachine	31	743,9	169,61
Dry cooler	5,9	141,6	19,4
Totaal	-	-	189,01

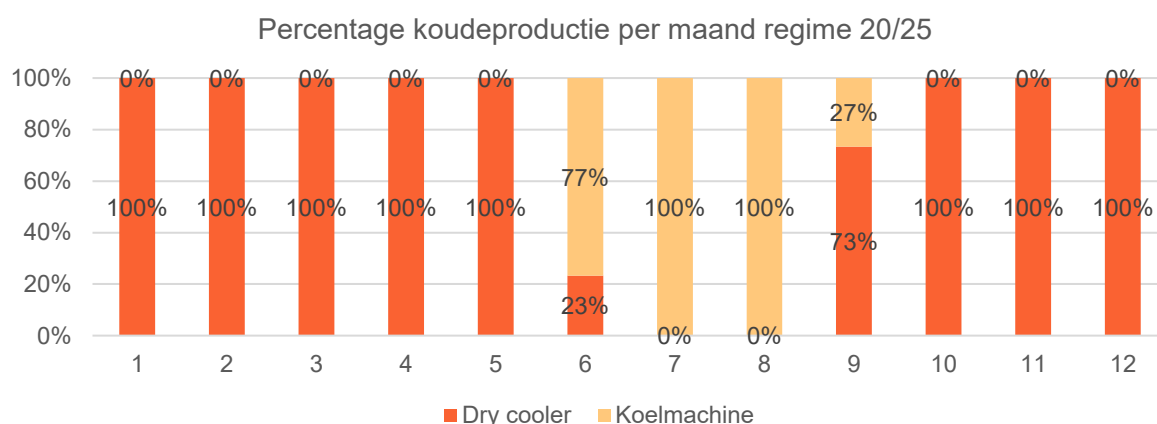
Tabel 19: Elektrisch verbruik regime 8/14°C

Hieruit volgt dat het elektrisch verbruik van de koelmachine en de dry cooler samen resulteert in een geschat jaarlijks energieverbruik van 189,01 MWh.

Telenet hanteerde in 2025 een elektriciteitsprijs van 19,23 eurocent per kWh. Aangezien de energieprijs jaarlijks varieert, wordt voor deze berekening gebruikgemaakt van dit tarief aangezien dit het meest recentst beschikbaar tarief is. Het tarief voor huidig kalenderjaar is intern nog niet bekend. Op basis hiervan bedraagt de jaarlijks kost 36.346,28 euro bij een regime van 8/14°C.

6.1.2. Jaarlijks verbruik regime 20/25°C

Na de installatie van nieuwe klimaatkasten kan er worden overgegaan op een hoger ijswaterregime van 20/25°C. Door deze regimeverhoging kan de buitentemperatuur om aan free cooling te doen opgetrokken worden naar 16°C. Op basis van de gemiddelde dagtemperatuur metingen van het KMI in Ukkel kan worden vastgesteld dat er ongeveer 272 dagen per jaar zijn dat de dry cooler ingezet kan worden. In onderstaande figuur wordt de verhouding tussen de het gebruik van de dry cooler en koelmachine weergegeven.



Figuur 64: Percentage koude productie per maand regime 20/25°C

Buiten dat er meer met de dry cooler kan gewerkt worden, verbetert de COP van de koelmachine als er met een hoger koelwaterregime wordt gewerkt, aangezien de compressor minder arbeid moet leveren aan het koudemiddel om de gewenste watertemperatuur te bereiken. De COP stijgt van 3,58 naar 4,69. Deze waarden komen uit de datafiche van de huidige koelmachine. Het elektrische verbruik van de koelmachine wordt op dezelfde manier bepaald zoals in vorig hoofdstuk.

	Verbruik per uur [kWh]	Dag verbruik [kWh]	Jaar verbruik [MWh]
Koelmachine	23,66	567,84	52,81
Dry cooler	5,9	141,6	19,4
Totaal	-	-	91,32

Tabel 20: Elektrisch verbruik regime 20/25°C

Hieruit volgt dat het elektrisch verbruik van de koelmachine en de dry cooler samen resulteert in geschat jaarlijks energieverbruik van 91,32 MWh. Dit geeft een jaarlijkse energiekost van 17.561,63 euro.

6.1.3. Vergelijking jaarlijks verbruik van de regimes

Door de regime verhoging wordt een besparing gerealiseerd van 18.784,65 euro. Deze besparing is afhankelijk van de actuele energieprij, hoe hoger de energieprij hoe groter de effectieve besparing zal zijn.

Daarnaast daalt de CO₂-uitstoot van de installatie aangezien er minder gebruik wordt gemaakt van de koelmachine. Dit maakt dat de installatie milieuvriendelijker wordt, wat in kader van de huidige klimaatverandering een voordeel is.

Voor de berekening wordt er gewerkt met een CO₂-uitstoot van 0,15 kg CO₂ per kWh. (Ember, 2026)

	Elektrisch verbruik [MWh]	Prijs per jaar [€]	CO ₂ per jaar [ton]	CO ₂ op 15 jaar [ton]
Regime 8/14°C	189,01	36.346,28	28,35	425,27
Regime 20/25°C	91,32	17.561,63	13,70	205,48
Besparing	97,68	18.784,65	14,65	219,79

Tabel 21: Overzicht kosten en besparing regime verhoging

Bovenstaande tabel geeft een overzicht van de besparing bij een hoger koelregime. Het is een theoretische benadering, de effectieve besparing is afhankelijk van de actuele energieprij en de effectieve buitentemperatuur. De berekende besparing kan in een later hoofdstuk gebruikt worden om de terugverdientijd van mogelijke investeringen te bepalen.

Het grootste nadeel aan het verhogen van het koelregime is dat de plafond units die in de testruimte hangen niet meer zullen voldoen. In deze ruimte lopen en werken medewerkers wat maakt dat een ruimtetemperatuur van 30 à 35°C onaanvaardbaar is. In de toekomst wordt deze ruimte geïntegreerd in de kantooromgeving, waardoor de comforteisen verstrengen. Bij een data room is deze ruimte temperatuur geen probleem.

Om deze ruimte toch te kunnen koelen zijn er verschillende mogelijke oplossingen. Een eerste optie is om het circuit van de plafondunits te koppelen aan het bestaande koelcircuit van de kantoorruimte. Deze koelmachine dient in de nabije toekomst vervangen te worden wegens veroudering. Hierbij zouden eventueel de huidige units hergebruikt kunnen worden. Een tweede mogelijkheid is om een VRF (variabel refrigerant flow) systeem te installeren om deze ruimte te koelen. De haalbaarheid van deze oplossingen is afhankelijk van de investeringskost en ook de beschikbare ruimte in de technische schachten en technische ruimtes.

6.2. Nieuwe klimaatkasten

Momenteel bedraagt het gemiddeld gemeten koelvermogen in het labo ongeveer 140 kW. In het energielokaal ligt dit rond de 9 kW. Aangezien in het labo de gewenste setpunttemperatuur niet wordt bereikt, kan hieruit worden afgeleid dat het beschikbaar koelvermogen te laag is.

Aangezien de plafondunits bij een hoger koelregime niet gaan voldoen kan het vrijgekomen koelvermogen herverdeeld worden naar nieuwe klimaatkasten, volgens identieke verhouding als in de huidige situatie. Hieruit volgt onderstaande tabel met de huidige theoretische vermogens en de toekomstige theoretische vermogens.

	Labo	Energielokaal
Huidige situatie	167,2 kW	25 kW
Toekomstige situatie	234 kW	36 kW

Tabel 22: Huidige en nieuwe koelvermogens klimaatkasten

Aangezien de beschikbare ruimte in zowel het labo als in het energielokaal zeer beperkt is, dienen de nieuwe klimaatkasten op dezelfde locaties als de huidige klimaatkasten geplaatst te worden. Dit legt een bijkomende beperking op bij de selectie van de nieuwe klimaatkasten.

6.2.1. Optie 1: klimaatkasten Mitsubishi volgens offerte spie

Voor het eerste alternatief werd gekeken naar de offerte voor de vernieuwen van de switchlocatie in Hoboken. Hierbij werd er gekozen voor klimaatkasten van Mitsubishi.

Concreet betreft dit een downflowmodel met type w-NeXt HD k U 072 E5 en een upflow met type w-NeXt S O 120 E8. De technische fiches van deze toestellen zijn terug te vinden in Bijlage_12_Optie 1 klimaatkasten Mitsubishi. De inbouwafmetingen zijn hier ook in opgenomen. Op basis van de beschikbare ruimte kunnen er in het labo 4 toestellen geïnstalleerd worden en in het energielokaal 1.

	Type	Vermogen	Hoeveelheid	Totaal vermogen
Labo	w-NEXT_HD_K_U_072_E5	54 kW	4	216 kW
Energielokaal	w-NEXT_S_O_120_E8	49,8 kW	1	49,8 kW

Tabel 23: Vermogens van optie 1

In onderstaande tabel zijn de investerings- en onderhoudskosten weergegeven. De investeringsprijzen zijn gebaseerd op de offerte van SPIE voor de vernieuwing in Hoboken. De onderhoudskosten worden bepaald volgens de norm NBN EN 15459 (2017) hierin wordt gesteld dat deze ongeveer 4% van de initiële investeringskost bedraagt.

	Kostprijs	Hoeveelheid	Totaal	Onderhoudskosten
Labo	€14.535,07	4	€58.140,28	€2.325,61
Energielokaal	€10.580,00	1	€10.580,00	€423,20

Tabel 24: Investerings- en onderhoudskosten optie 1. (Spie, 2025)

De investering voor de klimaatkasten zou 68.720,28 euro bedragen, exclusief werkuren en kosten voor een tijdelijke noodkoeling om de ruimte operationeel te houden. De jaarlijkse onderhoudskosten bedraagt ongeveer 2.748,81 euro.

Het grootste nadeel van deze configuratie is dat in het energielokaal slechts 1 kast wordt voorzien. Bij defect van dit toestel is er geen andere klimaatkast aanwezig om de koelvraag te dekken. Daarnaast wordt er in het labo minder koelvermogen geïnstalleerd dan theoretisch vereist terwijl in het energielokaal een overschot aanwezig is. Een mogelijke oplossing zou zijn om 1 van bestaande klimaatkasten in het energielokaal te behouden zodat bij een storing de koeling nog gedeeltelijk behouden wordt.

Daarnaast is het mogelijk dat een deel van het leidingnet moet worden vernieuwd, aangezien het totale waterdebiet naar de klimaatkasten hoger zal zijn dan in de huidige situatie.

6.2.2. Optie 2: klimaatkasten Stulz volgens offerte Imtech

Voor een tweede alternatief werd gekeken naar de offerte voor de vernieuwen van de switchlocatie in Gent, opgemaakt door Imtech. Hierbij wordt gekozen voor klimaatkasten van Stulz.

Concreet betreft dit een downflowmodel met type ASD 640 CW en een upflow met type ASU 640 CW. De technische fiches van deze toestellen zijn terug te vinden in Bijlage_13_Optie 2 klimaatkasten Stulz. De inbouwafmetingen zijn hier ook in opgenomen. Op basis van de beschikbare ruimte kunnen er in het labo 5 toestellen geïnstalleerd worden en in het energielokaal 2.

	Type	Vermogen	Hoeveelheid	Totaal vermogen
Labo	Stulz ASD 640 CW	47,4 kW	5	237 kW
Energielokaal	Stulz ASU 640 CW	17 kW	2	34 kW

Tabel 25: Vermogens van optie 2

Aangezien het enige verschil tussen beide types de wijze van luchtcirculatie betreft, wordt verondersteld dat de aankoopprijs van beide klimaatkasten identiek is. Het geleverde koelvermogen van de kasten wordt voornamelijk bepaald door het waterdebiet dat door de warmtewisselaar (batterij) stroomt.

In onderstaande tabel zijn de investerings- en onderhoudskosten weergegeven. De onderhoudskosten worden bepaald volgens de norm NBN EN 15459 (2017) waarin wordt gesteld dat deze ongeveer 4% van de initiële investeringskost bedraagt.

	Kostprijs	Hoeveelheid	Totaal	Onderhoudskosten
Labo	€25.000,00	5	€125.000,00	€5.000,00
Energielokaal	€25.000,00	2	€50.000,00	€2.000,00

Tabel 26: Investerings- en onderhoudskosten optie 2. (Imtech, 2023)

De investering voor de nieuwe klimaatkasten zou 175.000 euro bedragen, exclusief werkuren en kosten voor een tijdelijke noodkoeling om de ruimte operationeel te houden. De jaarlijkse onderhoudskosten bedraagt ongeveer 7.000 euro.

Bij deze configuratie kan een gedeeltelijke vernieuwing of aanpassing aan het leidingnet noodzakelijk zijn, enerzijds door het verhoogde waterdebiet naar de klimaatkasten en anderzijds door de integratie van een extra klimaatkast in het labo.

6.2.3. Optie 3: klimaatkasten Mitsubishi volgens Mitsubishi

Voor een derde alternatief werd rechtstreeks contact opgenomen met Mitsubishi. Hier is een gepast oplossing gezocht om het labo te kunnen koelen.

Concreet betreft dit een downflowmodel met type w-NEXT2 K U 154 E7 en een upflow met type w-NEXT S O 045 E3P. De technische fiches van deze toestellen zijn terug te vinden in Bijlage_14_Optie 3 klimaatkasten Mitsubishi. De inbouwafmetingen zijn hier ook in opgenomen. Op basis van de beschikbare ruimte kunnen er in het labo 4 toestellen geïnstalleerd worden en in het energielokaal 2.

	Type	Vermogen	Hoeveelheid	Totaal vermogen
Labo	w-NEXT2 K U 154 E7	57,1 kW	4	228,4 kW
Energielokaal	w-NEXT S O 045 E3P	18 kW	2	36 kW

Tabel 27: Vermogens van optie 3

In onderstaande tabel zijn de investerings- en onderhoudskosten weergegeven. De investeringsprijzen zijn gebaseerd op een richtprijs die verkregen is van de fabrikant. Dit is exclusief inbedrijfstelling, transport en werkuren. De onderhoudskosten worden bepaald volgens de norm NBN EN 15459 (2017) waarin wordt gesteld dat deze ongeveer 4% van de initiële investeringskost bedraagt.

	Kostprijs	Hoeveelheid	Totaal	Onderhoudskosten
Labo	€17.500,00	4	€70.000,00	€2.800,00
Energielokaal	€7.900,00	2	€15.800,00	€632,00

Tabel 28: Investerings- en onderhoudskosten optie 3.

De investering voor de nieuwe klimaatkasten zou 85.500 euro bedragen, exclusief werkuren en kosten voor een tijdelijke noodkoeling om de ruimte operationeel te houden. De jaarlijkse onderhoudskosten bedraagt ongeveer 3.432 euro.

Bij deze configuratie kan een gedeeltelijke vernieuwing of aanpassing aan het leidingnet noodzakelijk zijn, door het verhoogde waterdebiet naar de klimaatkasten.

6.2.4. Vergelijking opties klimaatkasten

Om de verschillende alternatieven op vlak van investerings- en onderhoudskosten te kunnen vergelijken wordt onderstaande tabel opgesteld. Hieruit blijkt dat optie 1 financieel de meest voordelige keuze is. Optie 3 daartegen betreft klimaatkasten die specifiek zijn geselecteerd op maat van de huidige probleemstelling.

Optie	Investeringskost	Onderhoudskosten
Optie 1: klimaatkasten Mitsubishi volgens offerte Spie	68.720,28 euro	2.784,81 euro
Optie 2: klimaatkasten Stulz volgens offerte Imtech	175.000 euro	7.000 euro
Optie 3: klimaatkasten Mitsubishi volgens Mitsubishi	85.800 euro	3.432 euro

Tabel 29: Vergelijking investering- en onderhoudskosten alternatieve klimaatkasten

Daarnaast moet een deel van het huidig leidingnet vernieuwd worden aangezien het huidig net niet gaat voldoen. Het bepalen van welke leidingen er vervangen moeten worden kan teruggevonden worden in Bijlage_15_Leiding diameters.

6.3. Noodkoeling

Als de vaste koeling defect is of niet genoeg capaciteit levert op zeer warme dagen, moet in het labo noodkoeling worden voorzien. Dit is ook noodzakelijk tijdens de vernieuwing van de huidige installatie aangezien het labo operationeel moet blijven. Het betreft een tijdelijke oplossing die op korte termijn inzetbaar is. Momenteel bestaat er een contract met AirPlus Energy Solutions, waarbij steeds noodkoeling en generatoren aangevraagd kunnen worden. Dit contract is van toepassing op alle sites van Telenet. In het verleden is er in het labo al noodkoeling geplaatst met een koelcapaciteit van 230 kW.

6.4. Sturing klimaatkast 2

Om op korte termijn opnieuw voldoende koelvermogen in het labo te kunnen realiseren moet de regeling van klimaatkast 2 aangepakt worden, aangezien deze niet optimaal functioneert. Aan de hand van de uitgevoerde temperatuurmetingen blijkt dat het toestel wel op 100% capaciteit draait maar geen koelvermogen levert. Vermoedelijk is de sturing of de servomotor van de 3-weg kraan defect, aangezien deze in de praktijk steeds naar een gesloten positie stuurt ondanks manuele bijsturing.

Als tijdelijke maatregel is de voeding van de servomotor die de 3-weg kraan aanstuurt uitgeschakeld en is de kraan manueel volledig geopend en geblokkeerd. Hierdoor stroomt het water niet meer via de bypass en kan er terug gekoeld worden. De verantwoordelijke onderhoudsfirma is op de hoogte gesteld en gaan een mogelijk oplossing uitwerken. Het effect van de ingreep is merkbaar in het labo. De ruimte temperatuur is gedaald met ongeveer 2°C.

6.5. Zonwering

In het labo is een raampartij aanwezig met een breedte van 5,4 meter en hoogte van 3 meter. De zonne-instraling via deze ramen valt voornamelijk naar binnen in gang Q tot en met gang Y (zie Figuur 12 voor de exacte locatie). De racks dat in deze gangen opgesteld staan, veroorzaken momenteel al de grootste warmtelast. Dit leidt tijdens de zomer maanden en de tussenseizoenen tot een extra thermische belasting.

Om deze invloed te beperken kan externe zonwering geplaatst worden aan de buitenzijde van de ramen. Dit zou de directe zoninstraling kunnen reduceren. Het gekozen type zonwerend doek bepaalt in welke mate de invloed van de zon wordt tegengehouden.

6.6. Corridors maken

Om de luchthuishouding in het labo te verbeteren, kan gebruik gemaakt worden van corridorconcepten. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen twee principes: cold corridor en een hot aisle. Beide concepten hebben als doel de aanzuig- en uitblaaslucht volledig van elkaar te scheiden zodat de menging van warme en koude luchtstromen wordt vermeden om de koelinstallatie efficiënter te laten werken.

Om deze corridors in het huidig labo te kunnen integreren, is het noodzakelijk dat alle racks vervangen worden door uniforme exemplaren. Dit is vereist om de gangen correct en luchtdicht te kunnen afsluiten. Momenteel is er apparatuur die niet volledig in de racks past en verschillen de racks onderling in afmetingen.

6.6.1. Cold corridor

Bij een cold corridor wordt de koude lucht volledig gescheiden van de warme uitblaaslucht. De racks worden opgesteld zodat de apparatuur steeds koude lucht kan aanzuigen in een afgesloten koude gang. De rest van de ruimte waar de warme lucht wordt afgegeven heeft dan een aanzienlijke ruimte temperatuur. De koeling van een koude gang gebeurt typisch met inrow coolers die direct tussen de racks worden geplaatst. Een nadeel is de hoge kostprijs van de inrow coolers.

6.6.2. Hot aisle

Bij een hot aisle concept wordt de volledige ruimte gekoeld terwijl de warme uitblaasluft van de racks wordt opgevangen in afgesloten warme gangen tussen de racks. Deze warme gangen worden luchtdichtafgesloten van de rest van de ruimte. Boven op de gang worden kanalen geplaatst die de warme lucht afvoeren naar de aanzuigzijde van de klimaatkasten. De klimaatkasten koelen deze lucht en blazen die terug uit onder de verhoogde vloer.

Voor de aanvoer van koude lucht naar de racks worden geperforeerde vloertegels gebruikt, langs deze locaties kan de koude lucht in de ruimte opstijgen en door de apparatuur aangezogen worden. In de warme gang kan de temperatuur sterk oplopen.

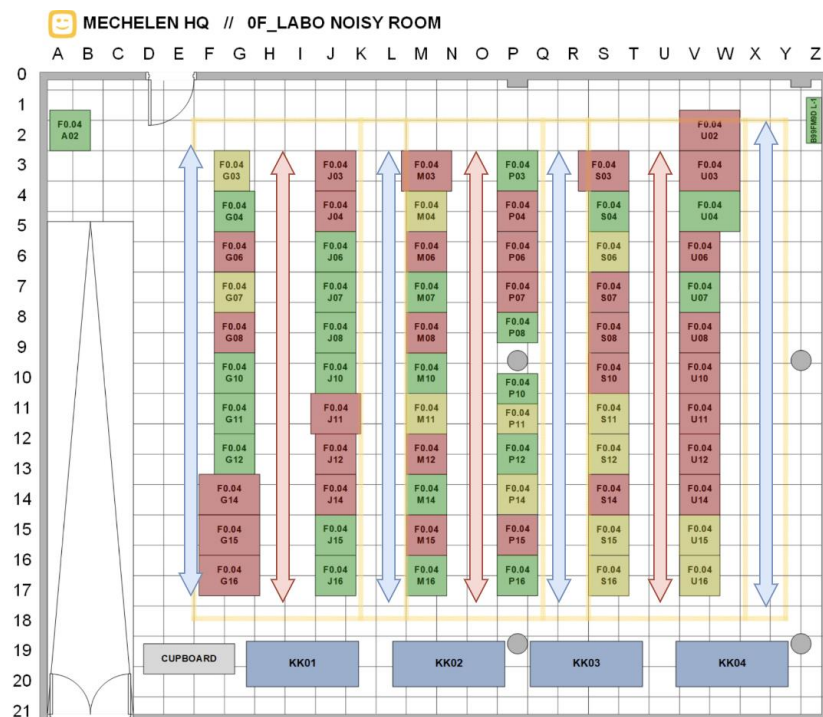
6.7. Indeling labo optimaliseren

In het labo zijn racks aanwezig waar servers en andere apparatuur in zijn opgesteld. Bij het plaatsen van de apparatuur en de servers wordt momenteel geen rekening gehouden met de richting van de verschillende luchtstromen. Hierdoor ontstaan situaties waarbij de warme uitblaasluft van het ene toestel wordt aangezogen door een ander toestel. Dit leidt tot een grote opwarming van de lucht waardoor de uitblaas temperatuur sterk toeneemt.

Een mogelijke oplossing is om de apparatuur systematisch op dezelfde manier te oriënteren, zodat alle toestellen lucht aanzuigen en uitblazen in dezelfde richting. Concreet betekent dit dat de koude lucht in 1 gang wordt aangezogen en de warme lucht in een andere gang wordt uitgeblazen. Op deze manier wordt er een gestructureerde luchthuishouding verkregen zonder de luchtstromen volledig van elkaar te scheiden.

Deze aanpak kan beschouwd worden als een vereenvoudigde en kost efficiënte versie van volledig afgesloten corridor concepten.

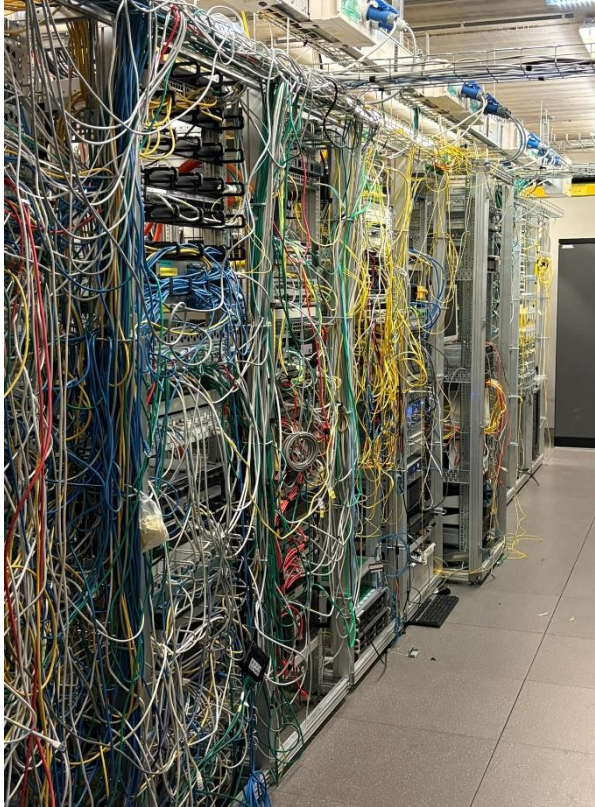
In Figuur 65 wordt dit principe visueel weergegeven, waarbij de blauwe pijlen de aanzuig van koude lucht voorstelt en de rode pijlen de uitblaas van warme lucht.



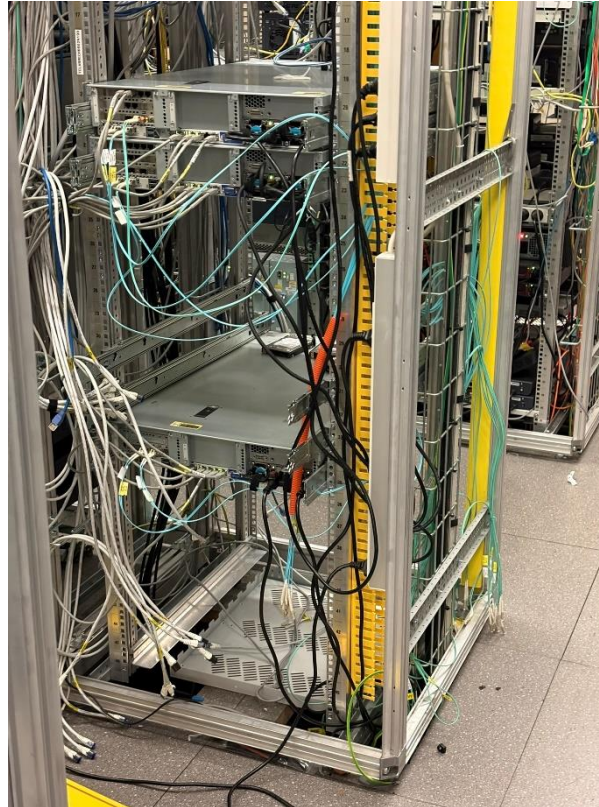
Figuur 65: Visuele weergave nieuwe luchtcirculatie labo

Daarnaast zijn er nog racks die niet volledig gevuld zijn. Op de lege posities kunnen blindplaten worden geplaatst zodat, de luchtstromen beter gestuurd kunnen worden en niet onnodig gaan circuleren. Verder is het aangewezen om alle niet werkende toestellen en ongebruikte kabels te verwijderen om een efficiëntere luchthuishouding te verkrijgen.

De huidige hoeveelheid aan kabels belemmert de luchtstroming waardoor de warme lucht moeilijk afgevoerd wordt. Bovendien zijn er meerdere door geluste stekkerblokken aanwezig wat zorgt voor een extra warmteproductie en een verhoogd brandgevaar. Aangezien het labo geen productieruimte is, is er geen automatische blusinstallatie voorzien. Dit benadrukt het belang van een overzichtelijk labo.



Figuur 66: Racks met overmatige bekabeling

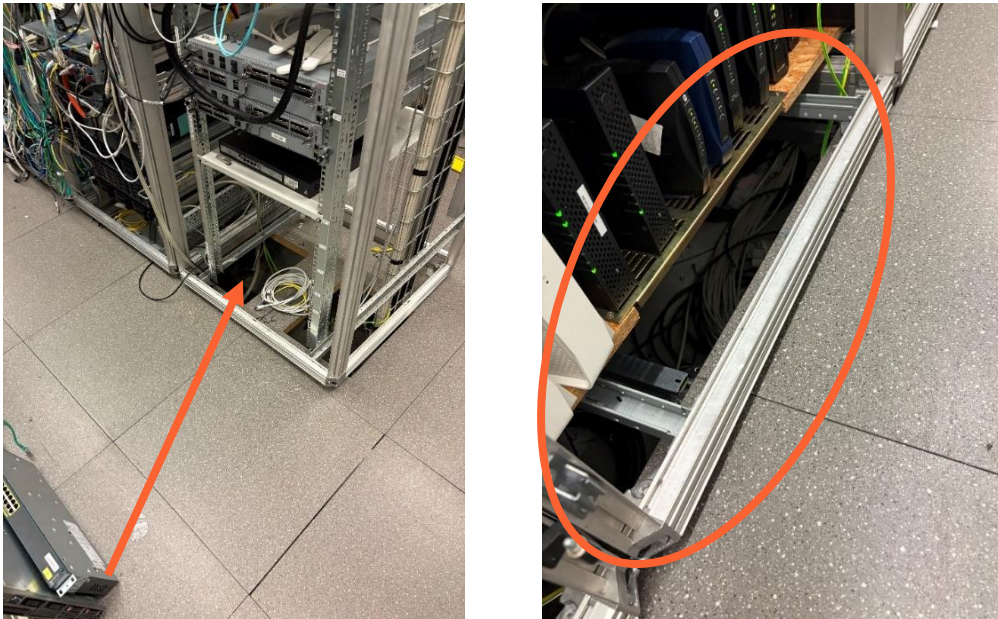


Figuur 67: Rack met beperkte toestellen

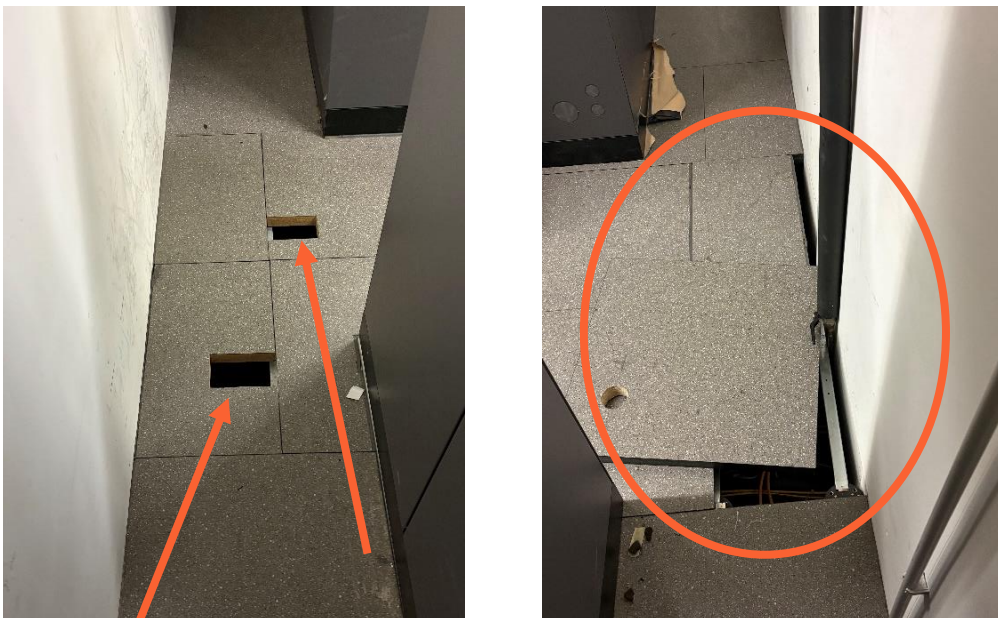
6.8. Vloer dichtmaken

Momenteel zijn er op verschillende locaties openingen in de verhoogde vloer van het labo aanwezig. Hierdoor ontsnapt afgekoelde lucht op ongewenste plaatsen, wat leidt tot een inefficiënte luchthuishouding. Als gevolg hiervan neemt de druk onder de verhoogde vloer af, waardoor de gekoelde lucht onvoldoende wordt verdeeld en het nodige debiet niet op de gewenste locaties kan binnentreden.

De openingen onder de racks worden momenteel gebruikt om kabels door te voeren. Een mogelijke oplossing is om de vloer terug dicht te maken. Op de locaties waar de kabeldoorvoer noodzakelijk blijft, kunnen kabeldoorvoeren met borstels toegepast worden om de luchtdoorstroming zo veel mogelijk te beperken.



Figuur 68: Openingen in de verhoogde vloer onder de racks



Figuur 69: Openingen in de verhoogde vloer achter de klimaatkasten

6.9. Regeling koelmachine en dry cooler

De regeling tussen de koeimachine en de dry cooler moet zodanig ingesteld worden zodat beide systemen niet gelijktijdig kunnen werken. In de huidige configuratie komt het geregeld voor dat beide systemen simultaan actief zijn. Dit leidt tot een verhoogd energieverbruik vooral wanneer de buitentemperatuur laag genoeg is om uitsluitend met de dry cooler te werken.

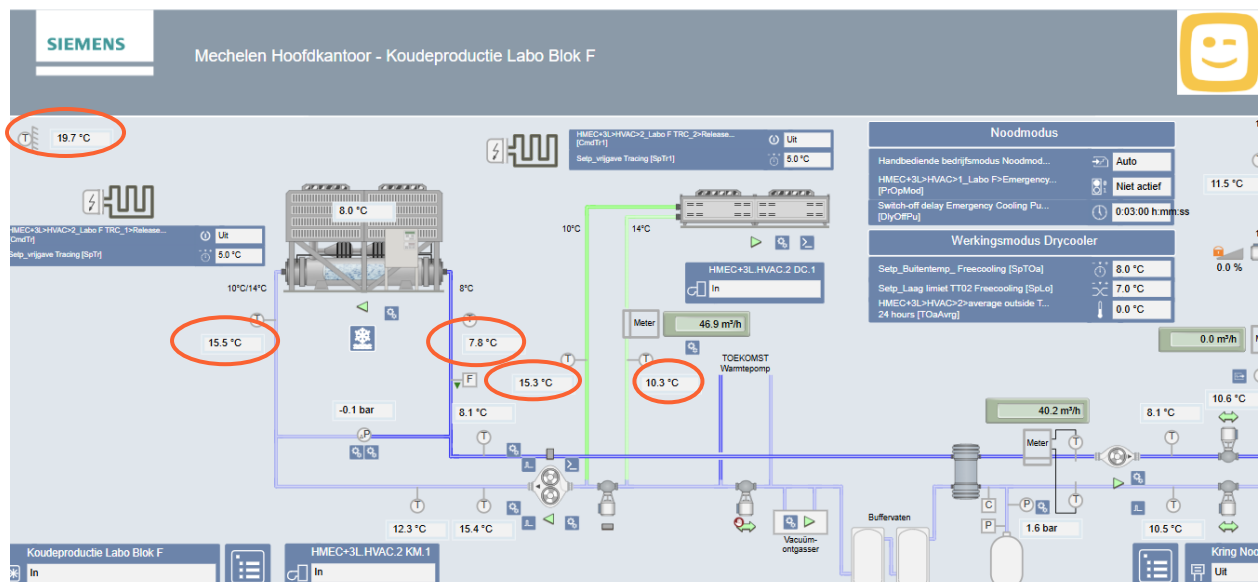
Om pendel gedrag van de koelmachine te voorkomen, dient er wel voldoende hysteresis in de regeling te worden voorzien. Momenteel wordt een referentie gebruikt op basis van de gemiddelde buitentemperatuur over de afgelopen 24 uur om te bepalen welk systeem gebruikt wordt voor de koude productie.

Als deze referentie verkort wordt kan er frequenter gebruik gemaakt worden van de dry cooler. Het nadeel hiervan is echter dat de koelmachine meer starts gaat doen wat nadelig is voor de levensduur van de compressor. De regeling van de koelmachine en dry cooler wordt geprogrammeerd door Siemens. Het optimaliseren van deze regeling is een proces dat veel tijd in beslag neemt.

Bij een fout in de controller wordt de bypass klep van de dry cooler gesloten waardoor het water zowel over de dry cooler als de chiller stroomde. Bij een lage buitentemperatuur vormt dit geen probleem, maar wanneer de buitentemperatuur hoger is dan 8°C zal de dry cooler het water niet afkoelen maar net extra opwarmen. Hierdoor stijgt de aanvoertemperatuur naar de koelmachine waardoor deze extra vermogen gaat moeten leveren.

Dit fenomeen deed zich voor op 9 maart 2026. In Figuur 70 wordt dit visueel weergegeven op basis van de gegevens uit het GBS.

Op dat moment bedroeg de ingaande watertemperatuur van de dry cooler 10,3°C en de uitgaande 15,3°C, wat resulteert in een bijkomend vermogen van 273 kW dat door de koelmachine geleverd moest worden. De ingaande watertemperatuur van de koelmachine bedroeg 15,5°C en de uitgaande temperatuur 7,8°C, wat lager is dan het ingesteld setpunt van 8°C. De buitentemperatuur bedroeg op dat moment 19,7°C.



Figuur 70: Visuele weergave van foutieve regeling in het GBS

Deze foutieve regeling werd veroorzaakt door de implementatie van een nieuwe gasketel in het GBS-systeem.

6.10. Vergelijking mogelijke oplossingen

Voorstel	Effect op het probleem	Haalbaarheid	Kostprijs		Werkingstermijn	Oplossing?
Regime verhoging	Verlaging van energiekosten en CO ₂ -uitstoot	Enkel haalbaar met nieuwe klimaatkasten	Geen, wel dient er een investering voor nieuwe klimaatkasten gedaan te worden.		Continu	Ja, mits investeren in nieuwe klimaatkasten, aangezien de huidige onvoldoende vermogen kunnen leveren bij een hoger regime.
Nieuwe klimaatkasten	Verhoging koelvermogen en mogelijkheid hoger koelregime	Haalbaar op lange termijn	Optie 1:	Eenmalig: €68.720,28 Jaarlijks: €2.748,81	Continu	Ja, de nieuwe klimaatkasten gaan de koelvraag in het labo beter kunnen dekken en gaat er voor zorgen dat er bij een regime verhoging energiewinst is. Deze kost is exclusief aanpassing aan de installatie werkuren, noodkoeling, etc.
			Optie 2:	Eenmalig: €175.000 Jaarlijks: €7.000		
			Optie 3:	Eenmalig: €85.800 Jaarlijks: €3.432		
Noodkoeling	Verlaging van de ruimtetemperatuur, bedrijfszekerheid	Eenvoudig	€2.914 excl. BTW per week (oude offerte als referentie in bijlage: Bijlage_16_Offerte AirPlus Energy Solutions noodkoeling)		Gedurende de huurperiode	Nee, op lange termijn is de kost van deze installatie zeer hoog. Maar als de koeling in pan zou vallen is dit wel de prijs dat gehanteerd wordt om het labo operationeel te houden.
Sturing klimaatkast 2	Verhoging van het beschikbaar koelvermogen.	Haalbaar	Zeer beperkte investering		Continu	Ja, verhoogt het huidig beschikbaar koelvermogen zonder grote investering. Maar een regime verhoging is niet haalbaar.
Zonwering	Vermindering zoninstraling en warmtelast	Haalbaar	Beperkte investering		Seizoensgebonden	Nee, aangezien de grootste opwekking in het labo gebeurt door de geïnstalleerde toestellen.
Corridors (cold/hot aisle)	Optimalisatie luchthuishouding	Niet haalbaar	Zeer hoge investering		Continu	Nee, de investering is zeer groot en het is praktisch niet haalbaar op korte termijn.
Indeling labo optimaliseren	Verbetering luchtcirculatie	Haalbaar	Beperkte investering		Continu	Ja, voorkomt de recirculatie van warme lucht en verbetert de luchtstromen.
Vloer dichtmaken	Gerichtere luchtverdeling	Eenvoudig	Beperkte investering		Continu	Ja, hierdoor kan de afgekoelde lucht op de gewenste locaties de ruimte toe treden zonder verlies op niet gewenste locaties.
Regeling koelmachine en dry cooler optimaliseren	Energiezuiniger en efficiëntere werking	Haalbaar	Geen bijkomende investering.		Continu	Ja, verlaagt het energieverbruik en verbetert de werking.

Tabel 30: Vergelijking mogelijke oplossingen

7. Economische analyse

Er zijn 2 methodes om de investeringskosten te analyseren: met en zonder tijdswaarde. Bij een analyse met tijdswaarde wordt een interestvoet toegepast. Het bepalen van de interestvoet is niet vanzelfsprekend aangezien deze afhankelijk is van de financieringsbron van de investering. Aangezien deze informatie voor dit project niet gekend is, wordt de investeringsanalyse uitgevoerd zonder rekening te houden met de tijdswaarde van geld.

Binnen deze benadering worden 2 belangrijke indicatoren gebruikt. De terugverdientijd (Payback Period, PP). En anderzijds de boekhoudkundige opbrengstvoet (accounting rate of return, ARR).

De Payback period is een maat voor de tijd dat nodig is om de initiële investering terug te verdienen. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de totale opbrengst over de volledige levensduur van de installatie noch met de tijdswaarde van geld. De PP geeft echter wel een goeie indicatie van het risico van de investering. Hoe hoger de PP hoe groter de kans dat externe factoren de terugverdientijd gaan beïnvloeden.

$$PP = \frac{\text{Eenmalige netto kost [€]}}{\text{Terugkerende netto opbrengsten [\frac{€}{\text{jaar}}]}} \quad (\text{Van Roey \& Bertrand, 2013}) \quad \text{Vergelijking 7-1}$$

- PP = terugverdientijd [jaar]
- Eenmalige netto kost = investeringskosten [€]
- Terugkerende netto opbrengsten = jaarlijkse winst van de installatie, verminderd met de onderhoudskosten [€/jaar]

De boekhoudkundige opbrengstvoet (accounting rate of return) geeft de verhouding weer tussen de gemiddelde jaarlijkse winst en de initiële investering. Hiermee wordt bepaald hoeveel interest er verkregen kan worden per euro dat wordt geïnvesteerd.

$$ARR = \frac{\text{Gemiddelde jaarlijkse netto opbrengst [€]}}{\text{Eenmalige netto kost [€]}} \quad (\text{Van Roey \& Bertrand, 2013}) \quad \text{Vergelijking 7-2}$$

- ARR = accounting rate of return [%]
- Gemiddelde jaarlijkse opbrengst = Totaal netto opbrengt gedeeld door het aantal jaren [€]
- Eenmalige netto kost = investeringskosten [€]

Daarnaast kan de som van de totalen per jaar worden uitgezet op een grafiek waardoor de terugverdientijd ook visueel kan worden bepaald.

Alle berekeningen, tabellen, grafieken en bijhorende toelichtingen in volgende hoofdstukken zijn gebaseerd volgens volgende bron (Van Roey & Bertrand, 2013).

Aangezien het labo tijdens de vernieuwing operationeel moet blijven, dient tijdelijk een noodkoeling voorzien te worden. Deze huurprijs bedraagt €2.914,00 per week exclusief btw (zie Bijlage_16_Offerte AirPlus Energy Solutions noodkoeling) inclusief 21% btw komt dit neer op €3.525,94 per week.

Er wordt uitgegaan van 8 weken huurperiode:

- 2 weken voor de start van de werken (testen en overname koeling)
- 4 weken tijdens de vervanging van de koeling en leidingnet
- 2 weken na de werken (opstart en optimalisatie nieuwe installatie)

De totale huurkost bedraagt hiermee €28.207,52 (inclusief BTW), exclusief werkuren. Deze kost is onafhankelijk van de gekozen investeringsoptie.

7.1. Optie 1: klimaatkasten Mitsubishi volgens offerte spie

De netto investeringskost voor optie 1 bedraagt €134.591,80 en omvat uitsluitend de aankoop van nieuwe klimaatkasten, het nieuwe leidingnet en de nieuwe inregelkranen. Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met de kost voor een tijdelijke noodkoeling tijdens het uitvoeren van de werken.

	Kostprijs	Onderhoudskost
Klimaatkasten labo	€58.140,28	€2.325,61
Klimaatkasten energielokaal	€10.580,00	€423,20
TA-kraan IMI STAF 65	€2.000	-
Stalen leiding DN125	€17.820	-
Precisiebuis DN65	€7.360	-
Isolatie DN125	€7.524	-
Isolatie DN65	€2.960	-
Noodkoeling	€28.207,52	-
Totale investeringskost	€134.591,80	€2.748,81

Tabel 31: Overzicht netto investeringskost optie 1

7.1.1. Terugverdientijd

De jaarlijkse nettowinst ten gevolge van de regime verhoging bedraagt €18.784,65 (zie hoofdstuk 6.1.3). Rekening houdend met een jaarlijkse onderhoudskost van 2.748,81 euro (zie hoofdstuk 6.2.1), wordt de netto terugkerende opbrengst €16.035,84.

$$\text{Netto terugkerende opbrengsten} = € 18.784,65 - € 2.748,81 = € 16.035,84$$

Vervolgens kan de terugverdientijd berekend worden volgens Vergelijking 7-1.

$$PP = \frac{134.591,80}{16.035,84} = 8,39 \text{ jaar}$$

De investering wordt terugverdiend in ongeveer 8,39 jaar.

7.1.2. Overzicht inkomsten en uitgaven

Onderstaande tabellen geven een overzicht over de kosten en energiewinst per jaar. Jaar 0 stelt de initiële investeringskost voor. Er wordt rekening gehouden met een jaarlijkse inflatie van 2,4% op zowel de onderhoudskost als de netto energiewinst. Dit percentage is gebaseerd op het gemiddelde over de periode 2006-2025 (Vlaanderen, 2026). De analyse wordt uitgevoerd over een periode van 20 jaar, in overeenstemming met een verwachte levensduur van 15 -20 jaar.

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eenmalige kosten											
Investering	-134.591,80										
Terugkerend: jaarlijkse kosten											
Onderhoud		-2.748,81	-2.814,78	-2.882,34	-2.951,51	-3.022,35	-3.094,89	-3.169,16	-3.245,22	-3.323,11	-3.402,86
Terugkerend: verbruik											
Energiewinst		18.784,65	19.235,49	19.697,14	20.169,87	20.653,95	21.149,64	21.657,23	22.177,01	22.709,25	23.254,28
Totale opbrengsten en kosten	-134.591,80	16.035,84	16.420,70	16.814,80	17.218,36	17.631,60	18.054,75	18.488,07	18.931,78	19.386,15	19.851,41

Tabel 32: Optie 1: kosten en opbrengsten (jaar 0-10)

Jaar	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eenmalige kosten										
Investering										
Terugkerend: jaarlijkse kosten										
Onderhoud	-3.484,53	-3.568,16	-3.653,80	-3.741,49	-3.831,28	-3.923,23	-4.017,39	-4.113,81	-4.212,54	-4.313,64
Terugkerend: verbruik										
Energiewinst	23.812,38	24.383,88	24.969,09	25.568,35	26.181,99	26.810,36	27.453,80	28.112,69	28.787,40	29.478,30
Totale opbrengsten en kosten	20.327,85	20.815,72	21.315,29	21.826,86	22.350,70	22.887,12	23.436,41	23.998,89	24.574,86	25.164,66

Tabel 33: Optie 1: kosten en opbrengsten (jaar 11-20)

7.1.3. Boekhoudkundige opbrengstvoet

Om de boekhoudkundige opbrengstvoet te bepalen, wordt er gebruik gemaakt van Vergelijking 7-2. Hiervoor wordt eerst de gemiddelde jaarlijkse netto opbrengst berekend.

De som van alle jaarlijks opbrengsten na 20 jaar bedraagt €270,940,01. Dit resulteert in een gemiddelde opbrengst van €13.547 per jaar.

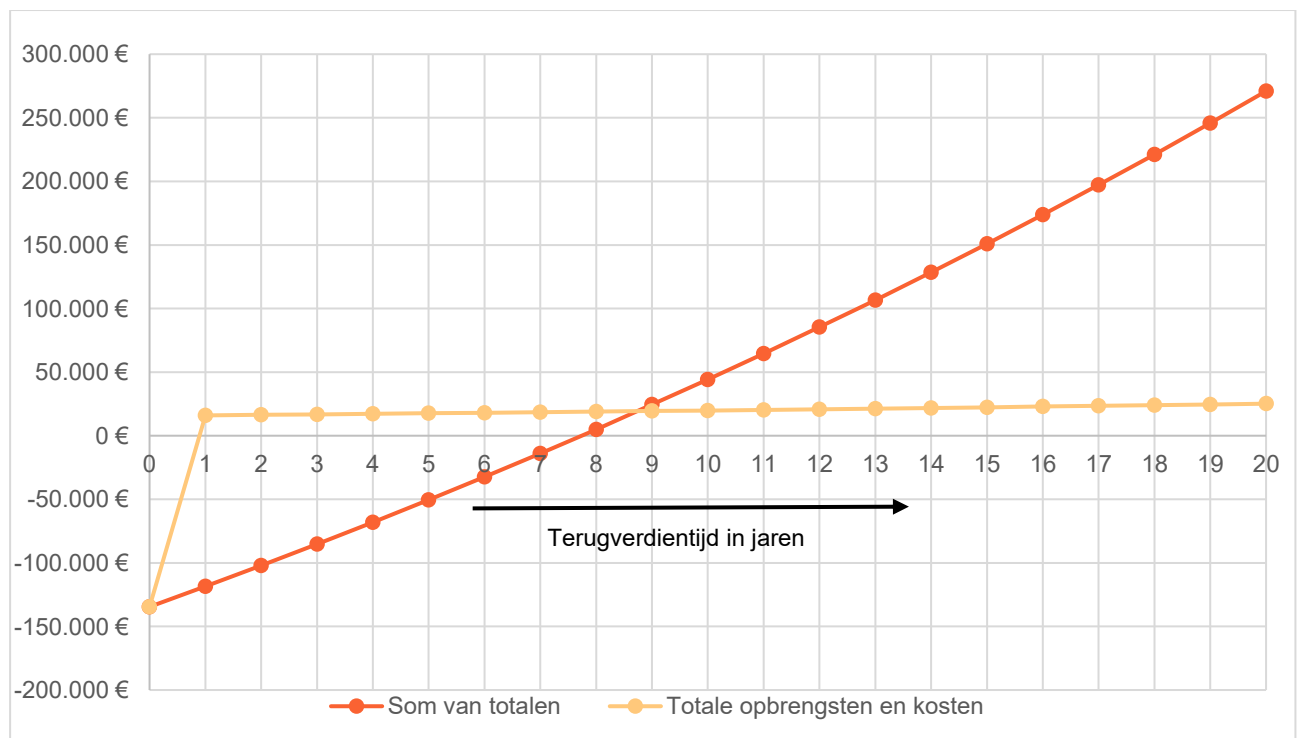
De ARR wordt dan:

$$ARR = \frac{13.547}{134.591,80} = 10\%$$

Hieruit volgt dat de ARR gelijk is aan 10%. Dit betekent dat per geïnvesteerde euro er jaarlijks gemiddeld "10%" interest wordt verkregen.

7.1.4. Grafische bepaling van de terugverdientijd

De terugverdientijd kan eveneens grafisch bepaald worden door de totale opbrengst jaar na jaar op te tellen en uit te zetten. De locatie dat de curve "som van totalen" de x-as snijdt geeft de terugverdientijd weer. Uit Figuur 71 blijkt dat dit snijpunt zich net voor jaar 8 bevindt, wat overeenkomt met de berekende terugverdientijd van 8,39 jaar.



Figuur 71: Optie 1 grafische weergave van de opbrengsten en terugverdientijd

7.2. Optie 2: klimaatkasten Stulz volgens offerte Imtech

De netto investeringskost voor optie 2 bedraagt €240.796,32 en omvat uitsluitend de aankoop van nieuwe klimaatkasten, het nieuwe leidingnet en de nieuwe inregelkranen. Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met de kost voor een tijdelijke noodkoeling tijdens het uitvoeren van de werken.

	Kostprijs	Onderhoudskost
Klimaatkasten labo	€125.000	€5.000
Klimaatkasten energielokaal	€50.000	€2.000
TA-kraan IMI STAD 50	€337,34	-
TA-kraan IMI STAF 65	€1.600	-
Stalen leiding DN125	€18.900	-
Precisiebuis DN65	€1.862	-
Precisiebuis DN50	€4.016,46	-
Isolatie DN125	€7.980	-
Isolatie DN65	€703	-
Isolatie DN50	€2.190	-
Noodkoeling	€28.207,52	-
Totale investeringskost	€240.796,32	€7.000

Tabel 34: Overzicht netto investeringskost optie 2

7.2.1. Terugverdiëntijd

De jaarlijkse nettowinst ten gevolge van de regime verhoging bedraagt €18.784,65 (zie hoofdstuk 6.1.3). Rekening houdend met een jaarlijkse onderhoudskost van €7.000 euro (zie hoofdstuk 6.2.2), wordt de netto terugkerende opbrengst €11.784,65.

$$\text{Netto terugkerende opbrengsten} = € 18.784,65 - € 7.000 = € 11.784,65$$

Vervolgens kan de terugverdiëntijd berekend worden volgens Vergelijking 7-1.

$$PP = \frac{240.796,32}{11.784,65} = 20,43 \text{ jaar}$$

De terugverdiëntijd van de investering is dan 20,43 jaar. Aangezien deze relatief hoog is, brengt de investering een verhoogd risico met zich mee. Dit komt doordat de terugverdiëntijd dicht aanleunt bij de verwachte levensduur van de klimaatkasten die ongeveer 15-20 jaar bedraagt.

7.2.2. Overzicht inkomsten en opbrengsten

Onderstaande tabellen geven een overzicht over de kosten en energiewinst per jaar. Jaar 0 stelt de initiële investeringskost voor. Er wordt rekening gehouden met een jaarlijkse inflatie van 2,4% op zowel de onderhoudskosten als de netto energiewinst. Dit percentage is gebaseerd op het gemiddelde over de periode 2006-2025 (Vlaanderen, 2026). De analyse wordt uitgevoerd over een periode van 20 jaar, in overeenstemming met een verwachte levensduur van 15 -20 jaar.

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eenmalig											
Investering	-240.796,32										
Terugkerend: Jaarlijkse kosten											
Onderhoud		-7.000,00	-7.168,00	-7.340,03	-7.516,19	-7.696,58	-7.881,30	-8.070,45	-8.264,14	-8.462,48	-8.665,58
Terugkerend: verbruik											
Energiewinst		18.784,65	19.235,49	19.697,14	20.169,87	20.653,95	21.149,64	21.657,23	22.177,01	22.709,25	23.254,28
Totale opbrengsten en kosten	-240.796,32	1.784,65	12.067,49	12.357,11	12.653,68	12.957,36	13.268,34	13.586,78	13.912,86	14.246,7	14.588,70

Tabel 35: Optie 2: kosten en opbrengsten (jaar 0-10)

Jaar	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eenmalig										
Investering										
Terugkerend: jaarlijkse kosten										
Onderhoud	-8.873,55	-9.086,52	-9.304,60	-9.527,91	-9.756,58	-9.990,73	-10.230,51	-10.476,04	-10.727,47	-10.984,93
Terugkerend: verbruik										
Energie winst	23.812,38	24.383,88	24.969,09	25.568,35	26.181,99	26.810,36	27.453,80	28.112,69	28.787,40	29.478,30
Totale opbrengsten en kosten	14.938,82	15.297,36	15.664,49	16.040,44	16.425,41	16.819,62	17.223,29	17.636,65	18.059,93	18.493,37

Tabel 36: Optie 2: kosten en opbrengsten (jaar 11 - 20)

7.2.3. Boekhoudkundige opbrengstvoet

Om de boekhoudkundige opbrengstvoet te bepalen, wordt er gebruik gemaakt van Vergelijking 7-2. Hiervoor wordt eerst de gemiddelde jaarlijkse netto opbrengst berekend.

De som van alle jaarlijks opbrengsten na 20 jaar bedraagt €57.226,82. Dit resulteert in een gemiddelde opbrengst van €2.861,34 per jaar.

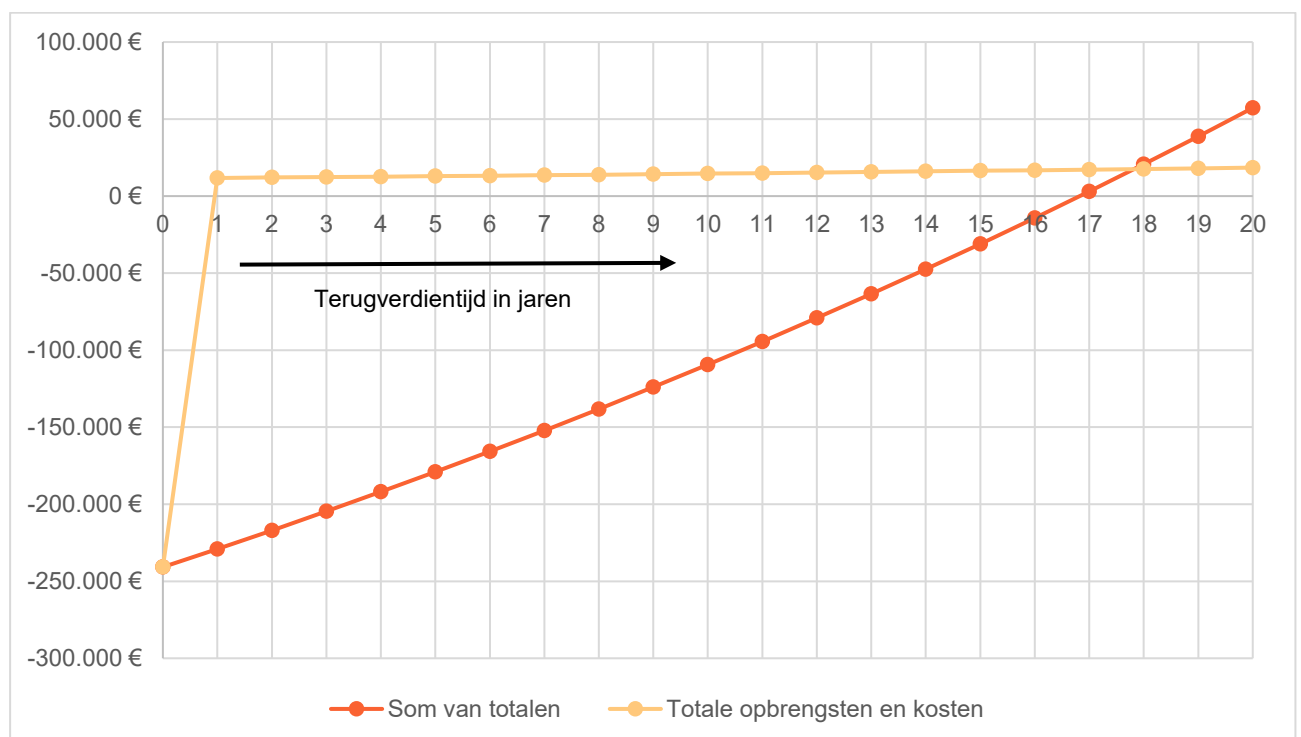
De ARR wordt dan:

$$ARR = \frac{2.861,34}{240.796,32} = 1\%$$

Hieruit volgt dat de ARR gelijk is aan 1%. Dit betekent dat per geïnvesteerde euro er jaarlijks gemiddeld "1%" interest wordt verkregen.

7.2.4. Grafische bepaling van de terugverdientijd

De terugverdientijd kan eveneens grafisch bepaald worden door de totale opbrengst jaar na jaar op te tellen en uit te zetten. De locatie dat de curve "som van totalen" de x-as snijdt geeft de terugverdientijd weer. Uit Figuur 72 blijkt dat dit snijpunt zich rond jaar 17 bevindt, dit is lager dan de berekende terugverdientijd van 20,34 jaar. Hieruit volgt nog steeds dat de investering een groot risico met zich meebrengt en dat de periode waar er effectief winst gemaakt kan worden zeer beperkt is.



Figuur 72: Optie 2 grafische weergave van de opbrengsten en terugverdientijd

7.3. Optie 3: klimaatkasten Mitsubishi volgens Mitsubishi

De netto investeringskost voor optie 2 bedraagt €150.126 en omvat uitsluitend de aankoop van nieuwe klimaatkasten, het nieuwe leidingnet en de nieuwe inregelkranen. Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met de kost voor een tijdelijke noodkoeling tijdens het uitvoeren van de werken.

	Kostprijs	Onderhoudskost
Klimaatkasten labo	€70.000	€2.800
Klimaatkasten energielokaal	€15.800	€632
TA-kraan IMI STAD 50	€337,34	-
TA-kraan IMI STAF 65	€1.600	-
Stalen leiding DN125	€18.900	-
Precisiebuis DN65	€3.234	-
Precisiebuis DN50	€3.136,14	-
Isolatie DN125	€7.980	-
Isolatie DN65	€1.221	-
Isolatie DN50	€1.710	-
Noodkoeling	€28.207,52	-
Totale investeringskost	€152.126,00	€3.432

Tabel 37: Overzicht netto investeringskost optie 3

7.3.1. Terugverdiëntijd

De jaarlijkse nettowinst ten gevolge van de regime verhoging bedraagt €18.784,65 (zie hoofdstuk 6.1.3). Rekening houdend met een jaarlijkse onderhoudskost van €3.432 euro (zie hoofdstuk 6.2.3), wordt de netto terugkerende opbrengst €15.352,65.

$$\text{Netto terugkerende opbrengsten} = €18.784,65 - €3.432 = €15.352,65$$

Vervolgens kan de terugverdiëntijd berekend worden volgens Vergelijking 7-1.

$$PP = \frac{€150.126}{15.352,65 \frac{€}{jaar}} = 9,91 \text{ jaar}$$

De investering wordt terugverdient in ongeveer 9,91 jaar.

7.3.2. Overzicht inkomsten en opbrengsten

Onderstaande tabellen geven een overzicht over de kosten en energiewinst per jaar. Jaar 0 stelt de initiële investeringskost voor. Er wordt rekening gehouden met een jaarlijkse inflatie van 2,4% op zowel de onderhoudskost als de netto energiewinst. Dit percentage is gebaseerd op het gemiddelde over de periode 2006-2025 (Vlaanderen, 2026). De analyse wordt uitgevoerd over een periode van 20 jaar, in overeenstemming met een verwachte levensduur van 15 -20 jaar.

Jaar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eenmalig											
Investering	-152.126,00										
Terugkerend: Jaarlijkse kosten											
Onderhoud		-3.432,00	-3.514,37	-3.598,71	-3.685,08	-3.773,52	-3.864,09	-3.956,83	-4.051,79	-4.149,03	-4.248,61
Terugkerend: verbruik											
Energiewinst		18.784,65	19.235,49	19.697,14	20.169,87	20.653,95	21.149,64	21.657,23	22.177,01	22.709,25	23.254,28
Totale opbrengsten en kosten	-152.126,00	15.352,65	15.721,12	16.098,43	16.484,79	16.880,42	17.285,55	17.700,41	18.125,22	18.560,22	19.005,67

Tabel 38: Optie 3: kosten en opbrengsten (jaar 0-10)

Jaar	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eenmalig										
Investering										
Terugkerend: jaarlijkse kosten										
Onderhoud	-4.350,58	-4.454,99	-4.561,91	-4.671,40	-4.783,51	-4.898,31	-5.015,87	-5.136,25	-5.259,52	-5.385,75
Terugkerend: verbruik										
Energiewinst	23.812,38	24.383,88	24.969,09	25.568,35	26.181,99	26.810,36	27.453,80	28.112,69	28.787,40	29.478,30
Totale opbrengsten en kosten	19.461,80	19.928,89	20.407,18	20.896,95	21.398,48	21.912,04	22.437,93	22.976,44	23.527,87	24.092,54

Tabel 39: Optie 3: kosten en opbrengsten (jaar 11 - 20)

7.3.3. Boekhoudkundige opbrengstvoet

Om de boekhoudkundige opbrengstvoet te bepalen, wordt er gebruik gemaakt van Vergelijking 7-2. Hiervoor wordt eerst de gemiddelde jaarlijkse netto opbrengst berekend.

De som van alle jaarlijks opbrengsten na 20 jaar bedraagt €236.128,59. Dit resulteert in een gemiddelde opbrengst van €11.806,43 per jaar.

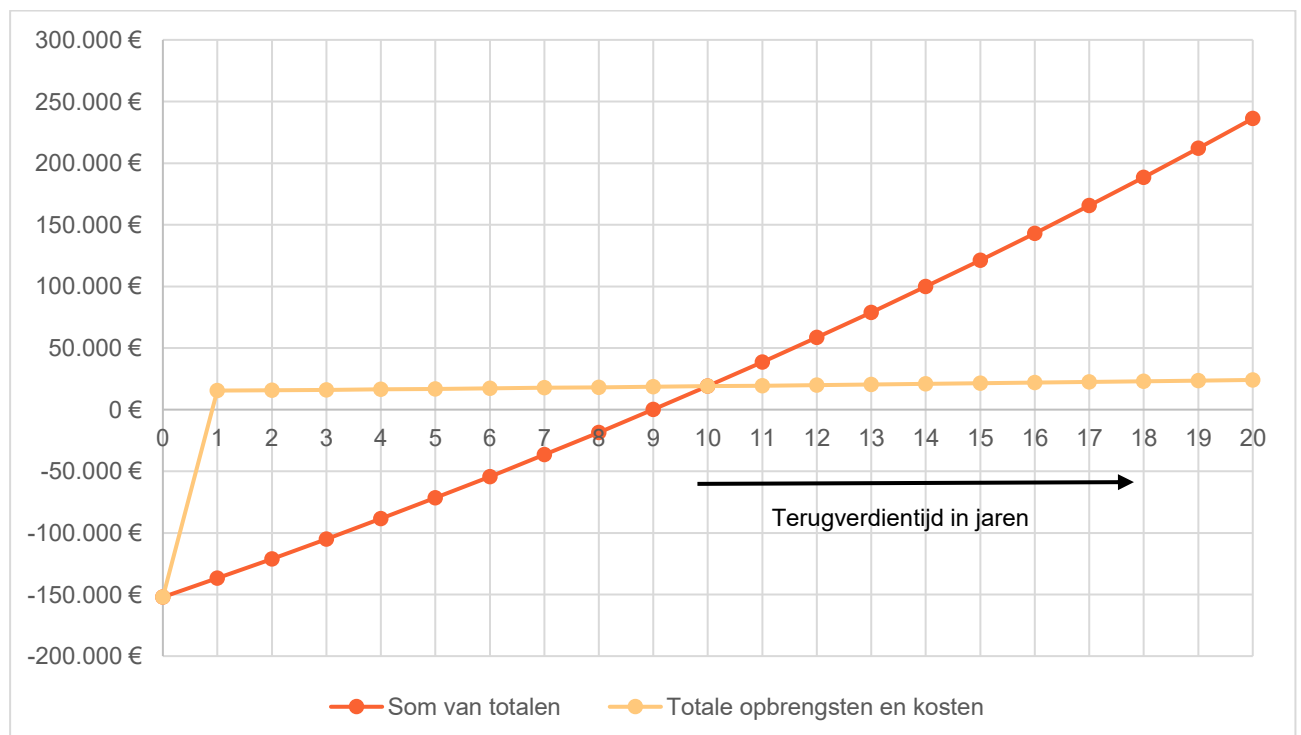
De ARR wordt dan:

$$ARR = \frac{11.806,43}{152.126} = 8\%$$

Hieruit volgt dat de ARR gelijk is aan 8%. Dit betekent dat per geïnvesteerde euro er jaarlijks gemiddeld "8%" interest wordt verkregen.

7.3.4. Grafische bepaling van de terugverdientijd

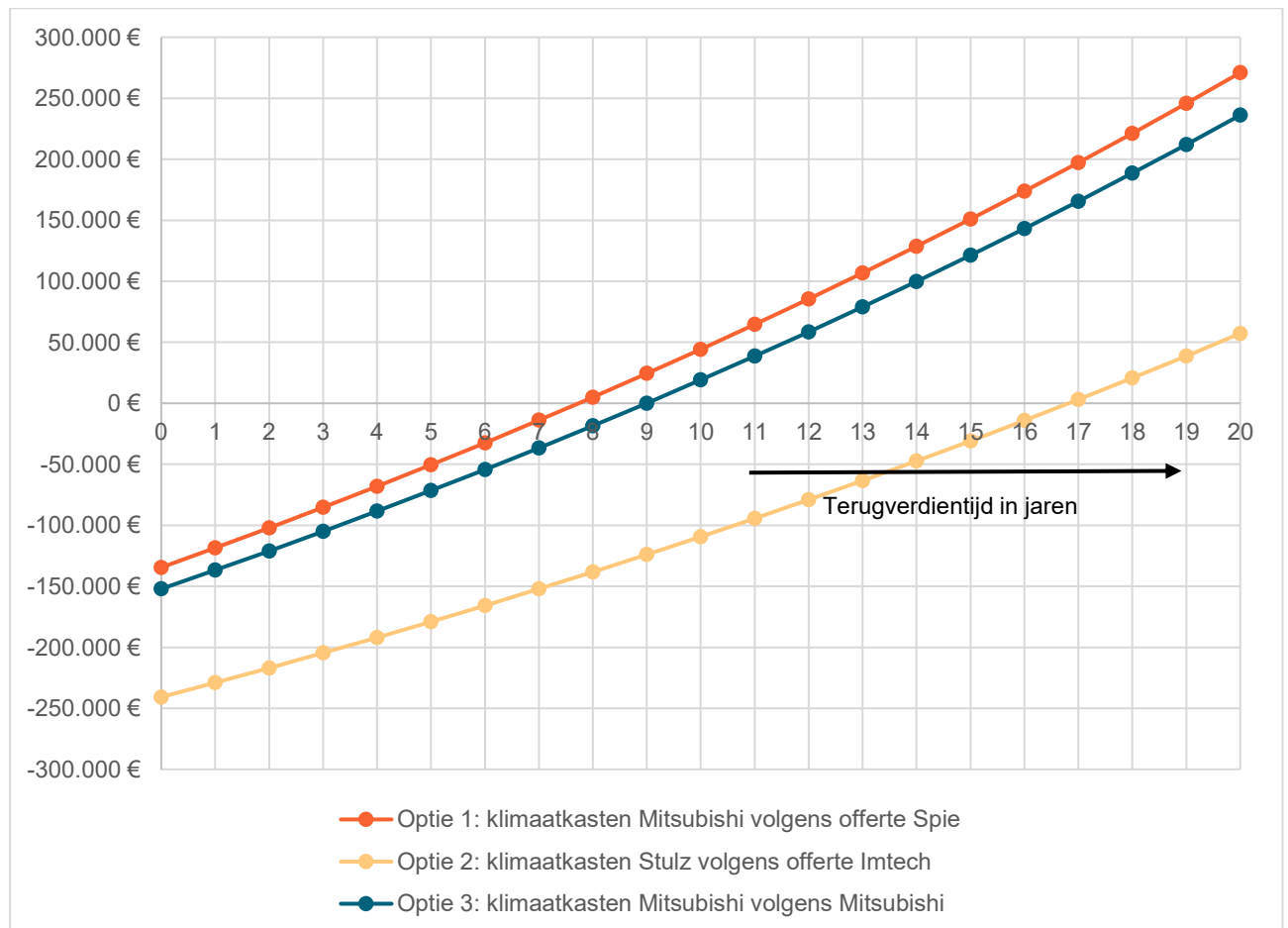
De terugverdientijd kan eveneens grafisch bepaald worden door de totale opbrengst jaar na jaar op te tellen en uit te zetten. De locatie dat de curve "som van totalen" de x-as snijdt geeft de terugverdientijd weer. Uit Figuur 73 blijkt dat dit snijpunt zich rond jaar 9 bevindt. Dit is minder dan de berekende terugverdientijd van 9,91 jaar.



Figuur 73: Optie 3 grafische weergave van de opbrengsten en terugverdientijd

7.4. Vergelijking opties

Om te bepalen welke investering het interessant is op vlak van terugverdientijd worden de som van de totalen per optie visueel weergegeven op onderstaande grafiek. Hieruit komt dat optie 1 momenteel de meest interessante optie is op vlak van terugverdientijd. Hoewel optie 1 financieel het voordeligste is, biedt optie 3 een oplossing die beter is afgestemd op de specifieke koelbehoefte van het labo.



Figuur 74: Vergelijken verschillende opties op vlak van terugverdientijd

8. Besluit

In deze studie werd onderzocht of het mogelijk is om van een 8/14°C koelregime over te gaan naar een 20/25°C regime om het labo in Telenet Mechelen te gaan koelen. Hierbij is het voornaamste doel om het energieverbruik te reduceren en efficiënter te gaan koelen.

Het verhogen van het regime brengt een grote energiebesparing met zich mee aangezien er minder met de koelmachine gewerkt zou moeten worden en er meer met de dry cooler gewerkt kan worden. Dit verlengt op zijn beurt dan ook de levensduur van de koelmachine. Daarnaast daalt de CO₂-uitstoot van de volledige installatie. De regime verhoging brengt hierdoor economische en klimatologische voordelen met zich mee.

Uit de analyse van de bestaande klimaatkasten blijkt echter dat deze niet genoeg vermogen kunnen afleveren bij een hoger koelregime. Hierdoor is het noodzakelijk om deze te vervangen als er met een regime van 20/25°C zou worden gewerkt. Daarnaast is de luchthuishouding in het labo momenteel niet optimaal. De ongecontroleerde luchtstromingen, gaten in de vloer, slecht ingedeelde racks zorgen voor een inefficiënte koeling van het labo en zorgt voor het ontstaan van hotspots.

Er zijn echter nog andere oplossingen die op korte termijn een optimalisatie van de koeling zou kunnen verwezenlijken:

- Het verbeteren van de regeling tussen de dry cooler en koelmachine kan zorgen voor een bijkomende energiebesparing.
- In het labo zou het dichtmaken van de verhoogde vloer zorgen voor een betere verdeling van de koude lucht en kunnen de tegels met luchtdoorvoer gerichter geplaatst worden.
- Het optimaliseren van de rackindeling om koude en warme luchtstromen zoveel mogelijk van elkaar te scheiden.

Uit de economische analyse voor mogelijke nieuwe klimaatkasten blijkt dat:

- Optie 1: klimaatkasten Mitsubishi volgens offerte spie) de meest interessantste is op vlak van terugverdientijd, investeringskosten en onderhoudskosten. Echter zijn de prijzen uit deze offerte verouderd en is hierop een massakorting toegepast ook is deze oplossing niet de meest efficiëntste betreffende het koelvermogen en wordt hier een lagere bedrijfszekerheid bekomen.
- Optie 2: klimaatkasten Stulz volgens offerte Imtech) is niet interessant aangezien de terugverdientijd zeer lang is (17 jaar) door de grote investeringskosten.
- Optie 3: klimaatkasten Mitsubishi volgens Mitsubishi), de investeringskosten en onderhoudskosten liggen iets hoger dan bij optie 1. Echter is deze meer kost verwaarloosbaar in vergelijking met de meerwaarde die de installatie te bieden heeft. Voornamelijk op vlak van efficiëntie en bedrijfszekerheid. Bovendien zijn deze kasten specifiek gedimensioneerd voor deze labo toepassing.

Op basis van alle resultaten kan geconcludeerd worden dat er geen eenzijdige oplossing voor de koelbehoefte in het labo bestaat. Wel zijn er meerdere zaken die relatief eenvoudig toegepast kunnen worden en op korte tijd een oplossing kunnen bieden voor de probleemstelling in het labo. Eerst moet de luchthuishouding en indeling in het labo verbeterd worden. Daarna kunnen de huidige kasten vervangen worden door nieuwe en kan de regime verhoging worden toegepast. Hierbij wordt optie 3 voorgesteld omdat deze het dichtst aansluit bij de gewenste koelbehoefte van het labo.

Tot slot kan besloten worden dat een regime verhoging van de huidige koelinstallatie haalbaar is mits een gerichte investering en technische optimalisatie van de huidige installatie om een toekomstgerichte oplossing te verkrijgen.

9. Literatuurlijst

- CAIROX, A. (sd). Mollier diagram.
- Ember. (2026, Januari 26). *Lifecycle carbon intensity of electricity generation*. Opgehaald van Our world in data: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity?mapSelect=~BEL>
- Grundfos. (sd). *Waarden voor Kv en Kvs*. Opgehaald van Grundfos: <https://www.grundfos.com/be/learn/research-and-insights/kv-and-kvs-values>
- HVAC-ENG. (sd). Opgehaald van havac-eng.com: <https://i1.wp.com/hvac-eng.com/wp-content/uploads/2020/04/Logp-h-diagram-R1234zeE.png>
- Imtech. (2023, Mei 3). 8046910005_Telenet_Gent_raming HVAC_230503.
- KMI. (2025). *Klimatologische overzichten van 2025*. Opgehaald van Meteo.be: <https://www.meteo.be/nl/klimaat/klimaat-van-belgie/klimatologisch-overzicht/2025/jaar#&gid=1&pid=1>
- Spie. (2025, Februari 20). 250220 - Offerte SPIE - HVAC- Telenet Hoboken - nulstaat Capex&Opex.
- Testo. (sd). *Zeer snelle oppervlaktevoeler met verend kruisbandthermo-element*. Opgehaald van Testo.com: <https://www.testo.com/nl-NL/zeer-snelle-oppervlaktevoeler-met-verend-kruisbandthermo-element/p/0602-0393>
- Van Roey, S., & Bertrand, M. (2013). Energie 1 Warmteproductie. In S. Van Roey, & M. Bertrand, *Energie 1 Warmteproductie* (pp. 256-268). Brussel: Electrabel.
- Vlaanderen. (2026, Maart 24). *Inflatie*. Opgehaald van Vlaanderen: <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/financiele-omgeving/inflatie>

10. Bijlagen

Bijlage_01_PID Hydraulisch Koeling
Bijlage_02_Drycooler
Bijlage_03_Koelmachine
Bijlage_04_Huidige klimaatkasten
Bijlage_05_Ventiloconvectoren data lokalen
Bijlage_06_Plafondunits CIAT melody cassette-type-fan-coil-units-euroconfort
Bijlage_07_Warmtebeeldfoto's
Bijlage_08_Overzicht lucht temperatuur metingen
Bijlage_09_Overzicht watertemperatuur metingen
Bijlage_10_TA-kranen
Bijlage_11_Gemiddelde dagtemperatuur
Bijlage_12_Optie 1 klimaatkasten Mitsubishi
Bijlage_13_Optie 2 klimaatkasten Stulz
Bijlage_14_Optie 3 klimaatkasten Mitsubishi
Bijlage_15_Leiding diameters
Bijlage_16_Offerte AirPlus Energy Solutions noodkoeling
Bijlage_17_Terugverdientijd en energiewinsten



CONTACT

Rani Op de Beeck | Student
R0981949@student.thomasmore.be

VOLG ONS

www.thomasmore.be
fb.com/ThomasMoreBE
#WeAreMore

THOMAS
MORE