

HVAC-studie en automatisering kantoorgebouw

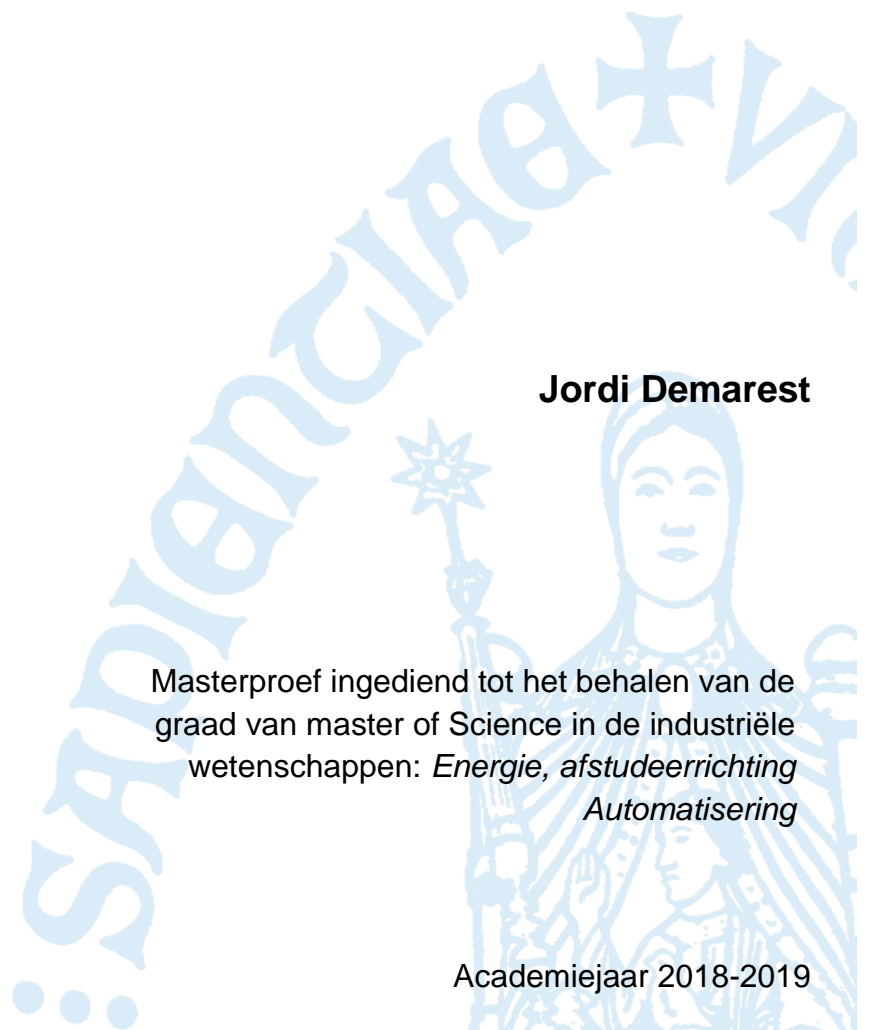
Jordi Demarest

Promotor(en): I. Vervenne

Co-promotor(en): S. Tytgat

Masterproef ingediend tot het behalen van de
graad van master of Science in de industriële
wetenschappen: *Energie, afstudeerrichting
Automatisering*

Academiejaar 2018-2019



© Copyright KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotor(en) als de auteur(s) is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen i.v.m. het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, kan u zich richten tot KU Leuven Campus Brugge, Spoorwegstraat 12, B-8200 Brugge, +32 50 66 48 00 of via e-mail iiw.brugge@kuleuven.be.

Voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotor(en) is eveneens vereist voor het aanwenden van de in deze masterproef beschreven (originele) methoden, producten, schakelingen en programma's voor industrieel of commercieel nut en voor de inzending van deze publicatie ter deelname aan wetenschappelijke prijzen of wedstrijden.

Voorwoord

In dit dankwoord zou ik graag enkele mensen willen bedanken die hebben geholpen bij de totstandkoming van deze thesis.

In de eerste plaats wil ik mijn interne promotor mevr. Isabelle Vervenne bedanken. Zij gaf mij steeds de ruimte om zelf aan de slag te gaan, maar stond altijd paraat bij problemen.

In de tweede plaats wil ik mijn externe promotor dhr. Sam Tytgat en zijn echtgenote mevr. Lien Defour van het bedrijf DTplan bedanken. Zij boden mij de kans aan om deze interessante thesis te maken. Hun expertise in het vak en briljante feedback stimuleerden mij dan ook om dit project succesvol te kunnen afronden

Daarnaast zou ik graag de werknemers van DTplan willen bedanken. Zij zorgden steeds voor een goede ondersteuning en hielpen mij waar nodig. Het is een zeer hecht team en dat werd ook geapprecieerd tijdens het maken van deze masterproef.

Eveneens wil ik ook graag mijn vriendin Laura De Baene bedanken voor haar ondersteuning bij het schrijven van deze scriptie.

Als laatste zou ik graag mijn ouders willen bedanken voor hun mentale en financiële steun tijdens mijn opleiding.

Samenvatting

DTplan BVBA heeft onlangs een nieuw kantoor gebouwd en heeft dit gebouw voorzien van de allerlaatste technieken en snufjes. Zo is het gebouw voorzien van een veelvoud aan PLC's van verschillende merken en bussystemen. Op deze manier kan DTplan als systeemintegrator aantonen hoe veelzijdig het bedrijf is. Ze gaan geen enkele uitdaging uit de weg en kunnen met elk toestel communicatie opstellen. In de huidige wereld van IOT en Industry 4.0 is deze vaardigheid een must voor elk bedrijf. Daarom wou de bedrijfsleider dan ook inspelen op deze nood en in het eigen kantoorgebouw tonen wat het bedrijf allemaal kan bieden.

In deze thesis wordt eerst beschreven hoe het gebouw er bij aanvang van het project uitzag en welke regelsystemen er allemaal aanwezig zijn. Tijdens deze masterproef werden een aantal zaken, gaande van het besturen van een luchtgroep tot het intelligent maken van de sturing op basis van weersvoorspellingen, gewijzigd met de bedoeling de veelzijdigheid van de systemen aan te tonen en waar mogelijk, energie-efficiëntere keuzes te maken. Deze masterproef focust zich vooral op drie cases, optimalisatie van de ventilatie, efficiëntieverhoging van de verwarming/koeling en integratie van weersvoorspelling in de regelingen.

In de eerste case wordt uitgelegd wat er allemaal beschikbaar is aan componenten voor het ventileren van het gebouw. Er wordt besproken hoe deze componenten werken en hoe ze te bedienen zijn. Uiteindelijk wordt er dan uitgelegd hoe deze samen werken om één geheel te vormen: van onderzoek van de instellingen van de luchtgroep tot het bedienen van een VAV om een ruimte specifiek te gaan ventileren.

In de tweede case komt de verwarming/koeling aan bod. Hier wordt eveneens uitgelegd wat er allemaal beschikbaar is en hoe deze componenten te bedienen zijn. Ook het gedrag van iedere component wordt uitgebreid besproken en de gevolgen van dit typische gedrag voor de regeling in het gebouw. Het gaat hier immers om componenten die een sterk weersafhankelijk rendement hebben en dat vraagt een aangepaste sturing. Ook het verschil tussen het klimatiseren van een gedateerd gebouw ten opzichte van dit zeer goed geïsoleerde kantoorgebouw komt hier aan bod.

In de laatste case wordt de integratie van weersvoorspellingen uitgelegd. Deze case is wellicht de meest interessante aangezien dit het kantoor van DTplan omvormt tot een vooruitstrevend en slim gebouw. Hier wordt uitgelegd hoe een internetconnectie het gebouw kan omvormen tot een zelf redenerend toestel dat zijn verbruikers op de meest ideale momenten aanspreekt. Het toont aan hoe het gebouw zich kan aanpassen aan de natuurlijke verschijnselen zodat er een nog strakker energiebeheer gerealiseerd kan worden.

De nadruk in deze thesis ligt op het regelingsprincipe en de mogelijke gevolgen. Het stuurprogramma zelf wordt in deze thesis niet vrijgegeven, maar de achterliggende logica wordt duidelijk beschreven. Er is bewust voor deze tactiek gekozen vanuit het merk neutrale standpunt van DTplan. Elk PLC-merk heeft zo zijn eigen twist op het programmeren van de sturing, daarom heeft het vaak geen zin om tot in detail te beschrijven hoe men de code schrijft of downloadt in het toestel. Het is van groter belang de achterliggende betekenis van deze handelingen te kennen om zo gemakkelijk te kunnen aanpassen aan de verschillende merken.

Abstract

The DTplan company has recently build a new office and has provided it with the latest state of the art technologies and gadgets. The building is equipped with a multitude of PLC brands and bus topologies. It's by this means that DTplan can really show what kind of versatility the company can provide. They do not shy away from any challenge and are able to communicate with almost every device available on the market. In the current day and age of IOT and Industry 4.0 this skill is a must for every company. That's why the company director wanted to respond to this need and show what his company has to offer.

This thesis first describes what the building looked like at the start of the project and which control systems are all present. During this Master's thesis a number of issues, ranging from controlling an air handling unit to writing an intelligent program based on weather forecasts, were modified with the purpose of demonstrating the versatility of these systems and where possible making more energy efficient choices. This master thesis focusses on three cases, optimization of ventilation, increasing the efficiency of heating/cooling and integration of weather forecasts into the system.

The first case explains all the components available for ventilating the building. It discusses how these components work and how to operate them. Finally, it is explained how they work together to form a single entity: from research into the settings of the air group to operating a VAV to ventilate one room in particular.

In the second case the heating/cooling is discussed. It also explains what is available and how to operate these components. The behaviour of each component is also discussed in detail and the consequences of this typical behaviour for the control in the building. After all, these are components that have a strong weather-dependent efficiency, which requires appropriate control. The difference between the air-conditioning of an outdated building and this very well insulated office building is also discussed here.

In the last case, the integration of weather forecasts is explained. This case is probably the most interesting as it transforms the DTplan office into a progressive and smart building. It explains how an internet connection can transform the building into a self-thinking device that appeals to its consumers at the most ideal moments. It shows how the building can adapt to natural phenomena so that even stricter energy management can be achieved.

The emphasis in this thesis is on the regulation principle and the possible consequences. The program itself is not released in this thesis, but the underlying logic is clearly described. This tactic has been deliberately chosen from DTplan's brand-neutral point of view. Each PLC brand has its own twist on writing the program, so it often makes no sense to describe in detail how to write or download the code into the device. It is more important to know the meaning of these actions in order to be able to easily adapt to the different brands.

Keywords: HVAC, weather forecasting, optimization, climatization, automation

INHOUD

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Abstract	iii
Verklarende woordenlijst	vi
Figuren	ix
1 Inleiding	1
2 situering bedrijf	2
3 Doel	5
4 gebruikte toestellen	6
4.1 <i>Verwarming / koeling</i>	6
4.1.1 Gascondensatieketel.....	6
4.1.2 Warmtepomp	10
4.1.3 Fotothermische panelen.....	13
4.1.4 Bivalente warmwaterboiler	15
4.1.5 Warmwaterbuffer	16
4.1.6 Koudwaterbuffer.....	16
4.2 <i>Ventilatie</i>	16
4.2.1 Luchtgroep.....	17
4.2.2 Koel/warmbatterij	18
4.3 <i>Sensoren</i>	19
4.3.1 Calorimeter	19
4.3.2 Dompelvoeler.....	19
4.3.3 Ruimtevoeler.....	19
4.3.4 CO ₂ -sensoren	20
4.3.5 Elektrische tellers	20
4.3.6 Waterteller	21
4.3.7 Gasteller	21
4.4 <i>Sturingen</i>	22
4.4.1 Beckhoff.....	22
4.4.2 Siemens.....	23
4.4.3 WAGO	23

4.4.4	GIRA	24
4.4.5	SAIA	25
4.4.6	Vitogate.....	25
4.4.7	Wiser for KNX	26
5	gebruikte technologie	28
5.1	<i>Bussystemen</i>	28
5.1.1	Overzicht.....	29
5.1.2	BACnet	29
5.1.3	DALI.....	32
5.1.4	Modbus	32
5.1.5	Mbus	32
5.1.6	EtherCAT	32
5.1.7	KNX	32
5.1.8	Viessmann LON.....	33
6	Beschrijving grondplan	34
7	Hydraulisch schema	38
8	De realisatie	40
8.1	<i>CASE 1: Ventilatie</i>	40
8.2	<i>CASE 2: Verwarming/koeling</i>	44
8.3	<i>CASE 3: weersvoorspelling</i>	49
9	Besluit.....	52
10	Bibliografie	55
	Bijlagen	59
Bijlage A	Hydraulisch schema DTplan kantoorgebouw	A.1
Bijlage B	Hydraulisch schema DTplan kantoorgebouw (detail).....	B.1
Bijlage C	Werkingsbeschrijving DTplan kantoorgebouw.....	C.1

Verklarende woordenlijst

Afsluitweerstand	Een weerstand die wordt gebruikt om een transmissielijn met de karakteristieke impedantie af te sluiten. Met deze afsluiting wordt getracht de reflecties van het signaal te minimaliseren.
API	Een application programming interface (API) is een verzameling definities op basis waarvan een computerprogramma kan communiceren met een ander programma of onderdeel (meestal in de vorm van bibliotheken). Vaak vormen API's de scheiding tussen verschillende lagen van abstractie, zodat applicaties op een hoog niveau van abstractie kunnen werken en het minder abstracte werk uitbesteden aan andere programma's. Hierdoor hoeft bijvoorbeeld een tekenprogramma niet te weten hoe het de printer moet aansturen, maar roept het daarvoor een gespecialiseerd stuk software aan in een bibliotheek, via een afdruk-API.
BMS	Building management system
Bordenbouw	Het bouwen van elektrische borden en kasten.
CAV	Constant lucht-debiet ventiel
CO₂	Koolstofdioxide, ook kooldioxide of koolzuurgas genoemd, is een anorganische verbinding van koolstof en zuurstof, met als brutoformule CO ₂ .
COAX	Bekabelingstype vergelijkbaar met een antennekabel: koperen kern met bescherming en een mantel.
COP	COP (Coëfficiënt Of Performance) is een prestatiecoëfficiënt dat dient om het rendement van een warmtepomp uit te drukken bij een bepaalde condensatie en verdampingstemperatuur. De COP is de verhouding tussen de geleverde energie (afgegeven warmte) en de gebruikte energie (meestal elektriciteit). Met een COP gelijk aan 4 zal een warmtepomp per verbruikte kWh elektriciteit 4 kWh warmte afgeven.
Dauwpunt	Het dauwpunt is de temperatuur waarbij de lucht met waterdamp verzadigd is, zodat er wolkenvorming of dauwvorming optreedt zodra de temperatuur bij gelijkblijvende dampdruk daalt.
Draadloze datacaptatie	Het draadloos verzamelen van data.
EMS	Energy management system
Extractie	Afzuigkanaal
FBD (function block diagram)	Function block diagram (FBD) is een grafische taal voor het ontwerp van een programmeerbare logische controller, die de functie tussen ingangs- en uitgangsvariabelen kan beschrijven. Een functie wordt beschreven als een set elementaire blokken. Ingangs- en uitgangsvariabelen worden via verbindinglijnen met blokken verbonden.

Gateway	Een gateway is een apparaat dat zorgt voor de vertaling en daarmee ook voor de verbinding van twee incompatibele netwerken.
Glasvezel	Glasvezel, ook fibre (Brits-Engels) of fiber (Amerikaans-Engels) genoemd, is een haarfijne vezel van glas. Glasvezel wordt onder meer toegepast als optische vezel in telecommunicatie, waarbij licht wordt gestuurd door lange vezels van optisch zeer helder glas om signalen betrouwbaar over grote afstanden te vervoeren.
GSC	Groene-stroom-certificaat
HVAC	HVAC is de Engelse afkorting van heating (verwarming), ventilation (ventilatie) en air conditioning (airconditioning of koeling), drie deelgebieden van huiscomfort.
Hysteresis	Hysterese of hysteresis (Grieks: 'het achterblijven') is het verschijnsel dat het verband tussen oorzaak en gevolg niet alleen afhangt van de grootte van de oorzaak, maar ook van de richting waarin de oorzaak verandert.
LAN-netwerk	Een local area network (lokaal gebiedsnetwerk), afgekort LAN, is een netwerk dat computers en andere toestellen die zich in een lokaal beperkt gebied bevinden, met elkaar verbindt zodanig dat deze met elkaar kunnen communiceren.
LPWAN	Een low power wide-area network (LPWAN) of low power wide-area (LPWA) netwerk of low power netwerk (LPN) is een soort draadloos telecommunicatie wide area netwerk dat ontworpen is om langeafstandscommunicatie met een lage bitsnelheid mogelijk te maken tussen dingen (aangesloten objecten), zoals sensoren die op een batterij werken.
Luchtgordijn	Een luchtgordijn is een verwarmingssysteem dat deuren, poorten en ingangen beschermt tegen de inkomende koude lucht.
Luchtgroep	Luchtgroepen zijn te vergelijken met systeem D of balansventilatie, maar dan voor grote projecten zoals ziekenhuizen, rusthuizen, scholen, enz.
ppm	Parts per million
Pulsie	Inblaaskanaal
SCADA	Afkorting van Supervisory Control And Data Acquisition, is het verzamelen, doorsturen, verwerken en visualiseren van meet- en regelsignalen van verschillende machines in grote industriële systemen.
SQL	SQL (Structured Query Language) is een ANSI/ISO-standaardtaal voor een relationeel databasemanagementsysteem (DBMS). Het is een gestandaardiseerde taal die gebruikt kan worden voor taken zoals het bevragen en het aanpassen van gegevens in een relationele database.
ST (structured text)	Eén van de vijf talen die worden ondersteund door de IEC 61131-3-standaard, ontworpen voor programmeerbare logische controllers (PLC's). Het is een taal op hoog niveau

	die blokgestructureerd is en syntactisch lijkt op Pascal, waarop het is gebaseerd.
STP	Shielded twisted pair, vorm kabel om interferentie tegen te gaan.
SWW	Sanitair warm water
Thermische inertie	Thermische traagheid, het vertraagd opwarmen of afkoelen van een massieve stof of gebouw.
VAV	Variabel luchtdebiet ventiel
VOC	Volatile organic compounds

Figuren

Figuur 1: Logo DTplan [1].....	2
Figuur 2: De 4 pijlers van DTplan [1]	2
Figuur 3: 3D voorstelling van de nieuwbouw van DTplan [1]	3
Figuur 4: Het verschil tussen calorische bovenste stookwaarde (CBW) en calorische onderste stookwaarde (COW) bij standaardketels versus condensatieketels [6]	7
Figuur 5: Verbrandingsefficiëntie in functie van de stooktemperatuur [45]	8
Figuur 6: Viessmann Vitodens 200-W gascondensatieketel met beelden van de Vitotronic sturing [8]	9
Figuur 7: Schematische weergave van de werking van een warmtepomp [9].....	11
Figuur 8: Buitenunit Vitocal 200-s [10].....	12
Figuur 9: Binnenunit Vitocal 200-s [10].....	12
Figuur 10: De opbouw van een vlakke plaat collector [12]	14
Figuur 11: Vitosol 200-FM paneel [13].....	15
Figuur 12: De bivalente boiler [44].....	15
Figuur 13: Buffervat om thermische energie op te slaan [45]	16
Figuur 14: Overzicht van de 4 verschillende ventilatiesystemen [14]	16
Figuur 15: De luchtgroep (rechts) en zijn technische tekening (links) [15]	17
Figuur 16: Koel/warmbatterij van de luchtgroep [40]	18
Figuur 17: Calorimeter [47].....	19
Figuur 18: CO ₂ -sensor [49]	20
Figuur 19: Elektrische teller [46].....	20
Figuur 20: Waterteller [48]	21
Figuur 21: Beckhoff CX5120 PLC (links) en Beckhoff EK1100 PLC-eiland (rechts) [16]	22
Figuur 22: Siemens Desigo DDC regelaar [17].....	23
Figuur 23: WAGO 750-8202 PLC [18].....	24
Figuur 24: Deurcommunicatiezuil (links) [19] en IP-gateway (rechts) [20] van GIRA	24
Figuur 25: De SAIA room panel (links) [21] en de room controller (rechts) [21]	25
Figuur 26: Vitogate 300 van Viessmann [50]	25
Figuur 27: De wisefor KNX module [21].....	26
Figuur 28: Trending met de visualisatie van de Wisefor [22].....	26
Figuur 29: Bediening van de verluchting met de visualisatie van de Wisefor [22].....	27
Figuur 30: Foto van een deel van de elektrische kast met benaming van de onderdelen [22] ...	27
Figuur 31: BACnet [42].....	29
Figuur 32: Het kantoorgebouw van DTplan (links) en de privé (rechts)	34
Figuur 33: Grondplan gelijkvloers, linkerdeel is DTplan, rechterdeel is privé [35]	35
Figuur 34: Grondplan eerste verdiep, linkerdeel is DTplan, rechterdeel is privé [35]	36
Figuur 35: De luchtgroep (linksboven), de technische ruimte in het atelier met de warmtepomp (rechtsboven) en het warm en koud buffervat (linksonder) en de vergaderzaal (rechtsonder).....	37
Figuur 36: Dak DTplan, met rechts de fothermische panelen en buitenunit van de warmtepomp [35].....	38
Figuur 37: De verschillende cases van de masterproef [36].....	40
Figuur 38: Overzicht van het ventilatiesysteem [51]	41
Figuur 39: Innodemper [53]	42
Figuur 40: CAV's die gebruikt zijn op het uiteinde van de kanalen [52]	42
Figuur 41: Installatieoverzicht van de extractiekant (links), extractieventiel (midden) en pulsieventiel (rechts) [38]	43
Figuur 42: Voorbeeld van een Siemens Desigo programma	49
Figuur 43: Tekening van de TL-armaturen in de landscape [1].....	51

Figuur 44: Temperatuur in de landscape op 16/05/2019 53
Figuur 45: Voorbeeld van wat mogelijk is op het gebied van datavisualisatie met Grafana [39] 54

1 INLEIDING

In de huidige wereld van IOT en Industry 4.0 staat alles in het teken van communicatie. De kleinste dingen krijgen toegang tot het internet en IOT maakt het mogelijk om deze data te capteren en dan ook verder te gebruiken. Dat is bij deze masterthesis dan ook het hoofddoel.

DTplan is sinds kort verhuisd naar een nieuw gebouw. De firma heeft zich dan ook bij aanvang van het project volledig uitgeleefd en het gebouw voorzien van alle nieuwste technologieën en snufjes. Daar kon de huidige filosofie van Industry 4.0 uiteraard niet aan ontbreken. Het gebouw is voorzien van een veelvoud aan PLC's, warmte-opwekkers, sensoren en actuatoren. Gaande van bussystemen zoals BACnet tot het KNX protocol. Het combineren van al deze objecten en bussystemen is op zich al een uitdaging. Daarom heeft de bedrijfsleider bij intrede van het gebouw dan ook besloten om dit als masterproef beschikbaar te stellen. Niet alleen de veelzijdigheid van zo'n project, maar ook de creatieve input zijn een stimulans voor iedere masterstudent. Daarom ben ik deze uitdaging dan ook met veel enthousiasme aangegaan.

Om te kunnen starten met deze opdracht is er eerst en vooral veel tijd gekropen in het bestuderen van de verschillende toestellen. Doordat het gebouw beschikt over een veelvoud aan verschillende merken en systemen dient men echter veel voorkennis te hebben van het vak. Daarom wordt in het eerste deel van deze thesis gefocust op het verwerven van deze theoretische kennis. Er wordt afhankelijk van het onderwerp uitgebreid uitgelegd waar het object van pas komt en hoe deze gebruikt zal worden. Ook de verschillende bussystemen worden kort overlopen om toch een zekere basiskennis te hebben vooraleer het project gestart wordt.

Wat ook belangrijk is vooraleer men dergelijk project kan begrijpen is de situatieschets. Daarvoor wordt doorverwezen naar hoofdstuk 6 Beschrijving grondplan en hoofdstuk 7 Hydraulisch schema. Hierin kan de lezer meer te weten komen over hoe de situatie bij DTplan eruit ziet. Het is enkel en alleen wanneer men weet hoe alle componenten functioneren dat de installatie verbeterd kan worden. Ook de uitbreiding tot het intelligent maken van de sturing is dankzij deze voorkennis mogelijk.

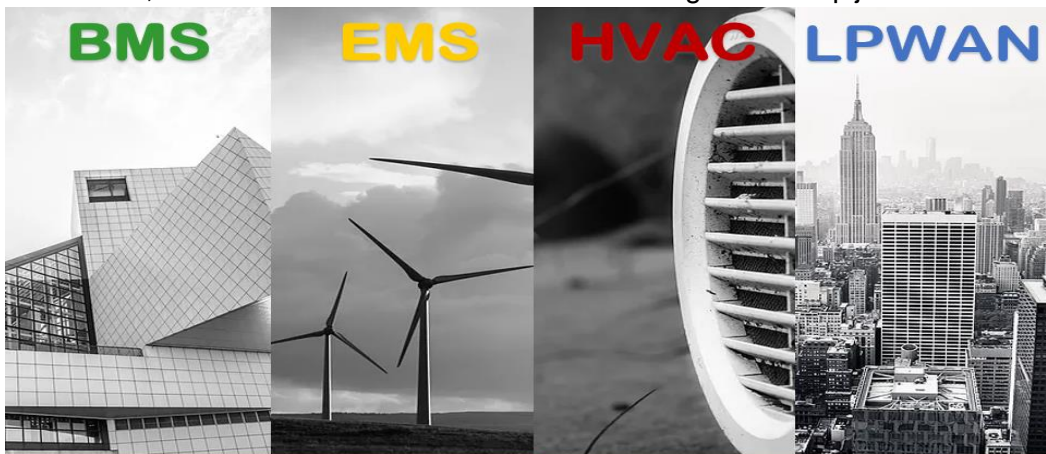
Ten slotte komt men tot de drie cases waar deze thesis op inwerkt. Hier wordt volop beschreven wat er aan de installatie aangepast geweest is en waarom deze aanpassing nodig was.

2 SITUERING BEDRIJF

DTplan is een relatief jong bedrijf met zo'n 10 jaar ervaring in systeem integratie, "smart metering" en optimalisatie van energieverbruik. Het bedrijf telt op dit moment een twaalfstal werknemers, maar dat getal is continu groeiend. Het is een bedrijf met een groot groeipotentieel en dat is niet verwonderlijk. De sector waarin DTplan fungeert is een dynamische sector met groot potentieel voor de toekomst.

Dan rijst natuurlijk de vraag: "Wat doet DTplan nu precies?". Het antwoord op deze vraag is echter niet zo simpel als de vraag zelf. DTplan doet zeer veel, maar laat ook bepaalde dingen over aan andere bedrijven. Een klein voorbeeld kan hier wat duidelijkheid in scheppen. Een klant wil bijvoorbeeld in een nieuw kantoorgebouw investeren. Daarvoor zal die klant enkele bedrijven contacteren zoals: een ruwbouwbedrijf, elektrisch installateur, sanitair installateur, HVAC installateur, ... DTplan kan hiervoor ook ingeschakeld worden door de klant, maar meestal gebeurt dit in onder-aanneming van de bedrijven die hier opgesomd staan. In dit specifieke voorbeeld kan de HVAC installateur bijvoorbeeld DTplan contacteren om een plan op te stellen van hoe de installatie eruit moet zien. De rol van DTplan zal dan zijn om het aantal en de plaats van de sensoren te specificeren, de sturing te bepalen en deze te programmeren, het elektrisch bord voor de HVAC installatie uit te tekenen en te bouwen en dergelijke zaken. Merk op dat DTplan dus zelf geen buizen zal leggen of andere primaire werkzaamheden.

Kortom kan men DTplan omschrijven als volgt: DTplan is een merkonafhankelijk programmeur binnen gebouwenmanagement, energiemanagement, sturingen van klimaat en draadloze datacaptatie. Hun service bestaat uit een studie van het systeem, project-opvolging, onderhoud, bordenbouw en SCADA van de voorgaande 4 pijlers waarin ze actief zijn.



Figuur 2: De 4 pijlers van DTplan [1]



Figuur 1: Logo DTplan [1]

Laten we kort nog even deze 4 pijlers overlopen.

- BMS

Staat voor building management system of gebouwbeheersysteem (GBS). Het wordt gebruikt om de elektrische installaties aanwezig in het gebouw centraal te kunnen bedienen. Maar ook de regeling van het systeem komt hier aan bod. Het voordeel van een dergelijk systeem is dat het centraal te bedienen is en data gemakkelijk toegankelijk is. Zo kan men data ook bijhouden en verwerken om de installatie nog te verbeteren op het gebied van energieverbruik. Voorbeelden van wat in dergelijk BMS aan bod komt zijn: registratiesystemen, klimaatinstallaties, brandmeldingsinstallaties, blusinstallaties, inbraakbeveiliging, zonnewering, ... [2]

- EMS

Staat voor energy management system of energiebeheersysteem (EBS). Aan de hand van een EMS wordt binnen een gebouw het verbruik geregistreerd en gemonitord. Dit kan gaan over allerhande verbruik zoals gas, water en elektriciteit. Daarnaast kan een EMS ook de apparaten zelf aansturen. Bijvoorbeeld met aanwezigheidsdetectoren de lichtsturing aansturen. Naast de sturing kunnen ook trendingen voorzien worden. Zo kan men het verbruik beter voorstellen en verder anticiperen op besparing. [3]

- HVAC

Staat voor heating ventilation and air conditioning of verwarming ventilatie en luchtconditionering. Een HVAC systeem is zowat in elk gebouw aanwezig. De reikwijdte is immers zeer divers. Gaande van een traditioneel verwarmingssysteem met één gasbrander en diverse radiatoren tot een gigantisch complex van verschillende verwarmingstechnieken, luchtgroepen, ventilatieroosters, luchtgordijnen, et cetera. Het spreekt voor zich dat BMS, EMS en HVAC in elkaar vloeien en elkaar helpen om een beter rendement te halen.

- LPWAN

Staat voor low power wide area network of netwerken met grote reikwijdte maar laag energieverbruik. Aan de hand van deze netwerken kunnen sensoren geplaatst worden die communiceren met een centrale eenheid. Zo hoeft men niet overal kabels te trekken naar oneindig veel plaatsen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een stad waar men het energieverbruik van de openbare gebouwen wil monitoren. Het zou veel geld en tijd kosten om overal kabels te trekken doorheen de stad om iedere sensor te kunnen uitlezen. Daarom worden draadloze netwerken gebruikt zoals LPWAN. Het stelt de gebruiker in staat grote oppervlakten te voorzien van sensoren en deze te monitoren.

Aangezien DTplan nog een relatief jong bedrijf is, is het niet vreemd dat het bedrijf zich nog niet definitief op één locatie gevestigd heeft. Echter heeft DTplan enige tijd geleden de beslissing genomen om sterk uit te breiden. Daarom zijn ze per direct ook naar een andere locatie op zoek gegaan. De nieuwe locatie bestond uit een oude loft en wat grond errond. Na grondige studie bleek het interessanter om het oude gebouw te vervangen door een splinternieuw en



Figuur 3: 3D voorstelling van de nieuwbouw van DTplan [1]

hoogtechnologische site. Mede doordat DTplan de technische kennis in huis heeft, maar alsook de commerciële waarde van een supermoderne uitrusting hebben geleid tot de beslissing om het gebouw van alle mogelijke technologische snufjes te voorzien. Zo werd er geopteerd om het gebouw van diverse soorten sensoren en actoren te voorzien. Voor een industriële applicatie zou dit zelfs al wat overgedimensioneerd zijn, maar aangezien DTplan zijn technieken in de schijnwerpers wil plaatsen, is dit een unieke gelegenheid.

Het gebouw is van onder tot boven voorzien van sensoren gaande van elektrische tellers tot calorimeters, van lux meters tot aanwezigheidsdetectie, van temperatuursensoren tot druksensoren enzovoort. Naast de vele sensoren is ook sprake van een veelvoud aan sturingen. Een overzicht van deze sturingen komt in deze masterthesis aan bod, met een uitgebreide omschrijving van wat hun functie precies inhoudt. Door deze talloze sensoren, sturingen en actoren is het de unieke kans om van dit gebouw een rolmodel op het gebied van energiemonitoring, -verbruik en -gebruik te maken.

3 DOEL

Het doel van deze thesis “optimaliseer de HVAC installatie en automatiseer het kantoorgebouw” lijkt op het eerste zicht eenvoudig, toch als men zich beperkt tot een theoretische bespreking van de mogelijkheden. Bij de praktische uitvoering komt uiteraard wat meer kijken. Zodoende gaat het eerst en vooral over het operationeel krijgen van het volledige systeem om daarna het systeem te bestuderen en dit verder te optimaliseren.

De warmteproductie dient volledig operationeel gemaakt te worden. Bij aanvang van het bedrijfscontact waren de gasketel, warmtepomp en solar installatie of zonnecollectoren wel geïnstalleerd, maar waren deze nog niet bedienbaar. Daarom dienen deze toestellen eerst en vooral grondig bestudeerd te worden om daarna de instellingen aan te passen en waar nodig parameters toe te voegen of aan te passen. De installatie werkt op BACnet en wordt bediend vanuit de Beckhoff PLC.

Wanneer de warmteproductie in orde is kan men overgaan op de warmte-afname. Dit betreft de radiatorkringen, vloerverwarming, batterij van de luchtgroep, buffervat SWW, buffervat lage temperatuur en buffervat ijswater. Dergelijke systemen worden aangestuurd door middel van pompen en kraanwerk. Zo krijgt iedere ruimte/warmte-afnemer een eigen sturing.

Maar HVAC bestaat uit meer dan enkel en alleen de verwarming en koeling. Luchtverplaatsing is hier immers ook een grote factor. Zo is het ook de bedoeling de bestaande luchtgroep, die wederom via BACnet bediend wordt, volledig in eigen beheer te nemen. Dat wil zeggen dat de eigen intelligentie van de luchtgroep niet langer gebruikt wordt. Deze wordt hierdoor een simpele actuator waardoor de complexe berekeningen steeds in de PLC uitgevoerd worden.

Wanneer deze individuele componenten allemaal te bedienen zijn en een afzonderlijke sturing hebben, kan men overgaan tot de hoofdzaak van deze thesis, namelijk het integreren van al deze subsystemen tot één grote structuur, waar er rekening gehouden wordt met andere individuele componenten zodat de sturing steeds een rationele keuze maakt met een zo laag mogelijke energieconsumptie in het achterhoofd.

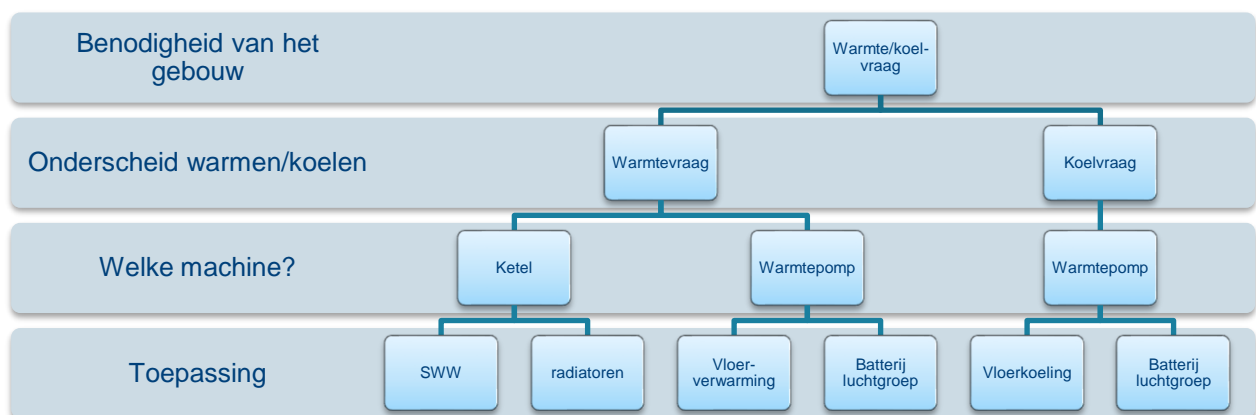
Nadat het systeem volledig op punt staat kan men overgaan tot optimalisatie. Dit gebeurt aan de hand van het datalogging systeem wat geïntegreerd is bij DTplan. De massale hoeveelheid data die binnenkomt dient hierna nog verwerkt te worden zodat het mogelijk is om het verbruik en dergelijke te visualiseren. Dit is dan ook het laatste onderdeel in het doel van deze masterproef, namelijk een overzichtelijke visualisatie van het systeem met mogelijkheid tot extern bedienen van de geïnstalleerde producten.

4 GEBRUIKTE TOESTELLEN

4.1 Verwarming / koeling

Om het gebouw van warmte te voorzien werden voor aanvang van de masterproef reeds enkele toestellen gekozen. Bij de situering van het DTplan bedrijfsgebouw hield men steeds enkele kerngedachten in het achterhoofd. Eén van deze kerngedachten is energie-optimalisatie. Zo weinig mogelijk energie verbruiken is één van de prioriteiten.

Naast verwarming werd ook koeling in gedachten gehouden. Met een warmtepomp kan men immers naast verwarmen ook koelen. Meer uitleg daarover is terug te vinden bij het desbetreffende onderdeel.



4.1.1 Gascondensatieketel

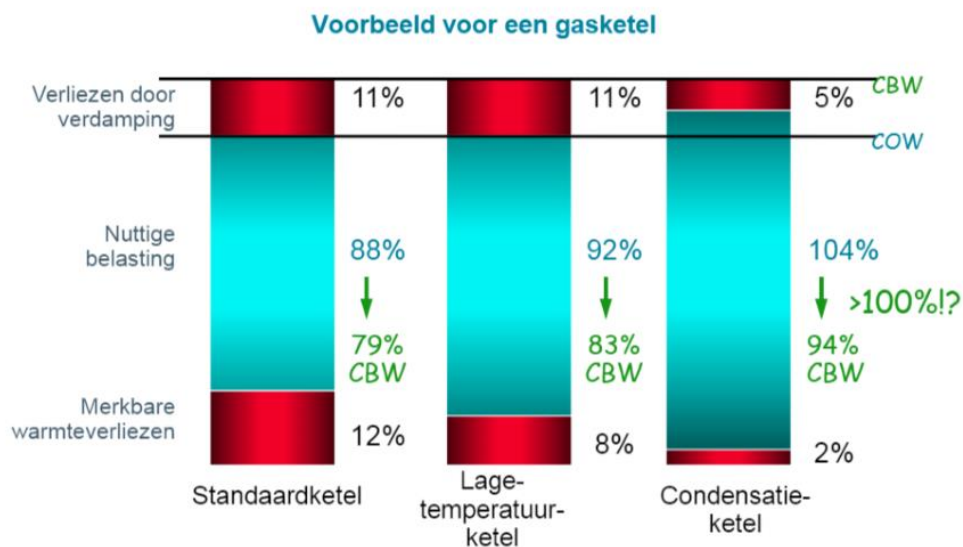
Aangezien DTplan over een gasaansluiting beschikt is het een logische keuze om te opteren voor een gasketel. Gas is immers een milieuvriendelijkere optie dan de andere conventionele manieren zoals stookolie of elektrisch verwarmen. Naast de aansluiting is ook de bestaande techniek van belang. Vandaag de dag is een condensatieketel vaak de norm. Dit soort ketel heeft dan wel een hoger rendement, maar een bijkomend nadeel is dat het onderhoud ingewikkelder wordt. Een extra reden om voor een gas-aansluiting te opteren is dat dergelijke ketels makkelijker te onderhouden zijn dan het alternatief op stookolie.

Een gascondensatieketel zal meer warmte proberen onttrekken dan een gewone gasketel. Hierbij hoort natuurlijk dat er meer oppervlak zal zijn om warmte te onttrekken, maar ook om verontreinigingen op te nemen. Daar komt de gasketel in het voordeel. Het is immers een "schonere" brandstof. Wanneer men aardgas verbrandt, komt er enkel CO₂, H₂O en warmte vrij, afgezien van enkele zeer minieme hoeveelheden reststoffen. Bij de verbranding van mazout komt echter zwavel vrij. Deze substantie heeft als eigenschap corrosief te zijn. Wanneer gebonden met water kan het zwavelzuur vormen. Het gevolg is dus dat een condensatieketel op mazout het zwaarder te verduren heeft en bijgevolg een duurder onderhoud heeft. Daarnaast heeft een gascondensatieketel doorgaans een groter rendement. [4]

Naast verwarming met in hoofdzaak de radiatoren zal de gascondensatieketel ook voorzien in warmte voor de tapwaterinstallatie. Het sanitair warm water zal opgewarmd worden door de gascondensatieketel.

4.1.1.1 Theoretische onderbouwing

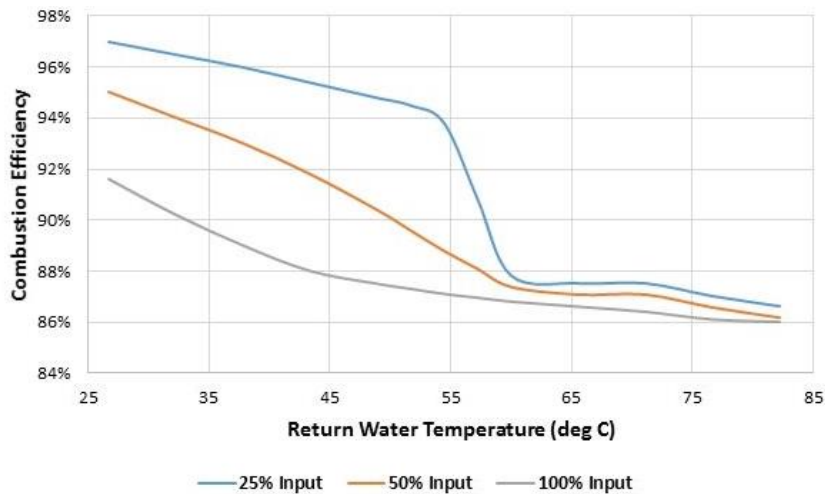
Een gascondensatieketel onderscheidt zich van een gewone ketel op het vlak van rendement. Een gewone ketel haalt zoveel mogelijk warmte uit de ontstoken brandstof, maar er blijven nog steeds rookgassen met een temperatuur tot 250°C. [5] Aangezien men nog zeer veel warmte zou kunnen halen uit deze rookgassen is men overgestapt op de condensatieketel. Deze maakt namelijk gebruik van het verschil tussen onderste en bovenste stookwaarde. Door de uitlaatgassen van de verbranding te laten condenseren kan men namelijk gebruik maken van de latente warmte. Dit is de warmte die nodig is om een substantie van toestand te doen veranderen. Bij de overgang van aggregatietoestand zal de temperatuur gelijk blijven, maar heeft men toch nog energie nodig om de materie van aggregatietoestand te veranderen. Of zoals bij de condensatieketel krijgt men nog thermische energie door het vloeibaar worden van het vrijgekomen water. Want het gas levert nu de warmte op die vrijkomt bij de verbranding maar men verliest geen energie aan het verdampen van het vrijgekomen water. Latente warmte vergt immers veel energie bij het opwarmen van water, maar levert veel energie bij het afkoelen. Dit is dan ook waar de onderste en bovenste stookwaarde op gebaseerd zijn. Voor gewone ketels rekent men met de onderste stookwaarde van een brandstof aangezien men de condensatiewarmte niet benut. Maar voor een condensatieketel gaat men onder deze temperatuursdrempel en bereikt men hogere rendementen. Deze rendementen worden gehaald door rekening te houden met de bovenste stookwaarde.



Figuur 4: Het verschil tussen calorische bovenste stookwaarde (CBW) en calorische onderste stookwaarde (COW) bij standaardketels versus condensatieketels [6]

Door het grote verschil in rendement tussen de condenserende werking en niet-condenserende werking dient men er uiteraard steeds voor te zorgen dat de ketel condenserend werkt. Het verschil is dan ook zeer duidelijk te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Wanneer de condensatieketel een stooktemperatuur van meer dan 60°C bereikt zakt het rendement drastisch. Vooral bij modulerende werking (namelijk 25%) is deze rendementsdaling spectaculair. Daarom wordt de stooktemperatuur steeds dusdanig beperkt dat er een voldoende hoog rendement gehaald wordt. Ook door middel van stookcurves kan

men het rendement bij hogere buitentemperaturen verhogen. Wetende dat een radiator bij vriestemperaturen buiten hogere aanvoertemperaturen nodig heeft om een ruimte voldoende te kunnen verwarmen, dient de ketel over een voldoende hoge aanvoertemperatuur te beschikken. Wanneer men geen stookcurve zou implementeren leidt dit tot een aanvoertemperatuur die over 90% van het jaar veel te hoog ligt. Daardoor zakt het rendement van een ketel aanzienlijk. Wat bij een condensatieketel nog sterkere gevolgen heeft. Een stookcurve zorgt er immers voor dat een ketel een voldoende hoge aanvoertemperatuur heeft bij koude buitentemperaturen, maar een lagere aanvoertemperatuur bij gematigde dagen. Zo kan aanzienlijk veel energie bespaard worden, mede door het extra aantal dagen voor condenserende werking.

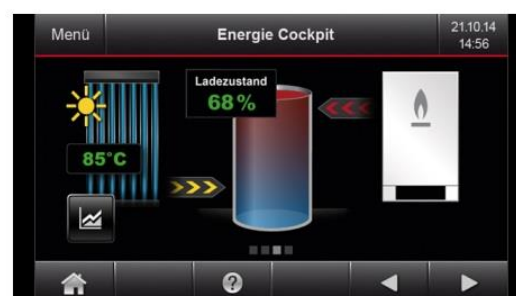


Figuur 5: Verbrandingsefficiëntie in functie van de stooktemperatuur [45]

4.1.1.2 Gekozen ketel

Om aan de reeds aangehaalde punten te kunnen voldoen is gekozen voor de Viessmann Vitodens 200-W gascondensatieketel. De ketel wordt meest toegepast in één- of tweegezinwoningen, flats, nijverheid en nieuwbouw en renovatie. Het nieuwe kantoorgebouw van DTplan valt vanaf nu onder dit rijtje. Hieronder is een kleine samenvatting van de technische aspecten terug te vinden. Merk op dat deze ketel een modulerende werking heeft en dat de stooktemperatuur dus een grote invloed heeft op het verkregen rendement.

Fabrikant:	Viessmann
Product:	Vitodens 200-W B2HB 35 kW
Vermogen:	1,8 tot 35 kW
Tapwater-continuvermogen:	33,5 kW
Rendement:	Tot 98% (Hs) / 109% (Hi)
Brandstof:	Aardgas en vloeibaar gas
Regeling:	Vitotronic 200
Energie-efficiëntieklasse:	A



Figuur 6: Viessmann Vitodens 200-W gascondensatieketel met beelden van de Vitotronic sturing [8]

4.1.2 Warmtepomp

Om het verbruik van fossiele brandstoffen verder terug te dringen, werd ook een warmtepomp geplaatst. Deze gebruikt immers enkel elektriciteit als energiebron om zowel warmte als koude op te wekken. Hoewel elektriciteit ook een zeker vervuילend karakter kan hebben, kan het ook uit hernieuwbare bronnen komen. Door de Belgische energiemarkt te “vergroenen” kan men deze technologie als milieuvriendelijker beschouwen.

Het grote voordeel van een warmtepomp is dat deze met een bepaalde hoeveelheid elektrische energie een veelvoud aan thermische energie zal opwekken. Deze factor noemt men de “COP”, of “Coefficient of performance”. Dat wil zeggen dat wanneer men bijvoorbeeld een COP heeft van 4, dat men dan met een elektrisch verbruik van 1 kWh, 4 kWh kan opwekken aan thermische energie. Dit zorgt ervoor dat de warmtepomp beter te verantwoorden is dan elektrisch resistief verwarmen, waarbij men een vergelijkbare COP zou halen van bijna 1.

4.1.2.1 Theoretische onderbouwing

Een warmtepomp is een apparaat dat warmte kan opwekken door middel van een compressor. Ze zijn vooral geschikt voor matige klimaten zoals in België. Aangezien het een systeem is dat ook warmte kan onttrekken, is het zowel geschikt voor verwarmen als koelen. Men kan zowel warmte onttrekken aan de buitenunit en die warmte vervolgens afgeven aan de binnenunit, alsook warmte onttrekken aan de binnenunit en afgeven aan de buitenunit. Merk op dat er dus steeds twee units zijn. De ene zal steeds energie onttrekken en de andere terug afgeven. In het geval van DTplan, waar de warmtepomp een lucht-water warmtepomp is, zal de buitenunit warmte onttrekken aan de buitenlucht. In de zomer zal de werking dan omkeren en zal de binnenunit warmte onttrekken en deze warmte afgeven in de buitenunit.

Er zijn verschillende soorten warmtepompen, zoals lucht-water, water-water, lucht-lucht, enzovoort. Maar het principe komt steeds op hetzelfde neer. Daarom gaat deze masterproef niet verder in op de soorten warmtepompen, maar gaat deze dieper in op de werking van de geplaatste warmtepomp. Het is immers niet de bedoeling een goede warmtepomp te selecteren, maar een duidelijk begrip van de werking te krijgen. Zo kan de geplaatste installatie zo optimaal mogelijk geprogrammeerd worden.

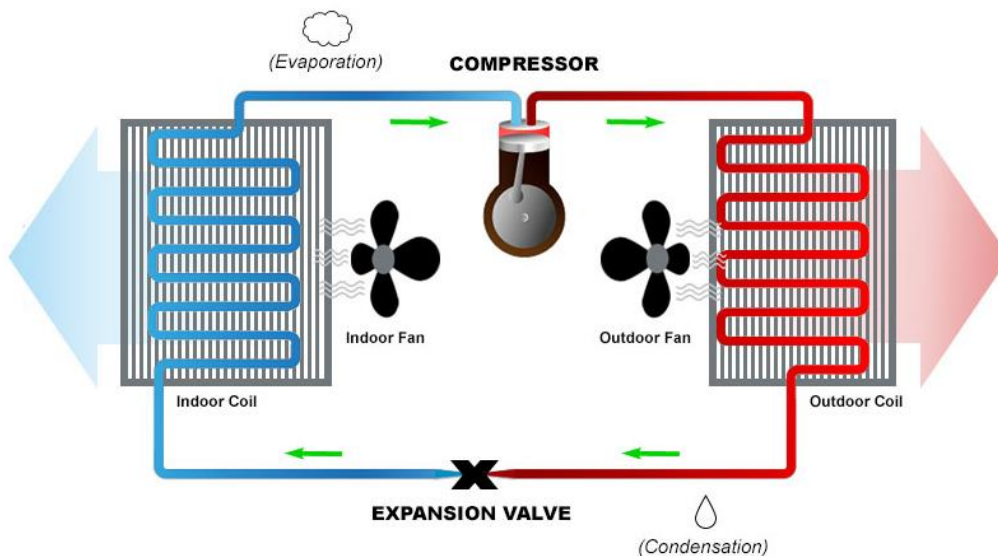
Een warmtepomp bestaat uit 2 grote onderdelen: de binnenunit en de buitenunit. Deze onderdelen kunnen dan nog verder opgesplitst worden in subonderdelen.

- **Buitenunit**
 - o **Warmtewisselaar**
De warmtewisselaar dient als condensor (in koelmodus) of als verdamper (in warmmodus).
 - o **Ventilator**
De ventilator blaast buitenlucht over de warmtewisselaar om de warmte-uitwisseling te bevorderen.
 - o **Compressor**
De compressor zet het koelmiddel onder druk en zorgt voor de circulatie in het systeem.
- **Binnenunit**
 - o **Warmtewisselaar**
De warmtewisselaar dient als condensor (in warmmodus) of als verdamper (in koelmodus).

- **Omkeerklep**
Deze klep zorgt voor het omkeren van de vloeistofstroom. Zo kan het systeem gewisseld worden tussen warmen en koelen.
- **Expansieventiel**
Dit ventiel zorgt voor een belemmering van de vloeistofstroom. Hierdoor komt er een drukval over het ventiel en is de druk na het ventiel een heel stuk lager. Door de lagere druk daalt de temperatuur.

Het volledige systeem wordt gevuld met koelmiddel. Deze vloeistof zorgt voor de warmte uitwisseling tussen de binnen- en buitenunit.

De werking van een warmtepomp bestaat uit 4 stappen. Hieronder wordt kort uitgelegd hoe de warmtepomp koude opwekt.



Figuur 7: Schematische weergave van de werking van een warmtepomp [9]

Stap 1

Het vloeibare koelmiddel (R410A) wordt door het expansieventiel gepompt. Hierdoor wordt het koelmiddel kouder. Dat koelmiddel gaat vervolgens door de warmtewisselaar van de binnenunit en die neemt dan warmte op. Het gevolg is dat er koude afgestaan wordt aan de secundaire stroom van de warmtewisselaar van de binnenunit. Door het opnemen van de warmte zal het koelmiddel terug opwarmen en verdampen.

Stap 2

Het gasvormige koelmiddel komt nu bij de compressor. Deze zal het gas comprimeren waardoor het gas verder opwarmt. Het verhitte gas dient nu terug te worden afgekoeld, daarom wordt het doorgepompt naar de buitenunit.



Stap 3

Wanneer het warme gasvormige koelmiddel door de warmtewisselaar van de buitenunit vloeit zal deze zijn warmte afgeven aan de omgeving. De buitentemperatuur moet immers lager zijn dan de temperatuur van het koelmiddel vooraleer dit proces in werking treedt. Om de warmte-uitwisseling opnieuw te ondersteunen, blaast een ventilator verse buitenlucht over de warmtewisselaar heen. Daardoor koelt het koelmiddel af, waardoor het terug vloeibaar wordt. Het vloeibare koelmiddel wordt nu terug naar de binnenunit gepompt.

Stap 4

De vloeistof vloeit nu terug door het expansieventiel. Wanneer de vloeistof dit ventiel passeert, wordt het debiet afgeremd. Hierdoor ontstaat er een drukval over het ventiel. Vervolgens zal er dus een lagere druk heersen aan de andere zijde van het expansieventiel. Hierdoor zakt de temperatuur van het koelmiddel drastisch. Zo is het koelmiddel terug koud en kan het opnieuw naar de warmtewisselaar van de binnenunit gepompt worden. Zo kan de cyclus terug opnieuw beginnen.

4.1.2.2 Gekozen warmtepomp

<p>Fabrikant: Viessmann Product: Vitocal 200-s AWB-E-AC 201.D10 Unit: Buiten Type: Lucht-water</p>	 <p>Figuur 8: Buitenunit Vitocal 200-s [10]</p>
<p>Fabrikant: Viessmann Product: Vitocal 200-s AWB-E-AC 201.D10 Unit: Binnen Type: Lucht-water Vermogen: 10 kW</p>	 <p>Figuur 9: Binnenunit Vitocal 200-s [10]</p>

4.1.3 Fotothermische panelen

De laatste uit de reeks van warmte-opwekkers is de fotothermische installatie. Deze draagt nog extra bij aan het CO₂-neutraal maken van het kantoor van DTplan. De installatie zorgt door middel van zonne-energie voor een boost in het opwarmen van het SWW op zonnige dagen. Merk op dat dit geen fotovoltaïsche panelen zijn. Dergelijke panelen wekken elektriciteit op in plaats van warmte. Hoewel DTplan ook beschikt over een fotovoltaïsche installatie gaat de focus in dit eindwerk meer over het thermische. De elektrische energie die opgewekt wordt aan de hand van de fotovoltaïsche panelen dekt deels het verbruik van de warmtepomp.

De fotothermische installatie bij DTplan zorgt zoals eerder vermeld voor warm water. Het zal als het ware het sanitair warm water van het kantoor en de privé voorverwarmen vooraleer het door de gascondensatieketel op temperatuur gebracht wordt. De warmte wordt toegevoegd in het systeem door middel van een warmtewisselaar in de bivalente boiler. Meer informatie is terug te vinden in het hoofdstuk 4.1.4 Bivalente warmwaterboiler.

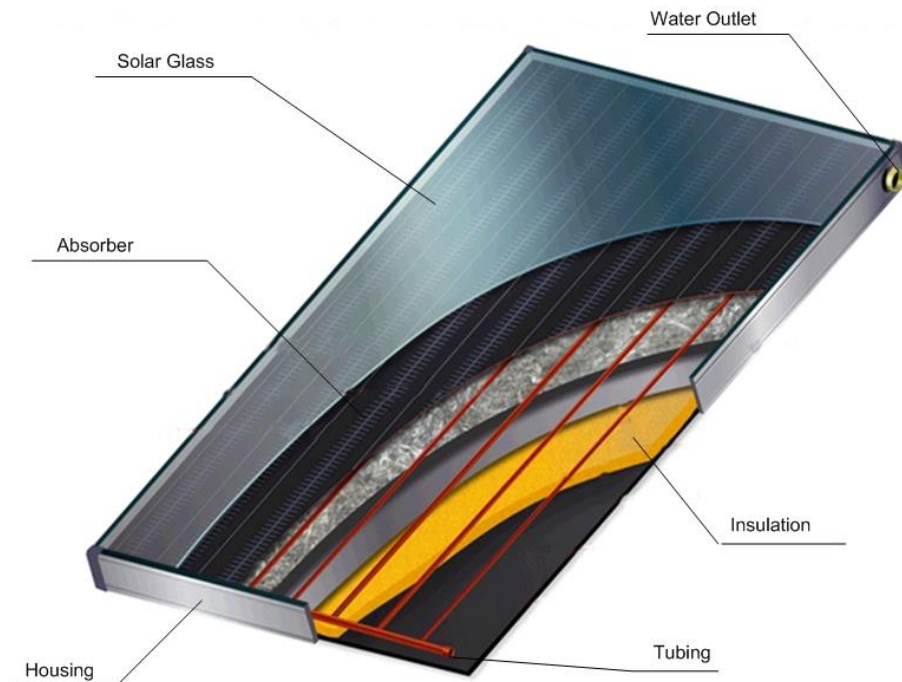
4.1.3.1 Theoretische onderbouwing

Bij het nieuwe kantoorgebouw van DTplan werd gekozen voor vlakke plaat collectoren. Omwille van het feit dat dit eindwerk enkel focust op de optimale regeling van het bestaande systeem en niet op het kiezen van een optimale installatie, wordt hier enkel dit type collectoren besproken. Er bestaan nog types zonnecollectoren, maar dat ligt buiten de scope van deze thesis.

Vlakke plaat collectoren worden gebruikt om zonne-energie te capteren en om te zetten naar thermische energie. Dit is gebaseerd op een eeuwenoude techniek, maar heeft onderweg enkele geavanceerde updates gekregen. Het basisprincipe van deze panelen is dat ze een donkere kleur hebben en daardoor zoveel mogelijk energie capteren. Vervolgens wordt deze energie dan overgezet op een circulatievloeistof.

Evenals het principe is de opbouw van dergelijke panelen zeer simpel. Ze bestaan uit een handvol componenten en zijn eenvoudig te produceren. [11]

- Zwart oppervlak: neemt zoveel mogelijk zonne-energie op.
- Glazen bescherming: zorgt voor bescherming van de elementen en dient ook als isolatielaag om radiatie- en convectieverliezen te voorkomen.
- Buizen: werken als warmtewisselaar om de opgenomen zonnewarmte door te geven aan de vloeistof.
- Onderstel: om de panelen gemakkelijk te kunnen monteren op een dak.
- Isolatie: om de verdere warmteverliezen te beperken.



Figuur 10: De opbouw van een vlakke plaat collector [12]

Meestal worden deze collectoren gevuld met water. Maar omdat water gevoelig is aan vriestemperaturen, zijn deze gevuld met glycol. Water bevriest immers bij temperaturen onder 0°C. En een specifieke eigenschap van water is dat bij het overgaan naar vaste vorm de massadichtheid verandert. Het zorgt ervoor dat ijs uitzet en dus meer volume inneemt dan het oorspronkelijk in vloeibare vorm innam. Daardoor kunnen de buizen, kleppen en de panelen zelf breken doordat het ijs in de leiding uitzet. Men zou ze dus ook met water kunnen vullen, maar dan moet de installatie geledigd worden wanneer het vriest. Dat is op zich geen probleem, maar het vullen vormt wel een probleem. Wanneer men bij het vullen luchtballen in het systeem laat kan dat het rendement drastisch verminderen. Wanneer er dan een luchtbel voorbij de pomp passeert, kan dat ervoor zorgen dat de pomp droog draait. De pomp verplaatst bijgevolg geen water meer en dat zorgt ervoor dat het water blijft staan.

Bij het gebruik van glycol vormt dit geen probleem. Wat wel een probleem kan vormen, is dat wanneer de elektriciteit uitvalt het glycol in de leiding blijft staan. Wanneer de zon de panelen dan verder opwarmt zou het glycol te warm kunnen krijgen en het systeem beschadigen. De panelen zijn immers slechts bestand tegen een bepaalde temperatuur. Gaat men daarboven dan kunnen de panelen kapot gaan. Om dat probleem op te lossen heeft Viessmann een absorber laag in het paneel geïntegreerd. Wanneer het paneel te warm krijgt doordat de vloeistof oververhit, zal de absorber laag de zon afstoten. Het systeem kan hierdoor dus niet meer oververhitten.

4.1.3.2 Gekozen installatie

De gekozen installatie is wederom van Viessmann. Hoewel dit systeem ook geïntegreerd is in het gebouw dient de zelf ontworpen sturing hier geen rekening mee te houden. De sturing van Viessmann is zelfregelend en heeft interne logica. De panelen zullen het buffervat van het SWW voorverwarmen en daardoor helpen om de energiebehoefte naar beneden te halen.

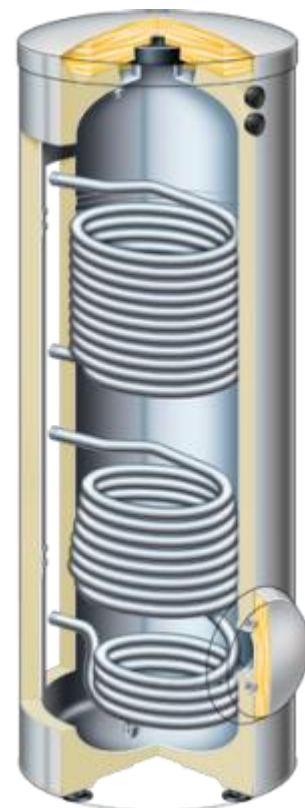
Fabrikant:	Viessmann	
Product:	Vitosol 200-FM SH2F	
Appertuuroppervlakte:	2,33 m ²	
Optisch rendement:	81,3%	
Inhoud vloeistof:	2,40 l	
Type:	Vlakke plaat	

Figuur 11: Vitosol 200-FM paneel [13]

4.1.4 Bivalente warmwaterboiler

Om het sanitair warm water te verwarmen wordt een boiler voorzien. Deze boiler is bivalent omwille van het aantal aansluitpunten. Deze boiler kan immers verwarmd worden door 2 vloeistofstromen. In het geval van DTplan gaat het over de zonneboiler en de gascondensatieketel. Het buffervat wordt dus steeds op een temperatuur van minimaal 60°C gehouden (om legionella bacteriën tegen te houden) door middel van de gascondensatieketel. Maar om deze ketel wat te sparen werd een zonnepompstreng voorzien die het water reeds voorverwarmd. Deze warmtewisselaar is voorzien onderaan de boiler om het toekomstige water (onderaan) voor te verwarmen. Door convectorie binnen deze tank zal het warme water stijgen en zal alles boven deze warmtewisselaar opgewarmd worden. De warmtewisselaar van de gascondensatieketel zit bovenaan zodat deze het water dat afgenomen wordt (bovenaan) kan opwarmen tot 60°C. Wanneer de ketel deze tank opwarmt zal het enkel de bovenste laag zijn aangezien warm water bovenaan blijft en niet naar beneden zakt.

Er wordt voor deze tank enkel een sturing voorzien voor de gascondensatieketel. De zonnepompstreng is een onafhankelijke sturing van Viessmann.



Figuur 12: De bivalente boiler [44]



Figuur 13: Buffervat om thermische energie op te slaan [45]

4.1.5 Warmwaterbuffer

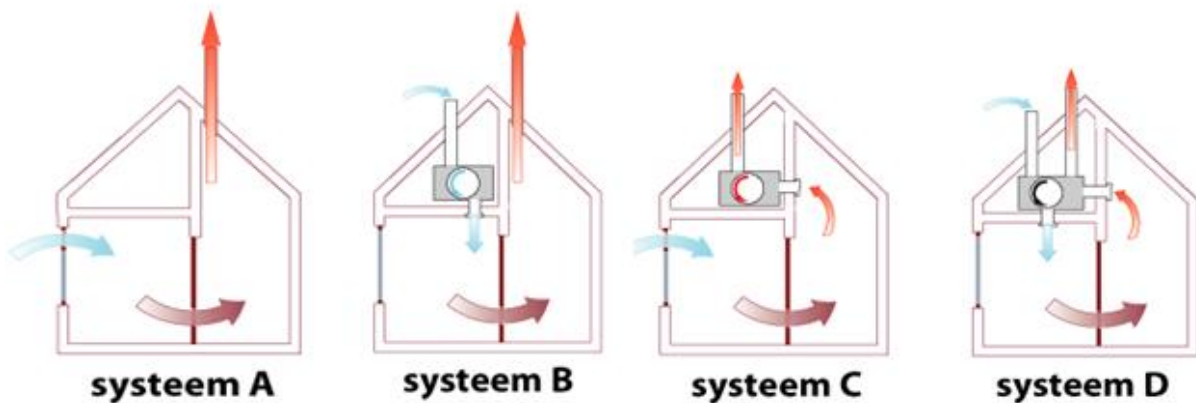
Het warmwaterbuffer is een geïsoleerde tank van 200 liter. Deze tank is bedoeld om thermische energie op te slaan, meer bepaald warmte. De tank zorgt ervoor dat de ketel niet elke 5 minuten opnieuw moet opstarten en vermijdt zo onnodige pendeling van het systeem. Wanneer er dus geen buffervat geplaatst zou worden zou de ketel constant in en uitschakelen. Dat heeft tot gevolg dat de temperatuur niet constant zou blijven en constant blijven schommelen of pendelen.

4.1.6 Koudwaterbuffer

Net zoals het warmwater buffervat is het koudwater buffervat voorzien om pendeling van het systeem tegen te houden. Deze voor het ijswater of koudwater is echter een stuk kleiner dan die van het warm water omdat er ook minder van nodig is. De inhoud van deze tank bedraagt 140 liter.

4.2 Ventilatie

Anno 2019 worden alle nieuwe gebouwen voorzien van ventilatie. Het kantoor van DTplan vormt daar geen uitzondering op. Ventilatie is immers een must wanneer er veel mensen een kleine ruimte bij elkaar zitten. Er is voldoende verse lucht nodig om goed te kunnen functioneren. Dus wordt er een systeem geplaatst om deze verse lucht toe te voeren en gebruikte verontreinigde lucht af te voeren naar buiten. Het gebouw is voorzien van een luchtgroep waardoor het gaat om een ventilatiesysteem type D. Dit is een term die aanduidt op welke manier de lucht toegevoerd en afgevoerd wordt. Ventilatiesysteem type D wil zeggen dat de lucht zowel aangevoerd als afgevoerd wordt op mechanische wijze, waar een ventilatiesysteem A wil zeggen dat de lucht aangevoerd en afgevoerd wordt op natuurlijke wijze, voor alle duidelijkheid.

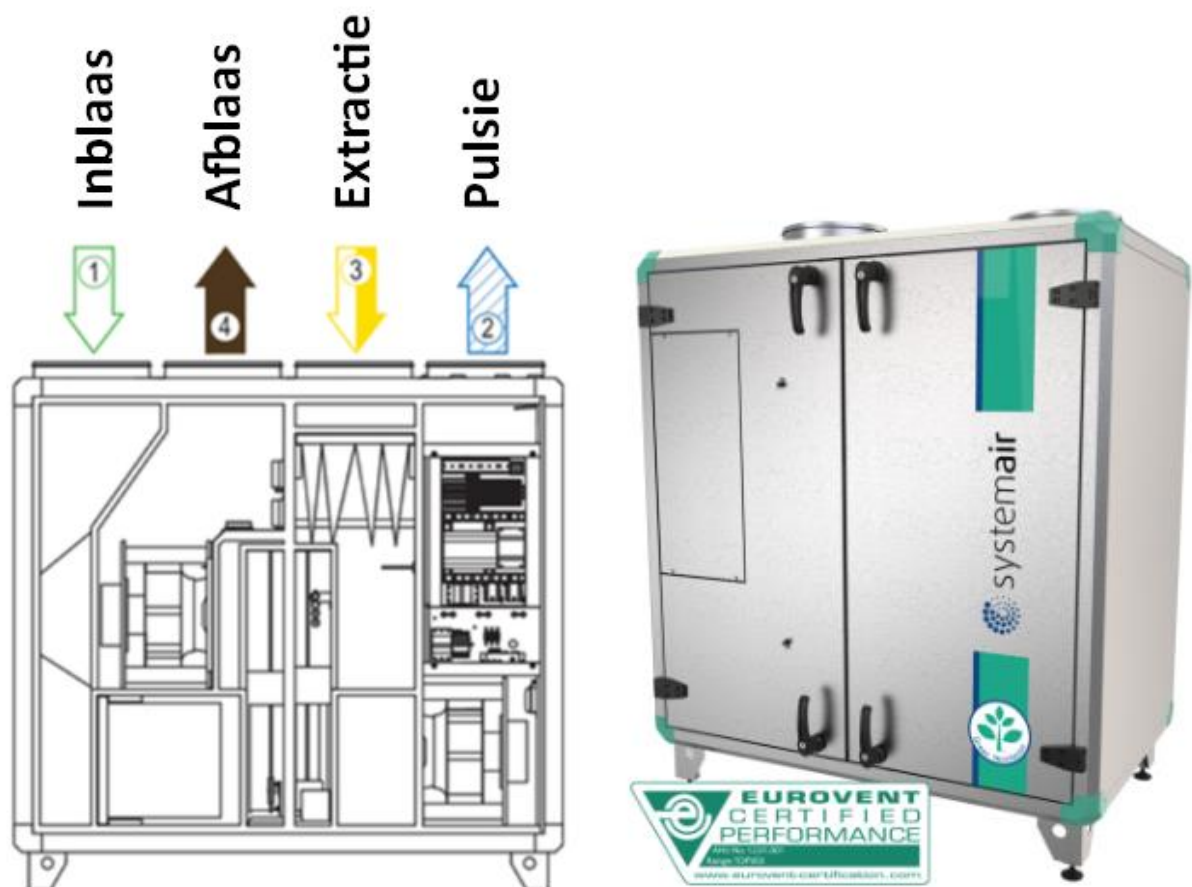


Figuur 14: Overzicht van de 4 verschillende ventilatiesystemen [14]

4.2.1 Luchtgroep

Het gebouw van DTplan is voorzien van een luchtgroep van Systemair. Deze luchtgroep wordt gekenmerkt door zijn compacte bouwwijze, zuinig verbruik en stille werking. De luchtgroep is voorzien van een koel/warmbatterij en een warmtewiel. Over de koel/warmbatterij volgt meer uitleg in het volgende onderdeel 4.2.2 Koel/warmbatterij.

Een tweede belangrijk aspect van de luchtgroep is het warmtewiel. Deze component zorgt voor de warmterecuperatie in de luchtgroep. De machine zal verse buitenlucht aanzuigen en deze voorverwarmen met de energie die gerecupereerd wordt uit de extractielucht, en dat met een rendement van om en bij de 80%. Dat wil zeggen dat tot 80% van de geproduceerde warmte, zowel door de vloerverwarming als door menselijke uitstoot, gerecupereerd kan worden. Het is daarom zeer interessant om dit warmtewiel in eigen beheer te hebben. Dat is ook wat er gedaan is in de installatie bij DTplan. Wanneer er warmte te recupereren valt wordt deze gerecupereerd uit de extractielucht zonder dat er lucht gemengd wordt. Het warmtewiel wisselt enkel warmte uit en zorgt voor een scheiding tussen pulsie- en extractielucht.



Figuur 15: De luchtgroep (rechts) en zijn technische tekening (links) [15]

4.2.2 Koel/warmbatterij

Wanneer het warmtewiel niet toereikend is om aan de warmtevraag van het gebouw te kunnen voldoen, dan springt de warmtebatterij bij. Deze zal zorgen voor extra warmteproductie wanneer nodig. Maar wanneer het zomer is en de temperatuur boven de 25°C piekt kan deze batterij omgeschakeld worden tot koelbatterij. Deze zal er dus voor zorgen dat de temperatuur binnen het gebouw nog altijd comfortabel blijft op warme zomerdagen.



Figuur 16: Koel/warmbatterij van de luchtgroep [40]

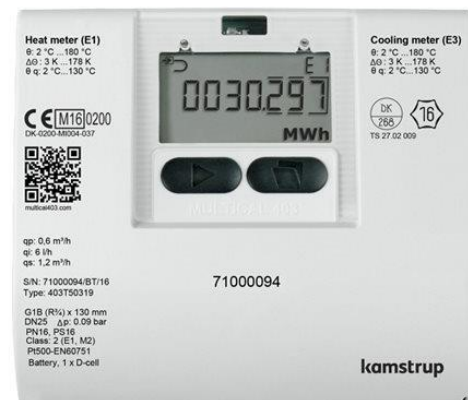
4.3 Sensoren

Naast de vele soorten actoren zijn er uiteraard ook sensoren aanwezig in het gebouw. Het aanbod is uitgebreid en de logica erachter eveneens. Het gebouw is immers voorzien van een veelvoud aan sensoren om de capaciteiten van de systeem-integratoren bij DTplan te laten zien aan potentiële klanten. Daarom is men een stap verder gegaan bij het plannen van de sensoren. Er zijn zeer veel sensoren voorzien om een uitgebreide datalogging mogelijk te maken. Zo zijn er ook sensoren voorzien om theoretische concepten in de praktijk te bestuderen. Eén van de voorbeelden is vloerkoeling. De spreiding van de koeling doorheen het beton kan gemonitord worden aan de hand van 3 sensoren op verschillende hoogte in de vloer. Maar dat is slechts één voorbeeld van de vele gebruikte sensoren. De voornaamste sensoren worden hieronder verder besproken met als doel om het volledige systeem beter te begrijpen. Enkel wanneer de werking van elk component duidelijk is, kan men een correcte sturing programmeren.

4.3.1 Calorimeter

Om het thermisch verbruik te monitoren is het gebouw voorzien van diverse calorimeters. Zo is op meeste hydraulische leidingen een calorimeter voorzien om het verbruik per kring of de opbrengst per productie-eenheid te kunnen opvolgen. Dit maakt het mogelijk om het verbruik van elke ruimte in te schatten en waar mogelijk bij te sturen. Deze componenten worden opgenomen in de datalogging. Een overzicht van alle calorimeters is hieronder terug te vinden:

- Buffervat SWW
- CV-ketel
- Radiatorkringen privé
- Buffervat lage temperatuur
- Warmtepomp
- Vloerverwarming privé
- Vloerverwarming DTplan
- Batterij luchtgroep



Figuur 17: Calorimeter [47]

4.3.2 Dompelvoeler

In de buffervaten heersen verschillende temperaturen. Deze zijn afhankelijk van de hoogte in het vat, aangezien bovenaan de warmste temperatuur heerst en het koude water beneden blijft. Daarom zijn de vaten voorzien van verscheidene temperatuursensoren. Deze sensoren moeten geschikt zijn om de watertemperatuur te meten en moeten dus bestand zijn tegen de aanwezige temperaturen en het water.

4.3.3 Ruimtevoeler

Naast de dompelvoelers zijn er ook sensoren aanwezig om de ruimtetemperatuur te meten. Deze zijn doorgaans geïntegreerd samen met andere sensoren in een KNX-module. Deze sensoren communiceren via KNX en worden vervolgens uitgelezen via de Wiser. Dit is namelijk de gateway tussen KNX en BACnet/IP.

Naast de ruimtevoelers zijn er ook nog temperatuursensoren die de temperatuur in een luchtkanaal kunnen meten. Deze zijn doorgaans niet op KNX en zijn voornamelijk aangesloten op de luchtgroep. Deze zijn te raadplegen op BACnet/IP via de luchtgroep parameters.

4.3.4 CO₂-sensoren

Waar de ruimtetemperatuur een zeer belangrijke rol speelt in het optimaliseren van een binnenklimaat, speelt CO₂ dat ook. Deze waarde geeft immers een indicatie van hoe vers de lucht nu eenmaal is. Wanneer de concentratie CO₂ binnen een ruimte te hoog wordt, duidt dat op een tekort aan verse lucht en wanneer er te weinig verse lucht is dan daalt het zuurstofniveau, maar vooral stijgt het aantal ppm VOC. Deze laatste staat voor Volatile Organic Compounds. Het is een waarde die aanduidt hoeveel vluchtige organische stoffen er in de lucht opgelost zijn. De concentratie VOC stijgt wanneer er te weinig verse lucht toegevoerd wordt en dat is schadelijk voor de mens. Daarom zal men in het DTplan kantoorgebouw aan CO₂-monitoring doen.



Normaalgezien werkt men met een regelsysteem op basis van bezetting. Wanneer er personen aanwezig zijn, zal men het ventilatiedebiet optrekken naar een vooraf bepaalde limiet. Maar zelfs als er maar 2 mensen aanwezig zijn in een ruimte ontworpen voor 100, zal de ventilatie dusdanig hoog debiet halen. Dat is op zich niet nodig en bijgevolg dus energievervalsing. Daarom werkt men bij DTplan met CO₂-monitoring. Het zorgt ervoor dat de ventilatie regelbaar is tussen het minimum en maximum debiet en dat bij lage bezetting het debiet van de ventilatie zakt. Zo spaart men actief energie en blijft het comfortniveau behouden.

Figuur 18: CO₂-sensor [49]

4.3.5 Elektrische tellers

Deze tellers zijn voorzien van een Modbus aansluiting en worden via de WAGO PLC uitgelezen. De tellers zijn noodzakelijk om het elektrisch verbruik van het gebouw te monitoren. Ze zijn voorzien op de grootste installaties of waar een individuele meting noodzakelijk bleek. Een overzicht ervan is hieronder terug te vinden:

- PV-installatie (string 1 t.e.m. 3)
- Luchtgroep
- Fotothermische panelen
- CV-ketel
- Regenwaterpomp
- Verlichting
- Driefasige transformator (primaire zijde)
- Driefasige transformator (secundaire zijde)
- Warmtepomp
- Privé



Figuur 19: Elektrische teller [46]

4.3.6 Waterteller

Om het waterverbruik van DTplan te monitoren werd het gebouw ook voorzien van een reeks watertellers. Deze tellers volgen het verbruik van de verschillende afdelingen op en maken het mogelijk om tot een rationeler verbruik van drinkwater aan te sporen. Er zijn immers diverse snufjes voorzien in het gebouw om op water te besparen. Zo is voor de douche een extra pomp voorzien die water in de warmwaterleiding reeds zal laten circuleren, zodat er warm water klaar



zit in de leiding. Anders zou men de kraan laten lopen tot wanneer het warme water vanuit de boiler de hele afstand overbrugd heeft tot aan de douche. Dit zorgt voor een grote verspilling van water.

Net omdat deze inspanningen gedaan zijn om het waterverbruik terug te dringen, is het zeer belangrijk om het verbruik op te volgen. Een overzicht van de verschillende watertellers is hieronder terug te vinden:

Figuur 20: Waterteller [48]

- Toevoer aan de straat
- DTplan keuken
- Regenwater sanitair
- Stadswater vulpunt regenwaterput
- SWW

4.3.7 Gasteller

Niet alleen het waterverbruik wordt geteld, maar ook het gasverbruik. Deze is minstens even belangrijk om op te volgen. Het is immers een primaire energiebron in het thermisch opwekkingsgedeelte. Aan de hand van het gasverbruik kan men immers het rendement van de ketel bepalen en in welke mate DTplan nog afhankelijk is van fossiele brandstoffen. Naast het gasverbruik van de gasketel binnen DTplan, zijn er nog enkele kleinverbruikers binnen de privé. Deze worden samengenomen onder één teller. Een overzicht van de gastellers is hieronder terug te vinden:

- Hoofdteller op de toevoer
- Privé
- DTplan

4.4 Sturingen

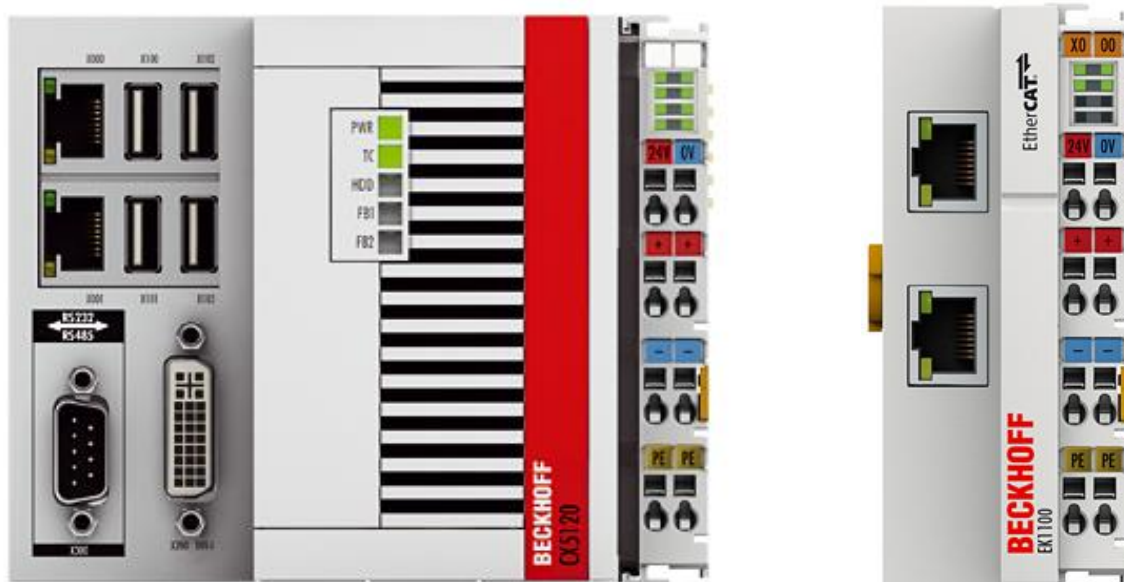
Zoals reeds eerder vermeld zijn in het DTplan kantoorgebouw een groot aantal sturingen geïnstalleerd. Aangezien deze als doel hebben de compatibiliteit te demonstreren, is het logisch dat er zo'n groot aantal sturingen voorzien is. Zo komen ook de verschillende bussystemen aan bod die verder in deze thesis nog besproken worden. In dit hoofdstuk wordt voornamelijk gefocust op de eigenschappen van deze sturingen en wat precies hun functie is.

4.4.1 Beckhoff

Beckhoff is bij DTplan een vaste waarde geworden. Door hun kwalitatieve sturingen en intuïtieve software is deze fabrikant van PLC's steeds een stapje voor op hun concurrenten. Daarom neemt de Beckhoff sturing ook een grote verantwoordelijkheid op zich. Een lijstje van wat de Beckhoff PLC allemaal in de hand heeft is hieronder terug te vinden.

- Kleppen en ventielen in atelier
- Meeste circulatiepompen, zowel atelier als inkom
- Dompelvoelers en andere temperatuursensoren in atelier
- Gestuurde stopcontacten
- Bediening van alle VAV's, met uitzondering van de vergaderzaal
- Luchtsnelheidsmeters
- Temperatuursensoren i.v.m. ketel en warmtepomp
- Vrijgave van luchtgroep, ketel, warmtepomp

Merk op dat de sturing dit niet allemaal van uit 1 hoofd PLC bedient. Er is namelijk een eiland voorzien om de componenten in het atelier te kunnen bedienen. Het zou onlogisch en omslachtig zijn om kabels te trekken doorheen het hele gebouw, wanneer men met één enkele EtherCAT kabel de data kan versturen naar het eiland. Zo wordt bespaard op kabel en kan men een logische structuur in het gebouw krijgen. Hoewel het verschil in kost voor een dergelijk gebouw miniem zal zijn, zal dit voor een industriële site gauw honderden euro's aan kabel besparen, rekening houdend met een extra PLC-eiland uiteraard.



Figuur 21: Beckhoff CX5120 PLC (links) en Beckhoff EK1100 PLC-eiland (rechts) [16]

4.4.2 Siemens

Naast Beckhoff speelt Siemens ook een belangrijke rol in de sturing van het DTplan kantoorgebouw. Dit is evenzeer een bekende naam in de wereld van systeem-integratoren. Siemens draagt betrouwbaarheid hoog in het vaandel. Hoewel de Siemens Desigo PLC's er zeer compact uitzien, is dat geenszins het geval voor hun capaciteiten. Daarom krijgt deze PLC ook een uitgebreid takenpakket toebedeeld, zoals hieronder terug te vinden is.

- Temperatuursensoren vloerverwarming en luchtgroep
- Vrijgave circulatiepompen vloerverwarming en luchtgroep
- Kleppen voor de vloerverwarming en luchtgroep
- Het touch panel op de elektrische kast

Merk op dat dit niet de reguliere S7 PLC's zijn. Dat zijn namelijk PLC's gericht op automatisering in de industrie. Siemens ontwikkeld speciaal voor hun HVAC noden een aparte PLC lijn genaamd de Desigo serie. Het zijn PLC's die een speciale software vergen voor hun programmatie. De software is specifiek gericht op HVAC en daarvoor zijn speciale programmeerblokken voorzien om het programmeren eenvoudiger te maken. Ook de hardware is gericht op HVAC door veel universele ingangen en uitgangen te voorzien.



Figuur 22: Siemens Desigo DDC regelaar [17]

4.4.3 WAGO

Eén van de vele merken die DTplan dagelijks integreert, is WAGO. Hoewel de uitvoering van deze PLC's heel nauw aansluit bij de Beckhoff PLC's, is de programmatie ervan toch sterk afwijkend. De PLC's zijn wat minder gekend dan het typische klemmenstrook gamma van WAGO, maar dat wil niet zeggen dat deze PLC's weinig gebruikt worden. Het is dan ook omwille van deze reden dat DTplan ook deze PLC wil demonstreren in het nieuwe kantoorgebouw. Het takenpakket van de WAGO PLC omvat het volgende: [1]

- Registratie watertellers via pulsen
- Registratie gastellers via pulsen
- Vlotters uitlezen van de regenwateropslag, alsook de ultrasone niveaumeting
- Bediening van het regenwatersysteem
- Registratie calorimeters via Mbus
- Registratie elektrische tellers via Modbus
- Aansluiting op de KNX backbone



Figuur 23: WAGO 750-8202 PLC [18]

4.4.4 GIRA

Naast de standaard PLC sturingen is ook GIRA een must in deze lijst van sturingen. Dit onderdeel is geen klassieke PLC, maar eerder een telecom variant. Het wordt dan ook gebruikt in combinatie met de communicatiepaal aan de ingang van het gebouw. Hoewel dit onderdeel weinig toevoegt aan de studie in deze thesis, is deze toch het vermelden waard. Het maakt immers gebruik van het bedrade LAN-netwerk en aangezien dit een gedeelde communicatielijn is met de rest van de sturingen, mag men deze niet over het hoofd zien.



Figuur 24: Deurcommunicatiezuil (links) [19] en IP-gateway (rechts) [20] van GIRA

4.4.5 SAIA

SAIA is een product van SBC. Het is een product dat de volledige vergaderzaal onder zijn vleugels neemt. Dit product van SAIA is dan ook perfect geschikt voor bediening van één ruimte. Het toestel regelt zelf de actoren in de vergaderzaal. Het gaat namelijk over een VAV en een tweewegklep om de verwarming te besturen. Maar bijkomend is dat deze module in nauw contact dient te staan met de Beckhoff. De Beckhoff is hierbij steeds de master en kan overnemen indien nodig. De master dient ook te weten wat er gebeurt in de vergaderzaal, dus data wordt continu uitgewisseld tussen de twee toestellen. Iets wat uiteraard geen uitzondering is bij DTplan.



Figuur 25: De SAIA room panel (links) [21] en de room controller (rechts) [21]

4.4.6 Vitogate

De Vitogate 300 is een onderdeel geproduceerd door Viessmann. Het stelt de gebruiker in staat om het gebruikelijke Viessmann LON-netwerk door te geven aan een BACnet netwerk. Zo kan men via BACnet toch de verwarmingsketel of warmtepomp of iets dergelijks uitlezen of aansturen zonder daarvoor speciale onderdelen te moeten aanschaffen. In plaats daarvan koopt men gewoon een BACnet gateway zoals de Vitogate 300. Het toestel beschikt over een resem parameters, waarvan er zeer veel gebruikt worden voor de opvolging van de verwarmingstoestellen. Meer info over deze parameters en dergelijke volgt later in de werkingsbeschrijving.



Figuur 26: Vitogate 300 van Viessmann [50]

4.4.7 Wisser for KNX

Wellicht één van de belangrijkste toestellen in het gebouw is de Wisser for KNX. Dit is het toestel dat de visualisatie mogelijk maakt. Hoewel het in eerste plaats een BACnet naar KNX gateway is, is er ook de mogelijkheid tot visualisatie van data. Het toestel wordt bij DTplan gebruikt om de HVAC installatie, verlichting, bewaking, ... te bedienen, maar ook om data uit te lezen op zowel BACnet als KNX. Het zorgt voor een mooie weergave van alle gewenste data en heeft zelfs de mogelijkheid tot trending. Zo kan men de data weergeven in de tijd op een ordentelijke manier.



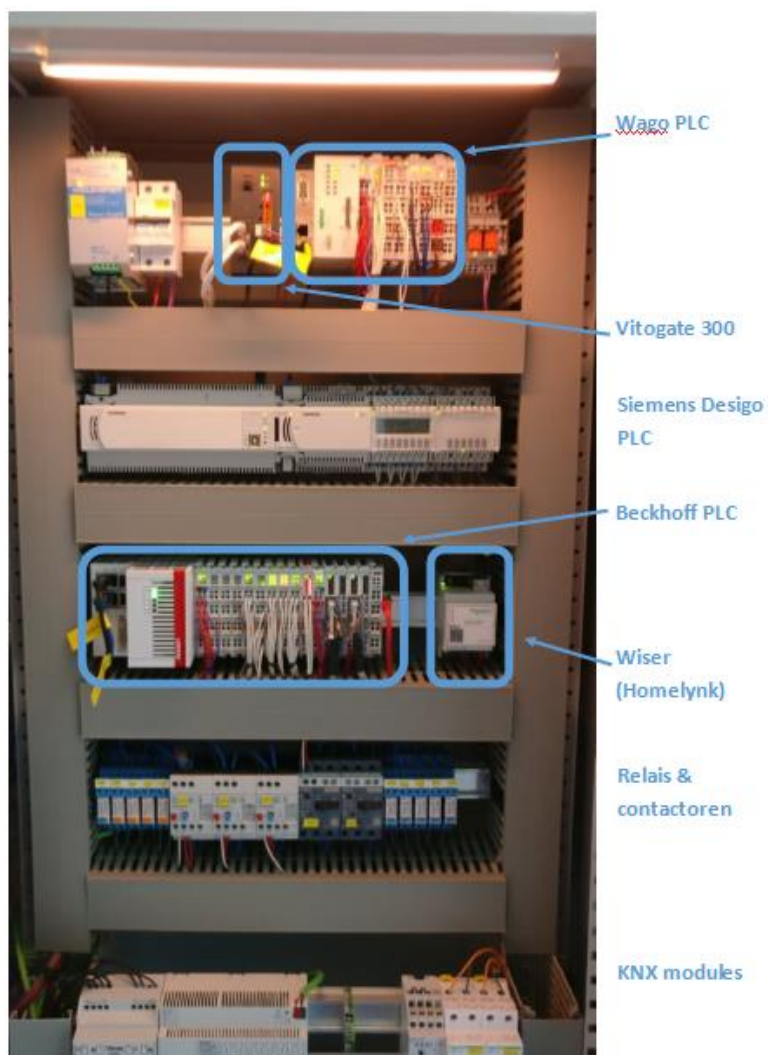
Figuur 27: De wisser for KNX module [21]



Figuur 28: Trending met de visualisatie van de Wisser [22]

Verluchting		vrijgave	
Luchtgroep		Landscape	
Huidige modus	Auto	Gewenst debiet	<u>300.00</u>
Huidig debiet pulsie	335.36	Huidig debiet pulsie	298.40
Huidig debiet extractie	522.24	Huidig debiet extractie	304.32
Gewenste inblaas temp	18.00	Modus ventilatie	Normale werking
Huidig inblaas temp	18.91		
Huidig extractie temp	20.32		
Huidig afblaas temp	19.73		
Warmtewiel	0.00		
Koelen/Warmen	0.00		
% Klep (koelen/warmen)	0.00		
Temperatuur landscape	21.80 °C		
CO ² vergaderzaal	636.16 ppm		
CO ² landscape	607.68 ppm		

Figuur 29: Bediening van de verluchting met de visualisatie van de Wiser [22]



Figuur 30: Foto van een deel van de elektrische kast met benaming van de onderdelen [22]

5 GEBRUIKTE TECHNOLOGIE

Naast alle fysische onderdelen binnen het kantoorgebouw van DTplan zijn er ook nog enkele protocollen of subsystemen die interessant zijn om te vermelden. Enkele van deze technologieën zijn bussystemen.

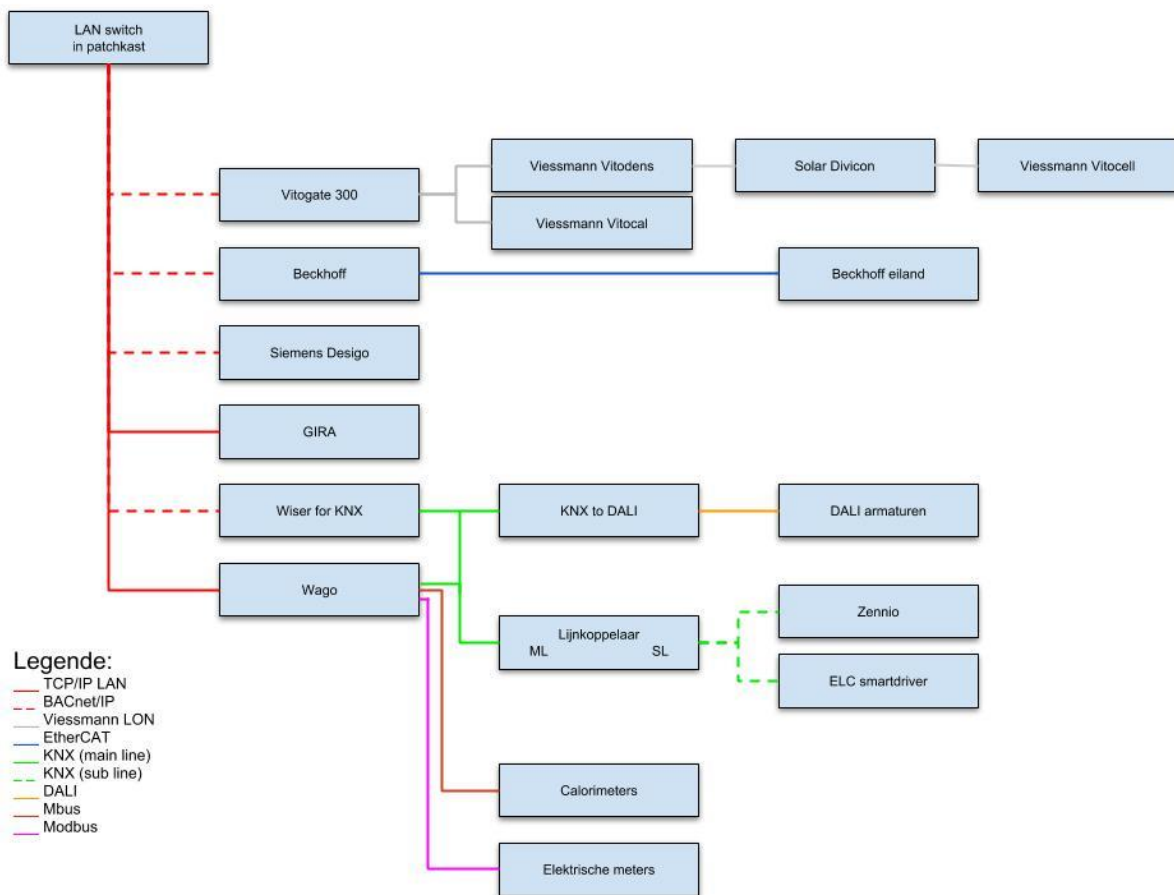
5.1 Bussystemen

Vroeger werden alle systemen onafhankelijk uitgevoerd. Een verwarmingsketel werd vanuit de fabriek gebouwd om enkel een voedingsaansluiting en enkele sensoraansluitingen te hebben. Een ketel werd immers toch continu gevoed en werd enkel ingeschakeld wanneer de ketel een tekort aan warmte detecteerde. Dat tekort aan warmte werd dan bijvoorbeeld op de collectorkring gemeten. Het voordeel van dit systeem is dat het bijzonder eenvoudig is¹. Maar het nadeel aan dergelijk systeem is dat het niet zo efficiënt is. De toestellen communiceren immers niet met elkaar en kunnen dus ook niet anticiperen op de gevolgen.

Enige tijd later zijn toestellen wel intelligenter geworden en begonnen zij wel te communiceren. Hoewel dit een grote stap vooruit was, waren hier echter ook nadelen aan verbonden. Iedere fabrikant stelde zelf een communicatieprotocol op en dat leidde uiteraard tot gesloten systemen. Een ketel van merk A kon bijvoorbeeld niet communiceren met een thermostaat van merk B. Om dit te vermijden werden vaste protocollen gedefinieerd. Deze open protocollen worden gevolgd door de verscheidene merken en verzekeren de klant en installateur ervan compatibel te zijn met anderen die ditzelfde protocol volgen. Hieronder zijn de verscheidene bussystemen terug te vinden met een korte uitleg van hoe deze werken. Merk op dat het ene bussysteem uitgebreider wordt besproken dan het andere, daar het ene meer relevant is voor deze studie dan de ander.

¹ Merk op dat dit eenvoudig is bij kleine installaties. Wanneer men bij grote installaties elk onderdeel apart aanstuurt wordt het systeem dermate ingewikkeld. Vroeger waren de systemen dan ook veel kleiner dan nu.

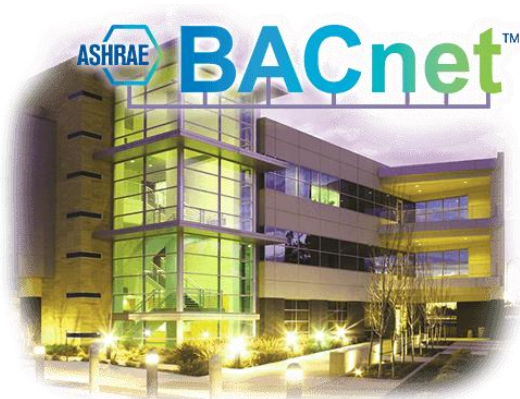
5.1.1 Overzicht



5.1.2 BACnet

BACnet is een communicatieprotocol dat ontstaan is eind de jaren '80 door het consortium ASHRAE. ASHRAE staat voor American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Het is dankzij hun harde werk dat BACnet een ANSI standaard is sedert 1995 en een ISO standaard sedert 2003. Het is ook mede dankzij de standaardisering dat BACnet zo'n succes geniet.

BACnet staat voor Building Automation and Control Networks. Het is een communicatie protocol dat ervoor zorgt dat gebouwenbeheersystemen en de bijhorende producten met elkaar kunnen communiceren. [23]



Figuur 31: BACnet [42]

5.1.2.1 Het protocol

Het BACnet protocol is gebaseerd op 4 basisaspecten, namelijk: devices, objects, properties en services. BACnet devices zoals een controller of gateway, zijn toestellen die de verscheidene services kunnen begrijpen en volgen. De devices bezitten ook een verzameling

van informatie, genaamd de objects en properties. BACnet-objecten zijn concepten waarmee de communicatie en organisatie van gegevens met betrekking tot inputs, outputs, software en berekeningen kunnen worden uitgevoerd. De standaard BACnet objecten zijn hieronder terug te vinden. [24] [25]

Tabel 1: Overzicht van alle BACnet objecten

Binary Input	Averaging	Loop	Schedule
Binary Output	LifeSafety Zone	Calendar	Trend Log
Binary Value	LifeSafety Point	Notification Class	Group
Analog Input	Multi-State Input	Command	Event Enrollment
Analog Output	Multi-State Output	File	Device
Analog Value	Multi-State Value	Program	

Elk object wordt beschreven aan de hand van properties. Afhankelijk van over welk object het gaat, worden bepaalde properties toegevoegd. Er zijn echter wel een paar standaard properties die elk object krijgt. Namelijk elk object krijgt een identifier, wat dient als adres in het netwerk. Eveneens een type object zoals hier boven beschreven. Hieronder een klein voorbeeld van hoe een analoge input object opgebouwd is.

Tabel 2 Opbouw van een BACnet object van het type analoge input (chipkin, 2018)

Object Name	Space Temp
Object Type	Analog Input
Present Value	71
Status Flags	Normal, InService
High Limit	77
Low Limit	67

Naast objecten zijn er ook nog services. Deze services zijn acties die een BACnet device onderneemt om een ingang of uitgang van een ander BACnet device uit te lezen. Als een device wil achterhalen waar een ander server-device zit dan zendt de eerste een “who-is request”. Waarop de andere zal antwoorden met zijn “I-am response”. [24]

5.1.2.2 BACnet interoperability

BACnet beschikt over BACnet interoperability blocks, lees BIBBs. BIBBs zijn als het ware functie-blokken binnen het BACnet protocol. Ze zijn bedoeld om het de systeem integrator gemakkelijker te maken en om een vast patroon aan te houden bij het beschrijven van BACnet devices. Er zijn 5 categorieën binnen deze BIBBs. Daaronder kunnen nog de onderlinge BIBBs geclassificeerd worden, maar daarvoor kan men de BACnet standaard raadplegen.

- Data sharing (data tussen BACnet devices uitwisselen)
- Alarms and event management (bv. “out of range” meldingen)
- Scheduling (kalendermanagement)
- Trending (plotten van data)
- Device and network management (netwerkonderhoud of aanpassingen)

5.1.2.3 BACnet functional levels

Binnen BACnet zijn ook een aantal niveaus gedefinieerd in verband met de hiërarchie in het netwerk. Deze levels mag men niet verwarren met de priority levels. Aangezien deze functional levels weinig toevoegen aan de studie van dit eindwerk worden deze niet uitgebreid besproken. De termen stemmen ook enigszins overeen met de meest gangbare netwerklogica. Het is vergelijkbaar met de fabrieksbus, veldbus, sensorbus terminologie, maar dan binnen hetzelfde netwerktype. De lijst van functional levels zijn hieronder te vinden: [26]

- Management
- Integration
- Field
- Sensor/actuator level

5.1.2.4 BACnet netwerktypes

BACnet is een standaard waar niet enkel één type bedrading ondersteund is. BACnet is immers meegegroeid met de industrie. Dit resulteert in 6 verschillende netwerktypes met elk hun specifieke voor- en nadelen. Als eerste is er de mogelijkheid om voor Ethernet te kiezen. Dit type behoort tot de snelste soort en kan zowel over STP, coax of glasvezel verstuurd worden. De tweede soort is BACnet/IP, die gebruikt wordt in het DTplan kantoorgebouw. Deze soort gebruikt de standaard internet netwerkkabels en kan ook geïntegreerd worden in bestaande LAN-netwerken. Hierbij worden de BACnet pakketjes geëncapsuleerd binnen een IP-pakket. Het netwerk is daardoor zeer flexibel en makkelijk integreerbaar. Daarnaast bestaan ook nog de volgende protocollen, maar deze komen vandaag de dag minder en minder voor omwille van de vele voordelen van het IP-netwerk.

- ARCNET (token bus protocol)
- PTP (punt tot punt communicatie)
- LonTalk (lightweight protocol om de zware overhead toch toegankelijk te maken voor "lichtere" devices)
- Native BACnet (toestellen praten enkel BACnet)
- MS/TP (master slave/token passing, protocol dat vroeger zeer veel gebruikt werd, maar aan populariteit verliest t.o.v. IP)

5.1.2.5 Priority levels

In BACnet wordt er ook gebruik gemaakt van een levelsysteem op gebied van de netwerkgebruikers. Zo kan men voorrang geven aan bepaalde gebruikers ten opzichte van andere. De toestellen die doorgaans voorrang krijgen zijn alarmsystemen of brandveiligheidssystemen. Er zijn in BACnet 16 niveaus gedefinieerd, waarvan er elf beschikbaar zijn. De andere zijn reeds ingenomen door het protocol zelf. [24] [27] [28]

1. Manual life safety
2. Automatic life safety
3. Priority 3, available
4. Priority 4, available
5. Critical equipment control
6. Minimum On Off
7. Priority 7, available
8. Manual operator
9. Priority 9, available
10. Priority 10, available

11. Priority 11, available
12. Priority 12, available
13. Priority 13, available
14. Priority 14, available
15. Priority 15, available
16. Priority 16, available

5.1.3 DALI

DALI is een bussysteem speciaal ontwikkeld voor het besturen van verlichting. Het is ontwikkeld in de jaren '90 en kent vandaag de dag nog steeds een grote populariteit. DALI staat voor Digital Addressable Lighting Interface. Het is een netwerk bestaande uit een controller en verscheidene verlichtingscomponenten. Mogelijke verlichtingscomponenten zijn voorschakelapparaten voor TL-verlichting of voedingen voor LED-verlichting. Het is een protocol dat de standaard geworden is in lichtbesturing. De controller kan de verlichting immers monitoren en controleren doordat het een tweevoudig communicatiesysteem is. Zo heeft de controller ook een feedback van het verlichtingssysteem.

De controller in het geval van het kantoor van DTplan is de Wiser. Deze module communiceert met KNX en is verder voorzien van een KNX naar DALI gateway. Op die manier is het mogelijk om de verlichting te bedienen vanaf de Wiser. [29]

5.1.4 Modbus

Een welgekend systeem in de wereld van automatisatie is Modbus. Het systeem is quasi overal verkrijgbaar als extra module en is hierdoor makkelijk te integreren in bestaande systemen. Het systeem zelf is gebaseerd op het master-slave principe. Het werkt met 1 master en maximaal 247 slaves. Hoewel het systeem ook op het IP netwerk kan worden aangesloten (Modbus/IP), is er bij DTplan geopteerd voor de RS-485 versie (Modbus RTU). Het bussysteem wordt op die manier aangesloten op een kaart van de WAGO PLC en zorgt ervoor dat alle elektrische tellers uitgelezen kunnen worden. [30]

5.1.5 Mbus

Het M-bus netwerk oftewel Meter-bus is een relatief jonge Europese standaard voor het op afstand uitlezen van calorimeters. Het is ook bruikbaar voor verscheidene sensoren en actuatoren. Het is een zeer goedkope manier om meters uit te lezen. Het gebruikt immers enkel een twee-aderige kabel voor de communicatie. Verder bestaat er ook een draadloze variant genaamd "Wireless M-Bus", maar dat is bij DTplan niet aan de orde. Er is gekozen voor een bedraad netwerk en het is aangesloten op alle calorimeters. [31]

5.1.6 EtherCAT

EtherCAT is het paradepaardje van Beckhoff. Het is een ethernet gebaseerde standaard ontworpen door de Duitse PLC-gigant. Het bussysteem is samen met BACnet/IP een IP-gebaseerd systeem. Het zorgt voor zeer lage data update tijden met lage communicatie jitter. Hoewel het systeem een zeer grote factor speelt in het communicatieverhaal van deze masterproef heeft de programmeur of gebruiker hier weinig last van. Het is een zeer gebruiksvriendelijk systeem en vergt weinig instellingen. Het verzorgt de communicatie tussen de PLC en zijn eiland in het DTplan kantoorgebouw. [32]

5.1.7 KNX

KNX is een bussysteem dat al een ruime geschiedenis kent in de gebouwenautomatisering. Hoewel het gestart is onder de naam EIB is het vandaag de dag beter gekend als KNX. Het

systeem kent vooral zijn populariteit in de domotica, maar is zeker ook gekend in de immotica. Het bussysteem zorgt voor een toegevoegde flexibiliteit terwijl de bekabeling vereenvoudigt. Het voegt ook een zeker aspect van overzichtelijkheid toe aan een installatie. Deze overzichtelijkheid wordt immers bereikt aan de hand van het toekennen van fysische- en groepsadressen. Wanneer de installatie geplaatst en geconfigureerd is, hoeft men echter enkel nog rekening te houden met de groepsadressen. Aangezien de Wiser deze punten in eigen beheer neemt, dient men altijd rekening te houden met de groepsadressen. Men kent ieder datapunt immers een uniek groepsadres toe bij het delen van datapunten tussen de verschillende toestellen. [33]

5.1.8 Viessmann LON

Viessmann LON is een bussysteem uitgebreid door Viessmann. Het originele LON bus netwerk bestaat ook, maar dit is een aangepaste versie voor Viessmann toestellen. Het is een netwerk met dubbelzijdige afsluitweerstand en is voor de rest zeer simpel uitgevoerd. Het netwerk werkt aan middelmatige snelheden en is vrij robuust. Maar om het netwerk wat te vereenvoudigen is er een gateway geplaatst om het LON netwerk als IP toestel te beschouwen. Meer info daarover is terug te vinden bij hoofdstuk 4.4.6 Vitogate. [34]

6 BESCHRIJVING GRONDPLAN



Figuur 32: Het kantoorgebouw van DTplan (links) en de privé (rechts)

Om als lezer van deze thesis wat meer vertrouwd te raken met het project wordt hier een korte uitleg gegeven van hoe het gebouw er uit ziet. Het gebouw is opgedeeld in twee delen. Namelijk de privé, het gedeelte waar de eigenaars Sam Tytgat en Lien Defour gaan verblijven, en het DTplan kantoorgebouw. Dat laatste bestaat niet alleen uit een kantoorgebouw, maar namelijk ook uit een atelier dat voorzien is om aan bordenbouw te doen.

Tijdens het verloop van de masterproef is het kantoorgebouw afgewerkt, maar is de afwerking van het privégedeelte nog volop bezig. Het is op die manier gepland tijdens de ontwerpfase. Dat zorgt ervoor dat de werkzaamheden voor het bedrijf niet gehinderd worden, maar dat de bouw van de privé niet overhaast wordt.

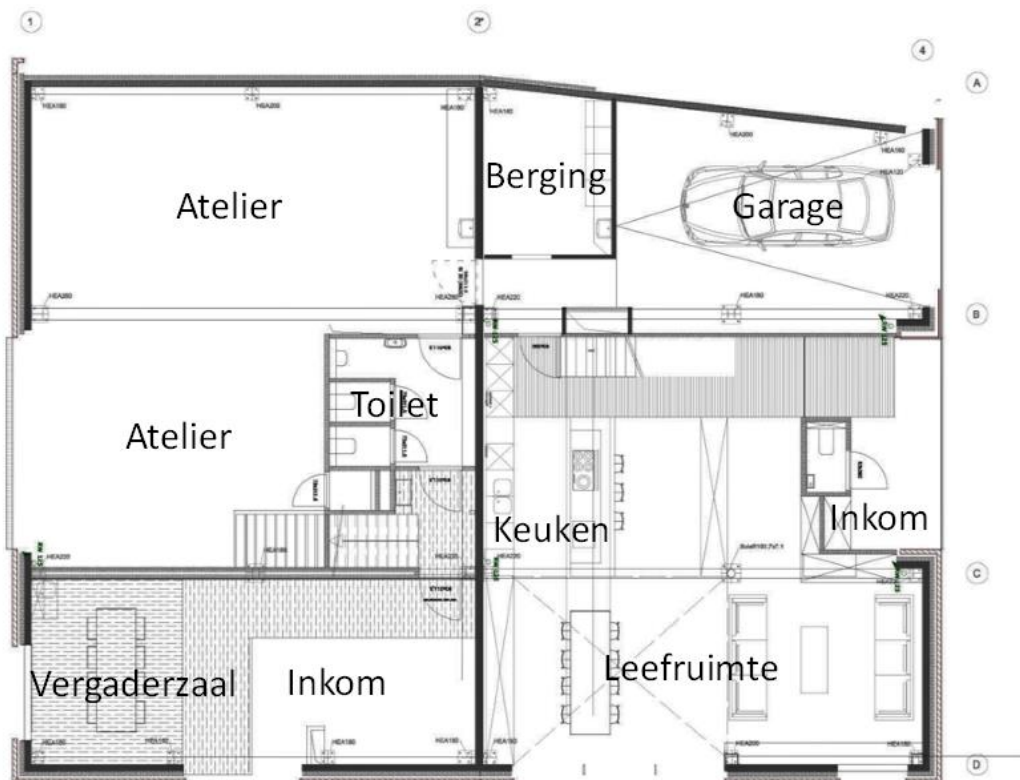
Naast het indelen in de twee delen kan men het gebouw ook nog verder opdelen in de geschikte ruimtes. Het grondplan is hieronder terug te vinden maar verdient uiteraard een extra woordje uitleg. We beginnen bij het grondplan en meer bepaald het atelier. Dit atelier is speciaal ingericht voor één van de kerntaken van DTplan, namelijk bordenbouw. Het is voorzien van een hefkranaan, rekken met bordenbouw materiaal en het meest belangrijke, een technische ruimte. De technische ruimte in het atelier bevat de warmtepomp, zonnecollectorsysteem, buffervaten en het EtherCAT eiland. Verder is het atelier ook voorzien van een garagepoort om gemakkelijk materiaal binnen en buiten te krijgen. Een extraatje aan deze poort is dat deze te bedienen door middel van het EtherCAT eiland.

Verder is er ook de inkom van het DTplan gedeelte. Deze ruimte is vooral belangrijk omwille van de elektrische kast en andere randapparatuur. Het is alsmede de plaats voor de luchtgroep en een groot deel van het kraanwerk en pompen. Maar het allerbelangrijkste is nog steeds dat dit de plaats is waar alle sturingen staan. De elektrische kast zit bomvol met de allernieuwste technieken en snufjes. Ook de Viessmann condensatieketel kent hier zijn plaats.

Recht tegenover de inkom is de vergaderzaal. Dit is de enige ruimte in heel het gebouw waar de Beckhoff niet zelf in controle is. Want het is namelijk deze ruimte die gestuurd en bediend wordt vanuit de SAIA. De ruimte is voorzien van een radiator met bijhorende gestuurde klep en daarbij nog een VAV. Zo kan de ruimte verwarmd, maar ook gekoeld worden indien nodig.

Daarnaast hebben we nog enkele ruimtes in de privé zoals de berging. Dit is een kleine ruimte voorzien voor stockage van extra spullen. Naast de berging is ook een garage voorzien. Deze heeft ook een garagepoort voor het gemakkelijk binnen- en buitenrijden van de wagen.

Er is ook een keuken voorzien, welke samen met de leefruimte één grote ruimte vormt. Deze ruimte is voorzien van een VAV en vloerverwarming.



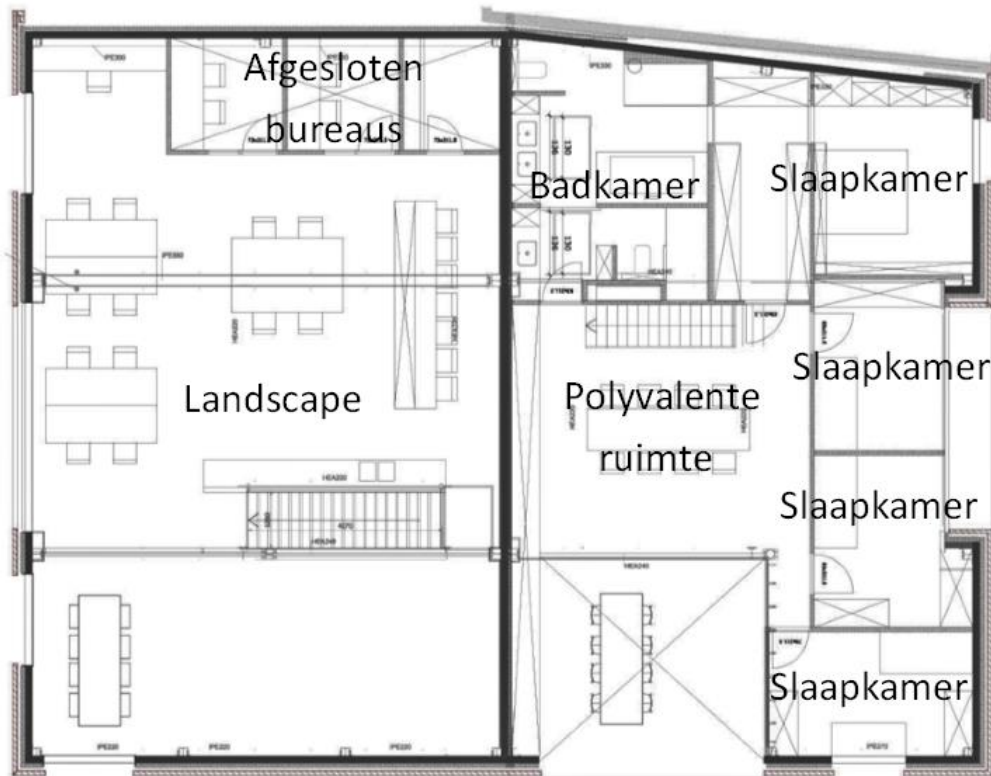
Figuur 33: Grondplan gelijkvloers, linkerdeel is DTplan, rechterdeel is privé [35]

Bovenop het gelijkvloers is er een extra verdieping voorzien. In het DTplan gedeelte wordt dat de landscape genoemd. Deze naam is afkomstig van de bouwstijl van het kantoor. Omwille van de open structuur en daarbij de afwezigheid van scheidingswanden tussen de bureaus wordt dit een landscape genoemd. Indien men toch liever een moment alleen zou willen zijn of indien de werknemers van DTplan willen bellen, dan kunnen zij zich steeds afzonderen in de afgesloten bureaus. De ruimtes zijn speciaal voorzien voor dergelijke omstandigheden en hebben hun eigen microklimaat. De ventilatie wordt bediend met CAV's en de verlichting via DALI. Deze lampen hebben de eigenschap om het buitenlicht te simuleren en veranderen dus van kleur naarmate de dag vordert. Dat wil dus zeggen dat het kleurenspectrum tijdens de dag wat meer blauw licht zal bezitten en naar de avond toe wat meer rood licht.

In de privé zijn op het eerste verdiep enkele slaapkamers voorzien, een badkamer en ook nog een polyvalente ruimte. Hoewel deze ruimtes tijdens het verloop van de masterproef nog niet in gebruik genomen worden of zelfs nog niet afgewerkt zijn, wil dat niet zeggen dat hier geen

rekening mee gehouden wordt. In de programmatie wordt reeds voorzien dat deze ruimtes er later bij komen.

Merk op dat er in de landscape ook een keuken voorzien is voor het personeel.



Figuur 34: Grondplan eerste verdiep, linkerdeel is DTplan, rechterdeel is privé [35]



Figuur 35: De luchtgroep (linksboven), de technische ruimte in het atelier met de warmtepomp (rechtsboven) en het warm en koud buffervat (linksonder) en de vergaderzaal (rechtsonder)

7 HYDRAULISCH SCHEMA

Het hydraulisch schema maakt een belangrijk onderdeel uit van deze thesis. Hoewel het document reeds bestond bij aanvang van deze masterproef was er toch de kwestie van het volledig te begrijpen. Het document ziet er misschien uitdagend uit, maar eens men de hoofdcomponenten wat beter kent, volgt er al gauw wat duidelijkheid. Daarom wordt in dit hoofdstuk kort overlopen wat de componenten zijn. Het schema is terug te vinden in bijlage A. Voor verdere verduidelijking verwijzen we naar het volgende hoofdstuk Bijlage B.

We overlopen het schema van links naar rechts, beginnende bij de solar installatie. De PT panelen zijn op het dak geplaatst van DTplan. Daar kunnen zij voldoende energie capteren en in warm water omzetten.



Figuur 36: Dak DTplan, met rechts de fothermische panelen en buitenunit van de warmtepomp [35]

Vervolgens zijn deze panelen verbonden met de binnenunit van de zonnepompstroom. Dit is de autonome regeling van Viessmann en beschikt over een pomp en sensoren. De gascondensatieketel geeft via LON het commando om de pomp te starten, stoppen of procentueel te draaien. Deze unit is vervolgens verbonden met het SWW buffervat. Deze tank van 300 liter is bedoeld om het water op te warmen vooraleer het uit de kranen vloeit. Er loopt zowel een leiding naar DTplan (keuken) als naar de privé. Deze leiding is voorzien van een pomp (P1). Dit is de pomp die het warme water reeds zal doen circuleren om waterbesparing te realiseren.

Naast de zonnepompstroom is er ook nog de ketel als warmteopwekker. Deze is gesitueerd rechtsonder het SWW buffervat. Ze is verbonden met een gasleiding naar de teller aan de straat. De ketel is ook hydraulisch verbonden met het SWW buffervat. De reden hiervoor is dat op een duistere winterdag de zonnepompstroom niet voldoende tot geen warm water zal opwekken. Daarom is het nodig om het buffervat op temperatuur te houden met de ketel. Deze moet immers steeds een minimumtemperatuur van 60°C behouden om legionella-kweek te vermijden.

Verder is de ketel ook verbonden met de radiatoren. Deze vergen immers een hoge temperatuur om convectie mogelijk te maken en het rendement van deze radiatoren hoog te houden. Enkele van deze kringen zijn voorzien van een calorimeter, herkenbaar aan het blokje met "kWh" en de benaming "CM". De leiding loopt ook nog verder naar het lage temperatuur buffervat, welke midden onderaan in het schema terug te vinden is. Het moet uiteraard ook mogelijk zijn om de vloerverwarming van warm water te voorzien wanneer de warmtepomp energetisch gezien een slechte keuze is. Maar dan mag de kring niet voorzien worden van water van 60°C. Dat zou de leidingen kunnen beschadigen en is dus ongewenst. Ook het buffervat kan deze temperaturen niet verdragen. Daarom is een circulatiepomp en driewegklep voorzien. Deze zorgen ervoor dat de kring alleen warmte opneemt wanneer nodig. De kraan zal dus enkel opengaan wanneer de temperatuur te laag is in het circuit lopende naar het buffervat van de lage temperatuur. Dankzij de modulerende werking van deze kraan kan men de temperatuur lopende naar het vat nauwkeurig regelen.

Maar in tijden waar de buitentemperatuur hoog genoeg is, schakelt men beter over op de warmtepomp. Daarom is deze ook verbonden met het buffervat lage temperatuur. Maar wanneer de buitentemperatuur te hoog gaat, kan het klimaat binnen te warm worden. Daarom is DTplan ook voorzien van koeling. Dat gebeurt via het ijswatervat. Deze wordt enkel en alleen gekoeld door de warmtepomp. Merk op dat onder de warmtepomp twee driewegkranen geplaatst zijn om de omschakeling tussen warm en koud te maken. Dat is omdat de warmtepomp slechts een tweepijps warmtepomp is. Indien dit een vierpijps warmtepomp zou zijn, dan waren de kleppen niet nodig. Wat ook duidelijk te zien is op het schema zijn de twee componenten van de warmtepomp. De ene staat in het atelier, namelijk de binnenunit. De andere staat op het dak, namelijk de buitenunit.

Indien het waterniveau in de buffervaten of enige andere CV-kring te laag zou komen dan moet deze weer terug bijgevuld worden. Daarvoor is een aansluiting voorzien naar de stadswatercollector. Deze is volledig links op het schema terug te vinden, samen met de gasaansluiting. Daaronder is ook nog een installatie terug te vinden om het regenwater op te vangen en te gebruiken voor toiletten of dergelijke.

Maar terug naar de buffervaten. Wanneer deze energie opgeslagen zit in de vaten, is ze klaar om gebruikt te worden. Daarom lopen er vervolgens leidingen naar de technische ruimte/inkom van DTplan. Van hieruit wordt alles verdeeld in verband met vloerverwarming of luchtgroepbatterij verwarming/koeling. Het is volledig rechts terug te vinden op het hydraulisch schema. Iedere kring is hierbij terug voorzien van een pomp en bijhorende driewegklep. Deze maken opnieuw gebruik van het principe beschreven hierboven. Wanneer er gewisseld dient te worden tussen warmen en koelen, bedient de PLC de kleppen 3W4 en 3W5.

8 DE REALISATIE



Figuur 37: De verschillende cases van de masterproef [36]

In dit hoofdstuk wordt uitgebreid uitgelegd wat er tijdens de uitvoering van de masterproef gebeurd is. Om het de lezer wat aangenamer te maken wordt dit onderdeel opgedeeld in verschillende cases. Deze cases behandelen elk een specifiek onderdeel van deze thesis en tonen de opbouw van het project. Zo wordt er steeds vertrokken vanuit wat de oorspronkelijke situatie was en hoe het verder geëvolueerd is. Ook de struikelblokken worden hierin besproken. Deze beschrijving van de struikelblokken is uitermate belangrijk zodat bij hierop volgende projecten steeds een naslagwerk beschikbaar is.

8.1 CASE 1: Ventilatie

Allereerst beginnen we bij de uitleg over de ventilatie. Het is één van de belangrijkste punten aangezien ventilatie mede zorgt voor een aangenaam binnenklimaat. Daarnaast heeft deze ook als doel om een voldoende hoge luchtkwaliteit te kunnen verzekeren. Bij de aanvang van het project werd dan ook direct de focus gelegd op de luchtgroep.

Om de luchtgroep te kunnen bedienen dient men kennis te hebben van het BACnet netwerktype. Dit vormt samen met de BACnet libraries van Beckhoff de basis voor de bediening van de luchtgroep. Over het BACnet systeem is meer info te vinden in het hoofdstuk 5.1.2 BACnet. Over de BACnet libraries van Beckhoff is meer te vinden op de infopagina van Beckhoff zelf [37].

Wanneer alles volledig ingesteld is en de communicatie met de luchtgroep in orde gesteld is kan het programmeren van de logica beginnen. Merk op dat de basisinstellingen bij aanvang van het project reeds ingesteld waren. Hoewel er hierbij niet vanaf nul gestart dient te worden, dient de programmeur wel goed op de hoogte te zijn van deze initiële instellingen. Verder gebruik van de BACnet punten vraagt immers een goed begrip van de initiële instellingen. Maar naast de BACnet communicatie is er ook nog de sturing van in- en uitgangen aangesloten op de Beckhoff. De luchtgroep beschikt immers enkel over actuatoren binnen zijn bereik. Dat wil zeggen dat componenten zoals de interne ventilatoren, het warmtewiel en dergelijke bedienbaar zijn vanuit de luchtgroep en daardoor dus via BACnet te bedienen zijn. De externe actuatoren zoals VAV's, kleppen en pompen voor de verwarming van de



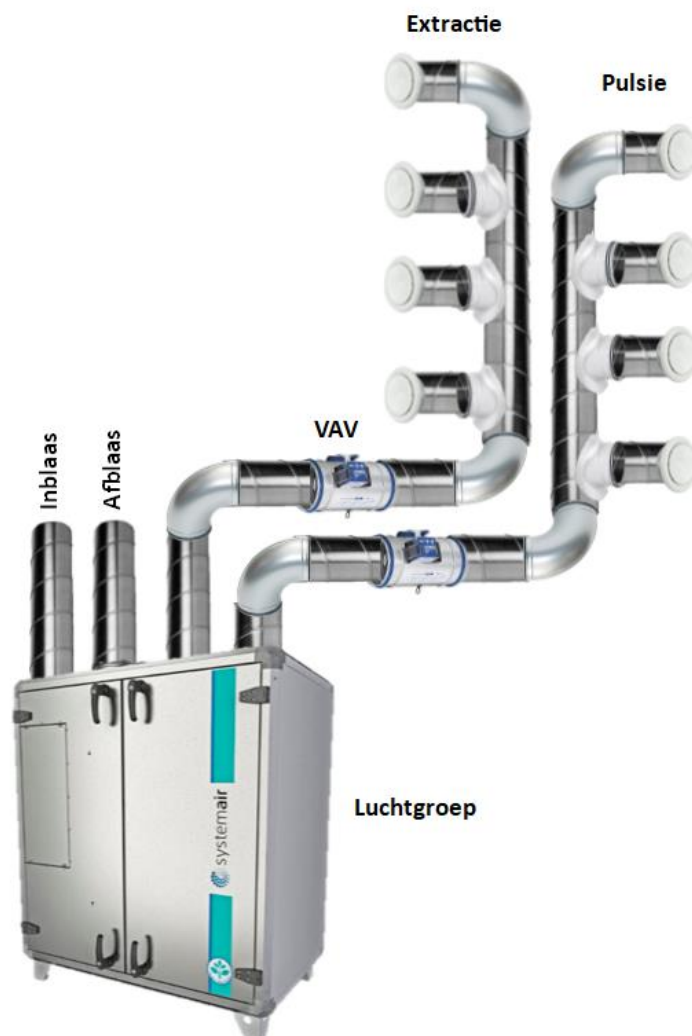
lucht batterij en dergelijke zijn echter te bedienen vanuit de Beckhoff PLC. Deze punten worden geschreven vanuit de PLC zelf en zijn dus volgens de Beckhoff methode aan te spreken.

Vooraleer men de logica kan programmeren dient men het ventilatiesysteem te begrijpen. Het systeem is opgebouwd uit 2 delen: de luchtgroep zelf en het zelf bedienbare gedeelte. De luchtgroep heeft 4 kanalen, namelijk: inblaas, afblaas, pulsie en extractie. De luchtgroep zal lucht aanzuigen van buiten door het inblaaskanaal en dat vervolgens voorbewerken (warmen of koelen) en doorsturen naar het pulsiekanaal. Daarna wordt de lucht terug opgezogen via het extractiekanaal en dat wordt vervolgens via de luchtgroep naar het afblaaskanaal gestuurd. Na het afblaaskanaal beland de vuile lucht terug buiten. De luchtgroep heeft hiervoor een interne sturing en deze werkt op het principe van een constante kanaaldruk. De luchtgroep zal er dus steeds voor zorgen dat er een constante druk in het kanaal blijft. Deze druk bedraagt bijvoorbeeld 220 Pa overdruk in het pulsiekanaal en 220 Pa onderdruk in het extractiekanaal.

Om het debiet in een ruimte te kunnen regelen worden er VAV's geplaatst op het pulsie- en extractie kanaal. Deze VAV's zijn niet meer dan regelbare kleppen. Ze hebben een voeding, stuurdraad en statusdraad. Aan de hand van de datasheet van de VAV kan men de stuurspanning bepalen voor een gewenst debiet. De klep zal deze spanning daarna omzetten naar een gewenste drukval over de klep, want bij een constante kanaaldruk kan men de drukval over de klep rechtstreeks vertalen naar het debiet, wanneer men de klepparameters kent. De klep is dus zelfregelend en zal zich steeds aanpassen aan de kanaaldruk om zo een gewenst debiet te bereiken. De status kan daarbij steeds uitgelezen worden zodat de werking van de klep gegarandeerd kan worden.

Door de luchtgroep af te regelen op een gewenste constante kanaaldruk en vervolgens de VAV's te bedienen kan men een gewenst luchtdebiet per ruimte sturen. Een overzicht van hoe het systeem praktisch in elkaar zit is terug te vinden in Figuur 38. Merk op dat dit een vereenvoudigd overzicht is om de duidelijkheid van het schema te behouden. In praktijk zullen de buizen verkleinen in doorsnede naarmate het einde van het kanaal nadert, met andere woorden dichter bij de ventielen zullen er kleinere buizen geplaatst zijn.

Nadat alles te bedienen is, dient men het systeem te testen. Het kantoor werd ondertussen al



Figuur 38: Overzicht van het ventilatiesysteem [51]

gebruikt, dus was het cruciaal dat het verluchtingssysteem op punt stond. Om de werking te testen, werden de VAV's via de visualisatie ingesteld op een bepaald debiet. Dit komt als het ware overeen met een manueel bediend systeem. De luchtgroep werd hiervoor op automatisch gezet, zodat men geen rekening hoeft te houden met het warmtewiel en dergelijke. Om de test te kunnen beoordelen werden er CO₂ sensoren geplaatst. Hoewel deze sensoren enkel een CO₂ waarde kunnen geven kan men aan de hand van deze waarde een besluit vormen over de mate van luchtverversing in de ruimte. Om voldoende luchtverversing te hebben mikken we op 800 ppm CO₂. Het was duidelijk dat de waardes van de CO₂ bij deze manuele bediening daalden, maar er werd nog steeds een overshoot gedetecteerd. Deze overshoot was namelijk te danken aan het feit dat de installatie niet op maximaal debiet mocht draaien. Wanneer men de VAV stuurde, zodat deze een debiet van boven de 400 m³/h zou ventileren, ging het geluidsniveau in dergelijke mate omhoog dat het ondraaglijk werd in het kantoorgebouw. Aangezien een kantoorgebouw een ruimte is waar een hoge concentratie gevraagd wordt van de werknemers, mag het geluid niet overheersend zijn. Hoewel de installatie dus wel degelijk werkte, mocht deze niet naar een elementair ventilatiedebiet overgaan. Er was dus nood aan een oplossing.



Figuur 40: CAV's die gebruikt zijn op het uiteinde van de kanalen [52]

De oplossing voor dit probleem zijn dempers. Voorheen zag het systeem er als volgt uit. De lucht loopt via de VAV door naar de bochten en verdere buizen van het systeem. Wanneer er een uitgang is werd daar een CAV in geplaatst. Dit is wederom een klep, maar niet bedienbaar. Deze kleppen zorgen ervoor dat er voldoende weerstand is zodat de luchtgroep een over- of onderdruk kan creëren in het luchtkanaal. Maar na de CAV zat er niets meer. Het gevolg is dat de lucht door een gat met scherpe randen en onregelmatigheden geduwd werd. Deze onregelmatigheden zorgen voor luchtwerelingen en dat geeft trillingen. Deze trillingen zorgen vervolgens voor geluid. Door de trillingen te verminderen kan men de geluidsoverlast bijgevolg verminderen. Daarom werd er voor een oplossing gekozen met

zowel een innodemper als een ventiel. Zo wordt de luchtstroom eerst in een specifiek patroon gevormd en daarna verspreid in de omgeving. Om de trillingen nog verder te beperken worden deze innodempers uitgevoerd in een zacht schuim. Door de installatie van zowel innodempers, pulsieventielen als extractieventielen werd de geluidshinder dusdanig beperkt dat het geluidsvolume bij maximale ventilatie nog steeds draaglijk is.



Figuur 39: Innodemper [53]



Figuur 41: Installatieoverzicht van de extractiekant (links), extractieventiel (midden) en pulsieventiel (rechts) [38]

Maar door deze aanpassing van het systeem, is de luchtgroep nu ontregeld. Deze is namelijk afgeregeld op een bepaalde weerstand van de pulsie- en extractiekanalen. Doordat deze weerstand nu veranderd is, moet de luchtgroep opnieuw afgeregeld worden. Wanneer men de luchtgroep zou laten verder werken in deze opstelling zonder opnieuw in te stellen, zou het het ventilatiedebiet beginnen schommelen. De interne PID regeling van het systeem zou dermate ontregeld zijn dat de ventilatoren in een onstabiele werking treden. Om dat allemaal te voorkomen dient men de luchtgroep af te stemmen op de weerstand van de geïnstalleerde pulsie- en extractiekanalen. Daarvoor dient men alle VAV's volledig open te zetten en het maximale berekende debiet van de ruimtes manueel instellen op de luchtgroep. Praktisch komt dit er op neer dat men de luchtgroep voorzichtig laat optoeren tot er een debiet bereikt wordt wat overeenkomt met het maximale debiet. Wanneer men dat debiet bereikt heeft, leest men de drukval over het kanaal af. Deze drukval wordt nu de instelwaarde voor verder gebruik van het systeem.

Met deze aanpassing is het nu eindelijk mogelijk om op maximaal vermogen te ventileren. Maar dat is uiteraard niet altijd gewenst. Daarom wordt er een regeling ingebouwd die aan de hand van het CO₂-gehalte in de ruimte het ventilatiedebiet modulerend zal aansturen. Zo wordt er een PID-regelaar geprogrammeerd om het ventilatiedebiet af te stemmen op een streefdoel van 800 ppm. Om overshoot te vermijden en deze absolute drempel nooit te overschrijden, wordt een richtwaarde van 750 ppm in de sturing geprogrammeerd. CO₂ is immers iets wat zeer snel kan stijgen afhankelijk van hoeveel mensen er aanwezig zijn in het gebouw. De uiteindelijke programmatie zal over een personenteller beschikken. Dat wil zeggen dat de PLC zal bijhouden hoeveel mensen er aanwezig zijn in het gebouw. Wanneer er dan een persoon binnenkomt, kan het ventilatiedebiet tijdelijk verhoogd worden met 50 m³/h. Zo kan het systeem reeds anticiperen op een stijging nog voordat deze zich effectief voordoet.

Maar naast de luchtverplaatsing dient men ook nog rekening te houden met de temperatuur van de lucht die ingeblazen wordt in het gebouw. Deze mag immers niet te warm, maar ook niet te koud zijn. Daarvoor zijn er twee actoren beschikbaar op de luchtgroep. De eerste actor is het warmtewiel. Dit wiel zorgt voor warmterecuperatie uit de extractielucht. Het is van energetisch belang dat deze steeds de voorrang krijgt. Dit is immers zo goed als gratis warmte. Het kost enkel een zeer miniem vermogen om het motortje aan te drijven om het warmtewiel te doen draaien. Dit minieme vermogen weegt uiteraard niet op tegen het grote vermogen aan warmte wat nodig zou zijn om de lucht op temperatuur te houden. Daarom wordt steeds het warmtewiel aangesproken wanneer de luchttemperatuur te laag ligt. Maar wanneer het echt koud is buiten en er weinig warmte te recupereren valt uit de extractielucht, dan dient de pulsielucht nog steeds opgewarmd te worden. Dat gebeurt aan de hand van de lucht batterij.

Door warm water door deze batterij te laten vloeien, kan de pulsielucht opgewarmd worden. Maar ook wanneer de pulsietemperatuur te hoog ligt, wil men de temperatuur kunnen beïnvloeden. Door namelijk koud water door deze batterij te sturen, kan men de temperatuur ook verlagen. Het spreekt voor zich dat het warmtewiel dan niet bediend mag worden.

Zo is de sturing dan ook opgebouwd. Het warmtewiel is steeds de eerste factor in het verwarmings-/koelverhaal. Wanneer de temperatuur dusdanig laag ligt en het warmtewiel al enige tijd op 100% draait, wordt de warmklep open gestuurd. Dat zorgt ervoor dat er warm water naar de luchtbatterij kan vloeien. Door middel van een PID-regelaar wordt een constante luchttemperatuur verzekerd. Ook de koeling wordt op deze manier aangestuurd. Met uitzondering dat de koeling enkel geactiveerd wordt, wanneer er koeling mogelijk is. De kleppen zitten immers op dezelfde collector en deze collector kan enkel warm water of koud water leveren en niet beide tegelijkertijd. Er wordt zo van vooraf bepaald of er koeling of verwarming geactiveerd wordt voor die bepaalde dag. Meer info daarover is terug te vinden onder de case weersvoorspelling.

8.2 CASE 2: Verwarming/koeling

Naast ventilatie is ook verwarming/koeling een belangrijk punt in de verbetering van het binnenklimaat. Wanneer het buiten 2 graden vriest, kan men onmogelijk een binnenklimaat van 21°C hebben zonder enige bron van verwarming. Hoewel het gebouw zeer goed geïsoleerd is, zal men nog steeds met warmteverliezen kampen. Ook de ventilatie zorgt voor een grote bron van warmteverliezen. Door constante luchtwisseling pompt men een grote hoeveelheid koude lucht in het gebouw en blaast men een grote hoeveelheid warme lucht naar buiten.



Om deze laatste voor een groot stuk te reduceren, werd gekozen voor een luchtgroep met warmtewiel. Deze maakt het immers mogelijk om tot 85% van de warmte te recupereren. Desondanks zal men nog steeds moeten warmen op koude momenten. Het voordeel van dit gebouw is dat de mate van verliezen uiterst klein is. Dat draagt bij aan het economische standpunt, maar ook vooral aan het ecologische standpunt.

Aan de andere kant kan het buiten ook veel te warm zijn. Als het buiten bijvoorbeeld 27°C is dan kan men niet anders dan koelen om het binnenklimaat op een aangename 21°C of ergens in die buurt te houden. Daarom werd het gebouw voorzien van enkele warmte- en koudeopwekkers. De ruime beschrijving van deze componenten is terug te vinden in hoofdstuk 4.1 Verwarming / koeling.

Allereerst dienen we een basisregel vast te leggen, namelijk “de warmtepomp krijgt voorrang om te warmen, tenzij de COP te laag ligt”. Dat wil zeggen dat wanneer er een warmtevraag is en de buitentemperatuur hoog genoeg ligt, de warmtepomp wordt ingeschakeld om het buffervat op temperatuur te houden. In koudere omstandigheden zal steeds gekozen worden voor de gascondensatieketel aangezien deze economisch en ecologisch interessanter is op die momenten. De warmtepomp zou op die koude momenten immers te veel elektrische energie vragen om een hoeveelheid thermische energie te genereren. In hoofdstuk 4.1.2.1 Theoretische onderbouwing wordt het principe van de warmtepomp bekeken. Het lijkt dan ook duidelijk dat een warmtepomp gemakkelijker warmte kan halen uit warme buitenlucht dan uit koude buitenlucht.

Met deze basisregel in het achterhoofd kunnen we de werking van het systeem nader bekijken. Hiervoor wordt verwezen naar het hydraulisch schema in bijlage. We kunnen het systeem opdelen in twee soorten warmtegebruikers namelijk: de hoge temperatuur en de lage temperatuur. De hoge temperatuur gebruikers zijn deze die een hogere temperatuur vereisen dan wat energetisch interessant is om met de warmtepomp op te wekken. Denk maar aan het SWW buffervat wat een minimum-temperatuur van 60°C vereist om legionella-kweek tegen te gaan. Maar ook de radiatoren vereisen een aanzienlijke temperatuur om voldoende warmte te kunnen afgeven. Deze zijn immers gedimensioneerd op temperaturen van rond de 50°C. Wanneer men de laagwaardige warmte van 35°C zou gebruiken voor deze radiatoren, zouden deze slechts een klein percentage van het gewenste vermogen afgeven. Daarom worden de radiatoren en het buffervat van de SWW enkel verwarmd door de gascondensatieketel.

De tweede soort zijn de lage temperatuur gebruikers. Deze vereisen slechts een temperatuur van om en bij de 35°C. Het gaat dus om de vloerverwarmingen en de batterij van de luchtgroep. Deze categorie kan zowel door de gasketel als door de warmtepomp verwarmd worden. Met de basisregel in het achterhoofd wordt dus steeds voor de warmtepomp gekozen, indien de buitentemperatuur gunstig is.

Als laatste is er ook nog het koelen. Dit wordt enkel uitgevoerd door de warmtepomp aangezien deze de enige is die kan koelen. De gebruikers van de lage temperatuur hebben de mogelijkheid om koelwater op te nemen. Dat wil dus zeggen dat het mogelijk is om te koelen in de luchtgroep-batterij en in de vloeren. De luchtgroep-batterij wordt zeker en vast gekoeld wanneer de temperatuur van de aanzuiglucht te hoog ligt. Maar de vloerkoeling wordt enkel en alleen gebruikt wanneer de ruimtetemperatuur te hoog ligt en het dauwpunt van de lucht in die ruimte voldoende hoog ligt. Stel dat de temperatuur van het dauwpunt lager ligt dan het koelwater in de vloer, dan krijgt men te maken met condens op de vloeren. Iets wat ten allen tijde vermeden moet worden, aangezien dit de vloerbedekking kan beschadigen.

Nu alle mogelijkheden overlopen zijn, is het tijd om de werking beter te bestuderen. Kortom wat is de logica voor het programmeren van de sturing? Elk onderdeel stuurt een warmtevraag of koudevraag wanneer deze dat nodig vindt, gaande van het sanitair warm water buffervat tot de ruimtes zelf. Wanneer er een warmtevraag gedetecteerd wordt, wordt nagegaan of het een hoge temperatuur vraag of een lage temperatuur vraag is. Indien het een lage temperatuur vraag is, wordt de buitentemperatuur gemeten en nagegaan of de theoretische COP binnen het gunstige gebied ligt. Meer info daarover volgt in de volgende paragraaf. Wanneer de COP hoog genoeg ligt, wordt de warmtepomp opgestart. Indien dat niet zo is, of wanneer het een hoge temperatuur vraag is, dan wordt de ketel opgestart. Afhankelijk van de gebruiker wordt een temperatuur ingesteld voor de ketel. Vervolgens zal de desbetreffende gebruiker de warmte afnemen, indien nodig. Voor het SWW buffervat zal dit via een hysteresis-sturing zijn, waar modulerende drieweg-kleppen zijn, zal dit volgens een PID-regelaar gebeuren. De PID-regeling gebeurt steeds op de vertrektemperatuur, zodat bij de vloerverwarming nooit geen hogere temperaturen dan 40°C in de buizen aanwezig kan zijn. Dit zou de vloerverwarming kunnen degraderen en dat moet ten allen tijde vermeden worden.

Er wordt steeds rekening gehouden met de COP van de warmtepomp, maar wanneer is deze gunstig? Dat hangt van enkele factoren af zoals de huidige elektriciteitsprijs en gasprijs, de installatiekost van de zonnepanelen en het rendement van de gascondensatieketel. De berekening gaat over de prijs per kWh gegenereerde thermische energie.

Er wordt een rendement vastgesteld voor de ketel van 98%. Dit geldt uiteraard bij condenserende werking, maar dat is ook steeds de bedoeling wanneer de ketel het lage

temperatuur buffervat op peil moet houden. Wetende dat bij condenserende werking men rekening moet houden met de bovenste stookwaarde, wordt deze als referentie genomen.

$$\text{Bovenste stookwaarde aardgas} = 35.17 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} = 9.769 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

Met het rendement van de ketel ingerekend, zakt deze stookwaarde naar 9.574 kWh/m³.

Het doel van deze berekening is om het kantelpunt van de COP-waarde te zoeken. Daarvoor stellen we de prijs per kWh thermisch voor de warmtepomp gelijk aan de prijs per kWh thermisch voor de gasketel.

$$\frac{\text{prijs gasketel}}{\text{kWh}_{\text{thermisch}}} = \frac{\text{prijs warmtepomp}}{\text{kWh}_{\text{thermisch}}}$$

$$\frac{\text{prestatiefactor}_{\text{CV}}}{\text{gasprijs}} = \frac{\text{COP}}{\text{elektriciteitsprijs}}$$

$$\text{COP} = \frac{\text{prestatiefactor}_{\text{CV}} \cdot \text{elektriciteitsprijs}}{\text{gasprijs}}$$

Wanneer de werkelijke COP van de warmtepomp hoger zit dan deze theoretisch berekende COP van het kantelpunt, is het gunstiger om met de warmtepomp te verwarmen dan met de gasketel.

Maar wanneer men met de elektriciteitsprijs van het net zou rekenen, komt men aan een COP van boven de 5. Deze waarde is zelden haalbaar met een warmtepomp en duidt dus ook op de economische haalbaarheid van een warmtepomp. Een warmtepomp verbruikt immers nog steeds stroom en deze stroom is relatief duur in België. Een warmtepomp is dus economisch moeilijk te verantwoorden. Echter dient men hier rekening te houden met de zonnepaneleninstallatie. Deze zorgen voor een lager tarief en helpen de warmtepomp om economisch interessant te zijn. Daarom wordt het elektriciteitstarief herbekeken.

Er zijn in totaal drie stringen zonnepanelen op het dak van DTplan geplaatst. Deze worden opgesplitst in twee groepen. De eerste string dateert van het oude gebouw en de panelen zijn in die tijd aangekocht met recht op groene-stroom-certificaten. De tweede en derde string zijn onlangs aangekocht en deze geven geen recht op groene-stroom-certificaten. Deze certificaten zijn van groot belang om de prijs te bepalen. Ze leveren immers een aardige som geld op per 1000 kWh geproduceerde elektriciteit.

Daarnaast dient men ook rekening te houden met het degraderen van de zonnepanelen. Een zonnepaneel verliest door de tijd immers een deel van het rendement. Volgens datasheets van de gebruikte zonnepanelen bedraagt dit 0,6% per jaar. We gebruiken deze waarde vervolgens om de geschatte opbrengst te berekenen. Uit data van voorgaande jaren kan men halen dat de installatie voor string 1 een jaaropbrengst van 2716 kWh haalt. De installatie wordt geschat op een levensduur van 25 jaar dus zetten we deze getallen uit, zodat het totale aantal kWh gedurende de hele levensduur van de panelen berekend kan worden.

Tabel 3: Overzicht opbrengst over hele levensduur zonnepanelenstring 1

Jaar	Opbrengst [kWh]	Jaar	Opbrengst [kWh]	Jaar	Opbrengst [kWh]
1	2716	9	2588	17	2466
2	2699	10	2572	18	2452
3	2683	11	2557	19	2437
4	2667	12	2542	20	2422
5	2651	13	2526	21	2408
6	2635	14	2511	22	2393
7	2619	15	2496	23	2379
8	2604	16	2481	24	2365
				25	2350

De kostprijs van de installatie bedraagt €12150. Wetende dat een omvormer slechts de helft van de levensduur van de panelen meegaat kunnen we ook de kostprijs van de omvormer inrekenen. Dit komt neer op een totaal kostenplaatje van €12807. Verder dient er ook rekening gehouden te worden met de groene stroom certificaten. Deze leveren immers een bedrag van €210 op per 1000 kWh.

Tabel 4: Kost en opbrengst zonnepanelenstring 1

Kostprijs van String 1	€ 12150,3
Vervangen omvormer 1x	€ 656,64
Totale kostprijs van String 1	€ 12806,9
GSC per 1000 kWh	210 €/1000kWh
Totaal geproduceerd	63221 kWh
Aantal GSC	63
winst GSC	€ 13230

We doen dit ook voor de tweede en derde zonnepanelenstring en bekomen volgende resultaten:

Tabel 5: Overzicht opbrengst over hele levensduur zonnepanelenstring 2 & 3

Jaar	Opbrengst [kWh]	Jaar	Opbrengst [kWh]	Jaar	Opbrengst [kWh]
1	6759	9	6441	17	6139
2	6719	10	6403	18	6102
3	6678	11	6364	19	6065
4	6638	12	6326	20	6029
5	6598	13	6288	21	5993
6	6559	14	6251	22	5957
7	6519	15	6213	23	5921
8	6480	16	6176	24	5885
				25	5850

Tabel 6: Kost en opbrengst zonnepanelenstring 2 & 3

Kostprijs van String 2 en 3	€ 15998
Vervangen omvormers 1x	€ 1313,28
Totale kostprijs van String 2 en 3	€ 17311,2

We kunnen de opbrengsten en kosten van deze 3 installaties nu samentellen en bekomen het volgende:

Tabel 7: Kostprijs elektriciteit geproduceerd door de zonnepanelen

Totale kostprijs alle zonnepanelen	€ 16888,17
Totaal aantal kWh geproduceerd	220575 kWh
Eenheidsprijs elektriciteit	0,076564 €/kWh

Met deze prijs van elektriciteit kunnen we nu verder rekenen. Dit resultaat wordt nu ingevuld in de formule om het omschakelpunt van de COP te bepalen.

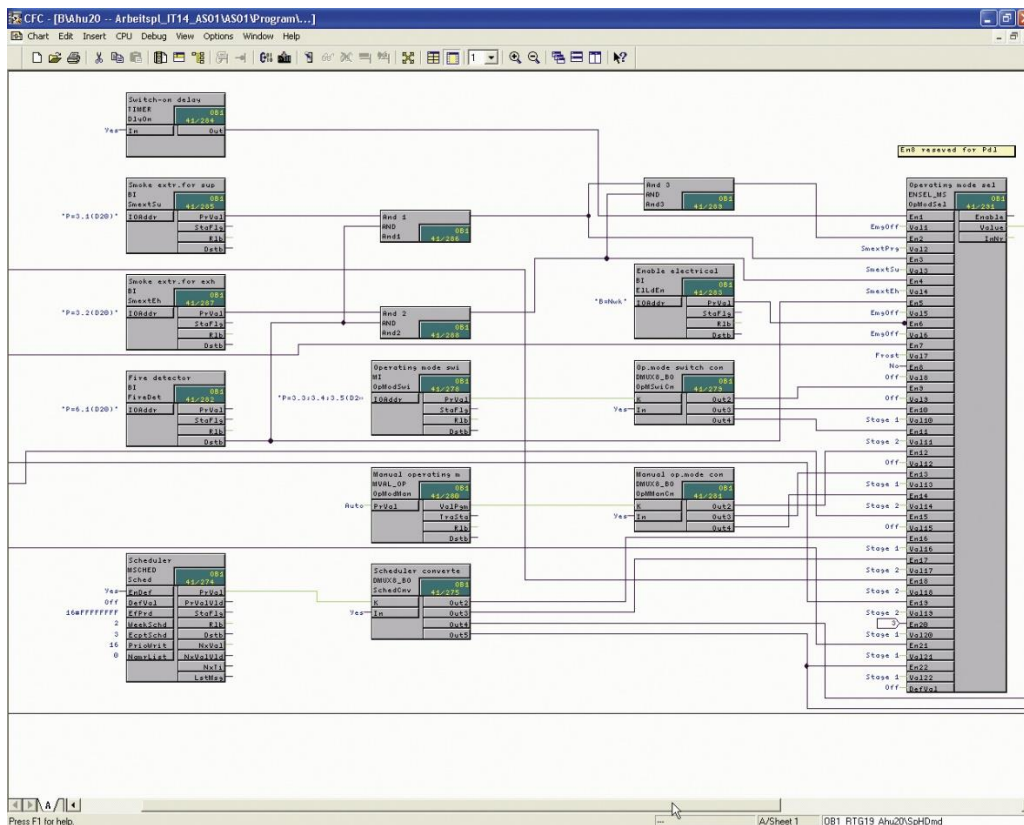
$$COP = \frac{\text{prestatiefactor}_{CV} \cdot \text{elektriciteitsprijs}}{\text{gasprijs}}$$

$$COP = \frac{9.574 \text{ kWh/m}^3 * 0.076564 \text{ €/kWh}}{0.356502 \text{ €/m}^3}$$

$$COP = 2.056163$$

Om dus rendementsvol te kunnen produceren met de warmtepomp, dient de COP hoger te liggen dan 2,06. Iets wat met een huidige generatie warmtepomp zeker haalbaar is. Men dient uiteraard ook rekening te houden met de hoeveelheid verbruikte elektriciteit. Want wanneer de warmtepomp meer elektriciteit verbruikt dan wat de zonnepanelen opleveren in een jaar, dan stijgt de elektriciteitsprijs, omdat de warmtepomp dan terug van het net consumeert. Dit is uiteraard allemaal theoretisch bekeken, want de elektrische energie van de zonnepanelen wordt niet altijd geconsumeerd door de warmtepomp. Wanneer er geen warmte nodig is, zal deze uiteraard niet inschakelen. Dan zal deze energie ergens anders in het net verbruikt worden. Maar aangezien dit om een installatie met terugdraaiende teller gaat, mag men dit op deze manier berekenen.

Op het vlak van programmeren vallen enkele moeilijkheden onder dit hoofdstuk. Namelijk de ketel en warmtepomp die net zoals de luchtgroep bediend worden vanuit BACnet. Dit zorgt voor een extra moeilijkheid. De datapunten zijn immers niet altijd in eigen beheer en kunnen door de interne sturingen van de producten overschreven worden. Het verkrijgen van lijsten met de betekenis van elk datapunt is immers ook niet vanzelfsprekend. Meer informatie over de datapunten op BACnet-niveau van de Viessmann producten is in de werkingsbeschrijving terug te vinden. Naast BACnet komt er ook nog bij dat niet alles onder de Beckhoff PLC valt. De Desigo PLC beslist namelijk over wat er gebeurt met de vloerverwarming en de daarbij horende componenten. Merk op dat Siemens Desigo in function block diagram geprogrammeerd wordt en niet in structured text zoals de Beckhoff PLC.



Figuur 42: Voorbeeld van een Siemens Desigo programma

Maar naast het programmeren deden zich ook enkel problemen voor bij het instellen van de warmtepomp. De warmtepomp communiceert via LON-bus met de Vitogate gateway om vervolgens met het BACnet-IP netwerk te verbinden. Hoewel men bij een BACnet netwerk de luxe heeft om alle datapunten te kunnen scannen, is er bij Viessmann geen documentatie over wat deze datapunten precies inhouden. De Vitogate is een zeer recent onderdeel en is daardoor nog niet volledig gedocumenteerd. Het heeft immers een tiental uur gekost om samen met Viessmann techniciers dit probleem op te lossen, laat staan de dagen die het gekost heeft om zelf of met behulp van DTplan-werknemers de warmtepomp te kunnen besturen. Kortom de warmtepomp was geen gemakkelijk onderdeel om te bedienen, maar desondanks is het ondertussen mogelijk om de warmtepomp te laten warmen en koelen in de respecterende buffervaten.

8.3 CASE 3: weersvoorspelling

De laatste case is niet noodzakelijk om het systeem te doen werken, echter is het wel een zeer belangrijke component. Het is wat deze masterproef en de HVAC-installatie bij DTplan uniek maakt. Waar de gangbare systemen steeds reactief reageren op de situatie, zal dit systeem proactief reageren. Dat houdt in dat het systeem bijvoorbeeld niet zal wachten tot de temperatuur te hoog ligt om daarna te moeten koelen. We beschouwen dit als een slim systeem. Het denkt vooruit op de zaken voordat zich een probleem voordoet.



Eerst en vooral overlopen we wat het systeem opzoekt aan informatie. Om proactief te kunnen reageren, beschikt de installatie van DTplan over een verbinding met het internet. Zo is het mogelijk om via API's informatie van het internet te halen via een simpele PLC. Op die manier kan men doelgericht informatie verlenen aan een toestel dat met het internet verbonden is, ofwel een IOT-device. Het IOT-device in deze installatie is de Wiser. Deze optie was de meest voor de hand liggende aangezien de Wiser het hart van het systeem vormt. Bijna elk toestel is verbonden met deze controller. Zo kan, indien nodig, informatie doorgespeeld worden naar andere PLC's. De informatie die deze controller beschikbaar stelt, bestaat voornamelijk uit de temperatuursvoorspelling voor de volgende 24 uur, met intervallen van 3 uur. Indien nodig, kan dit nog uitgebreid worden naar de volgende 5 dagen. Of wanneer men wil bijbetalen, bestaat er ook de mogelijkheid om een 4 dagen voorspelling per uur te krijgen. Maar voor de toepassing die hier besproken wordt, is dat niet vereist. Het zijn tenslotte ook maar voorspellingen en geen perfecte waarden. Het geeft echter wel een richtwaarde en dat is uiterst belangrijk bij het gebruik van de installatie. Naast de temperatuur wordt ook de bewolking opgehaald en de huidige weersomschrijving. Dat laatste kan immers helpen bij de visualisatie van het systeem. Zo kan men een weersvoorspelling weergeven op de visualisatie voor de volgende dagen.

Maar wat wordt er precies gedaan met die weersvoorspelling? De temperatuursvoorspellingen worden gebruikt om het ideale moment van koelen of warmen met de warmtepomp te vinden. Een warmtepomp haalt immers een hoger rendement of COP wanneer de omgevingstemperatuur dichter bij de gevraagde watertemperatuur ligt. Met andere woorden een warmtepomp kan gemakkelijker warm water maken, als het buiten warm is en gemakkelijker koud water, als het buiten koud is. Daar speelt de weersvoorspelling op in. 's Avonds wordt er gekeken naar wat de temperatuur voor de volgende dag zal zijn. Zo wordt bepaald of het een warme of koude dag zal zijn met respectievelijk het activeren van de koeling of verwarming. Wanneer de buitentemperatuur de volgende dag boven 21°C ligt, weet men uit ervaring dat men zal moeten koelen om het gebouw op temperatuur te houden. Daarom zal de PLC het koudste moment van de nacht zoeken om op dat moment te kunnen koelen. De warmtepomp zal op dat tijdstip geactiveerd worden en zal vervolgens een uitstekend rendement halen. Net als voor het koelen zal ook voor het warmen het optimale moment gezocht worden en dit wanneer het warmste moment van de dag zich voordoet. Zo kan opnieuw een zeer gunstige COP verwacht worden. Dit alles is namelijk mogelijk door het stockeren van thermische energie in de buffervaten. Door de uitstekende isolatie is het nog steeds interessant om van een tijdje voordien te koelen of warmen.

Maar ook de ventilatie speelt in op het voorspellingsverhaal. Wanneer het dagen van 26°C zijn, is het onvermijdelijk dat er gekoeld moet worden. Om op elektriciteit te besparen, dienen we dit koelen tot een minimum te beperken. Dat kan door de natuur op een slimme wijze te gebruiken. Tijdens de dag stijgt het kwik dan misschien boven de 25°C, maar 's nachts kan men vaak op lagere temperaturen rekenen. Wanneer dat gebeurt is het interessanter om de luchtgroep in te schakelen en verse lucht rechtstreeks naar binnen te blazen. Zo hoeft men niet extra te koelen en kan de temperatuur toch aanzienlijk dalen in de desbetreffende ruimtes. Dit principe noemen we nachtventilatie en dat is mede mogelijk door de weersvoorspelling.

Naast de temperatuursvoorspellingen zijn er ook weermodellen van de bewolking beschikbaar. Deze kunnen van toepassing zijn op het licht in het kantoor. Het DTplan gebouw is een zeer recent gebouw en is daardoor voorzien van een dikke laag isolatie. Overal waar er warmteverliezen zouden kunnen zijn, is er een oplossing voorzien. Dat zorgt ervoor dat het gebouw zeer weinig warmteverliezen heeft in de winter, maar in de zomer kan dit nadelig

uitkomen. Het gebouw kan namelijk minder goed afkoelen tijdens de nacht en heeft ook een kleinere thermische inertie. Daardoor zijn alle bronnen van warmte binnen DTplan van grote invloed op de temperatuur, hoe klein ze soms ook zijn. De uitstoot van warmte door de werknemers van DTplan zorgt voor een stijging van de temperatuur. Maar ook de verlichting boven de bureaus zorgt voor een ongewenste temperatuurstijging. De verlichting bestaat uit TL-armaturen met daarin drie TL-buizen. De armaturen beschikken over twee ballasten met geïntegreerde DALI drivers. Het komt er op neer dat men de TL-buizen kan dimmen of uitschakelen per ballast. Om het praktisch te verwoorden, kijken we naar de situatie in de bureaus.



Figuur 43: Tekening van de TL-armaturen in de landscape [1]

Er zijn steeds drie lampen voorzien per armatuur. Het is mogelijk om de lamp in drie configuraties te laten branden, namelijk: 3 lampen, 2 lampen of 1 lamp. Daarnaast kan men de lampen ook modulerend bedienen. Dat wil zeggen dat ze regelbaar zijn tussen 100% en 20%. Het modulerend sturen van deze lampen wordt voornamelijk gebruikt om energie te besparen. De armaturen zijn immers voorzien van bewegingsdetectoren en wanneer een bepaalde tijdsduur geen beweging gedetecteerd wordt, dan worden de lampen gedimd tot 20%. De lampen zouden ook uitgeschakeld kunnen worden, maar dat levert twee nadelen op. Het eerste nadeel is dat een TL-lamp een vrij intensieve startstroom opneemt. Hoewel dat betrekkelijk laag is, in vergelijking met een driefasige motor bijvoorbeeld, is dat relatief veel ten opzichte van het steady state verbruik. Het is bijgevolg energetisch interessanter om de lamp te dimmen dan deze volledig uit te schakelen bij tijdelijke afwezigheid. Een tweede nadeel is dat het continu aan- en afschakelen van de lampen een storend effect heeft op de concentratie van de werknemers.

Maar op zonnige zomerdagen is er vaak al veel licht van buitenaf door de ramen. Het is nog steeds niet voldoende om het kantoor volledig te verlichten, maar het is een welgekomen extraatje. Daarom kan op zonnige dagen de verlichting wat gedimd worden of één van de drie lampen uitgeschakeld worden. Zo heeft men een lager elektrisch verbruik, maar ook een lagere warmteopwekking in het gebouw. Het lijkt misschien niet veel, maar alle beetjes helpen bij een gebouw dat dusdanig geïsoleerd is. Dat is waar de weersvoorspelling van pas kan komen. De PLC kan zo van 's morgens al voorspellen of er genoeg licht zal zijn met twee lampen of dat het toch nodig zal zijn om drie lampen in te schakelen. De PLC kan zo bijgevolg de KNX waarschuwen om de lampen te doven en zo energie te sparen.

9 BESLUIT

Door de verhuis van het oude naar het nieuwe gebouw was er bij DTplan weinig tijd over om het eigen gebouw te automatiseren. Daarom werd voor mij de opdracht voorzien om als masterproef het gebouw te automatiseren en de HVAC installatie te optimaliseren. De masterproef is op te delen in drie cases en worden hier apart nog eens overlopen.

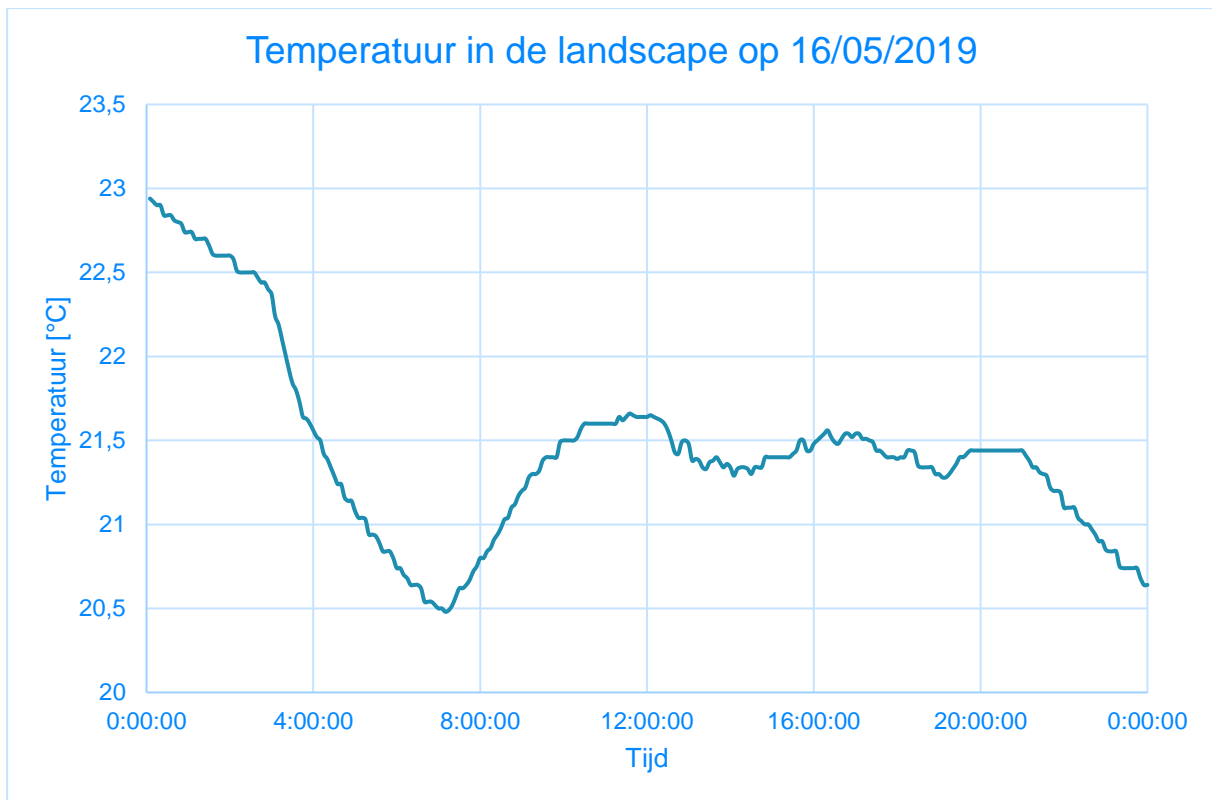


Op het gebied van de ventilatie is veel gebeurd. Zo was er bij het begin steeds geluidsoverlast wanneer men meer dan 300 m³/h ging ventileren in de landscape. Er zijn hiervoor dempers en ventielen geplaatst om de geluidsoverlast te verminderen. Het effect is bewezen aangezien het nu pas vanaf een debiet van 600 m³/h merkbaar wordt. Wetende dat dit debiet enkel overschreden wordt tijdens nachtventilatie kan men besluiten dat de geluidsoverlast opgelost is. Na het plaatsen van de ventielen werd de luchtgroep onstabiel. Daarom werd de luchtgroep opnieuw afgeregeld en is er ook een korte handleiding voorzien om de luchtgroep opnieuw te kunnen afregelen wanneer de privé afgewerkt is. Ook werd er een regeling ingebouwd die, wanneer er een vergadering plaatsvindt in de vergaderzaal, (die grenst aan de ruimte waar de luchtgroep staat) de luchtgroep naar een minimaal debiet omschakelt, zodat de geluidsoverlast in de vergaderzaal tot een minimum beperkt wordt.



Naast de debietregeling is er ook nog een temperatuursregeling ingebouwd in de sturing. Deze zorgt ervoor dat de temperatuur van de pulsieelucht steeds comfortabel aanvoelt. Maar ook de vloerverwarming heeft een aparte temperatuursregeling. Zo kan de ruimtetemperatuur steeds een aangename 21°C aanhouden. Dat is ook duidelijk te zien in onderstaande grafiek. De temperatuur is opgelopen tot meer dan 23°C door de voorgaande dag. Om deze temperatuur op een economische manier terug te brengen op een respectabele temperatuur van 21°C wordt gebruik gemaakt van nachtventilatie. De sturing zal hiervoor naar een minimale nachttemperatuur zoeken. Meer daarover in de volgende rubriek. Maar dat was in de nacht van 15 mei op 16 mei om 3 uur 's nachts. Het is duidelijk te zien dat de temperatuur op dit tijdstip een duikvlucht neemt. Ook het koelen van de vloer wordt hier geactiveerd. Deze zorgt mede voor het verlagen van de temperatuur. Wanneer de gewenste temperatuur van 21°C bereikt wordt schakelt de nachtventilatie terug uit. De vloerkoeling is hiermee reeds uitgeschakeld op één graad Celsius boven de gewenste temperatuur. Dit om undershoot te voorkomen. De temperatuur zakt hierdoor tot een frisse 20,5°C en is nu klaar om de dag te beginnen. De werknemers komen ongeveer om 8 uur toe en daardoor stijgt de temperatuur opnieuw. Om deze stijging tegen te gaan wordt de vloerkoeling terug ingeschakeld en wordt de pulsietemperatuur automatisch gekoeld. Zo wordt de temperatuur succesvol op 21,5°C gehouden, wat voor de werknemers van DTplan voor een ideale werkomgeving zorgt.

Uiteraard worden ook de andere ruimtes in het gebouw geklimatiseerd. Zo is het atelier voorzien van een regeling voor het bedienen van de radiatoren, alsook is er een communicatie voorzien tussen de Beckhoff PLC en de SAIA PLC omwille van de autonome regeling van de SAIA PLC voor de vergaderzaal. Wanneer de SAIA warm water nodig heeft om de ruimte op te warmen zal de Beckhoff de ketel opstarten. Ook het dempen van het geluidsniveau wordt door de SAIA aangevraagd. Iets waar de Beckhoff vervolgens op inspeelt en de VAV's van de ruimtes tot een minimum snoert.



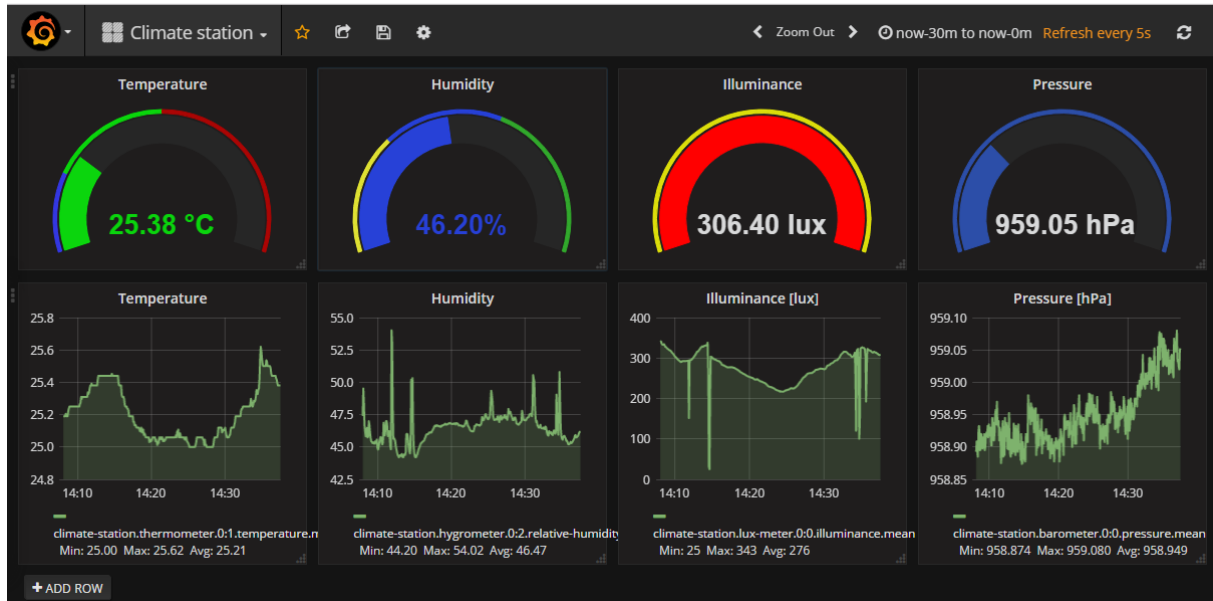
Figuur 44: Temperatuur in de landscape op 16/05/2019



Als laatste is er de weersvoorspelling. Deze case is speciaal voorzien voor het DTplan gebouw met het oog op een energie-efficiënte toekomst. Dankzij deze intelligentie is het mogelijk om het systeem te doen anticiperen op problemen nog voor zij zich voordoen. Het is dankzij dit element dat nachtventilatie op een ideaal moment gestart wordt. Zoals reeds eerder vermeld wordt de luchtgroep pas opgestart wanneer het koudste moment van de nacht zich voordoet. Zo kan het kantoorgebouw steeds op een energie-efficiënte manier gekoeld worden. Ook de vloerkoeling start op dit moment op. Dit zorgt ervoor dat de warmtepomp een zeer gunstig koelrendement kan bereiken. Koeling komt bij een reactief systeem immers enkel voor op warme momenten. Dat zorgt ervoor dat de warmtepomp een laag rendement haalt om koud water op te wekken. Bij het proactieve systeem van DTplan kan de warmtepomp reeds koud water bufferen om een energiebesparing te realiseren ten opzichte van de reactieve aanpak.

Hoewel er veel gebeurd is tijdens het verloop van deze masterproef zijn er toch nog een aantal dingen die nog moeten gebeuren. Allereerst dient de gelogde data verder bestudeerd te worden. Het invoeren van aanpassingen in het systeem klinkt op papier misschien goed, maar kan in de praktijk soms tegenvallen. Er zijn nu zeer veel aanpassingen aangebracht, met elk hun specifieke uitwerkingen. Hoewel het binnenklimaat nu een heel stuk beter aanvoelt kan men dit momenteel nog niet bewijzen. Daarvoor dienen de meetresultaten verder verwerkt te worden. Ook de gerealiseerde energiebesparingsmethodes dienen verder bestudeerd te worden om te kunnen besluiten of deze methodes werkelijk voor een energiebesparing zorgen. Om deze waardes te kunnen bestuderen zijn ze sedert de aanvang van deze masterproef gelogd op de DTplan servers in SQL formaat. Vanwege het universele SQL formaat kan

DTplan vervolgens nog kiezen welke visualisatiesoftware ze nemen. De voorkeur gaat momenteel uit naar Grafana wat aan de hand van deze SQL database kan zorgen voor een overzicht in de visualisatie van DTplan.



Figuur 45: Voorbeeld van wat mogelijk is op het gebied van datavisualisatie met Grafana [39]

Ook dient de sturing van de luchtgroep en vloerverwarming nog uitgebreid te worden met een vorstbeveiligingsfunctie. Zo wordt voorkomen dat ruimtes bij koude nachten onder vriestemperatuur zakken. Dit kan immers nefaste gevolgen hebben voor de luchtgroep of CV-kringen. Het water zou uitzetten en kan de leidingen beschadigen.

Bij vorstdetectie zou er een alarm moeten opkomen om de eigenaar van het gebouw te informeren van de storing. Ook alarmering bij het indrukken van één van de noodstoppen moet nog geprogrammeerd worden. Het gebouw zal bij het indrukken van een noodstop wel naar een failsafe toestand gaan, maar brengt de eigenaar er momenteel nog niet van op de hoogte. Dit zijn de voornaamste zaken die in de volgende periode nog ingebouwd zullen worden.

Als laatste zijn er nog de zaken die voorkeur genieten maar niet noodzakelijk zijn voor de werking van het gebouw. Zo is er tijdens deze studie ook een onderzoek naar het instellen van PID-regelaars met behulp van Matlab en Simulink gebeurd. De PID-regelaar van het warmtewiel van de luchtgroep is op deze manier ideaal afgesteld. Maar uiteraard zijn er nog een veelvoud aan andere regelaars af te stellen in de HVAC-installatie van DTplan. De werking van deze aanpak is door deze masterproef aangetoond, maar er werd geen tijd meer geïnvesteerd in het ideaal afstellen van de andere parameters. De voorkeur ging hierbij naar andere onderdelen van deze thesis en daarom is dit ook niet verder besproken tijdens dit eindwerk. Wanneer de belangrijkste zaken geïntegreerd zijn in de installatie kan verder tijd geïnvesteerd worden in het optimaliseren van deze regelaars aan de hand van Matlab en Simulink. Zo kan misschien nog een verdere energiebesparing gerealiseerd worden.

Kortom tijdens de duur van deze masterproef zijn alle toestellen in de HVAC-installatie in gebruik gesteld. De juiste parameters voor het bedienen werden opgezocht en er is een intelligente sturing voorzien om het energieverbruik van het gebouw te optimaliseren. Zo kan DTplan zowel economisch als ecologisch opnieuw een stap in de goede richting zetten.

10 BIBLIOGRAFIE

- [1] DTplan, „DTplan,” 22 November 2018. [Online]. Available: <https://www.dtplan.be/>.
- [2] ISSO, „Ontwerpeisen gebouwbeheersystemen-ISSO publicatie 115,” ISSO, 2018.
- [3] Energievastgoed, „dossiers,” 22 November 2018. [Online]. Available: http://www.energievastgoed.nl/dossiers/energiemanagementsystemen/?doing_wp_cron=1542863734.6777911186218261718750.
- [4] klimaplus, „Verwarmingsketel op aardgas of verwarmingsketel op mazout: wat is vandaag de beste keuze?,” 26 November 2018. [Online]. Available: <http://www.klimaplus.be/tips-advies/detail/verwarmingsketel-op-aardgas-of-verwarmingsketel-op-mazout-wat-is-vandaag-de-beste-keuze>.
- [5] Bulex, „Wat is een condensatieketel?,” 3 December 2018. [Online]. Available: <https://www.bulex.be/particulier/over-verwarming/veelgestelde-vragen/condensatieketels/technologie-en-werking/>.
- [6] R. Capart, „Leefmilieu Brussel Opleiding Duurzaam Gebouw: De technieken (warmte, ventilatie, SWW): ontwerp en regeling Warmteproductiesystemen: principes en uitdagingen,” 28 Maart 2019. [Online]. Available: <http://docplayer.nl/14892297-Opleiding-duurzaam-gebouw.html>.
- [7] Viessmann, „vitodens 200-w,” 9 December 2018. [Online]. Available: <https://www.viessmann.be/nl/Woning/Gasketel/Gascondensatieketel/vitodens-200-w.html>.
- [8] carrier, „How does a heat pump work?,” 03 April 2019. [Online]. Available: <https://www.carrier.com/residential/en/us/products/heat-pumps/how-does-a-heat-pump-work/>.
- [9] Viessmann, „Vitocal 200-s,” 03 April 2019. [Online]. Available: https://www.viessmann.be/nl/woning/Warmtepompen/Split_lucht-water-warmtepompen/vitocal-200-s.html.
- [10] Pennstate, „3.1 Overview of Flat Plate Collectors,” 4 April 2019. [Online]. Available: <https://www.e-education.psu.edu/eme811/node/685>.
- [11] solar feed, „Solar Thermal 101: Flat Plate Solar Collectors,” 13 April 2010. [Online]. Available: <http://www.freehotwater.com/solar-thermal-101-flat-plate-solar-collectors/>. [Geopend 4 April 2019].
- [12] secon, „Viessmann Flat Plate in roof kits,” 4 April 2019. [Online]. Available: <https://www.seconsolar.com/vitosol-200-fm-1-panel-in-roof-kit-5518-p.asp>.
- [13] Renovatie Elektro Delbeke, „Ventilatie,” 3 Mei 2019. [Online]. Available: <https://www.redbvba.be/ventilatie>.

- [14] Systemair, „X-TOPVEX TR04-R-CAV,” 4 April 2019. [Online]. Available: <https://catalogue2.systemair.com/item/item.aspx?id=303491&tab=description>.
- [15] Beckhoff, „IPC,” 9 December 2018. [Online]. Available: <https://www.beckhoff.be/>.
- [16] direct industry, „Siemens building technologies,” 9 December 2018. [Online]. Available: <http://www.directindustry.com/prod/siemens-building-technologies/product-70966-1710607.html>.
- [17] WAGO, „750-8202,” 9 December 2018. [Online]. Available: <https://www.wago.com/be-nl/plcs-controllers/controller-pfc200/p/750-8202>.
- [18] GIRA, „deurcommunicatiezuil,” 9 December 2018. [Online]. Available: https://www.gira.com/nl_NL/tuerkommunikation/aussen/tuerkommunikationssaeulen.html.
- [19] GIRA, „tks IP gateway,” 9 December 2018. [Online]. Available: https://www.gira.com/nl_NL/tuerkommunikation/steuergeraete/tks-ip-gateway.html.
- [20] SAIA, „Vakartikelen publicaties uit vakbladen,” 10 April 2019. [Online]. Available: <https://www.saia-pcd.com/nl-nl/service/pers/press/articles/>.
- [21] blue knx, „wiser for knx,” 10 April 2019. [Online]. Available: <https://theblueknx.store/products/wiser-for-knx>.
- [22] BACnet, „BACnet basics course,” 8 December 2018. [Online]. Available: <https://bacnet.mycrowdwisdom.com/diweb/catalog/item/id/1405185/sid/54254984/q/c=204>.
- [23] phoenix controls, „BACnet primer,” 8 December 2018. [Online]. Available: [https://www.phoenixcontrols.com/CatalogDocuments/Products/Network%20Integration/BACnet%20Primer%20\(MKT-0233\).pdf](https://www.phoenixcontrols.com/CatalogDocuments/Products/Network%20Integration/BACnet%20Primer%20(MKT-0233).pdf).
- [24] chipkin, „BACnet-What is a BACnet object?,” 8 December 2018. [Online]. Available: <https://store.chipkin.com/articles/bacnet-what-is-a-bacnet-object/>.
- [25] engineering-online, „bussystemen,” 8 December 2018. [Online]. Available: <http://www.engineering-online.nl/?com=content&action=fieldbus>.
- [26] BACnet, „tutorial BACnet/IP,” 8 December 2018. [Online]. Available: <http://www.bacnet.org/Tutorial/BACnetIP/sld001.html>.
- [27] contemporary controls, „Understanding BACnet Part 2: Device Modeling,” 8 December 2018. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=DEzpUCC3TDI&index=2&list=PLInof9R67qURtOUQAzunC0fyTKIQsbaap>.
- [28] elpro, „Wat is DALI?,” 10 April 2019. [Online]. Available: <http://www.elpro.nl/faq/wat-is-dali/>.
- [29] vedotec, „Wat is modbus,” 10 April 2019. [Online]. Available: <https://www.vedotec.nl/wat-is-modbus>.

- [30] M-Bus, „The M-Bus: an overview,” 10 April 2019. [Online]. Available: <http://www.m-bus.com/info/mbuse.php>.
- [31] EtherCAT technology group, „technical introduction and overview,” 10 April 2019. [Online]. Available: <https://www.ethercat.org/en/technology.html>.
- [32] Wikipedia, „KNX,” Wikipedia, 19 Mei 2019. [Online]. Available: <https://nl.wikipedia.org/wiki/KNX>.
- [33] Viessmann, „Montagehandleiding communicatiemodule,” 10 April 2019. [Online]. Available: [http://www.viessmann.com/web/netherlands/nl_tdis.nsf/0b60663f30bcc57cc1256c7c0047ca6c/A663CA7DC6089F65C1257A870045428A/\\$file/5619-881-NL%20MH%20LON-communicatiermodule_9-2012.pdf](http://www.viessmann.com/web/netherlands/nl_tdis.nsf/0b60663f30bcc57cc1256c7c0047ca6c/A663CA7DC6089F65C1257A870045428A/$file/5619-881-NL%20MH%20LON-communicatiermodule_9-2012.pdf).
- [34] DTplan, 2018.
- [35] L. De Baene en J. Demarest, Artists, *Iconen*. [Art].
- [36] Beckhoff, „TF8020 TwinCAT BACnet Supplement,” 5 Mei 2019. [Online]. Available: https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcbacnet/html/BACnet_AutomappingPlc.htm&id=.
- [37] ventilatieshop, „Toevoerventiel staal aansluitdiameter 150mm - WIT RAL 9016,” 5 Mei 2019. [Online]. Available: <https://www.ventilatieshop.com/toevoerventiel-staal-aansluitdiameter-150mm-wit-ral9016/>.
- [38] B. developers, „Grafana for Visualization,” 17 Mei 2019. [Online]. Available: <https://developers.bigclown.com/integrations/grafana-for-visualization>.
- [39] D. Jordi, 2018.
- [40] Voltus, „Op maat maken homelynk,” 16 December 2018. [Online]. Available: <https://www.voltus.de/schneider-homelynk/>.
- [41] Systemair, „De nieuwe Topvex met warmtewiel warmteterugwinning,” 16 December 2018. [Online]. Available: <https://www.systemair.com/nl/Rucon-Systemair/Nieuws/Nieuws/De-nieuwe-Topvex-met-warmtewiel-warmteterugwinning-/>.
- [42] SBC, „Comfort in the room,” 16 December 2018. [Online]. Available: <https://api.saia-pcd.com/containers/files/download/59a7d408a06137ef4d330ac9.pdf>.
- [43] Anybus, „bacnet-ip,” 9 December 2018. [Online]. Available: <https://www.anybus.com/technologies/industrial-ethernet/bacnet-ip>.
- [44] 3E, „Artificial intelligence improves comfort and cuts energy costs in buildings,” 21 November 2017. [Online]. Available: <http://www.3e.eu/artificial-intelligence-improves-comfort-cuts-energy-costs-buildings/>. [Geopend 16 December 2018].
- [45] Automatic Heating, „Condensing boilers in practice : Dr Paul Bannister,” 2 April 2019. [Online]. Available: <https://www.automaticheating.com.au/condensing-boilers-in-practice-dr-paul-bannister/>.

- [46] Viessmann, „Vitocell 300-b,” 4 April 2019. [Online]. Available: https://www.viessmann.be/nl/Woning/Boilers/Bivalente_warmwaterboilers/vitocell-300-b.html.
- [47] Lapesa , „CORAL VITRO, VITREOUS ENAMELLED STEEL TANKS OF 80 TO 1,500 LITRE CAPACITY,” 4 April 2019. [Online]. Available: <http://lapesa.es/en/domestic-hot-water/coral-vitro.html>.
- [48] 2-wire, „geavanceerde Modbus energiemeter MID gekeurd,” 8 April 2019. [Online]. Available: <https://www.2-wire.net/modbus-energiemeter-mid/>.
- [49] Kamstrup, „Multical 403,” 8 April 2019. [Online]. Available: <https://www.kamstrup.com/nl-nl/products-and-solutions/thermal-energy-meters/multical-403>.
- [50] Joossens, „CAMICAL WATERTELLER M.IMPULS DN20 3/4""X1/2""MM MESSING MAX.90°C (1715228),” 8 April 2019. [Online]. Available: <http://www.joossens.be/nl/productdetail.aspx?artnr=1220605&cat=421&pID=435>.
- [51] Vecolux, „KNX VOC inbouw basic (wit),” 8 April 2019. [Online]. Available: <https://ecatalog.vecolux.be/shop/product/e170244-knx-voc-inbouw-basic-wit-95746?category=94&page=3&order=name+asc>.
- [52] Alternative haustechnik, „Viessmann vitogate 300, type BN/MB,” 10 April 2019. [Online]. Available: <https://www.alternative-haustechnik.de/viessmann-vitogate-300-typ-bn/mb>.
- [53] J. Demarest, 2018.
- [54] PHCP PROS, „eFlow USA Constant Airflow Regulator,” 5 Mei 2019. [Online]. Available: <https://www.phcppros.com/articles/8814-eflow-usa-constant-airflow-regulator>.
- [55] Ventilatieshop, „Ronde geluidsdemper 100 mm (innodemper),” 5 Mei 2019. [Online]. Available: <https://www.ventilatieshop.com/ronde-geluidsdemper-rond-100-mm/>.

Bijlagen

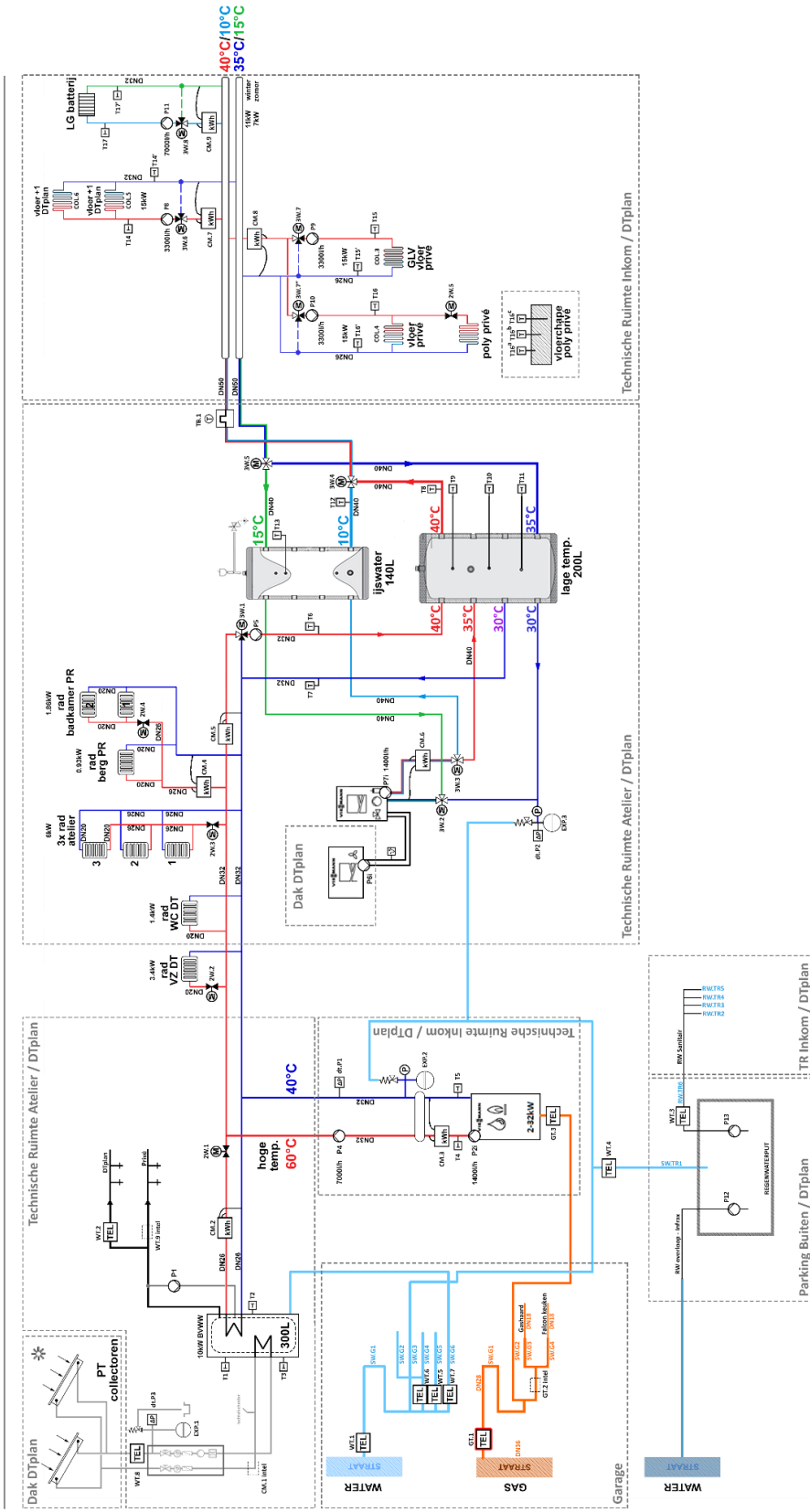
Bijlage A: Hydraulisch schema DTplan kantoorgebouw

Bijlage B: Hydraulisch schema DTplan kantoorgebouw (detail)

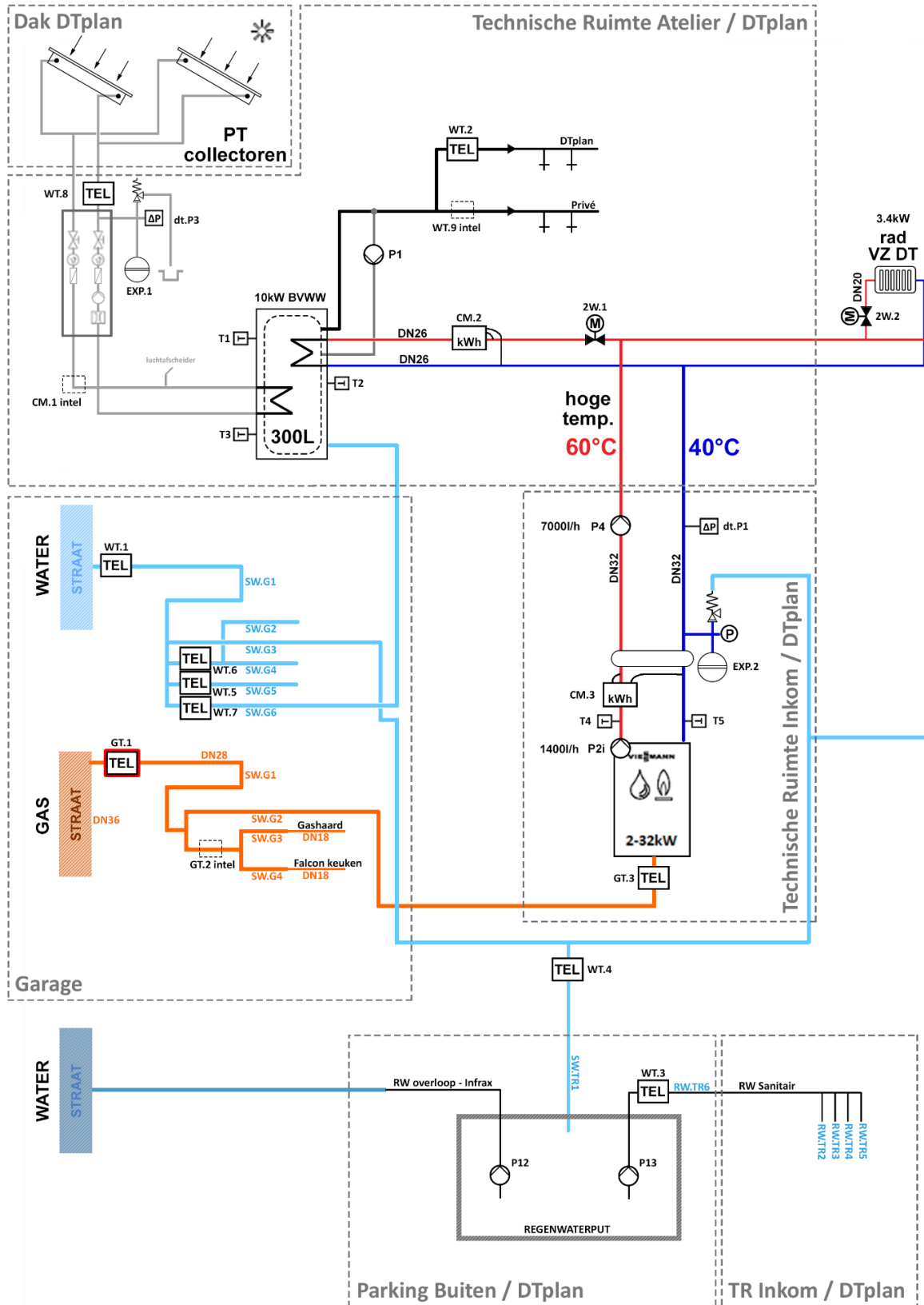
Bijlage C: Werkingsbeschrijving DTplan kantoorgebouw

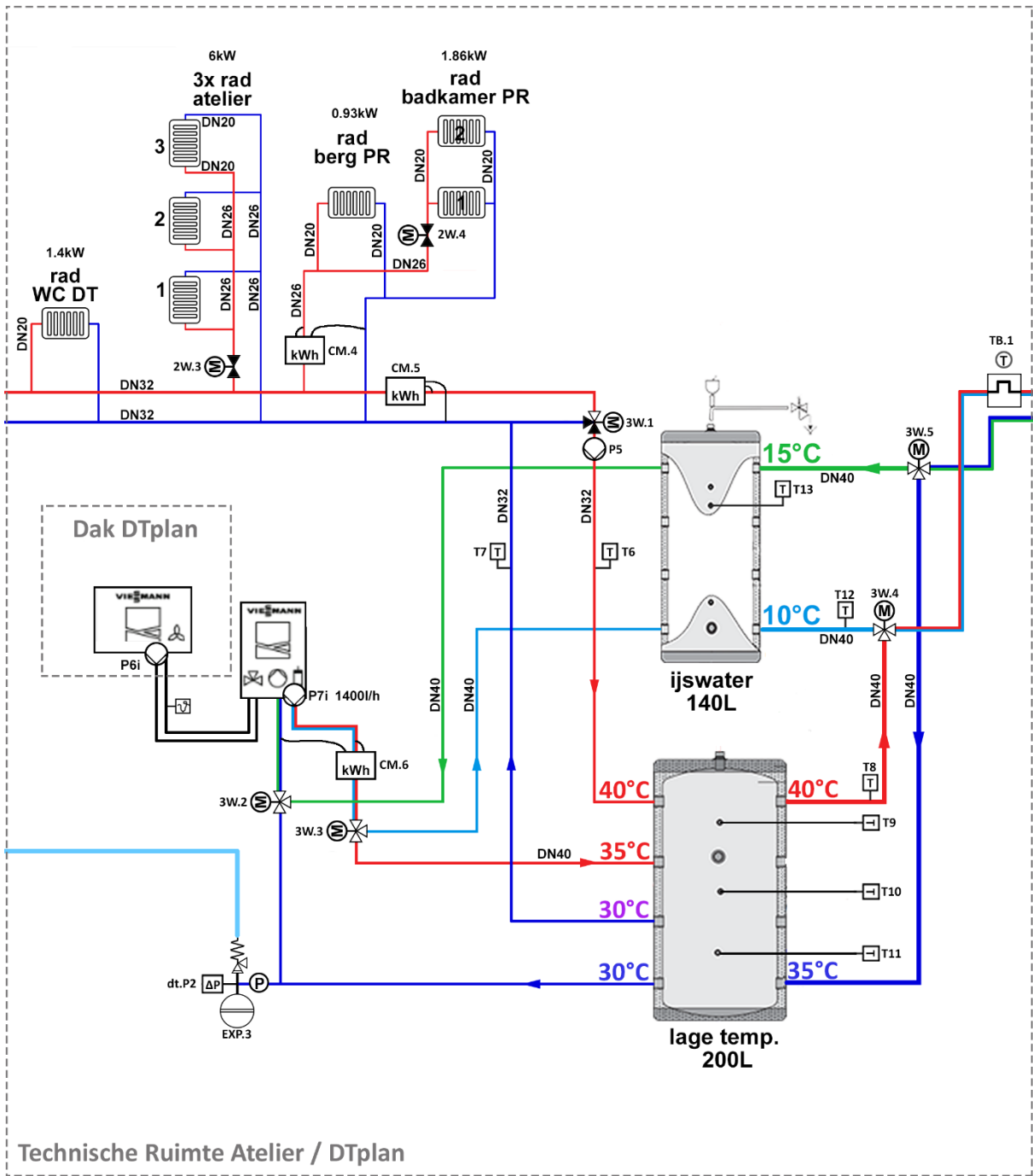
Bijlage A HYDRAULISCH SCHEMA DTPLAN KANTOORGEBOUW

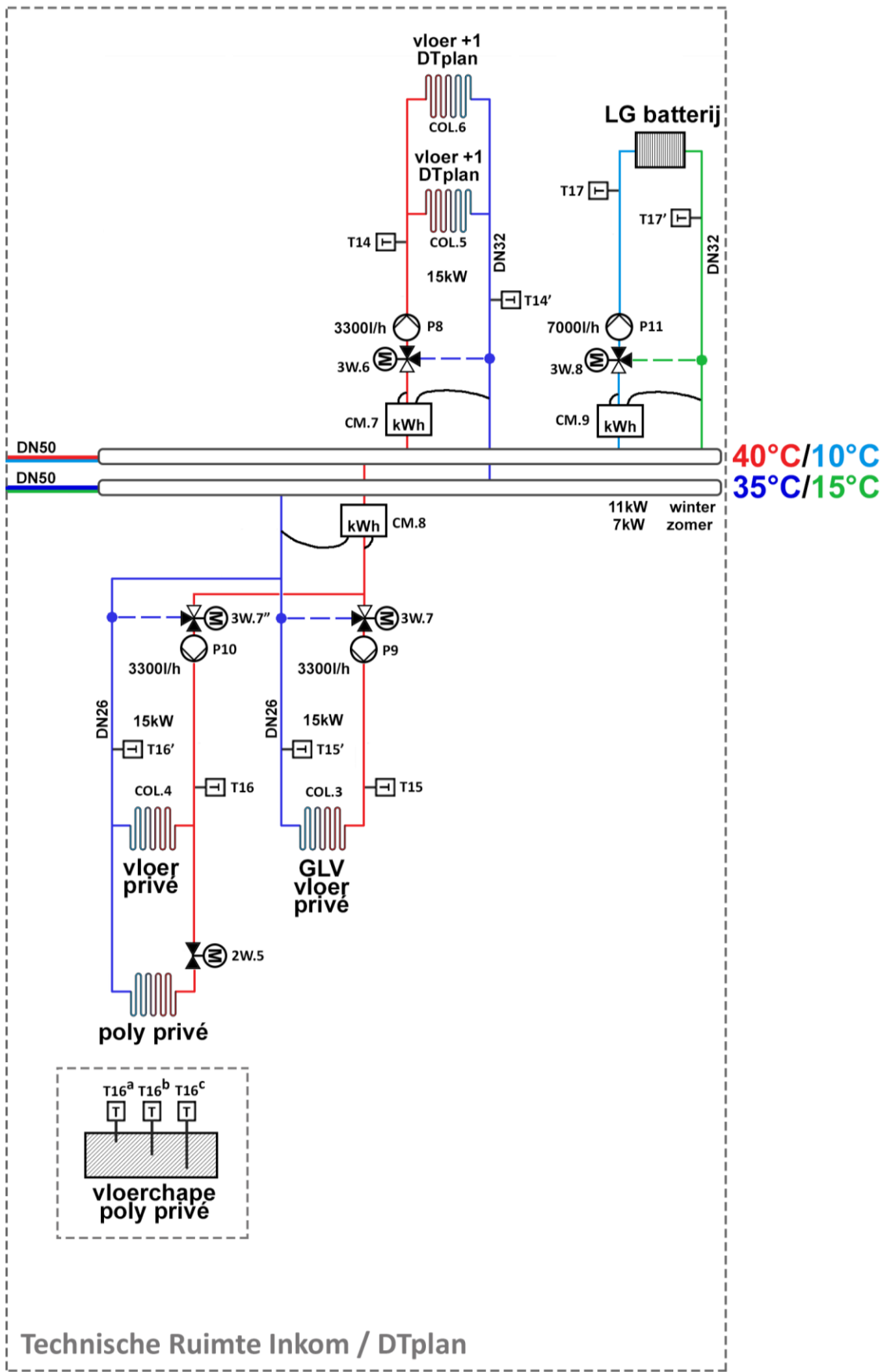
Hydraulisch schema



Bijlage B HYDRAULISCH SCHEMA DTPLAN KANTOORGEBOUW (DETAIL)







Bijlage C WERKINGSBESCHRIJVING DTPLAN KANTOORGEBOUW

2019

HVAC-studie en automatisering kantoorgebouw



Jordi Demarest
DTplan
19-5-2019

Volgend document is een werkingsbeschrijving van het nieuwe kantoorgebouw van de firma DTplan. Hierin wordt kort en bondig uitgelegd hoe elk component, onderdeel of groep van onderdelen functioneert en hoe deze aangestuurd zal worden. Merk op dat dit geen handleiding is, enkel een technisch naslagwerk voor de technici bij DTplan.

Intro

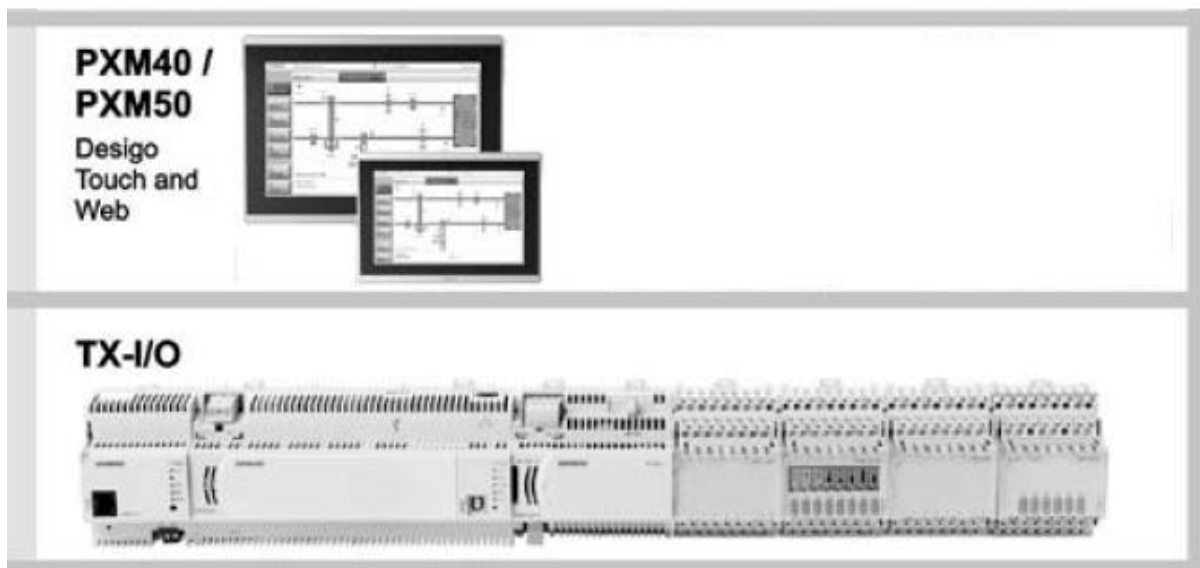
Algemeen

De hardware van dit gebouw is bijzonder uitgebreid aangaande het demonstreren van het ruime aanbod van systemen bij de keuze voor DTplan als systeemintegrator. Indien toekomstige klanten een voorbeeld willen zien van de mogelijkheden, dan kan DTplan deze direct demonstreren terwijl deze hun taak uitvoeren.

Mogelijke systemen zijn Beckhoff, Siemens Desigo, WAGO, SAIA, ... Daarnaast zijn er ook nog andere merken die in het gebouw gebruikt worden maar deze vervullen niet de taak van BMS. Naargelang de klant een hoogkwalitatief product vereist of eerder een budget vriendelijke oplossing wil, kan er gekozen worden uit deze systemen. Indien de klant iets wenst te gebruiken wat zich niet reeds in het gamma bevindt kan ook een nieuw systeem worden voorgesteld. DTplan is als systeemintegrator steeds onafhankelijk en niet merk-gebonden.

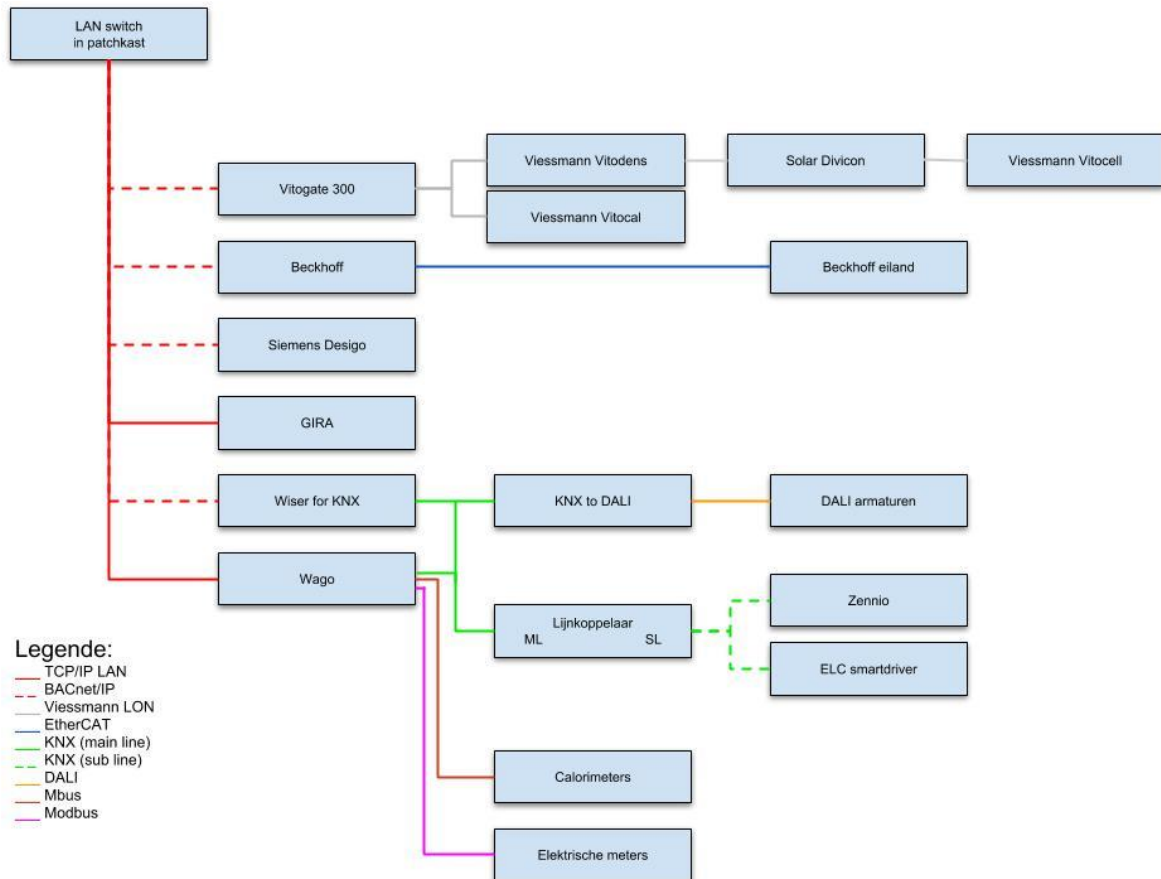


Beckhoff PLC [34]



Siemens Desigo [35]

Voor de HVAC sturing van het gebouw wordt hoofdzakelijk vertrouwd op BACnet als communicatiebus. Het systeem bestaat al enkele decennia en bewijst dagdagelijks nog zijn voordelen. Vooral het “open” aspect en de grondige testen vooraleer een toestel BACnet goedgekeurd is spreken van een hoge kwaliteitsstandaard. Het communicatienetwerk in dit gebouw ziet er als volgt uit.



Overzicht netwerkopbouw DTplan [40]

Visualisatie

Bij de elektrische kast in de inkom van het kantoorgebouw is een visualisatie voorzien. Deze wordt gestuurd door de Siemens Desigo module in de kast. Naast de HMI is ook nog een online visualisatie voorzien. Dit door middel van een homelynk. Deze is aangesloten op het netwerk en communiceert via BACnet-IP. De informatie mogelijk op de visualisatie bestaat uit 2 onderdelen. Eén onderdeel bestaande uit de proces parameters in het gebouw, zoals temperatuur, CO2, thermisch verbruik, ... Het tweede aspect zijn de tussenparameters en instelwaarden. Voorbeelden hiervan zijn setpunten van ketels en dergelijke.

Een overzicht van de te visualiseren procesparameters is hieronder terug te vinden.

Naam	Beschrijving	AI	AO	DI	DO	MSI	M-Bus
PUL_VZ_ Temperatuurmeter	Temperatuurmeter	x					
PUL_VZ_Air_Velocity	Luchtsnelheidsmeter	x					
PUL_Privé_ Temperatuurmeter	Temperatuurmeter	x					
PUL_Privé_Air_ Velocity	Luchtsnelheidsmeter	x					
PUL_Landscape_ Temperatuurmeter	Temperatuurmeter	x					
PUL_Landscape_ Luchtsnelheidsmeter	Luchtsnelheidsmeter	x					

Air_Velocity							
PUL_Temperatuurmeter	Temperatuurmeter	x					
EX_VZ_VAV	VAV	x					
PUL_VZ_VAV	VAV	x					
EX_Privé_VAV	VAV	x					
PUL_Privé_VAV	VAV	x					
EX_Landscape_VAV	VAV	x					
PUL_Landscape_VAV	VAV	x					
2W.1	2-wegkraan				x		
2W.2	2-wegkraan				x		
2W.3	2-wegkraan				x		
2W.4	2-wegkraan				x		
3W.1	3-wegkraan		x				
3W.2	3-wegkraan				x		
3W.3	3-wegkraan				x		
3W.4	3-wegkraan				x		
3W.5	3-wegkraan				x		
3W.6	3-wegkraan		x				
3W.7	3-wegkraan		x				
3W.7"	3-wegkraan		x				
3W.8	3-wegkraan		x				
WT.1	Waterteller				x		
WT.2	Waterteller				x		
WT.3	Waterteller				x		
CM.1	Calorie meter						x
CM.2	Calorie meter						x
CM.3	Calorie meter						x
CM.4	Calorie meter						x
CM.5	Calorie meter						x
CM.6	Calorie meter						x
CM.7	Calorie meter						x
CM.8	Calorie meter						x
CM.9	Calorie meter						x
GT.1	gasteller				x		
TB.1	Temperatuurbeveiliging				x		
T1	Temperatuurvoeler	x					
T2	Temperatuurvoeler	x					
T3	Temperatuurvoeler	x					

T4	Temperatuurvoeler	x					
T5	Temperatuurvoeler	x					
T6	Temperatuurvoeler	x					
T7	Temperatuurvoeler	x					
T8	Temperatuurvoeler	x					
T9	Temperatuurvoeler	x					
T10	Temperatuurvoeler	x					
T11	Temperatuurvoeler	x					
T12	Temperatuurvoeler	x					
T13	Temperatuurvoeler	x					
T14	Temperatuurvoeler	x					
T15	Temperatuurvoeler	x					
T16	Temperatuurvoeler	x					
T17	Temperatuurvoeler	x					
dt.P1	Drukvoeler			x			
dt.P2	Drukvoeler			x			
dt.P3	Drukvoeler			x			
S20464	Systemair	x			x	x	
	Warmtepomp					x	
	CV-ketel					x	
E34.1	Socomec Countis E34 Tr1	x					
E34.2	Socomec Countis E34 Tr2	x					
E34.3	Socomec Countis E34 WP	x					
E34.4	Socomec Countis E34 C20A DT	x					
E14.1	Socomec Countis E14 ZP1	x					
E14.2	Socomec Countis E14 ZP2	x					
E14.3	Socomec Countis E14 ZP3	x					
E14.4	Socomec Countis E14 LG	x					
E14.5	Socomec Countis E14 C20A Privé	x					
E14.6	Socomec Countis E14 C16A Privé	x					
E14.7	Socomec Countis E14 C20A DT	x					
E14.8	Socomec Countis E14 C16A DT	x					

SSC1	Stuur Droogkast/Wasmachine			x	x		
SSC2	Stuur Warmtepomp			x	x		
SSC3	Stuur Vaatwas DTPlan			x	x		
SSC4	Stuur Sipwell			x	x		
SSC5	Stuur Atelier			x	x		
SSC6	Stuur Hoek Landscape			x	x		
SSC7	Stuur Kookplaat 1			x	x		
SSC8	Stuur Falcon			x	x		
SSC9	Stuur Compressor			x	x		
SSC10	Stuur afzuigekap			x	x		
SSC11	Stuur Microgolf DTPlan			x	x		
SSC12	Stuur Microgolf Privé			x	x		
SSC13	Stuur Vaatwas Privé			x	x		
SSC14	Stuur Koffiezet			x	x		
SSC15	Stuur Printer A4/A3			x	x		

Functionaliteit van de modules voor verwarming en klimaatregeling

Ingangssignalen

Op elk type regelaar kunnen verschillende sensoren voor temperatuur, relatieve vochtigheidsgraad, druk enzovoort aangesloten en gedefinieerd worden overeenkomstig hun functie. De ingangen van de actieve sensor zijn multifunctioneel, dat wil zeggen dat één actieve sensor op meerdere ingangen of zelfs op meerdere regelaars kan worden aangesloten.

Uitgangen

Naargelang de uitvoering beschikken de regelaars over een variabel aantal uitgangen.

Deze uitgangen zijn van het proportionele type met 0-10 V DC-sigitaal, 3-punts modulerend en alles of niets met potentiaalvrij contact.

Situatieschema's

De gecombineerde regelaars beschikken over een situatieprogramma waarmee een aantal schakelingen voor een aantal vooraf bepaalde situaties kunnen worden geschreven. Voorbeelden van deze situaties kunnen zijn: nachtventilatie, dagbedrijf, weekendbedrijf,... Er kan een "speciale dag" worden geprogrammeerd om eventueel af te wijken van het normale programma zonder dit te moeten veranderen. Er wordt verondersteld om deze modus volledig manueel te laten gebeuren. Zo kan men temperaturen, debieten en dergelijke aansturen in geval van onderhoud of overmacht. Er wordt ook een kalender ingebouwd waarmee de vakantiedagen ingesteld kunnen worden. Deze dienen gemakkelijk aanpasbaar te zijn door de gebouwenbeheerder. Het jaarprogramma of de speciale dag kan worden geactiveerd via een digitale ingang, of via de online visualisatie. Elke regelaar moet gebruik kunnen maken van zijn eigen programma's, als master, of van de programma's van een andere regelaar en dit via de communicatiebus, in dit geval BACnet.

Vorstbeveiliging

In de regelaars is een vorstbeveiliging geïntegreerd. Die beschermt de verwarmingsbatterij tegen vorst en vereenvoudigt het opstarten van de installatie bij zeer lage temperaturen. Bij vorst worden alarmmeldingen via het netwerk verzonden en op het digitale display weergegeven.

Alarmmeldingen

De regelaars beschikken over configureerbare alarmingangen, afhankelijk van het aantal beschikbare ingangen.

Zodra deze ingangcontacten (NO of NG) worden omgeschakeld, zendt de regelaar via het netwerk een algemeen alarm dat op het digitale display wordt weergegeven. Deze alarmmeldingen worden geconfigureerd als een dringend alarm met uitschakeling van de installatie of als een niet-dringend alarm ter waarschuwing. Het aanvaarden en/of resetten van deze alarmmeldingen moet mogelijk zijn op de HMI of de online visualisatie.

Ruimtetoestellen communicatie

De verbinding tussen de ruimtetoestellen (thermostaten) en de regelingen worden tot stand gebracht door gewone aansluiting op het ethernet netwerk. Dit toestel beschikt over een digitaal display dat de bedrijfsstatus van de installatie, de gemeten temperatuur en eventuele storingen aangeeft.

Automatische regeling kringen

Vloerverwarming (inkom)

Zowel in de privé als in het atelier en de inkom van DTplan is er vloerverwarming als warmteafgiftebron voorzien. Op iedere plaats is een thermostaat voorzien. Deze fungeert zowel als controller en als temperatuursensor. De data van deze controller wordt via Ethernet gecommuniceerd met een BACnet gateway in de elektrische kast. Waarna de Siemens Desigo DDC controller verdere actie onderneemt om het geheel te bedienen.

Bediening verloopt als volgt. De thermostaat stuurt een wenswaarde naar de Siemens controller. Deze vergelijkt de wenswaarde met de gemeten waarde en stuurt vervolgens het betreffende kraanwerk en pompen aan. Elke kring bestaat onderling uit een 3-weg kraan, een circulatiepomp, een aanvoertemperatuursensor, een retourtemperatuursensor en een calorimeter (met uitzondering van de privé, daar zit elke kring op 1 calorimeter).

De circulatiepomp en 3-weg kraan worden bediend door de Siemens controller via een PID regeling afhankelijk van de wenswaarde, gemeten waarde, aanvoer- en retourtemperatuur waardes. Wanneer één van de kringen warmte nodig heeft zal de Beckhoff PLC de correcte warmteopwekker aansturen.

Merk op dat deze kringen ook koelwater accepteren en dat men op deze manier vloerkoeling kan toepassen. Wederom kan de Beckhoff de correcte koudeopwekker aansturen.

Radiatoren (atelier)

In het atelier is gekozen voor verwarming via radiatoren. Deze ruimtes zijn minder kritiek dan de andere ruimtes. Het kan bijgevolg geen kwaad om het esthetische aspect wat te verwaarlozen. Ook de precisie is minder van belang in deze ruimtes. Daarom worden deze kringen aangestuurd door middel van 2-weg kranen in plaats van 3-weg kranen. De temperatuur wordt hier ingesteld via de visualisatie van het gebouw. Elke kring heeft een 2-weg kraan die bediend wordt door middel van een EtherCAT eiland van Beckhoff. Op de kringen zijn geen temperatuursensoren voorzien. Echter wel een calorimeter voor de kringen binnen DTplan.

Batterij luchtgroep

Deze kring behoort tot de vloerverwarmingskringen en wordt op dezelfde manier bestuurd en gemeten. De luchtgroep valt onder de verantwoordelijkheid van de Beckhoff sturing, dus zal de Beckhoff bij nood aan warmte of koude een warmte/koudevraag sturen naar de desbetreffende functie van de warmtepomp.



Ruimtethermostaat van SBC [42]

Regeling luchtgroep

De aanwezige luchtgroep in het kantoorgebouw van DTplan is een Systemair Topvex TR04. Het is een machine met een serie zeer efficiënte ventilatoren ontworpen voor kantoren, winkels, scholen, kinderdagverblijven, enz. De units zijn speciaal ontworpen om aan de toekomstige eisen te voldoen en zijn daarom zeer zuinig in gebruik. De units zijn voorzien van een regelsysteem en zijn vooraf geconfigureerd om de installatie en inbedrijfstelling te vereenvoudigen.

De Topvex heeft effectieve plug-ventilatoren met onderhoudsvrije externe rotormotoren. De ventilatoren zijn geselecteerd voor een optimale werking wat luchtvolume, geluidsniveau en efficiëntie betreft. De units hebben elektronisch gecommuteerde motoren, zogenaamde EC-motoren, die zeer efficiënt zijn. De EC-motoren worden met de bedieningseenheid bediend. De ventilatoren beschikken over snelaansluitingen voor elektriciteitskabels om onderhoud en reparaties te vergemakkelijken.

De regeling van de luchtgroep gebeurt in de Beckhoff PLC. De pulsietemperatuur wordt geregeld afhankelijk van de ruimtetemperatuur. De pulsietemperatuur kan worden bijgestuurd door de warmbatterij, maar ook door gebruik van het warmtewiel. Wanneer het warmtewiel bediend wordt en deze ronddraait wisselt deze warmte uit tussen de extractielucht en de pulsielucht. Bij maximaal toerental wordt maximale warmte-uitwisseling bereikt.



Systemair PGK koelbatterij [41]

Er wordt een drukverschilchakelaar geplaatst over de filters. Indien er teveel drukverschil gemeten wordt, is de filter vuil. Deze status wordt weergegeven op het GBS voor onderhoud.

Kloksturing van de luchtgroep wordt weergegeven op het GBS.



Systemair Topvex luchtgroep [41]

Er wordt steeds met een voorrangregeling gewerkt om het warmtewiel voorrang te geven. Het warmtewiel is de meest energiezuinige optie en vermindert zo het energieverbruik. Wanneer de luchtgroep te weinig warmte kan recupereren wordt overgeschakeld op de warmbatterij en wordt er extra warmte bijgevoerd vanuit de warmteproductie.

Een extra onderdeel van de luchtgroep installatie is de vorstbeveiliging. Wanneer er een temperatuur lager dan 5°C gedetecteerd wordt in het pulsiekanaal worden de ventilatoren stilgelegd. Dit voorkomt het bevriezen van de batterij.

Sequentie bij vorstbeveiliging

- o Ventilatoren worden afgelegd
- o Circulatiepomp en 3wegklep worden volledig open gestuurd.
- o Einde vorstbeveiliging als buitentemperatuur > 5°C

Trends

Met deze functie is het mogelijk om de gegevenspunten op het BACnet niveau op de verbonden apparatuur te registreren en te lezen, volgens een ingestelde frequentie. Deze laatste is variabel van 5 minuten tot 24 uur. En zal vastgelegd worden op 5 minuten intervallen.

Dit geheugen wordt periodiek overschreven. Daarom wordt steeds op het einde van de dag een map opgesteld die opgeslagen wordt op de DTplan servers.

Deze trends kunnen rechtstreeks via de webbrowser in grafische vorm worden weergegeven. Dit aan de hand van de Wiser for KNX webpagina.



Trending in de Wiser for KNX homelynk module [40]

Registratie van de verbruiksgegevens

De meetgegevens kunnen in tabelvorm worden geëxporteerd in CSV. Dit vanuit iedere gebruiker apart, of centraal vanuit de Beckhoff bijvoorbeeld.

Voorstel om de CSV als volgt op te bouwen:

"code", "prefix", "meting", "meetwaarde", "meeteenheid"

- De code is alfanumeriek en kan een underscore en/of een punt bevatten. Er wordt een vaste componentlijst opgesteld zodat verwarring niet mogelijk is. Aan de hand van de code dient men exact te weten welke component het is en wat zijn plaats is.
- De prefix is een UPPERCASE woord of afkorting die duiding geeft (HVAC, TEL, SENSOR, POMP, HH, KR, ..)
- De meting slaat op wat er gemeten wordt; temperatuur, aanwezigheid, snelheid, kWh, CO2, VOC, ...
- De meetwaarde spreekt voor zich
- De meeteenheid is de eenheid waarin de meetwaarde wordt uitgedrukt, of het pulsgewicht.

Productie

Zoals reeds aangehaald gebeurt de communicatie tussen warmteopwekkers en sturing via BACnet. Tussen de ketel, solar en het buffervat geschiedt echter LON communicatie. Dit is de Viessmann communicatiestandaard en wordt steeds zo gehanteerd. Door middel van de BACnet gateway voorzien in de elektrische kast wordt alles tot op BACnet niveau gebracht.

Op het gebied van productie heeft de Beckhoff PLC de overhand. Deze zal steeds, wanneer nodig, een warmte/koudevraag sturen naar het desbetreffende toestel. De toestellen verantwoordelijk voor productie zijn de volgende.

Warmtepomp

De warmtepomp is een tweepijps-warmtepomp. Dit houdt in dat de warmtepomp zowel warmte als koude kan produceren. Met uitzondering dat deze dat niet tegelijkertijd kan afvoeren. Er moet dus een keuze gemaakt worden tussen warmen of koelen. En bijgevolg ook omgeschakeld worden in het hydraulisch circuit.

De warmtepomp voorziet warmte/ koude voor de vloerverwarming/koeling alsook voor de batterij in de luchtgroep.

Wanneer er een warmtevraag actief is kan deze ingevuld worden door de gascondensatieketel of door de warmtepomp. De bedoeling is om steeds voorrang te geven aan de warmtepomp aangezien deze de meest energiegunstige is. Er dient echter wel rekening gehouden te worden met de COP-factor.

Gascondensatieketel

De gascondensatieketel voorziet warmte voor het sanitair warm water, de radiatorenkringen en eventueel de vloerverwarming en batterij van de luchtgroep. Merk op dat de laatste 2 enkel gebeuren wanneer de warmtepomp buiten werking is of een te lage COP heeft. Indien de ketel het warme water voorziet voor de vloerverwarming en de batterij van de luchtgroep dient deze tot een lagere temperatuur gebracht te worden. Een regimetemperatuur van 60-40°C is immers te hoog voor dergelijke kringen. Daarom wordt gebruik gemaakt van kraan 3W1 om de warmte-uitwisseling met het buffervat onder controle te houden.

De gascondensatieketel kan slechts warmte voorzien op 1 punt tegelijk. Daarom is de kraan 2W1 ingebouwd. Zo kan het SWW buffervat afgekoppeld worden van het hydraulisch circuit. De volgorde in het aansturen van deze kring is als volgt. Wanneer de temperatuur in het buffervat onder een niveau van 40°C zakt schakelt de gasketel in. Indien deze reeds bezig was worden de andere kringen afgesloten en wordt alle warmte gericht op het SWW. Wanneer deze temperatuur terug stijgt tot een niveau boven de 50°C wordt de ketel uitgeschakeld of keert deze terug naar oorspronkelijke situatie. Daarna heeft het lage temperatuur buffervat voorrang. Indien de temperatuur daar onder een bepaald niveau zakt wordt deze opgewarmd door de CV ketel (indien de warmtepomp geen optie is). Na het opwarmen van de buffervaten komen de radiatoren. Deze hebben de laagste rang.

Als extra is ook voorzien dat het warmcircuit zijn overvloedige warmte kan afstaan. Indien er warmte te veel op het circuit aanwezig is, kan deze warmte afgestaan worden aan de radiatoren in de WC van DTplan en de berging van de privé.

Fotothermische panelen (PT)

Deze laatste bron van energie krijgt steeds de voorrang om het SWW op te warmen. Deze kring krijgt een logica ingebouwd als volgt. Wanneer de temperatuur van het PT collectorsysteem hoger is dan de temperatuur van het buffervat dan zal deze warmte uitwisselen. Hierbij komt dat er steeds een bepaalde hysteresisband ingebouwd wordt om pendelen te vermijden. Deze regeling zit echter intern ingebouwd in de Viessmann regeling van de "solar divicon".

Er wordt hierbij ook rekening gehouden met de situatieschema's in het GBS. Wanneer de situatie "vakantie" in het GBS geladen is wordt de opwarming van het SWW uitgeschakeld. Merk op dat de situatie "vakantie" enkel gebruikt wordt wanneer het gebouw (zowel DTplan als privé) leegstaand is voor een periode langer dan 1 dag.

Omschakeling

Hoge temperatuur

De hoge temperatuurskring wordt steeds verwarmd door de CV ketel. Maar de aftakking naar de bivalente boiler wordt steeds voorverwarmt door de PT installatie.

Lage temperatuur

Indien er een warmtevraag is wordt de theoretische COP van de warmtepomp bepaald aan de hand van een ingesteld kenveld. Vervolgens wordt deze theoretische COP vergeleken met het kantelpunt. Dit kantelpunt is bepaald aan de hand van de energieprijzen. Indien de COP gunstig is wordt de warmtepomp ingeschakeld en warmt deze het buffervat op. Indien niet zorgt de gasketel voor de nodige warmte.

IJswater

Indien er een koelvraag is dan wordt de warmtepomp ingeschakeld. Deze dient voortdurend te koelen tot het vooraf bepaalde setpunt bereikt is.

Programmatie

Warmte-verbruikers

Radiatorringen

Atelier

- Hysteresis sturing, hysteresis = 1°C
- Temperatuur setpoint = 18°C
- Gn CO2 opvolging
- Verwarming via ketel (op 60°C), eventueel met stookcurve
- Verwarming wordt afgeschakeld als de poort open gaat, met een uitlooptijd van 30 minuten
- Geen HVAC_optimized_on
- Bediening via 2W3
- Temperatuur sensor op Beckhoff

Badkamer PR (uitgesteld tot afwerking privé)

- Hysteresis sturing, hysteresis = 1°C
- Temperatuur setpoint = 20°C, vanaf 6 uur temperatuur optrekken naar 23°C en terug laten afkoelen naar 20°C na 9 uur. 's Avonds om 17u temperatuur optrekken naar 23°C en om 21u terug naar 20°C zakken. De tijden instelbaar maken via wiser visu. Indien er aanwezigheid is in de badkamer temperatuur optrekken naar 23°C met nadraaitijd van 30 minuten.
- Gn CO2 opvolging
- Verwarming via ketel (op 60°C), eventueel met stookcurve
- HVAC_optimized_on
- Bediening via 2W4
- Temperatuursensor op KNX
- Opvolging verbruik via CM4

Vergaderzaal DTplan

- Hysteresis sturing, hysteresis = 1°C
- Temperatuur setpoint = 21°C
- CO2 opvolging via SAIA
- Verwarming via ketel (op 60°C), eventueel met stookcurve
- Bediend door de SAIA
- Geen HVAC_Optimized_on
- Bediening via 2W2
- Inwendige temperatuursensor in SAIA touchpanel

Vloerverwarming

- Siemens gedraagt zich als gateway, Beckhoff heeft alle functionaliteit
- Vrijgave op visu voor DTplan, vloer privé, GLV vloer privé en LG batterij
- Bediening via 3W6, 3W7", 3W7 en 3W8
- Opvolging verbruik via CM7 (DTplan), CM8 (privé) en CM9 (LG batterij)
- Elke kring een individuele PID-regeling met hysteresis op de ruimtetemperatuur.
- Pomp draait continu tijdens de werkuren.
- Koeling ook mogelijk, met condensmonitoring op basis van dauwpuntsvoelers. Wanneer koeling geactiveerd, Setpoint instellen op dauwpunttemperatuur – 2°C om condens te voorkomen.

Buffervat SWW

- Hysteresis sturing, hysteresis = 10 °C
- Temperatuur setpoint = 65°C
- Minimale temperatuur 60°C tegen legionella bacteriën
- Vrijgave op visu
- Verwarming via ketel (op 75°C) en Solar
- Bij opwarming met ketel klep 2W1 openzetten
- Solar is autonome regeling
- Sturing voor pomp P1, wanneer aanwezigheid in de badkamer => pomp laten draaien, met nadraaitijd van 5 minuten.
- Temperatuursensor op Beckhoff

Buffervat lage temperatuur

- Temperatuur wordt ingesteld via BACnet, indien verwarming via warmtepomp
- PID sturing van klep 3W1, indien verwarming via ketel
- Temperatuur setpoint met stookcurve
 - o Buitentemperatuur > 15°C => buffervattemperatuur 30°C
 - o Buitentemperatuur < 0°C => buffervattemperatuur 40°C
- Vrijgave op visu
- Inschakelen wanneer verwarming geactiveerd
- Verwarming via warmtepomp of ketel, afh van COP
- Pomp P5 inschakelen bij warmtevraag en een nadraaitijd van 10 minuten (bij verwarming met ketel)
- Temperatuursensor op Beckhoff

Buffervat ijswater

- Temperatuur wordt ingesteld via BACnet
- Temperatuur setpoint met koelcurve
 - o Buitentemperatuur < 21°C => ijswatertemperatuur 12°C
 - o Buitentemperatuur > 30°C => ijswatertemperatuur 7°C
- Vrijgave op visu
- Inschakelen wanneer koeling geactiveerd
- Koeling via warmtepomp
- Temperatuursensor op Beckhoff

Warmte/koude productie

Warmtepomp

- Vrijgave op visu
- Warmtepomp inschakelen bij warmtevraag van:
 - o Buffervat lage temperatuur (indien COP gunstig)
- Warmtepomp inschakelen bij koudevraag van:
 - o Buffervat ijswater
- Omschakeling tussen warmen en koelen met warmtepomp op basis van weersvoorspelling
- Kleppen 3W2 en 3W3 omschakelen bij omschakeling tussen warmen en koelen
- Kleppen 3W4 en 3W5 omschakelen bij omschakeling tussen warmen en koelen
- Besturing over BACnet via de volgende punten:
 - o Selecteren van de warmtepompmodus: “_1_1_Operating_mode_HC1”
 - 1 = Standby
 - 2 = Alleen SWW

- 3 = Verwarming + koeling + SWW
 - 5 = Continu gereduceerde temperatuur
 - 6 = Continu standaard temperatuur
 - 7 = Standaard standby
 - 8 = alleen koeling
 - Warmtepomp constant op standby plaatsen en bij warmtevraag op continu standaard temperatuur
- Selecteren van de warmtepomp modus: “_1_1_Set_system_boiler_output_x_status”
 - 1 = uit
 - 2 = aan
 - 256 = automatisch
 - Warmtepomp op uit laten staan tot er een warmte- of koelvraag is.
- Gewenste vertrektemperatuur instellen: “_1_1_Set_flow_temperature_systems_boilers”
- Gewenste koeltemperatuur instellen: “_1_1_7102_Natural_cooling_room_temperature”
- Uitlezing ketelparameters via de volgende punten:
 - _1_1_Heating_circuit_pump_HC1
 - Status van de circulatiepomp
 - _1_1_Demand_cooling_circuit
 - 0=No demand, 1=Minimum demand, 2=Low demand, 3=Average demand, 4=High demand, 5=Maximum demand
 - _1_1_Flow_temperature_secondary_1
 - Vertrektemperatuur van de warmtepomp
- WISER parameters
 - PLC_BKF_Vrijgave_Warmtepomp
 - Vrijgave van de warmtepomp
 - PLC_BKF_StatusWarmtePomp
 - Status van de warmtepomp
 - PLC_BKF_WarmtePomp_VertrekTemp
 - Vertrektemperatuur warmtepomp

Ketel

- Vrijgave op visu en derogatie (door pomp P4)
- Ketel inschakelen bij warmtevraag van:
 - Buffervat lage temperatuur (indien COP WP niet hoog genoeg)
 - Radiatorkring atelier
 - Radiatorkring vergaderzaal DTplan
 - Radiatorkring badkamer privé
 - Buffervat SWW
- Pomp P4 heeft een nadraaitijd van 10 minuten
- Ketel temperatuur wordt aangepast naar gelang de warmtevraag.
 - Radiatorkringen met stookcurve
 - 60°C keteltemperatuur bij 0°C buitentemperatuur
 - 40°C keteltemperatuur bij 20°C buitentemperatuur
 - 40°C voor buffervat lage temperatuur
 - 75°C voor buffervat SWW, met eventuele functieblok van Beckhoff
 - FB_BA_DHW2P (aan/uit regelaar voor een SWW buffervat)
 - FB_BA_LglPrev (functieblok voor legionella preventie)

- Besturing over BACnet via de volgende punten:
 - Selecteren van de ketelmodus: “_2_1_Operating_mode_A1M1”
 - 1 = Standby
 - 2 = Alleen SWW
 - 3 = Verwarming + SWW
 - 4 = Continu gereduceerde temperatuur
 - 5 = Continu standaard temperatuur
 - Ketel constant op standby plaatsen en bij warmtevraag op verwarming + SWW
 - _2_1_Set_room_temperature_reduced_mode_A1M1
 - Gewenste kamertemperatuur in gereduceerde modus
 - _2_1_Set_flow_temperature_systems_boilers
 - Gewenste keteltemperatuur instellen
- Uitlezing ketelparameters via de volgende punten:
 - _2_1_Heating_circuit_pump_A1M1
 - Status van de circulatiepomp
 - _2_1_Flow_temperature_A1M1
 - Keteltemperatuur
 - _2_1_BURNER
 - Status van de brander
 - _2_1_Burner_hours_run
 - Aantal uren van de ketel
- WISER parameters
 - PLC_BKF_StatusKetelBufferVat
 - Status van het lage temperatuur buffervat
 - PLC_BKF_StatusKetel
 - Status van de ketel
 - PLC_BKF_Ketel_VertrekTemp
 - Vertrektemperatuur van de ketel
 - PLC_BKF_Ketel_StatusBrander
 - Status van de brander
 - PLC_BKF_3W_OpwarmenVatCV
 - Feedback van de 3weg klep aan het buffervat lage temperatuur

Solar

Autonome regeling van Viessmann

Siemens PLC

- Functioneert als gateway
- 3 vertrekvoelers: GLV vloer privé, vloer privé en vloer DTplan
- 3 analoge kleppen: GLV vloer privé, vloer privé en vloer DTplan
- 3 vrijgaves circulatiepompen: GLV vloer privé, vloer privé en vloer DTplan

SAIA PLC

Autonome regeling van de vergaderzaal

Luchtgroep

- Vrijgave op basis van visu en derogatie
- Startvoorwaarde op basis van kloksturing van 6u50 tot 19u. => Als privé er bij komt, luchtgroep continu laten draaien.
- Programma voor elke ruimte (vergaderzaal, privé en landscape) om VAV aan te sturen
- Elke ruimte krijgt een minimum debiet ingesteld
 - o Landscape 300 m³/h
 - o Vergaderzaal 25 m³/h
 - o Privé moet nog bepaald worden
- De CO2 wordt gemonitord in de ruimte wanneer een vrijgave voor dergelijke ruimte gegeven is
- CO2 setpoint voor elke ruimte is 700 ppm. Om wettelijke grens van 800 ppm nooit te kunnen overschrijden.
- PID regeling op CO2 via VAV
- "VGZ_Vergadering_StilleModus" boolean op Wiser. Indien deze hoog komt alle VAV's snoeren naar een minimaal debiet om geluidshinder in vergaderzaal te minimaliseren.
- PID regelaar op inblaastemperatuur (op basis van gemiddelde van gewenste inblaastemperaturen)
- Volgorde van verwarmen (elk met eigen PID)
 - o Zeer koud => warmtewiel + batterij luchtgroep warmen (indien warmtewiel > 95% voor langer dan 10 minuten)
 - o Koud => warmtewiel
 - o Warm => batterij luchtgroep koelen (indien warmtewiel <= 1% voor langer dan 10 minuten en koelvraag geactiveerd)
- Nachtkoeling op koudste moment van de nacht
- Middagspoeling mogelijk via de visu van de Wiser
- Filter vuil op de visu weergeven

Omschakeling

- Buitentemperatuur wordt opgemeten en aanvoertemperatuur warmtepomp wordt bepaald, aan de hand daarvan een theoretische COP
- Formule om kantelpunt COP te bepalen zit in Beckhoff PLC (op basis van gasprijs, elektriciteitsprijs)
- Op basis van formule wordt voor warmtepomp of ketel gekozen
- Wanneer gekozen, wordt deze keuze volgehouden, door ervaring is duidelijk dat de warmtevraag steeds kortstondig is.

Weersvoorspelling

- Weerdata wordt geraadpleegd via de WISER
- Als volgende dag een buitentemperatuur verwacht wordt van meer dan 19°C, 's nachts het ijswater buffervat koelen. Dit op het koudste moment van de nacht.
- Ook nachtventilatie starten op het koudste moment van de nacht.
- Als koud moment gedetecteerd wordt in de volgende dag (bvb storm) reeds het lage temperatuur buffervat op temperatuur brengen op het warmste moment.

Veiligheid

- Noodstops zorgen voor een failsafe modus van het systeem
 - o Ketel wordt in standby geplaatst
 - o Warmtepomp wordt in standby geplaatst
 - o Luchtgroep wordt in uitschakelmodus geplaatst
- Uitbreiding met brandkleppen voor privé

Extra's

- PID waardes van de regelaar van het warmtewiel bepaald a.d.h.v. Matlab en Simulink in ADS communicatie met Beckhoff TwinCAT.

FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
CAMPUS BRUGGE
Spoorwegstraat 12
8200 BRUGGE, België
tel. + 32 50 66 48 00
iiw.brugge@kuleuven.be
www.iw.kuleuven.be

